



Ana Maria da Conceição Ferreira

QUALIDADE DO AR INTERIOR EM ESCOLAS
E SAÚDE DAS CRIANÇAS

Tese de doutoramento em Ciências da Saúde, Ramo de Ciências Biomédicas, orientada pelo Professor Doutor Salvador Massano Cardoso e apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Julho de 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Ana Maria da Conceição Ferreira

Qualidade do Ar Interior em Escolas e Saúde das Crianças

Tese de Doutoramento em Ciências da Saúde, Ramo de Ciências Biomédicas,
orientada pelo Professor Doutor Salvador Massano Cardoso e apresentada à
Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Julho de 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

À minha filha Ana Bárbara

"We are in somewhat the same position in regard to polluted air as the fish are to polluted water. We live in it."

V. Kneese, 1966

AGRADECIMENTOS

Entendi este trabalho de investigação, desde o início, como um grande desafio, talvez o mais importante na minha vida profissional. Poderá ser *trivial* afirmar que uma obra nunca é consequência do trabalho de uma Pessoa só. De facto, dificilmente se faria um caminho como este, sinuoso e longo, sem se contar com o incondicional incentivo e dedicação de quem nos deu coragem para começar, nos apoiou nos percalços e obstáculos do caminho e connosco se congratulou com a satisfação e alegria do resultado.

Este trabalho também é de todos eles.

Impõe-se, por isso, agradecer a todos os que colaboraram na concretização desta obra. Para eles a minha gratidão, consideração e carinho.

Muito obrigada!

Ao Professor Doutor Salvador Massano Cardoso, pela sua inestimável orientação, sapiência, dedicação e apoio na realização deste trabalho, prestando o acompanhamento e o necessário incentivo para a conclusão do estudo, a minha sincera gratidão. A sua boa disposição, os seus valores humanos, integridade intelectual e o empenho tornaram esta tarefa mais fácil.

Ao Professor João Paulo Figueiredo, pelo imprescindível apoio, disponibilidade e prontidão com que aceitou ajudar-me, na análise estatística de todos os dados pertencentes ao presente estudo. O seu entusiasmo e amizade, nunca serão esquecidos.

Agradeço às escolas participantes nesta investigação, pela abertura manifestada na autorização da investigação num tema considerado ainda, de difícil abordagem. Este sentimento de gratidão estende-se a todos os pais, encarregados de educação, professores e estudantes que comigo colaboraram respondendo de forma pronta à solicitação que lhes foi feita.

Aos professores, funcionários e estudantes da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra (ESTeSC), na pessoa do Presidente, Prof. Coordenador Jorge Conde, pelo apoio, cumplicidade, motivação e ensinamento que diariamente me prestaram ao longo desta caminhada e que, por vezes, parecia não ter fim.

No seio desta “comunidade ESTeSC” agradecer em particular aos colegas do Departamento de Saúde Ambiental, Cristina Santos, Hélder Simões, João Almeida, Marta Vasconcelos e Susana Paixão, com os quais partilhei muitos momentos difíceis neste percurso, mas que serviram para promover o desenvolvimento de relações profissionais, mas também de grande empatia e amizade. Um sincero bem-haja a todos! Um agradecimento também ao Bartolomeu Alves pelo incentivo, disponibilidade e amizade ao longo deste meu percurso.

À colega de Saúde Ambiental da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Paula Albuquerque, com quem partilhei muito do percurso e afirmação do Curso de Saúde Ambiental. Desejo sinceramente, que a sua caminhada académica seja em breve concluída. É para mim uma referência, enquanto amiga e líder da Saúde Ambiental.

Ao Vladimiro Polónio, grande referência da Saúde Ambiental e de um grande humanismo, pessoa que sempre me incentivou e me ajudou na hora de tomar opções, e por isso, se hoje cheguei aqui, este triunfo também é dele.

Ao Joaquim Seco e Aurélio Gonçalves pela inspiração que desde sempre me transmitiram, pela amizade e motivação e pelos muitos ensinamentos de coragem e de luta constante pelo que acreditamos. Foram gratificantes os 4 anos autárquicos, ao serviço da comunidade, na Junta de Freguesia de Vilarinho.

Aos colegas da Câmara Municipal da Lousã, Luís Antunes, Anabela Rodrigues, Hélder Bruno Martins, Ricardo Fernandes e Rui Lopes. Apesar de estarmos juntos no desafio autárquico há pouco tempo, a amizade e cumplicidade já é imensa. São verdadeiros entusiastas do trabalho e dedicação em prol de uma Lousã cada vez mais, sustentavelmente desenvolvida.

Um particular agradecimento à minha grande amiga Marisa Costa, pela interminável e incondicional amizade que existe entre nós. São pessoas como ela que diariamente me dão coragem para olhar para a vida com um sorriso enorme. Seremos amigas para sempre!

Esta árdua tarefa, com muitos obstáculos característicos ao desenvolvimento de um trabalho científico desta grandeza, apenas foi possível graças à minha irmã, Luísa Ferreira, à minha prima Sónia Ramos, e à minha sobrinha, Sílvia Seco, por me terem ajudado a ser o que sou hoje, com as quais aprendi a crescer, e a lutar pelo que acredito! Com elas partilho o valor das conquistas!

O meu profundo agradecimento a todos os outros que acreditaram e me ajudaram a acreditar na importância que este passo tem e que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a sua construção.

E, por fim, à minha família:

Por terem sido os primeiros a sentir e a compreender esta minha vontade e necessidade de constante aprendizagem. O seu amor, paciência e apoio incondicional permitiram-me chegar ao fim. Apesar do sentimento de grandes ausências e alienação (e algum mau feitio) que o empenho a este trabalho determinou, estou convicta que nesta conquista, saí mais enriquecida. Um apreço muito especial à minha filha pelas inúmeras vezes que me questionou: “Outra vez ao computador a trabalhar na tese de doutoramento? Estás sempre ao computador!” É o meu orgulho, pela personalidade forte, dinâmica e luta constante pelo que ambiciona! É seguramente uma grande fonte de inspiração e o meu maior feito!

A ti mãe (a minha estrelinha) onde quer que estejas...

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XV
ÍNDICE DE QUADROS	XVII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS E UNIDADES	XXI
RESUMO	XXV
ABSTRACT	XXVII
INTRODUÇÃO	29
⌘ I PARTE ⌘ ENQUADRAMENTO TEÓRICO	33
CAPÍTULO I	35
<i>AMBIENTE, SAÚDE E QUALIDADE DE VIDA</i>	35
1.1. Impacte do ambiente na saúde	35
1.2. Aspetos gerais da qualidade do ar	40
1.2.1. Qualidade do ar	40
1.2.2. Ar ambiente (exterior)	42
1.2.3. Atmosferas interiores	43
1.2.3.1. Síndrome do edifício doente e doenças relacionadas com edifícios	45
CAPÍTULO II	51
<i>POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E A SAÚDE</i>	51
2.1. Poluentes atmosféricos	51
2.1.1. Poluentes em fase gasosa	52
2.1.2. Poluentes em fase particulada	56
2.2. Exposição humana à poluição atmosférica	59
2.3. Efeitos da poluição atmosférica na saúde	64
2.3.1. Doenças respiratórias	65
2.3.2. Fatores de risco associados às doenças respiratórias	67
CAPÍTULO III	75
<i>FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DAS CRIANÇAS</i>	75
3.1. O estudo funcional respiratório	75
3.1.1. O estudo funcional respiratório na criança em idade escolar	77
3.2. Os efeitos dos poluentes atmosféricos no estudo funcional respiratório das crianças	78
3.3. Os efeitos do ambiente rural e urbano no estudo funcional respiratório das crianças	82
CAPÍTULO IV	85
<i>QUADRO LEGISLATIVO AMBIENTAL</i>	85
4.1. Estratégia Europeia	85
4.1.1. CAFE - Ar Limpo para a Europa	86
4.1.2. Estratégia Temática sobre Ambiente Urbano	87
4.1.3. SCALE - Estratégia Europeia de Ambiente e Saúde	87
4.2. Legislação Comunitária e Nacional	89
⌘ II PARTE ⌘ INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA	101
CAPÍTULO V	103
<i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	103
5.1. Objetivos da investigação	105
5.1.1. Objetivo geral	105
5.1.2. Objetivos específicos	105
5.2. Tipo de estudo	106
5.3. Descrição dos instrumentos de recolhas de dados	106
5.3.1. Levantamento de dados sobre as instituições escolares potencialmente participantes no estudo	106
5.3.2. Grelha de observação e registo – caracterização das instituições escolares	107

5.3.3. Questionário de aplicação aos pais/encarregados de educação.....	107
5.3.4. Medição das concentrações dos parâmetros ambientais de qualidade do ar	108
5.3.4.1. Equipamento usado na medição dos parâmetros ambientais.....	109
5.3.5. Realização de espirometrias a cada estudante colaborador.....	111
5.4. Processamento e análise de dados.....	112
5.5. Aspetos éticos.....	113
CAPÍTULO VI	115
<i>RESULTADOS</i>	115
6.1. Caraterização da amostra	115
6.2. Monitorização da qualidade do ar	124
6.2.1. Concentração de poluentes nas salas de aula e no ar ambiente	124
6.2.1.1. Concentração de PM ₁₀	125
6.2.1.2. Concentração de PM _{2,5}	133
6.2.1.3. Concentração de CO.....	140
6.2.1.4. Concentração de CO ₂	147
6.2.1.5. Concentração de COVs.....	154
6.2.1.6. Concentração de CH ₂ O.....	161
6.2.1.7. Concentração de O ₃	167
6.2.1.8. Concentração de NO ₂	168
6.2.1.9. Concentração de SO ₂	169
6.2.1.10. Análise da concentração média dos poluentes nas salas de aula por estação do ano	171
6.2.1.11. Análise da concentração média dos poluentes atmosféricos no exterior por estação do ano..	178
6.2.1.12. Análise da concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores e exteriores em função da estação do ano e do Agrupamento Escolar.....	179
6.2.2. Avaliação da temperatura, humidade relativa e velocidade do ar nas salas de aula e exterior	182
6.2.2.1. Temperatura do ar	183
6.2.2.2. Humidade relativa do ar.....	188
6.2.2.3. Velocidade do ar	193
6.2.3. Análise da variação dos poluentes atmosféricos em função da temperatura e humidade relativa do ar	193
6.3. Avaliação da saúde das crianças	194
6.3.1. Perceção de saúde.....	194
6.3.1.1. Avaliação do estado geral de saúde.....	194
6.3.1.2. Avaliação de sinais, sintomas e patologias das crianças	195
6.3.2. Avaliação da função respiratória (espirometrias)	200
6.3.2.1. Quantificação dos parâmetros espirométricos.....	200
6.3.2.2. Avaliação fisiopatológica dos parâmetros espirométricos.....	206
6.3.2.3. Avaliação dos padrões espirométricos.....	212
6.4. Avaliação da relação entre os poluentes atmosféricos superiores à concentração máxima de referência (DL 79/2006) e a saúde das crianças.....	218
6.4.1. Avaliação da relação entre o CO ₂ e a saúde das crianças.....	218
6.4.2. Avaliação da relação entre as PM ₁₀ e a saúde das crianças	233
6.4.3. Avaliação da relação entre os COVs e a saúde das crianças.....	244
6.4.4. Avaliação da relação entre o CH ₂ O e a saúde das crianças	253
6.5. Avaliação da relação entre os poluentes atmosféricos acima do limiar de proteção (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro) e a saúde das crianças	257
6.5.1. Reavaliação da relação entre o CO ₂ e a saúde das crianças	257
6.5.2. Reavaliação da relação entre as PM ₁₀ e a saúde das crianças.....	265
6.5.3. Avaliação da relação entre as PM _{2,5} e a saúde das crianças.....	272
CAPÍTULO VII	275
<i>DISCUSSÃO</i>	275
7.1. Monitorização da qualidade do ar	275
7.1.1. Avaliação do CO ₂	276
7.1.2. Avaliação das PM ₁₀	278
7.1.3. Avaliação das PM _{2,5}	280

7.1.4. Avaliação dos COVs.....	282
7.1.5. Avaliação do CH ₂ O	283
7.1.6. Avaliação do CO	284
7.1.7. Avaliação do O ₃	284
7.1.8. Avaliação do NO ₂ e SO ₂	285
7.1.9. Avaliação da temperatura, humidade relativa e velocidade do ar	285
7.1.10. Avaliação da ventilação	287
7.2. Avaliação da saúde das crianças	288
7.3. Estudo da associação entre a qualidade do ar e a saúde das crianças	294
7.3.1. Associação entre o CO ₂ e a saúde das crianças	295
7.3.2. Associação entre as partículas (PM ₁₀ e PM _{2,5}) e a saúde das crianças	299
7.3.3. Associação entre os COVs e a saúde das crianças	304
7.3.4. Associação entre o CH ₂ O e a saúde das crianças	306
CAPÍTULO VIII	309
<i>CONCLUSÕES</i>	309
BIBLIOGRAFIA	317
ANEXOS	347

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DO AR	41
FIGURA 2: CADEIA DE EVENTOS ASSOCIADOS À POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, DAS CAUSAS ATÉ AOS EFEITOS NA SAÚDE	65
FIGURA 3: MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DAS FREGUESIAS DE COIMBRA	103
FIGURA 4: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLHEITA DOS ESTABELECIMENTOS ESCOLARES DO CONCELHO DE COIMBRA, SITUADOS NA MARGEM DIREITA DO RIO MONDEGO	118
FIGURA 5: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLHEITA DOS ESTABELECIMENTOS ESCOLARES DO CONCELHO DE COIMBRA, SITUADOS NA MARGEM ESQUERDA DO RIO MONDEGO	118
FIGURA 6: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLHEITA DOS ESTABELECIMENTOS ESCOLARES, SITUADOS NA REGIÃO OESTE DO CONCELHO DE COIMBRA	119
FIGURA 7: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLHEITA DOS ESTABELECIMENTOS ESCOLARES SITUADOS NA REGIÃO NORDESTE DO CONCELHO DE COIMBRA	119
FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLHEITA DOS ESTABELECIMENTOS ESCOLARES SITUADOS NA REGIÃO ESTE DO CONCELHO DE COIMBRA ..	120
FIGURA 9: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLHEITA DOS ESTABELECIMENTOS ESCOLARES SITUADOS NA REGIÃO SUL DO CONCELHO DE COIMBRA ..	120

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO)	126
GRÁFICO 2: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	127
GRÁFICO 3: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	127
GRÁFICO 4: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO)	128
GRÁFICO 5: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	129
GRÁFICO 6: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	129
GRÁFICO 7: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	130
GRÁFICO 8: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM_{10} NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO).....	130
GRÁFICO 9: VARIAÇÃO DAS PM_{10} NA PRIMAVERA/VERÃO, POR TIPO DE PAVIMENTO.....	133
GRÁFICO 10: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO).....	135
GRÁFICO 11: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO).....	136
GRÁFICO 12: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO).....	136
GRÁFICO 13: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO).....	137
GRÁFICO 14: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	138
GRÁFICO 15: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	138
GRÁFICO 16: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	139
GRÁFICO 17: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE $PM_{2,5}$ NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO)	140
GRÁFICO 18: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO).....	142
GRÁFICO 19: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO).....	143
GRÁFICO 20: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO).....	144
GRÁFICO 21: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO).....	144
GRÁFICO 22: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	145
GRÁFICO 23: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	146
GRÁFICO 24: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	146
GRÁFICO 25: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO)	147
GRÁFICO 26: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO)	150
GRÁFICO 27: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	150
GRÁFICO 28: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	151
GRÁFICO 29: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO)	151
GRÁFICO 30: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	152
GRÁFICO 31: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	152
GRÁFICO 32: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	153
GRÁFICO 33: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO_2 NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO).....	153
GRÁFICO 34: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO)	157
GRÁFICO 35: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	157
GRÁFICO 36: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	158
GRÁFICO 37: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO)	158
GRÁFICO 38: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	159
GRÁFICO 39: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	160
GRÁFICO 40: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	160
GRÁFICO 41: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO).....	161
GRÁFICO 42: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO).....	163
GRÁFICO 43: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO).....	163
GRÁFICO 44: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO).....	164
GRÁFICO 45: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO)	164
GRÁFICO 46: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	165
GRÁFICO 47: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	165
GRÁFICO 48: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	166
GRÁFICO 49: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH_2O NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO)	166
GRÁFICO 50: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO)	184
GRÁFICO 51: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	184
GRÁFICO 52: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	185
GRÁFICO 53: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO).....	185
GRÁFICO 54: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	186
GRÁFICO 55: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	186
GRÁFICO 56: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	187
GRÁFICO 57: VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO)	187
GRÁFICO 58: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (OUTONO/INVERNO)	189

GRÁFICO 59: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	189
GRÁFICO 60: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (OUTONO/INVERNO)	190
GRÁFICO 61: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (OUTONO/INVERNO)	190
GRÁFICO 62: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA EM SALAS DE AULA DO 1º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	191
GRÁFICO 63: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA EM SALAS DE AULA DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO)	191
GRÁFICO 64: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA EM SALAS DE AULA SIMULTÂNEAS DO 1º E DO 4º ANO (PRIMAVERA/VERÃO).....	192
GRÁFICO 65: VALOR MÉDIO DA HUMIDADE RELATIVA NO EXTERIOR DAS ESCOLAS (PRIMAVERA/VERÃO).....	192
GRÁFICO 66: CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ NAS SALAS DE AULA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	218
GRÁFICO 67: CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ NAS SALAS DE AULA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	219
GRÁFICO 68: ESTUDANTES, POR ESCOLA, NÃO EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	220
GRÁFICO 69: ESTUDANTES, POR ESCOLA, EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	220
GRÁFICO 70: ESTUDANTES, POR ESCOLA, NÃO EXPOSTOS A CONCENTRAÇÃO MÉDIA SUPERIOR AO LEGISLADO DE CO ₂ NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	221
GRÁFICO 71: ESTUDANTES, POR ESCOLA, EXPOSTOS A CONCENTRAÇÃO MÉDIA SUPERIOR AO LEGISLADO DE CO ₂ NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	221

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1: CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS DE POLUENTES E MICRORGANISMOS NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS (DL 79/2006) E VALORES GUIA PARA A QUALIDADE DO AR INTERIOR (WHO, 2010b)	94
QUADRO 2: LIMIAR DE PROTEÇÃO E MARGEM DE TOLERÂNCIA PARA OS POLUENTES FÍSICO-QUÍMICOS	99
QUADRO 3: CARATERIZAÇÃO DAS FREGUESIAS DO CONCELHO DE COIMBRA.....	104
QUADRO 4: PARÂMETROS AVALIADOS, EQUIPAMENTOS E MÉTODOS DE MONITORIZAÇÃO (ANEXO III – NT-SCE-02)	111
QUADRO 5: DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDANTES POR AGRUPAMENTO, ESTABELECIMENTO ESCOLAR E FREGUESIA.....	116
QUADRO 6: DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDANTES PELAS DIFERENTES FREGUESIAS ONDE SE LOCALIZAVAM OS ESTABELECIMENTOS ESCOLARES	122
QUADRO 7: DISTRIBUIÇÃO DOS ESTUDANTES EM FUNÇÃO DA RESIDÊNCIA E DA TIPOLOGIA DA FREGUESIA A QUE PERTENCE A ESCOLA	123
QUADRO 8: CARATERÍSTICAS DAS ESCOLAS	124
QUADRO 9: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DAS PM ₁₀ POR ESTAÇÃO DO ANO	125
QUADRO 10: DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DAS PM ₁₀ , FACE AOS VALORES DE REFERÊNCIA DO DL 79/2006, EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES LOCAIS E DAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO	131
QUADRO 11: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DAS PM ₁₀ NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO EM FUNÇÃO DO TIPO DE PAVIMENTO DAS SALAS DE AULA	132
QUADRO 12: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DAS PM _{2,5} POR ESTAÇÃO DO ANO.....	134
QUADRO 13: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DE CO POR ESTAÇÃO DO ANO	141
QUADRO 14: DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DO CO, FACE AOS VALORES DE REFERÊNCIA DO DL 79/2006, EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES LOCAIS E DAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO	142
QUADRO 15: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DE CO ₂ POR ESTAÇÃO DO ANO	148
QUADRO 16: DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DO CO ₂ , FACE AOS VALORES DE CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES LOCAIS E DAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	149
QUADRO 17: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DE COVs POR ESTAÇÃO DO ANO	155
QUADRO 18: DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS COVs, FACE AOS VALORES DE REFERÊNCIA DO DL 79/2006, EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES LOCAIS E DAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO	156
QUADRO 19: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH ₂ O POR ESTAÇÃO DO ANO	162
QUADRO 20: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DE O ₃ POR ESTAÇÃO DO ANO	167
QUADRO 21: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DE NO ₂ POR ESTAÇÃO DO ANO.....	169
QUADRO 22: CONCENTRAÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DE SO ₂ POR ESTAÇÃO DO ANO	170
QUADRO 23: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NAS SALAS DE AULA EM FUNÇÃO DA ESTAÇÃO DO ANO	171
QUADRO 24: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR LOCAL MONITORIZADO (SALAS: 1º ANO, 4º ANO, 1º E 4º ANOS E EXTERIOR)	172
QUADRO 25: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM ESPAÇOS INTERIORES POR ESTAÇÃO DO ANO EM FUNÇÃO DAS ESCOLAS LOCALIZADAS EM FREGUESIAS PREDOMINANTEMENTE URBANAS.....	173
QUADRO 26: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM ESPAÇOS INTERIORES POR ESTAÇÃO DO ANO EM FUNÇÃO DAS ESCOLAS LOCALIZADAS EM FREGUESIAS MEDIAMENTE URBANAS	174
QUADRO 27: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM ESPAÇOS INTERIORES POR ESTAÇÃO DO ANO EM FUNÇÃO DAS ESCOLAS LOCALIZADAS EM FREGUESIAS PREDOMINANTEMENTE RURAIS.....	174
QUADRO 28: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NAS SALAS DE AULA, NO OUTONO/INVERNO, EM FUNÇÃO DAS VÁRIAS LOCALIZAÇÕES DAS ESCOLAS	175
QUADRO 29: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NAS SALAS DE AULA, NA PRIMAVERA/VERÃO, EM FUNÇÃO DAS VÁRIAS LOCALIZAÇÕES DAS ESCOLAS	176
QUADRO 30: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM ESPAÇOS INTERIORES POR ESTAÇÃO DO ANO EM FUNÇÃO DO AGRUPAMENTO DE ESCOLAS	177
QUADRO 31: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO EXTERIOR EM FUNÇÃO DO OUTONO/INVERNO	178
QUADRO 32: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO EXTERIOR EM FUNÇÃO DA PRIMAVERA/VERÃO.....	179
QUADRO 33: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM ESPAÇOS INTERIORES E EXTERIORES EM FUNÇÃO DA ESTAÇÃO DO ANO E DO AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE SILVA GAIO, INÉS DE CASTRO, RAINHA SANTA ISABEL E SÃO SILVESTRE	180
QUADRO 34: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM ESPAÇOS INTERIORES E EXTERIORES EM FUNÇÃO DA ESTAÇÃO DO ANO E DO AGRUPAMENTO DE ESCOLAS ALICE GOUVEIA, CEIRA E EUGÉNIO DE CASTRO	181
QUADRO 35: CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM ESPAÇOS INTERIORES E EXTERIORES EM FUNÇÃO DA ESTAÇÃO DO ANO E DO AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE MARTIM DE FREITAS, TAVEIRO E COLÉGIOS PRIVADOS	182

QUADRO 36: VALORES MÉDIOS E MÁXIMOS DE TEMPERATURA DO AR POR ESTAÇÃO DO ANO	183
QUADRO 37: VALORES MÉDIOS E MÁXIMOS DE HUMIDADE RELATIVA DO AR POR ESTAÇÃO DO ANO	188
QUADRO 38: VARIAÇÃO DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA DO AR NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	193
QUADRO 39: VARIAÇÃO DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	194
QUADRO 40: PERCEÇÃO DO ESTADO GERAL DE SAÚDE DAS CRIANÇAS	195
QUADRO 41: SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS DAS CRIANÇAS, EM FUNÇÃO DO ANO DE ESCOLARIDADE	196
QUADRO 42: RELAÇÃO ENTRE OS SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS DOS ESTUDANTES E OS HÁBITOS TABÁGICOS DOS PAIS/ENCARREGADOS DE EDUCAÇÃO	197
QUADRO 43: RELAÇÃO DO NÚMERO DE ESTUDANTES DE CADA ESCOLA EXPOSTOS AO FUMO DO TABACO EM CASA	198
QUADRO 44: RELAÇÃO ENTRE OS SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS DAS CRIANÇAS E A EXPOSIÇÃO AO TABACO NA SUA HABITAÇÃO	199
QUADRO 45: DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES, POR SEXO, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	201
QUADRO 46: DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES, POR SEXO, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	202
QUADRO 47: DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, POR ANO DE ESCOLARIDADE DAS CRIANÇAS, NO OUTONO/INVERNO	203
QUADRO 48: DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, POR ANO DE ESCOLARIDADE DAS CRIANÇAS, NA PRIMAVERA/VERÃO	204
QUADRO 49: DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES, POR LOCALIZAÇÃO DAS ESCOLAS, NO OUTONO/INVERNO	205
QUADRO 50: DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES, POR LOCALIZAÇÃO DAS ESCOLAS, NA PRIMAVERA/VERÃO.....	206
QUADRO 51: MÉDIAS, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO E MÁXIMO DAS PERCENTAGENS DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, POR SEXO, NO OUTONO/INVERNO	207
QUADRO 52: MÉDIAS, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO E MÁXIMO DAS PERCENTAGENS DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, PELO SEXO, NA PRIMAVERA/VERÃO.....	207
QUADRO 53: MÉDIAS, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO E MÁXIMO DAS PERCENTAGENS DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, POR ANO DE ESCOLARIDADE, NO OUTONO/INVERNO.....	208
QUADRO 54: MÉDIAS, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO E MÁXIMO DAS PERCENTAGENS DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, POR ANO DE ESCOLARIDADE, NA PRIMAVERA/VERÃO	208
QUADRO 55: EVOLUÇÃO DAS PERCENTAGENS DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DA 1ª FASE PARA A 2ª FASE	211
QUADRO 56: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DISTRIBUÍDAS POR SEXO, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	213
QUADRO 57: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DISTRIBUÍDAS POR SEXO, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	213
QUADRO 58: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DISTRIBUÍDAS POR ANO DE ESCOLARIDADE, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	214
QUADRO 59: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DISTRIBUÍDAS POR ANO DE ESCOLARIDADE, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	214
QUADRO 60: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DISTRIBUÍDAS POR LOCALIZAÇÃO DA ESCOLA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	215
QUADRO 61: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DISTRIBUÍDAS POR LOCALIZAÇÃO DA ESCOLA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	215
QUADRO 62: COMPARAÇÃO DO PADRÃO ESPIROMÉTRICO OBTIDO NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO COM O PADRÃO ESPIROMÉTRICO OBTIDO NA PRIMAVERA/VERÃO.....	216
QUADRO 63: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DO 4º ANO DE ESCOLARIDADE, QUE ESTUDARAM SEMPRE NA MESMA ESCOLA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	217
QUADRO 64: PADRÃO ESPIROMÉTRICO DAS CRIANÇAS DO 4º ANO DE ESCOLARIDADE, QUE ESTUDARAM SEMPRE NA MESMA ESCOLA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	217
QUADRO 65: EVOLUÇÃO DA 1ª FASE PARA A 2ª FASE, DA EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ SUPERIOR À CMR 222	
QUADRO 66: PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE RISCO DE CO ₂ NAS DIFERENTES ESTAÇÕES E O TIPO DE ZONA ONDE SE INSEREM AS ESCOLAS	223
QUADRO 67: RELAÇÃO ENTRE OS SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS DAS CRIANÇAS EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO.....	224
QUADRO 68: RELAÇÃO ENTRE OS SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS DAS CRIANÇAS EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	225
QUADRO 69: RELAÇÃO ENTRE OS SINAIS, SINTOMAS DAS CRIANÇAS EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	226
QUADRO 70: RELAÇÃO ENTRE OUTROS SINAIS E SINTOMAS DAS CRIANÇAS EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	227
QUADRO 71: RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES E A EXPOSIÇÃO AO CO ₂ , NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO ..	230
QUADRO 72: RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES E A EXPOSIÇÃO AO CO ₂ , NA ESTAÇÃO DA PRIMAVERA/VERÃO .	231
QUADRO 73: MÉDIA DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	231
QUADRO 74: MÉDIA DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	232

QUADRO 75: RELAÇÃO ENTRE OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES E A EXPOSIÇÃO AO CO ₂ , NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	233
QUADRO 76: RELAÇÃO ENTRE OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES E A EXPOSIÇÃO AO CO ₂ , NA ESTAÇÃO DA PRIMAVERA/VERÃO	233
QUADRO 77: EVOLUÇÃO DA 1ª FASE PARA A 2ª FASE, DA EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ SUPERIOR	234
QUADRO 78: RELAÇÃO ENTRE A PRESENÇA DAS PM ₁₀ NAS DIFERENTES ESTAÇÕES E O TIPO DE ZONA ONDE SE INSEREM AS ESCOLAS	234
QUADRO 79: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS DOS ESTUDANTES EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	235
QUADRO 80: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS DOS ESTUDANTES EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	236
QUADRO 81: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS E SINTOMAS NÃO RESPIRATÓRIOS DOS ESTUDANTES EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	237
QUADRO 82: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS E SINTOMAS NÃO RESPIRATÓRIOS DOS ESTUDANTES EXPOSTAS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	237
QUADRO 83: RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 1ª FASE DE AVALIAÇÃO.....	240
QUADRO 84: RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 2ª FASE DE AVALIAÇÃO.....	241
QUADRO 85: MÉDIA DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO.....	242
QUADRO 86: MÉDIA DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ SUPERIOR À CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	242
QUADRO 87: RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 1ª FASE DE AVALIAÇÃO	243
QUADRO 88: RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PM ₁₀ ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 2ª FASE DE AVALIAÇÃO	243
QUADRO 89: EVOLUÇÃO DA 1ª FASE PARA A 2ª FASE, DA EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs SUPERIOR À CMR	244
QUADRO 90: RELAÇÃO ENTRE A PRESENÇA DOS COVs NAS DIFERENTES ESTAÇÕES E O TIPO DE ZONA ONDE SE INSEREM AS ESCOLAS	245
QUADRO 91: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO.....	245
QUADRO 92: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	246
QUADRO 93: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS E SINTOMAS NÃO RESPIRATÓRIAS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO	247
QUADRO 94: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS E SINTOMAS NÃO RESPIRATÓRIAS DOS ESTUDANTES EXPOSTOS A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	247
QUADRO 95: RELAÇÃO ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 1ª FASE DE AVALIAÇÃO.....	249
QUADRO 96: RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 2ª FASE DE AVALIAÇÃO.....	250
QUADRO 97: MÉDIA DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES FACE AO TIPO DE EXPOSIÇÃO AO PARÂMETRO COVs, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO.....	251
QUADRO 98: MÉDIA DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES FACE AO TIPO DE EXPOSIÇÃO AO PARÂMETRO COVs, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	252
QUADRO 99: RELAÇÃO ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE COVs ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 1ª FASE DE AVALIAÇÃO	252
QUADRO 100: RELAÇÃO ENTRE O TIPO DE EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO DE COVs E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 2ª FASE DE AVALIAÇÃO	253
QUADRO 101: ESTIMATIVA DE RISCO DE SINAIS, SINTOMAS E PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS DAS CRIANÇAS FACE AO TIPO DE EXPOSIÇÃO AO FORMALDEÍDO, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO.....	254
QUADRO 102: RELAÇÃO ENTRE SINAIS E SINTOMAS NÃO RESPIRATÓRIOS DAS CRIANÇAS EXPOSTAS A CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA DO FORMALDEÍDO NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	254
QUADRO 103: RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CH ₂ O ACIMA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE REFERÊNCIA E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 2ª FASE DE AVALIAÇÃO.....	255
QUADRO 104: MÉDIA DOS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS DOS ESTUDANTES FACE AO TIPO DE EXPOSIÇÃO À CONCENTRAÇÃO DE CH ₂ O, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO.....	256

QUADRO 105: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO FORMALDEÍDO E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO	256
QUADRO 106: EVOLUÇÃO DA 1ª PARA A 2ª FASE, FACE AO TIPO DE EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO)	258
QUADRO 107: RELAÇÃO ENTE O TIPO DE EXPOSIÇÃO AO CO ₂ NAS DIFERENTES ESTAÇÕES E O TIPO DE ZONA ONDE SE INSEREM AS ESCOLAS (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO)	259
QUADRO 108: RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE O TIPO DE EXPOSIÇÃO DOS ESTUDANTES A UMA CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ ACIMA DO LIMIAR DE PROTEÇÃO E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS APRESENTADOS, NA 1ª FASE DE AVALIAÇÃO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	263
QUADRO 109: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CO ₂ E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	264
QUADRO 110: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CO ₂ E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	264
QUADRO 111: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CO ₂ E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	265
QUADRO 112: PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE RISCO ÀS PM ₁₀ NAS DIFERENTES ESTAÇÕES E O TIPO DE ZONA ONDE SE INSEREM AS ESCOLAS (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO)	266
QUADRO 113: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM ₁₀ E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO)	269
QUADRO 114: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM ₁₀ NAS SALAS DE AULA E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	270
QUADRO 115: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM ₁₀ E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	271
QUADRO 116: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM ₁₀ E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	271
QUADRO 117: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM _{2,5} E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO)	273
QUADRO 118: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM _{2,5} NAS SALAS DE AULA E OS PARÂMETROS ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	273
QUADRO 119: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM _{2,5} E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE OUTONO/INVERNO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	274
QUADRO 120: RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO ÀS PM _{2,5} E OS PADRÕES ESPIROMÉTRICOS, NA ESTAÇÃO DE PRIMAVERA/VERÃO (PORTARIA 353-A/2013, DE 4 DE DEZEMBRO).....	274

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS E UNIDADES

ADENE	Agência para a Energia
AEA	Agência Europeia do Ambiente
AMU	Freguesia Mediamente Urbana
ANSI	American National Standards Institute
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APR	Freguesia Predominantemente Rural
APU	Freguesia Predominantemente Urbana
AQS	Águas Quentes Sanitárias
As	Arsénio
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditionins Engineers
Atm	Atmosfera
ATS	American Thoracic Society
ATPS	Temperatura, pressão e saturação de oxigénio em condições ambientais
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
Br	Bromo
BRI	Building Related Illness
BTPS	Temperatura, pressão e saturação de oxigénio em condições corporais
C ₆ H ₆	Benzeno
Ca	Cálcio
CAFE	<i>Clean Air for Europe</i>
CCDR	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
Cd	Cádmio
CE	Comissão Europeia
CH ₂ O	Formaldeído
Cl	Cloro
cm	Centímetro
CMR	Concentração Máxima de Referência
CNPD	Comissão Nacional de Proteção de Dados
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COHb	Composto Carboxihemoglobina
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis Totais
CVF	Capacidade Vital Forçada
DA	Diâmetro Aerodinâmico
DF	Diretiva-Filha
DGGE	Direção Geral de Geologia e Energia
DL	Decreto-Lei
DP	Desvio Padrão

DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica
DQ	Diretiva-Quadro
DRC	Doenças Respiratórias Crónicas
DRE	Doenças Relacionadas Com o Edifício
DREC	Direção Regional de Educação do Centro
EB1	Escola do 1º Ciclo de Ensino Básico
EB2,3	Escola do 2º e 3º Ciclo de Ensino Básico
ECRHS	Estudo sobre a Saúde Respiratória da Comunidade Europeia
EPA	Environment Protection Agency
ESTeSC	Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra
EUA	Estados Unidos da América
DEMA	Débito Expiratório Máximo Absoluto
DEM ₂₅	Débito Expiratório Máximo a 25% da CVF
DEM ₅₀	Débito Expiratório Máximo a 50% da CVF
DEM ₇₅	Débito Expiratório Máximo a 75% da CVF
DEMM ₂₅₋₇₅	Débito Expiratório Médio Máximo entre 25-75% da CVF
g	Grama
GARD	Global Alliance Against Chronic Respiratory Diseases
GFN	Global Footprint Network
GINA	Global Initiative For Asthma
GOLD	Iniciativa Global para as Doenças Pulmonares Obstrutivas
h	Horas
H ₂ S	Ácido sulfídrico
H ₂ SO ₃	Ácido sulfuroso
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
HAPs	Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
HC	Health Canadá
Hg	Mercúrio
Hr	Humidade relativa
IAQA	Indoor Air Quality Association
IARC	International Agency for Research on Cancer
I/E	Rácio interior/exterior
IGAMAOT	Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
IMC	Índice de Massa Corporal
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPCS	International Programme on Chemical Safety
IPPC	Integrated Prevention Pollution Control
IQA	Índice da Qualidade do Ar
ISAAC	International Study of Asthma and Allergies in Children
ISIAQ-CIB	International Society of Indoor Air Quality and Climate – International Council for Research and Innovation in Building and Construction
ISO	International Organization for Standardization

IT	Índice Tiffeneau
Km	Quilómetro
Km ²	Quilómetro quadrado
KPa	Quilopascal
LA	Limiares de alerta
L	Litro
LI	Limiares de informação
L/m	Litros por minuto
m	Metro
M	Média
m ³	Metro cúbico
mg	Miligramma
mg/m ³	Miligramma por metro cúbico
m/s	Metro por segundo
NH ₃	Amoníaco
NHANES II	Second National Health and Nutrition Examination Survey
nm	Nanómetro
NO	Monóxido de azoto
NO ₂	Dióxido de azoto
NO _x	Óxidos de azoto
NT	Nota Técnica
O ₂	Oxigénio
O ₃	Ozono
°C	Grau Celsius
OMS	Organização Mundial de Saúde
PM	Matéria particulada
PM _{1,0}	Partículas de diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 1µm
PM _{2,5}	Partículas de diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 2,5µm
PM ₁₀	Partículas de diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 10µm
PNAAS	Plano Nacional de Ação Ambiente e Saúde
Ppb	Partes por bilião
ppm	Partes por milhão
PST	Partículas Suspensas Totais
PVC	Policloreto de vinilo
QAA	Qualidade do Ar Ambiente
QAI	Qualidade do Ar Interior
r	Coefficiente de correlação de Pearson
R ²	Coefficiente de determinação
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation e Restriction of Chemicals
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RR	Risco Relativo
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios
S	Enxofre
SBS	Sick Building Syndrome
SCALE	Estratégia Europeia de Ambiente e Saúde
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
Se	Selénio
SED	Síndrome do Edifício Doente
Si	Silício
SMTUC	Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra
SO ₂	Dióxido de enxofre
SO ₃	Trióxido de enxofre
SO _x	Óxidos de enxofre
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Ti	Titânio
T°	Temperatura
TLC	Capacidade Pulmonar Total
UE	União Europeia
UFC	Unidades Formadoras de Colónias
UFC/m ³	Unidades Formadoras de Colónias por Metro Cúbico
µg.m ⁻³	Micrograma por Metro Cúbico
µm	Micrómetro
UNECE	Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa
USEPA	United States Environmental Protection Agency
USNRC	United States National Research Council
VE	Volume de Extrapolação
VEMS	Volume Expiratório Máximo no 1º segundo
VEMS/CVF	Relação entre o Volume Expiratório Máximo no 1º segundo e a Capacidade Vital Forçada
VL	Valor-Limite
VLE	Valor Limite de Exposição
VMA	Valor Máximo Admissível
VMR	Valor Máximo Recomendado
VR	Valor Residual
WHO	World Health Organization
WSSD	World Summit on Sustainable Development

RESUMO

O moderno e crescente padrão de consumo tem consequências no ambiente que, inevitavelmente, se refletem na saúde humana. Diariamente, a qualidade do ar afeta o nosso bem estar e pode afetar o nosso futuro, razão pela qual a qualidade do ar interior (QAI) tem sido apontada como um dos principais riscos ambientais para a saúde pública. Na Europa, a poluição atmosférica é considerada como uma questão ambiental premente por ter um grande impacto na saúde dos cidadãos. Entre estes, as crianças são consideradas como sendo um grupo particularmente vulnerável. O nível de poluição do ar interior dos edifícios, pode atingir valores 2 a 5 vezes superiores ao do ar exterior. Os níveis de contaminação do ar interior adquirem mais relevância quando se tem em consideração que na sociedade moderna as pessoas passam cerca de 80 a 90% do seu tempo dentro dos edifícios.

Apesar da existência de alguns estudos epidemiológicos relativos à QAI em escolas, pouco ainda se sabe sobre a QAI em escolas portuguesas, nomeadamente em escolas do concelho de Coimbra. A perceção dos problemas de QAI é relevante para avaliar os riscos para a saúde e rendimento dos estudantes, e para propor medidas de redução da exposição a poluentes indesejáveis.

Este trabalho pretende ser um contributo para a compreensão da qualidade do ar interior em escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico do Concelho de Coimbra e saúde das crianças.

Neste estudo avaliaram-se as concentrações do monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), ozono (O₃), dióxido de azoto (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), compostos orgânicos voláteis totais (COVs), formaldeído (CH₂O) matéria particulada (PM_{2,5} e PM₁₀) e a temperatura (T°) e humidade relativa (Hr), por forma a caracterizar a QAI de salas de aula das escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico (EB1) do Concelho de Coimbra, bem como a qualidade do ar ambiente e estimar o estado atual de saúde dos estudantes e propor medidas mitigadoras.

Classificamos o estudo de nível II, do tipo observacional e de natureza transversal. A amostragem foi não probabilística quanto ao tipo e por conveniência quanto à técnica. Para a realização deste estudo procedeu-se no outono/inverno e na primavera/verão à avaliação da qualidade do ar em 51 escolas pertencentes a freguesias mediantemente e predominantemente urbanas e a freguesias predominantemente rurais, bem como à avaliação da capacidade respiratória das crianças do 1º e 4º ano dessas escolas. Os pais/encarregados de educação foram ainda questionados sobre os sinais, sintomas e patologias dos seus educandos. A amostra foi constituída por 82 salas de aula e por 1019 estudantes, com média de idades de 7 anos (desvio-padrão=1,54). Os dados recolhidos foram posteriormente tratados com recurso ao software estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 19.0. A interpretação dos testes estatísticos foi realizada com base no nível de significância de $p \leq 0,05$, com intervalo de confiança de 95%.

Verificámos que as concentrações médias dos poluentes no ar interior foram superiores às concentrações médias verificadas no exterior (com exceção das partículas e do CO na primavera/verão), o que demonstra a importante contribuição de fontes interiores nas escolas. Os níveis de CO₂, COVs, PM₁₀, PM_{2,5}, CH₂O, Hr e Tº em várias salas de aula excederam os níveis máximos aceitáveis para a saúde e conforto dos ocupantes estipulado pela regulamentação portuguesa. Estes resultados demonstraram que as condições de ventilação inadequadas foram responsáveis pela acumulação de poluentes do ar interior em várias salas de aula. No entanto, também a ocupação e as atividades escolares foram identificadas como determinantes da QAI.

Constatámos ainda que, dos parâmetros que revelaram resultados preocupantes e acima do valor legislado, o CO₂, os COVs e o CH₂O, apresentaram concentrações médias no exterior mais elevadas em zonas predominantemente urbanas, enquanto que as partículas PM₁₀ e PM_{2,5} revelaram concentrações mais elevadas em zonas predominantemente rurais.

Verificámos que nas salas de aula com pavimento de madeira as concentrações médias de PM₁₀ foram mais elevadas do que em salas de aula com diferente tipo de pavimento, o que evidencia que as características do tipo de material de revestimento do piso estão relacionadas a uma maior dificuldade em efetuar a limpeza, provocando desta forma um acumular de poeiras entre o material.

Da estação outono/inverno para a primavera/verão, o número de alunos expostos a poluentes diminuiu tendo-se verificado também uma melhoria expressiva do padrão espirométrico. Constatámos associações entre alguns parâmetros ambientais analisados e sinais, sintomas e patologias, bem como alterações na função respiratória nos estudantes. Implementar mecanismos para a melhoria da qualidade do ar em escolas representa uma medida importante para a prevenção de consequências adversas à saúde das crianças. Os resultados encontrados reforçam o interesse do estudo do binómio ambiente e saúde, nomeadamente na área referente à relação entre os poluentes do ar interior e o impacto na saúde das crianças. Efetivamente um risco acrescido de ocorrência de problemas ambientais poderão conduzir a um aumento da incidência de várias doenças.

Estes resultados demonstram a oportunidade de efetuar intervenções corretivas, nomeadamente reduzindo as fontes emissoras e promovendo maior ventilação.

Existe um longo caminho a percorrer na minimização dos impactos na saúde resultantes da exposição aos fatores de risco ambientais. É fundamental: o desenvolvimento da investigação aplicada e integrada das causas, dos mecanismos e dos efeitos nas diversas vertentes do binómio ambiente e saúde; a divulgação de resultados e conclusões obtidos por forma a promover a informação, sensibilização, formação e educação; a definição de orientações de prevenção, controlo e redução dos riscos inerentes.

Palavras-chave: Qualidade do ar; Saúde; Poluentes atmosféricos; Crianças; Escolas; Função respiratória; Sinais, sintomas e patologias respiratórias.

ABSTRACT

The modern and growing pattern of consumption has environmental consequences which will inevitably reflect on human health. Daily, air quality affects our well-being and may affect our future, which is why the indoor air quality (IAQ) has been identified as a major environmental risk to public health. In Europe, air pollution is regarded as a pressing environmental issue because it has a major impact on the health of citizens. Among these, children are considered to be a particularly vulnerable group. The level of indoor air pollution can reach values 2 to 5 times higher than outdoor air. The levels of contamination of indoor air become even more important when one considers that in modern society people spend about 80-90% of their time inside buildings.

Despite the existence of some epidemiological studies concerning IAQ in schools, little is known about the IAQ in Portuguese schools, including schools in the municipality of Coimbra. The perception of IAQ problems is relevant to assess the risks to the health and performance of students and to propose measures to reduce exposure to unwanted pollutants.

This work intends to contribute to the understanding of the impact on children's health of the exposure to indoor air in primary schools in the municipality of Coimbra.

This study evaluated the concentration of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), volatile organic compounds (VOCs), formaldehyde (CH₂O) and particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), temperature (T°) and relative humidity (Hr) in order to characterize the IAQ of classrooms in primary schools of the Municipality of Coimbra and the ambient air quality, to estimate the current health situation of students and to propose mitigation measures.

We classified the study as a level II, of observational type and of cross-sectional nature. The sample was non probabilistic as to the type and of convenience in what concerns the technique. To carry out this study, we assessed the air quality in 51 schools belonging to parishes moderately and predominantly urban and predominantly rural parishes, and we also assessed the respiratory capacity of children in the 1st and 4th year of these schools in autumn/winter and spring/summer. Parents/guardians were also asked about the signs, symptoms and pathologies of their children. The sample consisted of 82 classrooms and 1019 students, with an average age of 7 (standard deviation=1.54). The data collected were then processed using the SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 19.0 statistical software. The interpretation of statistical tests was based on a significance level of $p \leq 0.05$, with a confidence interval of 95%.

We found that the average concentrations of pollutants in indoor air were higher than the average concentrations recorded outside (with the exception of particulate matter and CO in spring / summer), which demonstrates the important contribution of indoor sources in schools. Levels of CO₂, VOCs, PM₁₀, PM_{2,5}, CH₂O, Hr and T° in several classrooms exceeded the maximum acceptable levels for the health and comfort

of occupants stated in the Portuguese legislation. These results have shown that poor ventilation conditions were responsible for the accumulation of indoor air pollutants in various classrooms. However, also the occupation and school activities were identified as determinants of IAQ.

We also acknowledged that, from the parameters that revealed concerning results and above the legislated value, CO₂, VOCs and CH₂O showed the highest average concentrations outside predominantly in urban areas, whereas PM₁₀, PM_{2,5} showed higher concentrations predominantly in rural areas.

We found that in classrooms with wooden flooring the average PM₁₀ concentrations were higher than in classrooms with a different type of flooring, which shows that the characteristics of the type of coating material of the floor are related to a greater difficulty to clean, thereby causing an accumulation of dust between the material.

From the autumn/winter season to spring/summer, the number of students exposed to pollutants decreased, having also been shown a significant improvement in spirometric pattern. We found associations between some analyzed environmental parameters and signs, symptoms and diseases, as well as changes in respiratory function in students. The improvement of air quality in schools is an important measure for the prevention of adverse health effects in children. The results of the study reinforce the benefit of the study of the binomial environment/health, namely in the area concerning the relationship between indoor air pollutants and the impact on children's health. Effectively an increased risk occurrence of environmental problems can lead to an increased incidence of several diseases.

These results show the opportunity to take corrective measures, including reducing the emission sources and promoting greater ventilation.

There is a long way to go in reducing the health impacts resulting from exposure to environmental risk factors. It is crucial: the development of an investigation which is applied and integrated into the causes, mechanisms and effects in all aspects of the binomial environment/health; the dissemination of results and conclusions obtained in order to promote information, awareness, training and education; the establishing of guidelines for the prevention, control and reduction of inherent risks.

Keywords: Air quality; Health; Air pollutants; Children; Schools; Respiratory function; Signs, symptoms and respiratory diseases.

INTRODUÇÃO

O ar puro é um requisito básico para a saúde humana e o bem estar (WHO, 2010a). A degradação do ambiente no espaço urbano e, em particular, a diminuição da qualidade do ar nas cidades é hoje objeto de preocupação efetiva, na medida em que grande parte da população vive nestas áreas. É a intensificação do tráfego rodoviário, quer no interior das cidades quer nas suas vias de acesso, o principal responsável pelo crescimento dos níveis de poluição, com o conseqüente desrespeito pelas normas de qualidade do ar (Mendell e Heath, 2005; Ferreira, 2007; Borrego *et al.*, 2009). Este facto reflete uma inquietude crescente na comunidade científica relativamente aos efeitos da qualidade do ar interior (QAI) na saúde, especialmente porque a qualidade do ar dentro de habitações, escritórios, escolas e outros edifícios públicos e privados é um determinante essencial da vida saudável de bem estar das pessoas (WHO, 2010a) e também porque as pessoas tendem a gastar mais tempo dentro de edifícios do que no exterior. Esta preocupação, com a qualidade do ar interior tem-se refletido em diversos estudos (WHO, s.d.; Jenkins *et al.*, 1992; Allen e Miguel, 1995; Wilson e Spengler, 1996; Li *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2001; Carrer *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002a; Lee *et al.*, 2002b; Kosonen, 2004; Guo *et al.*, 2004; Coelho *et al.*, 2006; Borrego *et al.*, 2007a; Gomes *et al.*, 2007; Fromme *et al.*, 2007; Fraga *et al.*, 2008; Borrego *et al.*, 2008; Saliba *et al.*, 2009; Godoi *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2010; USEPA, 2010; Pegas *et al.*, 2010; WHO, 2010a; Canha *et al.*, 2010; Franck *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2011; Pegas *et al.*, 2011a; Pegas *et al.*, 2011b; Valente, 2011; Freitas *et al.*, 2011).

Vários estudos referem que, o nível de poluição do ar no interior dos edifícios é muitas vezes bastante pior do que o do ar exterior, podendo atingir valores de duas a cinco vezes, ocasionalmente cem vezes, superiores ao nível de poluição do ar exterior (Sundell, 2004; Blondeau, 2005; Pegas *et al.*, 2010; Kotzias *et al.*, 2009). Assim, a contaminação do ar interior assume um relevo importante uma vez que a maioria dos indivíduos se encontra mais tempo no interior dos edifícios, entre 65% a 90%, inalando, em média, cerca de 10m³ de ar, diariamente (Déoux, 2001; EEA, 2005).

Deste modo, para a determinação da exposição humana a poluentes é fundamental estimar as concentrações dos poluentes atmosféricos não só no exterior, mas também em espaços interiores, denominados microambientes. O conceito de microambiente foi criado para facilitar a medição/avaliação da exposição humana, dado que se considera que numa determinada área as concentrações dos poluentes atmosféricos são homogéneas. Devido à complexidade na sua determinação e ao ainda reduzido número de estudos, a análise da relação entre os fatores ambientais e os efeitos na saúde humana constitui um desafio. Esta complexidade deve-se ao facto da relação depender de vários fatores, tais como: os diferentes padrões espaço temporais de poluentes atmosféricos, relacionados com a dispersão e transporte após a emissão; as características de cada indivíduo; as variações espaciais e temporais, especialmente em termos de fatores geográficos, económicos e culturais; e, também, o facto de a exposição ocorrer simultaneamente a diversos

poluentes (Sexton e Ryan, 1988). As substâncias perigosas são emitidas a partir de edifícios, materiais de construção, equipamento existente dentro de casa e ainda pelas atividades humanas realizadas no seu interior (Carrer *et al.*, 2002; WHO, 2010a). De facto, cada microambiente interior tem características únicas, determinadas pelo ar ambiente local, pelas características de construção e também pelas atividades realizadas no interior (Pegas *et al.*, 2010).

A QAI está relacionada essencialmente com dois fatores: as fontes de poluição, designadamente, os artigos e produtos de limpeza, inseticidas, pesticidas, o mobiliário que liberta substâncias tóxicas (que vão entrando em contato com o ser humano) e as condições de ventilação. A poluição do ar interior também está associada a agentes naturais como pólenes, bactérias e os próprios ocupantes. Para que as condições ambientais sejam de boa qualidade, é importante que todos os sistemas de ventilação e climatização funcionem em condições normais e sejam os mais adequados (Piteira, 2007; Santos, 2008). A falta de ventilação agrava a qualidade do ar, nomeadamente onde o isolamento térmico e acústico dos edifícios leva a que as janelas permaneçam fechadas, sem que haja um sistema de renovação suficiente do ar (Déoux, 2001). Este é o ambiente ideal para a ocorrência do chamado “Síndrome do Edifício Doente” (SED), que afeta particularmente as crianças e se manifesta por uma série de sintomas, tais como, dores de cabeça, náuseas, tonturas, vômitos, dificuldade de concentração, apatia, cansaço, irritação das mucosas dos olhos, nariz e garganta, tosse, rouquidão e congestão nasal, afeções cutâneas, indisposições físicas e psicológicas, entre outras. A situação piora quando o imóvel doente não é a residência, mas o local de trabalho, onde os indivíduos passam a maior parte do seu tempo (Oliveira, 2007; Ramos *et al.*, 2008).

Existe assim, o desafio de estudar ambientes escolares com o objetivo de encontrar conexões entre QAI e saúde, devido principalmente às seguintes questões:

- as escolas são vistas como particularmente propensas a ter ambientes deficientes devido à escassez crónica de financiamento que contribui para o funcionamento inadequado e falta de manutenção das instalações;
- as crianças têm maior suscetibilidade a alguns poluentes ambientais do que os adultos, pois o seu sistema imunitário não está totalmente desenvolvido e atualmente, as crianças passam mais tempo em ambientes interiores como sendo a escola ou a casa;
- um grande número de estudantes em relação à área da sala e volume (Janssen *et al.*, 1999; Mendell e Heath, 2005).

Devido ao sistema pulmonar e imunitário que não se encontra completamente desenvolvido, as crianças constituem uma população vulnerável (Rodrigues, 2005; Stranger *et al.*, 2007; Mendell e Heath, 2005). Além disso, as crianças, comparativamente com os adultos, têm maior suscetibilidade a alguns poluentes ambientais, porque elas respiram maiores volumes de ar relativamente ao peso corporal, e porque os tecidos e órgãos crescem ativamente (Viegi *et al.*, 2004; Mendell e Heath, 2005; Simoni *et al.*, 2010). Os efeitos da poluição do ar sobre as crianças estão a aumentar (Khan *et al.*, 2007) e uma das consequências é o aumento da prevalência de rinite alérgica (ISAAC, 1998). Deste modo, a qualidade do ar das escolas, reveste-se de extrema importância, uma vez que as crianças passam pelo menos um terço de seu tempo dentro destes

edifícios, ou seja, cerca de sete ou mais horas por dia na escola (Ramachandran *et al.*, 2005; Wheeler *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2010; USEPA, 2010; Pegas *et al.*, 2010). Má QAI pode afetar o desempenho, assiduidade, conforto e produtividade (Mendell *et al.*, 2002a; Daisey *et al.*, 2003; Simões *et al.*, 2006; Lopes *et al.*, 2008; Santos, 2008; Godoi *et al.*, 2009). É de esperar que as condições existentes nos edifícios que as acolhem condicionem a incidência de sintomas respiratórios (Sundell, 2004; Kim *et al.*, 2005; Mendell e Heath, 2005).

Vários estudos sobre a qualidade do ar nas escolas têm sido publicados recentemente, inclusivamente em Portugal (Hwang *et al.*, 2006; Fromme *et al.*, 2007; Fraga *et al.*, 2008; Borrego *et al.*, 2008; Tippayawong *et al.*, 2009; Goyal e Khare, 2009; Pegas *et al.*, 2010; Almeida, *et al.*, 2011; Pegas *et al.*, 2011a; Pegas *et al.*, 2011b; Freitas *et al.*, 2011; Valente, 2011).

A promoção de uma boa qualidade do ar interior dos edifícios deve constituir uma preocupação constante para todos aqueles que assumem responsabilidades, seja de natureza política, seja de natureza técnico-científica, consoante o relacionamento profissional existente nas diversas áreas envolvidas (Santos, 2008).

Atualmente, a proteção da qualidade do ar e da saúde é imperativa e constitui um dos maiores desafios que se colocam à sociedade do século XXI. Trata-se de um compromisso que visa a equidade entre as gerações e que deve assentar na política do desenvolvimento sustentável. A prática deste projeto estava contemplada no sexto Programa Comunitário de ação em matéria de Ambiente da União Europeia (2002-2012) que considerou que “um ambiente limpo e saudável é essencial para o bem estar e para a prosperidade de uma sociedade” (European Commission, 2010).

Em Portugal o Decreto-Lei (DL) 79/2006, de 4 de abril (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios), referia os critérios de conformidade legal a ter em consideração em auditorias de QAI e estabelecia as concentrações máximas de referência para os parâmetros ambientais que caracterizam a QAI. Os valores limite para os parâmetros térmicos, temperatura do ar e humidade relativa do ar, que influenciam a concentração de agentes químicos e microbiológicos presentes no ar interior, encontravam-se definidos no DL 80/2006, de 4 de abril. Em 2009, foi publicada a Nota Técnica do sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior de edifícios (NT-SCE-02) que estabelecia a metodologia de auditorias à QAI. Estando estes diplomas e NT em vigor desde o início de elaboração desta tese de doutoramento até finais de 2013, foi com base neles que este trabalho de investigação se consubstanciou.

No entanto, entrou em vigor a 1 de dezembro de 2013, o DL 118/2013, de 20 de agosto, que veio revogar o DL 78/2006, de 4 de abril, o DL 79/2006, de 4 de abril e o DL 80/2006, de 4 de abril. Este diploma aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, transpondo ainda a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho da Europa, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Assim, houve a necessidade de serem definidos os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, e também os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e

existentes, bem como a respetiva metodologia de avaliação. Neste sentido, é publicada no final do ano de 2013, a Portaria nº. 353-A/2013, de 4 de dezembro. O Anexo constante da referida portaria e que dela faz parte integrante, é aprovado nos termos do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto: Para os efeitos dos n.ºs 1, 7 e 8 do artigo 40.º; Para os efeitos da alínea b) do n.º 3 do artigo 44.º; Para os efeitos dos n.ºs 1 e 2 do artigo 48.º. Esta portaria entrou em vigor no dia 5 de dezembro de 2013.

Esta alteração legislativa obrigou a uma reflexão, na secção de apresentação e discussão dos resultados, relativa aos parâmetros de qualidade do ar interior ao abrigo da legislação anterior comparando-a com a presente legislação, em vigor desde dezembro de 2013.

Em suma: porque é conhecida a considerável percentagem de tempo que as crianças passam em ambientes interiores como a escola, e ainda, que é esperado que as condições existentes nos edifícios condicionem a sua saúde, nomeadamente com a incidência de sinais, sintomas e patologias respiratórias, formulámos a seguinte questão de partida: Qual a relação da qualidade do ar e a exposição humana a poluentes atmosféricos?

Os avanços conseguidos nesta área não nos podem levar a pensar que o problema da exposição à poluição do ar está resolvido, ou perdeu atualidade. Se por um lado, são inúmeras as soluções técnicas de combate à poluição do ar, o mesmo não se passa com a formação da população e a sensibilização para a adoção de comportamentos preventivos.

Esta tese de doutoramento está apresentada em duas partes distintas e visa contribuir para o conhecimento da qualidade do ar interior em escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico do Concelho de Coimbra e saúde das crianças.

A primeira parte é constituída por uma revisão bibliográfica sobre a temática em questão, sendo abordados os temas mais significativos, relacionados com o presente estudo. Os quatro primeiros capítulos são revisões bibliográficas de aspetos como a poluição atmosférica e a saúde. Assim, no capítulo I é efetuada uma revisão teórica dos aspetos relacionados com o ambiente, saúde e qualidade de vida. No capítulo II a revisão foca, essencialmente os aspetos relacionados com a poluição atmosférica e os efeitos da mesma na saúde, e no capítulo III aborda-se o tema da função respiratória das crianças, componente essencial para a concretização dos objetivos propostos, bem como para a compreensão da temática deste trabalho. No capítulo IV é apresentado o quadro legislativo ambiental.

Na segunda parte desta tese descreve-se o desenvolvimento do trabalho realizado e apresentam-se as conclusões deste. Ao longo dos capítulos V, VI e VII são abordados, respetivamente, os objetivos e pertinência do trabalho, a metodologia e os procedimentos desenvolvidos, bem como o tratamento estatístico utilizado, os resultados obtidos e a sua discussão. Finalmente, no capítulo VIII, apresenta-se as conclusões, tendo em consideração os resultados encontrados.

⌘ I PARTE ⌘
ENQUADRAMENTO TEÓRICO



CAPÍTULO I

AMBIENTE, SAÚDE E QUALIDADE DE VIDA

1.1. Impacte do ambiente na saúde

As questões ambientais devem merecer toda a nossa atenção porque, da multiplicidade de fatores que hoje contribuem para o nosso bem-estar e qualidade de vida, são os ambientais que ocupam o lugar cimeiro, não só pelo que nos influenciam diariamente, mas também por condicionarem o nosso futuro. Uma destas questões, que merece a nossa especial atenção, é a qualidade do ar que respiramos (Lameiras, 2003). O desenvolvimento económico, concomitantemente com um aumento de consumismo, tem contribuído para a degradação ambiental. Atualmente, a qualidade de vida exprime-se em melhor habitação, transportes, educação, serviços, emprego, cultura e outros bens, onde a tecnologia representa um papel essencial, mas contribuindo para o aumento do consumo de recursos naturais e de emissões de poluentes. No século XX com a (r)evolução tecnológica verificou-se uma procura desenfreada dos combustíveis fósseis, resultando uma contaminação da atmosfera com gases e partículas. O ar, considerado um recurso ilimitado, transformou-se num problema para a saúde humana, com impactes globais a longo prazo. Questões como a destruição da camada de ozono ou as alterações climáticas evidenciaram a necessidade premente de um desenvolvimento mais sustentável. Na Cimeira da Terra, no Rio de Janeiro, em 1992, esta estratégia já tinha sido considerada na Agenda 21 (Borrego *et al.*, 2008).

De acordo com Ferrão *et al.* (2004), as diferentes visões de qualidade de vida valorizam o envolvimento e a participação das populações no dia a dia da vida comunitária, sublinhando a importância das suas perceções e da sua capacidade para afetar ou alterar o curso da vida comunitária, não esquecendo o impacte dos atuais modos de desenvolvimento urbano nas condições de vida das populações. Ainda segundo este autor, a concetualização da qualidade de vida emerge, assim, numa conjunção:

- de dimensões qualitativas e subjetivas que se desenrolam tanto ao nível individual (o grau de satisfação com a vida, a felicidade, as perceções de bem-estar e de saúde,...) como ao nível coletivo (a capacidade de participação cívica, a capacidade de influenciar os desenvolvimentos sociais,...), e;
- de dimensões quantitativas e objetivas, que condicionam e circunscrevem a vida individual (o grau de instrução, a literacia, o rendimento e o acesso a bens e serviços) e a vida coletiva (as condições ambientais, as condições socioeconómicas, a disponibilidade de bens e serviços públicos, o desempenho dos sistemas de segurança social e o nível de desemprego).

Na sociedade moderna, a proteção do ambiente e da saúde constitui um dos maiores desafios, sendo o modelo de desenvolvimento sustentável assumido como um compromisso para a salvaguarda do ambiente

(PNAAS, 2008).

Desde o começo da civilização humana que as atividades antropogénicas, incrementadas para assegurar as necessidades das populações e melhorarem a sua qualidade de vida causam efeitos diretos ou indiretos no ambiente (Borrego *et al.*, 2008).

Com o desenvolvimento económico e populacional vigente em alguns países economicamente emergentes, o mundo, na globalidade, afasta-se do desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento económico e a revolução tecnológica dos últimos dois séculos são acompanhados de um aumento do consumo, o que determina, uma escassez de recursos face aqueles que o próprio território lhes oferece. Desta forma provoca padrões atuais de consumo não suportados na maior parte do mundo, designadamente no hemisfério Norte. A Agência Europeia do Ambiente (AEA), em 2005, referiu que a pegada ecológica global era de 2,2 hectares.pessoa⁻¹, quando a biocapacidade era de 1 hectar.pessoa⁻¹. Na Europa central e ocidental a pegada ecológica média era de 4,7 hectares.pessoa⁻¹ e a biocapacidade 2,3 hectares.pessoa⁻¹ (EEA, 2007). Para além desta questão e, segundo a organização não governamental Global Footprint Network (GFN), em 2010 os habitantes da Terra esgotaram a 21 de agosto os recursos que a Terra lhes proporcionou esse ano. Este padrão de consumo tem indissociáveis impactes no ambiente que, por sua vez, se traduzem, entre outros, na qualidade de vida e saúde humana.

A poluição do ar representa, hoje, um dos maiores problemas de saúde pública, e da diminuição da qualidade de vida, afetando a saúde dos seres humanos, de outros animais e das plantas. O desenvolvimento industrial e urbano tem provocado em todo o mundo um aumento crescente da emissão de poluentes atmosféricos, responsáveis por efeitos adversos na saúde pública e no ambiente. As principais atividades industriais, o tráfego e a atividade urbana são fontes de emissões atmosféricas de diversos poluentes, considerados prejudiciais para a saúde pública, provocando uma exposição da população a um “cocktail” de contaminantes físicos, químicos e microbiológicos (Castro, 2003; Coelho, 2005; Coelho, 2006). Em suma, o aumento demográfico e a concentração das populações em grandes centros urbanos, juntamente com a evolução tecnológica e o excesso de consumismo, têm vindo a agravar estes efeitos, originando, impactes negativos, por vezes irreversíveis, fazendo com que o Homem, não escape a estes efeitos nocivos da poluição, constituído concomitantemente o causador e o afetado pela poluição (Borrego *et al.*, 2008).

Estima-se que na Europa, 30 a 40% dos cidadãos vivam em centros urbanos, onde são expostos a concentrações de poluentes acima dos valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e a União Europeia (UE) (Hertel *et al.*, 2001; Borrego *et al.*, 2007c; Cerdeira *et al.* S.D.; Santos, 2006). Em particular, a exposição ao ozono e às partículas tem sido associada a doenças respiratórias e cardiovasculares, e ao aumento da mortalidade (WHO, 2001; Borrego *et al.*, 2007c; Ferreira, 2007), sendo premente a análise integrada da qualidade do ar e da saúde humana. Suscita particular preocupação a necessidade de proteger os cidadãos mais vulneráveis, aspeto tido em consideração na elaboração das normas da OMS (WHO, 2000a; Borrego *et al.*, 2007b). De acordo com um estudo feito pela OMS, 6% das mortes na Áustria, Suíça e França podem ser associadas à exposição a partículas. Este estudo identifica ainda, a relação entre a exposição longa a determinados poluentes e a origem de diversas doenças como a asma,

bronquite e problemas de coração (Hertel *et al.*, 2001). A OMS referiu também, num outro estudo que três milhões de pessoas morrem anualmente devido aos efeitos da poluição atmosférica (WHO, 2001). A poluição do ar, quer ambiente quer interior, é o fator ambiental com maior impacto na saúde dos Europeus (WHO, 2006a), sendo responsável, nesta região, pela maior percentagem de doenças com causas ambientais. Cerca de 89% dos cidadãos europeus preocupam-se com o impacto do ambiente na sua saúde (Eurobarómetro, 2002). Elevado número de evidências científicas indica que a poluição atmosférica é responsável por vários efeitos na saúde humana, que se expressam de diversas formas e resultam num aumento da morbidade e/ou mortalidade por inúmeras doenças (Curtis *et al.*, 2006; Gouveia *et al.*, 2006).

De acordo com a OMS, a percentagem de doenças com causa atribuída a fatores ambientais está entre os 12% e 40% no mundo, entre os 12% e os 20% na Europa e entre os 12% e os 15% em Portugal (WHO, 2010b). Nos “países desenvolvidos” as doenças atribuídas a fatores ambientais são, entre outros, problemas oncológicos, doenças respiratórias, asma e alergias, doenças cardiovasculares, efeitos neurológicos, e distúrbios reprodutivos e do desenvolvimento (EEA, 2005).

De acordo com Sá (2008), a degradação da qualidade do ar ambiente influencia diretamente a saúde humana, ecossistemas, construções e materiais (património nacional) e o clima. Algumas das consequências nocivas para a saúde da população humana provocadas pela poluição atmosférica são ao nível do aparelho respiratório, designadamente, asma, bronquite, e ainda o cancro do pulmão. As plantas e os animais também podem ser gravemente afetados pela poluição do ar aquando do seu crescimento e das resistências da vegetação, provocando a queda das folhas e conseqüentemente redução da fotossíntese, da respiração e da transpiração.

Ainda não está totalmente identificado qual o impacto na saúde de exposições de longo prazo, a níveis até hoje considerados baixos de alguns químicos, ou conjuntos de químicos, potencialmente perigosos (EEA, 2007). A UE tem esta questão como sendo uma temática de relevada importância, sendo objeto de programas, planos de ação e regulamentação. Refira-se que as relações entre o ambiente e a saúde compunham um dos quatro domínios de ação prioritários do 6º Programa Comunitário de Ação em Matéria de Ambiente (2002-2012), que menciona como objetivo a atingir, uma qualidade ambiental que não coloque em perigo nem afete negativamente a saúde das pessoas.

Num estudo realizado por Castro *et al.* (2009), mesmo dentro dos níveis aceitáveis na maior parte do período de avaliação, a poluição atmosférica, principalmente as PM₁₀ (partículas de diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 10µm) e o NO₂, estiveram associados à diminuição da função respiratória de crianças residentes no Rio de Janeiro. De facto, a poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando os seus níveis se encontram aquém do que determina a legislação vigente. As faixas etárias mais atingidas são as crianças e os idosos, grupos bastante suscetíveis aos efeitos nocivos da poluição (Schwartz, 1990; Schwartz, 1992; Braga *et al.*, 1999; Lin *et al.*, 1999; Atkinson *et al.*, 2001; Braga *et al.*, 2001; Martins, 2002). Da totalidade das doenças registadas nos países industrializados, calcula-se que cerca de 20%, sejam atribuídas a fatores ambientais, afetando em especial as crianças, idosos e outros grupos vulneráveis (Smith *et al.*, 1999).

Os elevados níveis de poluição existentes na maioria dos centros urbanos são, em parte, responsáveis pelo abandono dos seus habitantes para áreas residenciais periféricas. Originando, assim, níveis mais elevados de tráfego e os problemas agravam-se com o centro de atividade a mover-se para a periferia, face a um centro da cidade cada vez mais debilitado. Estas questões de tensão excessiva são manifestos num número cada vez maior de zonas urbanas. Assim, não é inesperado que a “poluição das cidades” seja a imagem que os europeus associam normalmente ao ambiente.

De acordo com a Comunicação da Comissão Europeia de 11 de fevereiro de 2004, relativa a uma estratégia temática sobre ambiente urbano, as principais causas da situação atual residem no facto de não ter sido dada muita relevância às implicações ambientais das determinações tomadas e de não se ter implementado um planeamento sistemático de um ambiente urbano de elevada qualidade, com efeitos quer para o ambiente quer para a economia da cidade e dos seus cidadãos [COM (2004) 60 final].

A Comissão Europeia, numa outra comunicação realizada a 11 de junho de 2003, referente a uma estratégia europeia de ambiente e saúde, menciona que a fixação de uma relação de causalidade entre fatores ambientais e efeitos prejudiciais sobre a saúde provoca muitos desafios. Na realidade, a relação entre ambiente e saúde tem sido pouco abordada até à atualidade. As avaliações ambientais e as ações de política ambiental têm-se focado nos efeitos de poluentes isolados, o que tem simplificado a abordagem, mas pode ter induzido a uma subavaliação dos verdadeiros impactes sobre a saúde, dado que são muito complexas as relações existentes entre ambiente e saúde, sendo indispensável uma abordagem integrada e multidisciplinar que considere os itens abaixo discriminados:

- constituindo a inalação, ingestão, contato e irradiação, os meios de exposição humana, as vias de exposição humana e ambiental são diversas vezes longas e difíceis de precisar, devido à instabilidade dos poluentes no interior dos, e entre os, vários compartimentos ambientais (ar, água, solo, biota, etc.);
- existem diferentes tipos de impactes sobre a saúde e cada poluente pode ter mais do que um efeito (por exemplo, algumas substâncias químicas podem ter efeitos cancerígenos e efeitos de desregulação endócrina);
- os impactes nocivos dos fatores ambientais sobre a saúde decorrem de diversas variáveis como a predisposição genética, o modo de vida, a cultura, as questões socioeconómicas, a localização geográfica, o clima e a exposição a pressões ambientais;
- os poluentes podem mover-se entre diferentes compartimentos ambientais, após libertados no ambiente, e continuar a deslocar-se de uns para outros, estando as pessoas expostas a uma mistura de fatores ambientais. Pode ser uma exposição simultânea a diversos fatores, ou uma exposição sucessiva a uma diversidade de fatores em distintos momentos da vida;
- a relevância das cargas ambientais apresenta alterações espaciais e temporais consideráveis relativamente a fatores geográficos, económicos e culturais, e ao estado de progresso da regulamentação ambiental;
- é necessário avaliar séries temporais extensas para estimar corretamente as consequências dos

poluentes orgânicos e não orgânicos persistentes e metais pesados. Certos poluentes estão presentes no ambiente em quantidades bastante diminuídas, no entanto, acumulam-se na cadeia alimentar, no ambiente, e nos organismos humanos. As consequências manifestam-se muitas vezes no final de diversos anos (efeitos a longo prazo das doses reduzidas) [COM (2003) 338 final].

O conhecimento da relação complicada que liga o ambiente e a saúde, apesar de ser insuficiente, está a aumentar, mas ainda muito existe por investigar. Na maior parte das cidades, a poluição atmosférica continua a ser um problema. A poluição pelo SO₂ e, em menor grau, pelos óxidos de azoto (NO_x) reduziu significativamente na Europa Ocidental. Apesar da qualidade do ar estar a melhorar nos países da Europa Central e de Leste e no grupo de países da Europa Oriental, Cáucaso e Ásia Central, estes últimos continuam a ter problemas, nomeadamente, com o SO₂ e os NO_x.

O O₃ e as partículas continuam a ser questões inquietantes do ponto de vista dos seus efeitos para a saúde humana e os ecossistemas. As concentrações médias de O₃ ao nível do solo continuam a aumentar, ainda que os picos de concentração estejam a diminuir. O maior problema de saúde na maioria das cidades, deve ser a exposição às partículas. Apesar de existir um decréscimo nas concentrações desde que existe monitorização, e desde que é possível realizar uma análise evolutiva, uma percentagem significativa da população urbana está exposta a concentrações que ultrapassam os valores limite atuais e futuros da UE. A situação na Ásia Central e na Rússia é também preocupante (EEA, 2003; EEA, 2007). Um estudo realizado sobre mortalidade devida a exposição prolongada à poluição atmosférica em 124 cidades europeias, com um total de 80 milhões de habitantes, revelou que cerca de 60 000 óbitos por ano podem estar associados à exposição a longo prazo a uma poluição por partículas que exceda o nível equivalente a PM₁₀ = 5 µg.m⁻³ (EEA, 2003).

Não só a qualidade do ar exterior é relevante, mas também a QAI dos edifícios constitui uma das áreas de estudo mais importantes do binómio saúde-ambiente. Uma das razões para este interesse prende-se com o facto das pessoas passarem cerca de 65% a 90% do seu tempo em ambientes interiores, tendo a respiração de um ar poluído, comprovados efeitos negativos no bem estar das pessoas, afetando-lhes a saúde, o conforto e a produtividade (Spaeth, 2000; Lee *et al.*, 2001; Wargocki, 2001; Dimitroulopoulou *et al.*, 2001; Li *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2002a, b; Sundell 2004; Simões, 2006; Santos, 2008; Lopes, 2008; Heinrich, 2011). Estudos recentes têm sugerido que uma reduzida QAI pode diminuir diretamente a capacidade pessoal para efetuar atividades específicas mentais que carecem de cálculo, concentração, ou memória (Fisk, 2000; Mendell e Heath 2005; Shaughnessy *et al.*, 2006). E também, de forma geral, o desempenho académico, quer seja o ensino e a aprendizagem de atividades quer o comportamento de grupo (Wargocki *et al.*, 2005).

O significado da QAI nas escolas é destacado pelo elevado número de estudos em todo o mundo (Lee e Chang, 2000; Meklin *et al.*, 2002; Shendell *et al.*, 2004a; Hodgson *et al.*, 2004; Blondeau *et al.*, 2005; Chew *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2007; Godwin e Batterman, 2007; Griffiths e Eftekhari, 2008; Godoi *et al.*, 2009; Klinmalee *et al.*, 2009; Mukerjee *et al.*, 2009; Sohn *et al.*, 2009). No entanto, a maior parte destes estudos concentra-se num grupo específico de contaminantes ou nas condições térmicas. Problemas de QAI nas escolas pode ser ainda mais grave do que em outras categorias de edifícios, devido à maior densidade de

ocupação e fornecimento de ar insuficiente, agravada pela má construção frequente e/ou manutenção dos edifícios escolares. Consequentemente, as reclamações de odor e conforto foram relacionados a problemas de QAI nas escolas, tal como o aumento da incidência de doenças alérgicas e infecciosas (Kinshella *et al.*, 2001; Daisey *et al.*, 2003; Ekmekcioglu e Keskin, 2007).

A maioria dos poluentes do ar interior podem afetar os sistemas respiratório e cardiovascular, sendo a sintomatologia associada, tanto mais intensa quanto maior for a intensidade da exposição (concentração e duração da exposição), o estado de saúde e a suscetibilidade dos ocupantes do edifício (Madureira, 2005). De acordo com Sá (2008), os poluentes atmosféricos prejudicam a saúde humana e lesam a qualidade de vida, para além de causarem, também inúmeros prejuízos materiais em estruturas e edifícios.

Em suma, uma boa QAI nas escolas, é essencial para a saúde dos professores e dos estudantes, permitindo um melhor atendimento e desempenho. Pegas *et al.* (2009), desenvolveram um estudo para avaliar se as escolas eram um ambiente saudável, tendo avaliado as concentrações de contaminantes atmosféricos, a que as pessoas realmente estavam expostas e identificaram as principais fontes de poluição interior. Este estudo investigou, pela primeira vez, as concentrações de poluentes no interior e no exterior de 14 prédios escolares em diferentes locais em Lisboa, Portugal (centro da cidade e suburbano). Concluíram que a maioria dos poluentes interiores tinha fontes interiores (atividades humanas, produtos pessoais, fumo de tabaco, produtos de limpeza, móveis, acabamentos arquitetónicos e outros), que sofriam acumulação nos edifícios provavelmente devido à ventilação ineficiente. Este estudo sugeriu que novas ações deviam ser tomadas, para prevenir e eliminar os problemas de humidade, ventilação inadequada, exposição interior a excesso de poluentes. Além disso, a implantação de novas escolas em localidades com mais baixos níveis de poluentes ao ar livre, referem, é imperativo.

Em Portugal, o ambiente escolar, ainda não tem recebido muita atenção, consequentemente, os dados relativos a QAI nas escolas portuguesas são ainda muito escassos. Destaca-se a dificuldade intrínseca à defesa de um ambiente saudável para as gerações atuais e futuras, tal como a complexidade em estabelecer uma causalidade direta entre fatores ambientais e efeitos na saúde, compõem uma discussão cuja resolução pela comunidade científica implicará, obrigatoriamente, um estudo integrado e interdisciplinar (Eurobarómetro, 2002).

1.2. Aspetos gerais da qualidade do ar

1.2.1. Qualidade do ar

O ar que respiramos é um elemento imprescindível à vida, sendo formado por ar seco, normal, tendo quantidades variáveis de vapor de água e de diferentes produtos gasosos, líquidos ou sólidos, naturais ou antropogénicos, inertes ou radioativos. Este, considera-se poluído sempre que tenha um ou mais produtos considerados como “poluentes” em quantidades tais e durante um tempo suficientemente longo para que se

expressem efeitos prejudiciais ao nível do conforto e diversidade dos seres vivos ou ao nível da conservação dos materiais, do clima, das culturas, etc. (Gomes, 2010; Sá, 2008).

De acordo com Borrego *et al.* (2008), os poluentes atmosféricos contidos no ar respirado, provêm quer de fontes naturais quer antropogénicas, nomeadamente as atividades industriais, domésticas e comerciais ou de veículos motorizados, maioritariamente produzidos por processos de combustão. Os poluentes atmosféricos representam apenas 1% da atmosfera terrestre, sendo esta predominantemente constituída por azoto (78%) e oxigénio (21%).

Essencial à vida, o ar, é atualmente considerado responsável pela ligação qualidade do ar - exposição humana, dado os efeitos nocivos da poluição atmosférica na saúde humana (Ferreira, 2007; WHO, 2010a).

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar que respiramos. A poluição do ar é provocada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas no ar ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera (Déoux, 2001).

O Homem é um dos maiores responsáveis pela emissão dos poluentes mais comuns na atmosfera, designadamente, a matéria particulada (nomeadamente PM₁₀), CO, CO₂, NO₂, SO₂, O₃ e os COVs. Estes poluentes são produzidos, na sua maioria, por atividades antropogénicas (Borrego *et al.*, 2008).

A poluição atmosférica, tradicionalmente considerada como um problema de cariz ambiental, é atualmente encarada como um problema de saúde pública responsável pelo aumento da mortalidade e morbilidade humana. Estimativas da OMS indicam que, como resultado da exposição à matéria particulada presente na atmosfera, se verificam aproximadamente três milhões de mortes por ano em todo o mundo (WHO, 2001). Diversos estudos relacionam a poluição com efeitos na saúde, em particular, sobre os sistemas respiratório e cardiovascular. Vários investigadores relatam a relação entre a exposição aguda a poluentes atmosféricos e o agravamento da asma (Kunzli *et al.*, 2001; Borrego *et al.*, 2008). De acordo com Sá (2008), os poluentes atmosféricos emitidos podem ter maior ou menor impacto na qualidade do ar, consoante a sua composição química, concentração na massa de ar em causa e condições meteorológicas (Figura 1).

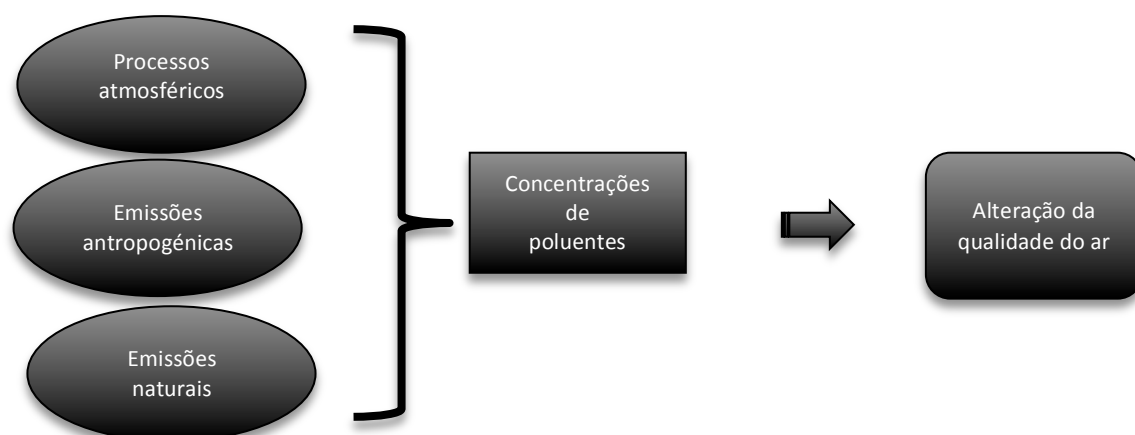


Figura 1: Esquema ilustrativo dos fatores que influenciam a qualidade do ar

Em suma, o ar é um recurso natural, sem fronteiras definidas, contribuindo significativamente para a sustentabilidade da vida no nosso planeta. O que faz com que, os efeitos negativos provocados pela poluição atmosférica sejam globalmente sentidos, especialmente na relação qualidade do ar e exposição humana (Sá, 2008).

1.2.2. Ar ambiente (exterior)

A qualidade do ar em ambientes internos, usualmente conhecido na literatura como *indoor* tem sido alvo de vários estudos nas últimas décadas. Relativamente à poluição ambiental, denominada, *outdoor*, a concentração de poluentes altera em função da variabilidade meteorológica e das diferentes fontes emissoras. Em ambientes internos o indivíduo está exposto, por longos períodos, a concentrações normalmente constantes dos agentes poluidores originados no próprio ambiente, embora, a poluição exterior contribuía, mesmo em ambientes com ar condicionado (Arbex *et al.*, 2010).

A poluição atmosférica a que as pessoas estão expostas possui dois tipos de origem, a decorrente de fontes do exterior e a das fontes interiores. A maior preocupação pública e governamental na saúde humana continua a ser o ar exterior. No entanto, nas últimas décadas, a QAI foi progressivamente recebendo um acréscimo de relevância, devido à maior fração do tempo ocupada em espaços interiores, os quais podem vir a ser contaminados pela poluição exterior, e aos efeitos adversos que pode causar na saúde humana (Bayer-Oglesby *et al.*, 2004; Rodrigues, 2005; Dimitrolopoulou *et al.*, 2006; Sá, 2008).

A principal responsável pela degradação do ar ambiente é a poluição atmosférica antropogénica (causada pelo homem), esta é derivada de grandes fontes principais: transportes, aquecimentos domésticos, atividades agrícolas, domésticas e industriais. Desde há alguns anos que, a Comunidade Europeia tem vindo a dedicar particular atenção a esta questão, tendo estabelecido limites para a concentração de poluentes (Gomes, 2010). A monitorização da poluição no ar exterior tornou-se sistemática nos países mais desenvolvidos, quer para verificação do cumprimento dos valores limites de qualidade do ar quer para avaliação do risco para a saúde das populações (Blondeau *et al.*, 2005).

É evidente que o ar que se respira no interior dos edifícios (tanto nas habitações como nos locais de trabalho) é muito diferente do ar exterior. É certo que os poluentes mais comuns tais como o CO, os óxidos de enxofre (SO_x) e os NO_x podem infiltrar-se nos edifícios a partir do exterior. Na realidade, dado que a maioria da população, pelo menos nos países industrializados, passa a maior parte do seu tempo em locais interiores, a QAI pode afetar consideravelmente mais a saúde humana do que a qualidade do ar exterior (Gomes, 2010). A dependência da QAI relativamente às concentrações exteriores pode ter justificação nos sistemas de ventilação existentes nos edifícios (Koponen *et al.*, 2000; Gomes, 2002). Exemplo desta situação é a penetração significativa, das partículas provenientes do exterior em ambientes interiores. O tamanho das partículas e o tipo de edifício é decisivo para a taxa de penetração (Zhua *et al.*, 2004). As concentrações exteriores de partículas finas possuem uma elevada percentagem nas concentrações encontradas nos ambientes interiores (Franck *et al.*, 2003).

1.2.3. Atmosferas interiores

Uma vez que apenas os ocupantes eram responsáveis pela emissão de poluentes como o CO₂, até ao final dos anos noventa do século XX, uma boa ventilação era tida como o suficiente para a manutenção de uma QAI aceitável. Posteriormente com a modificação desta visão redutora, passou a admitir-se que a presença dos poluentes estava relacionada não só com os ocupantes e as suas ações, mas também com os materiais usados na construção dos edifícios, com os equipamentos e mobiliário, com os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), e com a qualidade do ar exterior (Bluyssen, 2008). A QAI, de um edifício é definida pela interação da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do edifício, das fontes de contaminação, como o mobiliário, processos de trabalho e atividades, fontes de humidade e poluentes exteriores, e ainda do número de ocupantes (APA, 2009).

A QAI não decorre apenas da não existência de poluentes ou de baixas concentrações dos mesmos, mas também, do nível de conforto, isto é, da humidade relativa, temperatura e ainda da perceção que cada pessoa tem da qualidade do ar que respira. A humidade e a temperatura podem influenciar negativamente a qualidade do ar e afetar a saúde, caso ultrapassem os parâmetros de conforto geralmente aceites (Fang et al., 2004).

O conforto térmico é um conceito variável que decorre de parâmetros individuais, como o vestuário, sexo, idade, metabolismo e ainda de parâmetros físicos ou ambientais, como a temperatura, velocidade do ar, humidade relativa do ar, mas também, da intensidade luminosa e do nível de ruído. Conforme o definido na norma *International Organization for Standardization (ISO) 7730*, e segundo a *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)*, conforto térmico é entendido como: “um estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa (nem quente nem frio)” (ASHRAE, 2004; ISO, 1994).

Segundo a OMS, mais de metade dos ambientes internos de edifícios, onde se enquadram as escolas, apresentam ar de má qualidade e sugere que os ocupantes de 30% dos edifícios novos ou remodelados em todo o mundo referiram queixas compatíveis com má qualidade do ar em ambientes internos (WHO, 1984; Gomzi et al., 2009). O verdadeiro problema relativamente à QAI é a emissão de poluentes no interior dos edifícios e a sua acumulação é devida a uma ventilação deficiente e baixas renovações de ar. A *United States Environment Protection Agency (EPA)* inventariou, em 1988, os principais problemas de poluição no interior dos edifícios:

- radão, um gás que ocorre naturalmente resultando do decaimento do rádio que se encontra regularmente em diversos tipos de rochas e solos e que penetra nas edificações pelas fundações;
- fumos de tabaco com gases inorgânicos, metais pesados, partículas, COVs e produtos de combustão incompleta;
- fibras de amianto usadas numa grande variedade de materiais de construção em isolamentos;
- CH₂O usado em móveis, espumas de isolamento e produtos de madeira prensada;
- pesticidas como os termicidas e preservantes de madeiras;

- outros COVs tais como derivados de etileno e compostos existentes em tintas e produtos de limpeza;
- poluentes biológicos derivados do aquecimento e ventilação em sistemas de ar condicionado e humidificadores quando indevidamente mantidos e limpos.

Um bom ambiente interior resulta da conjugação de vários parâmetros, de entre os quais se evidenciam a qualidade do ar exterior, o design de espaços interiores e sistemas de ventilação/climatização, o modo como o sistema trabalha e a presença de fontes contaminantes. A crise do petróleo no princípio dos anos setenta conduziu a uma maior tomada de consciência no que respeita aos desperdícios de energia, sobretudo nos sistemas de aquecimento e de arrefecimento usados. Com os preços elevados dos combustíveis, houve uma tendência mundial de conservar energia e diminuir gastos deste bem tão valioso. Também as edificações foram alvo deste novo espírito. Impôs-se-lhes um novo e grande desafio, o da economia de energia. Daí, resultaram os edifícios com poucas aberturas para ventilação, com reduzidas taxas de ar externo e reduzindo, ao mesmo tempo, as trocas de ar entre o interior e o exterior. O novo conceito de edifício passava por “quanto maior a quantidade de ar externo, maior é o consumo de energia”. A construção de prédios “hermeticamente” fechados solucionou o problema do consumo de energia, no entanto, a redução intensa da captação do ar externo, passou a ser responsável pelo aumento da concentração de poluentes químicos e biológicos no ar interior, pois a taxa de renovação do ar era insuficiente. Esta sequência de situações deu início a um processo de degeneração da QAI. Contudo, este facto perdurou, durante algum tempo, desconhecido e de certo modo subestimado, constituindo assim, um problema de saúde pública que era urgente estudar de forma global e sistemática (Maia, 2002). No entanto, tendo em consideração Gomes (2004) é possível construir um edifício saudável, em termos de QAI. Quando existe uma seleção adequada de materiais de construção, os odores e as concentrações de COVs são devidamente controladas. Deve, no entanto, ter-se em atenção que esta metodologia não poderá prevenir a presença de qualquer químico indesejado no ar ambiente, mas consegue-se minimizar a concentração destes compostos no ar interior.

Do ponto de vista das preocupações de saúde, os níveis de contaminação do ar interior assumem uma elevada importância quando se tem em consideração que atualmente as pessoas passam a maior parte do seu tempo no interior de edifícios. De facto, nas sociedades industrializadas estima-se que o tempo de permanência em ambientes interiores ronde os 90%, facto que comprova bem a relevância das questões relacionadas com a qualidade do ar interior (Gomes, 2010; Lee *et al.*, 2002ab; Gonçalves *et al.*, 2006).

Existem várias razões para considerar a QAI em escolas uma preocupação. Uma das razões prende-se com o facto das crianças serem mais suscetíveis que os adultos, pois estas respiram maiores volumes de ar, relativamente ao seu peso corporal, as suas vias aéreas são mais estreitas e os seus pulmões ainda se encontram em desenvolvimento. Além disso, muitas crianças respiram pela boca, contornando as defesas naturais das passagens nasais. Assim, as crianças são mais propensas a sofrer as consequências da poluição interior. Outra razão para encontrar deficiências ambientais nas escolas é o insuficiente financiamento, que contribui para a operação inadequada e falta de manutenção das instalações (Daisey *et al.*, 2003; Mendell e Heath, 2005; Godoi *et al.*, 2009). O funcionamento inapropriado dos sistemas de AVAC, devido a filtros

impróprios ou indevidamente instalados e à falta de manutenção, afeta a qualidade de climatização e circulação de ar e, conseqüentemente, a QAI, colocando em risco a saúde dos ocupantes do edifício (Piteira, 2007).

Num estudo preliminar concretizado em três escolas primárias em Lisboa, em 2008, foram realizadas medições simultâneas de poluição exterior e interior. Entre vários parâmetros ambientais, os COVs, CH₂O e NO₂ foram passivamente monitorizados durante um período de duas semanas em salas de aula e parques infantis. Os mais altos níveis no interior de CO (2666mg/m³), NO₂ (40,3mg/m³), COVs (10,3mg/m³), CH₂O (1,03mg/m³) e bioaerossóis (1634UFC/m³), e algumas relações interior/exterior maiores do que a unidade, sugerem que as fontes internas e as condições de construção podem ter efeitos negativos sobre o ar em ambientes fechados. Os autores referiram que, crescentes taxas de ventilação e o uso de materiais de baixa emissão contribuiria para melhorar a qualidade do ar interior (Pegas *et al.*, 2010).

Pegas *et al.* de maio a junho de 2009, realizaram um outro estudo em Lisboa, desta vez, envolvendo 14 escolas. Concluíram que a concentração de CO₂ e bioaerossóis excedeu em muito a concentração máxima de referência, de 1800mg/m³ e 500UFC/m³, respetivamente, talvez devido ao maior número de ocupantes nas salas de aula e à ventilação ineficiente. Escolas localizadas perto de ruas com tráfego intenso apresentaram concentrações mais elevadas de NO₂, no ar ambiente (45,7mg/m³) e menor no interior das salas de aula (29,6mg/m³), provavelmente porque as janelas e as portas estavam sempre fechadas. Nos COVs avaliados verificou-se uma relação interior/exterior, mostrando a importante influência de fontes internas e as condições de construção sobre QAI. A maioria dos poluentes gasosos podiam resultar de emissões do tráfego e de fontes interiores, nomeadamente, alguns acabamentos arquitetónicos, adesivos de chão, pisos de policloreto de vinilo (PVC), consumidor e produtos de limpeza (Pegas *et al.*, 2011).

A QAI de escolas situadas em áreas urbanas pode ser contaminada por poluição do ar ambiente urbano e poluentes de tráfego. E, arredores de ruas movimentadas podem afetar a saúde respiratória das crianças (Janssen *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2004; Morgenstern *et al.*, 2007; Holguin *et al.*, 2007).

1.2.3.1. Síndrome do edifício doente e doenças relacionadas com edifícios

O termo Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), do inglês *Sick Building Syndrome* (SBS), é usado para descrever ocorrências de desconforto e/ou sintomas referenciados pelos ocupantes dos edifícios, sem que uma doença ou causa específica possa ser identificada (Fang *et al.*, 2004). É entendimento que a SED não é o diagnóstico para um indivíduo, mas para a população de ocupantes de um edifício relativamente a essa mesma edificação (Fernandes *et al.*, 2009b). Apesar de eventualmente as análises às amostras de ar, não revelarem concentrações significativas de nenhum dos poluentes presentes, o problema, muitas vezes, reside na combinação das conseqüências dos diversos poluentes presentes em baixas concentrações (Ali *et al.*, 2009).

Ramos *et al.* (2008), referiu no seu estudo, que a qualidade do ar interior podia ser definida como “A natureza do ar que afeta a saúde e o bem estar dos ocupantes dos edifícios”. A realização de estudos de QAI

em vários edifícios tem demonstrado que os ocupantes de edifícios com ar interior contaminado apresentam muitas vezes sintomas de letargia ou cansaço, dores de cabeça, tonturas, vômitos, irritação das mucosas dos olhos, sensibilidade a odores, irritação dos olhos e/ou garganta, congestão nasal, dificuldade de concentração, indisposições físicas e psicológicas, etc.. De acordo com a OMS, a poluição do ar interior é hoje reconhecida como uma das maiores ameaças à saúde pública. As doenças relacionadas com a QAI são classificadas pela OMS como SED, tal é a sua relevância e prevalência, resultantes da urbanização e verticalização dos edifícios (WHO, 1999; Moraes, 2006). SED é uma designação que começou a ser utilizada na década de 70, com a introdução dos edifícios climatizados e isolados do ar exterior. A SED é, assim, uma condição na qual se verifica um conjunto não específico de sintomas, cronologicamente relacionado à QAI da edificação não industrial (Quadros, 2008). Este termo, SED, é usado para descrever situações nas quais 20% dos utilizadores de um determinado edifício experimentam efeitos adversos à saúde e ao conforto, que normalmente desaparecem quando as pessoas afetadas deixam o mesmo, como por exemplo: irritação das mucosas dos olhos, efeitos neurotóxicos, sintomas respiratórios e cutâneos, e alteração dos sentidos. Segundo a OMS, a SED descreve uma condição médica em que os ocupantes de um determinado edifício manifestam sintomas de doenças ou se sentem mal sem um motivo aparente. Os sintomas tendem a tornar-se mais fortes durante o tempo de permanência no edifício, e tendem a diminuir ou desaparecer após o abandono do local (WHO, 1999; Moraes, 2006).

Vários trabalhos sobre qualidade do ar em edifícios têm recebido uma atenção crescente desde a década de 1970 (Spangler e Sexton, 1983; Hodgson, 1992). SED é um termo vulgarmente usado para os sintomas decorrentes de problemas com a QAI. Queixas comuns à SED compreendem a rinite alérgica, dores de cabeça, sintomas de gripe, irritação dos olhos e dificuldade em respirar (Mishra *et al.*, 1992). O primeiro estudo oficial sobre a SED, que examinou mais do que uma estrutura, foi publicado em 1984 (Finnigan *et al.*, 1984).

No início da década de 80, os estudos da OMS, descreveram a ligação entre os sintomas característicos da SED e a ventilação mecânica, no entanto, um estudo britânico foi mais longe e estabeleceu uma relação entre a existência dos sintomas e o sistema de ar condicionado. Contudo, foi depois dos anos 90 que a SED se tornou num conceito comum na literatura científica. Nesse sentido, em 2003, a *International Society of Indoor Air Quality and Climate* e a *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (ISIAQ-CIB), publicaram os critérios de desempenho para ambientes internos das edificações, correlacionando valores normativos às metas de projeto, execução e manutenção dos mesmos. Segundo estas instituições, a QAI pode diminuir os problemas de saúde e o desconforto dos utilizadores, por meio dos métodos construtivos, da escolha dos materiais de construção e da gestão da manutenção preventiva dos ambientes internos nos edifícios (Moraes, 2006).

A OMS reconheceu dois tipos diferentes de edifícios doentes:

- Edifícios temporariamente doentes, que compreendem edifícios novos ou de remodelação recente, onde os sintomas findam com o tempo (aproximadamente meio ano), provocando assim, a SED temporal, o sintoma diminui ou desaparece com o passar do tempo;

- Edifícios permanentemente doentes, quando os sintomas perduram apesar das medidas adotadas para resolver os problemas, desta forma a SED é permanente quando os sintomas se mantêm apesar das medidas corretivas implementadas (Martinez *et al.*, 2006).

Atualmente, sintomas relativos à SED não se restringem apenas a ambientes de trabalho. De acordo com Junker *et al.* (2000), as pessoas permanecem 90% do seu tempo em locais fechados, incluindo residências, escolas, hospitais, centros comerciais, supermercados, bancos, entre outros, os quais são ambientes não industriais. Nesses ambientes, e apesar de algum desconhecimento, também existe uma elevada concentração de poluentes, típicos desses espaços, podendo afetar a saúde dos utilizadores. Os efeitos para a saúde decorrentes desta síndrome são difíceis de quantificar clinicamente. Nem todos os indivíduos expostos aos mesmos poluentes do ar ambiente interior sentem o mesmo efeito prejudicial sobre a sua saúde mas, mesmo se o sentirem, não será seguramente da mesma forma. É ainda desconhecido porque é que o organismo humano reage de maneiras diferentes e quais são as bases destas não uniformidades (Gomes, 2010).

Quadros (2008) e Gomes (2010), citam os seguintes sintomas como os mais relacionados com a SED: asma, rinite, congestionamento nasal, garganta seca, lacrimejar, irritação das membranas mucosas, afeções da pele, sonolência, cefaleias e rigidez do tronco. Segundo Quadros (2008), a SED resulta numa diminuição substancial do desempenho no trabalho e nas relações interpessoais, além de uma perda considerável de produtividade. Admite-se que os principais fatores relacionados com a SED sejam ventilação inadequada ou insuficiente, contaminantes químicos, com origem no interior e/ou exterior do edifício, assim como contaminantes biológicos. Suspeita-se da SED quando mais de vinte por cento dos ocupantes do edifício manifestarem os mesmos problemas de saúde e desconforto.

Daisey *et al.* (2003), desenvolveram uma análise crítica dos relatórios existentes publicados sobre QAI, ventilação, e os sintomas de saúde relacionados com a construção nas escolas. O tipo de problemas de saúde observados em escolas era muito semelhante ao definidos na SED. Portanto, a QAI e a ventilação nos edifícios escolares podem afetar a saúde das crianças e indiretamente influenciar o desempenho na aprendizagem. Os sintomas tendem a intensificar-se gravemente ao longo do dia, quando o tempo de permanência nos edifícios se prolonga, e diminuem à noite e nos fins de semana (Gomes, 2010; Ali *et al.*, 2009).

Como é impossível atribuir todos os sintomas a um único tóxico químico, é possivelmente mais adequado considerar o edifício, ele próprio, como uma “disfunção”. As reações características da SED ocorrem mais frequentemente em edifícios novos com sistema central de ventilação controlado mecanicamente, o que sugere que níveis elevados de partículas no ar (por exemplo, poeiras) e de COVs libertados pelos móveis e pelos materiais de construção são os principais responsáveis. Outras características que também têm sido associadas com a SED incluem o tipo de sistema de humidificação (como fonte de contaminação de micróbios e fungos) e a luz artificial fluorescente (como fonte potencial do *smog* fotoquímico). As características individuais relacionadas com sintomatologia incluem o tipo de trabalho, o nível de satisfação no emprego, a exposição a certos tipos de equipamentos (por exemplo, fotocopiadoras) e a existência de

hábitos de fumar (Gomes, 2010).

Num estudo intensivo efetuado em Inglaterra, por exemplo, os sintomas mais frequentemente encontrados foram: letargia (57%), dor de cabeça (43%), congestão nasal (47%) e olhos irritados (27%). Quando questionados sobre a influência da má qualidade do ar ambiente do local de trabalho na produtividade, 24% dos inquiridos pensam que esta provoca uma diminuição de 20%, 59% pensam que não há qualquer relação e 16% pensam que melhora a produtividade. Num estudo efetuado nos edifícios municipais da Dinamarca, os sintomas mais frequentemente encontrados foram: cansaço (28%), dor de cabeça (20%), olhos irritados (13%) e irritação nasal (18%). Por outro lado, e do ponto de vista económico, o aparecimento destes sintomas provocados pela má qualidade do ar ambiente implica o aumento dos custos diretos com serviços médicos, aumenta o desconforto dos trabalhadores e o número de dias de absentismo por baixa médica, a produtividade será conseqüentemente diminuída, em suma, a poluição do ar ambiente interior tem custos bastantes elevados (Gomes, 2002; Gomes, 2010).

Uma outra questão relevante, respeitante aos utilizadores de edifícios, para além da SED é a doença relacionada com o edifício (DRE), em inglês, *Building Related Illness* (BRI). Esta diz respeito a situações pontuais de contaminação específica no interior do edifício, sendo possível identificar a fonte de contaminação presente no ar bem como as alterações causadas na saúde. Para se concluir que se está diante de um caso de DRE, é necessário ter em conta alterações comuns e concretas da saúde dos ocupantes. Assim, os sintomas devem estar clinicamente definidos e laboratorialmente comprovados e as alterações de saúde devem desaparecer depois de um tempo prolongado após o abandono do edifício. Os indivíduos portadores de DRE manifestam geralmente os seguintes sintomas: arrepios, alergias, dores musculares, febre, tosse e sensação de opressão torácica (Cabral *et al.*, 2005).

À medida que tanto as habitações antigas como as novas têm vindo a ser adaptadas com o objetivo de serem mais eficientes em termos energéticos, as concentrações de determinados contaminantes da atmosfera têm vindo a aumentar e a prevalência da SED e doenças relacionadas com as atmosferas interiores tem aumentado assustadoramente. Em particular, é, atualmente, reconhecido que a incidência da asma, hospitalizações e mortalidade relacionadas estão a aumentar, invertendo-se as tendências de diminuição registadas na década de 70. Estudos realizados sobre as condições ambientais em habitações demonstraram a existência de relação entre sintomas respiratórios e elevada humidade ambiente. Foram realizados diagnósticos relativos às condições de saúde através de questionários administrados a 3866 pessoas da Itália Central e estes verificaram que o uso de sistemas de aquecimento nas habitações por fogões de sala ou ar forçado estava associado ao aumento da prevalência de dispneias, diminuição da capacidade respiratória e problemas cardiovasculares. Num outro estudo a 150 habitações no Kansas, Estados Unidos da América (EUA), verificou-se uma correlação entre o aumento de fungos e o uso de fogões a gás. Os autores atribuíram este facto ao aumento da humidade no interior das habitações provocado pela combustão de gás (Gomes, 2010).

O controlo da QAI é muitas vezes desajustado e imperfeito apesar do papel determinante que tem na saúde e bem-estar das pessoas. Em maio de 2000, a OMS no documento “Direito a uma Saudável Qualidade do Ar

Interior” declarou que esse é um direito de todos, pois é universal e resulta dos princípios fundamentais na área dos direitos humanos, da ética e da sustentabilidade (WHO, 2008b). Em termos gerais, as medidas de controlo, para melhorar a QAI, recomendadas pela OMS consistem na remoção, substituição ou modificação da fonte emissora, ventilação dos espaços interiores, purificação do ar e alteração comportamental (Madureira, 2005).

A par da indispensável redução dos fatores de poluição e renovação do ar com o oxigénio indispensável para o metabolismo dos ocupantes, uma ventilação eficaz é um fator determinante na manutenção de uma elevada QAI, não só para a segurança das pessoas, mas também para diminuir as anomalias associadas aos elementos construtivos decorrentes de condensações internas ou superficiais. A promoção de uma boa QAI dos edifícios deverá constituir uma preocupação constante para todos aqueles que assumem responsabilidades, sejam de natureza política, sejam de natureza técnico-científica, consoante o relacionamento profissional existente nas diversas áreas envolvidas (Santos, 2008). De acordo com Gomes (2006) existem vários métodos, de fácil aplicabilidade, que possibilitam a determinação de forma expedita, as concentrações, no interior de edifícios, de substâncias tóxicas devidas a emissões extemporâneas. Os vários métodos apresentados no seu trabalho, possibilitam resposta a problemas típicos que se colocam relativos à ventilação de edifícios, como seja a quantificação das taxas de renovação essenciais para fazer a exaustão de gases tóxicos acumulados no interior dos edifícios, ou como proceder para evitar a contaminação de gases oriundos do exterior.

Alguns edifícios já são designados de “doentes”, devido à péssima qualidade do ar nos diversos compartimentos. A qualidade do meio afecta direta e indiretamente o bem estar, o humor e o rendimento das pessoas quando desenvolvem as suas atividades (Simões, 2006).

CAPÍTULO II

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E A SAÚDE

2.1. Poluentes atmosféricos

O ar puro é constituído por oxigénio (21%) e azoto (78%), e alguns gases raros como o árgon (0,93%). O dióxido de carbono (0,03%) e o vapor de água (superior a 4% em volume) são os restantes constituintes principais. O oxigénio (O₂) é produzido pela plantas, como um produto da fotossíntese, dando à atmosfera o carácter oxidante (Stern *et al.*, 1984; Seinfeld e Pandis, 1998).

De acordo com Gomes (2010), existem diversas definições para traduzir o que significa poluição do ar, das quais destaca as seguintes:

“poluição do ar significa a presença na atmosfera exterior de um ou mais contaminantes tais como poeiras, fumos, gases, névoas, odores ou vapores em quantidades ou com características ou com uma duração tais que possam ser nocivos para a vida humana, vegetal ou animal ou bens ou ainda que interfira significativamente com a possibilidade de usufruir de boas condições de vida”;

“a poluição do ar significa a presença nas atmosferas exteriores de um ou mais contaminantes, ou a sua contaminação, em quantidades ou com uma duração tal que possam vir a ser considerados nocivos para a vida humana, vegetal, animal ou bens. Os contaminantes do ar incluem fumos, vapores, cinzas de papel, poeiras, fuligem, fumos carbonosos, gases, névoas, material radioativo ou produtos químicos tóxicos.”

Existem algumas diferenças entre estas duas definições, nomeadamente na primeira que é uma definição ampla e que considera como poluente tudo o que possa intervir grandemente com as condições de conforto e qualidade de vida. Coloca-se a questão do que é realmente significativo. A segunda definição define de forma exata os possíveis poluentes.

São diversas e variáveis, as fontes emissoras dos poluentes atmosféricos, podendo ser antropogénicas ou naturais. As fontes antropogénicas são as que decorrem das atividades humanas, como a atividade industrial ou o tráfego automóvel, as fontes naturais abrangem fenómenos da natureza tais como emissões provenientes de erupções vulcânicas ou fogos florestais de origem natural (Gomes, 2010; Sá, 2008).

Durante muito tempo, o planeta teve capacidade de regenerar a atmosfera, o que significa, que repôs a qualidade do ar por muitos processos entre os quais são especificamente importantes os processos de fotossíntese das plantas. Infelizmente à medida que o quantitativo de emissões de poluentes aumenta exponencialmente com a industrialização e o aumento do tráfego automóvel no planeta, é muito diminuída a sua capacidade de regeneração da atmosfera que, por acumulação, fica continuamente mais poluído.

Devido ao aumento da industrialização e à sua diversidade, existe a libertação de novos e mais perigosos poluentes, designadamente compostos orgânicos cancerígenos e compostos radioativos que a natureza é incapaz de regenerar independentemente do seu quantitativo. Atualmente são diversos os poluentes da atmosfera e são imensos os quantitativos de muito deles, o que vai corresponder muito provavelmente a uma degradação irreversível do planeta, à escala global, através da diminuição da camada de ozono, o efeito de estufa e o aquecimento gradual do planeta (Gomes, 2010).

Os poluentes atmosféricos encontram-se em duas fases diferentes: fase gasosa ou fase particulada. Os poluentes emitidos podem ainda ser denominados de primários (emitidos diretamente) ou de secundários (resultam de reações químicas que ocorrem na atmosfera e entre poluentes primários (Alley *et al.*, 1998; Samet *et al.*, 2006).

A nível nacional os poluentes considerados mais críticos em termos de qualidade do ar são as PM_{10} e o O_3 , dado os seus efeitos e por apresentarem valores de concentração mais elevados (Ferreira, 2007; Sá, 2008).

São muitos e variados os poluentes atmosféricos, no entanto, será apenas feita referência àqueles que são considerados mais importantes no âmbito dos objetivos do trabalho e dos fenómenos de poluição do ar.

2.1.1. Poluentes em fase gasosa

Uma grande diversidade de substâncias gasosas é emitida para a atmosfera a partir de fontes naturais e antropogénicas. Os principais grupos de gases poluentes do ar, devido ao seu interesse histórico, à sua concentração e aos efeitos globais em plantas e animais são: SO_2 , CO, COVs, NO_x e O_3 .

O O_3 é o oxidante fotoquímico mais relevante na troposfera. É formado na camada mais baixa da atmosfera (junto ao solo), a partir de reações químicas na presença da luz solar, e de poluentes precursores como NO_x e COVs, que têm como fonte o tráfego, as indústrias, os aterros sanitários, as tintas e solventes, entre outros. É um gás azulado, caracterizado pelo seu grande poder oxidante. É um poluente secundário. Junto de importantes fontes emissoras de NO_x , onde abunda o monóxido de azoto (NO), o O_3 é consumido, segundo a reação: $NO + O_2 = NO_2 + O_3$. Esta reação ocorre em poucos segundos perante condições atmosféricas típicas, levando à conversão completa de todo o O_3 em NO_2 com um excesso de NO que não reage ou à transformação de todo o NO em NO_2 , com excesso de O_3 . Esta última situação ocorre usualmente em atmosferas poluídas (Derwent, 1999; 2010; Ferreira, 2007; Borrego *et al.*, 2008; Sá, 2008).

De acordo com Alvim-Ferraz *et al.* (2006), embora o O_3 seja, atualmente, considerado como um poluente atmosférico, quando foi identificado como um elemento da atmosfera, em 1840, a comunidade médica considerava-o um indicador de ambientes saudáveis, atribuindo um papel ao O_3 no controlo de epidemias, resultado das suas propriedades oxidantes.

O processo de transporte do O_3 na superfície tem sido muito considerado. Ventos fracos noturnos são capazes de deslocar os poluentes a centenas de quilómetros das suas fontes ou em camadas acima ou abaixo livres na troposfera. Com as turbulências é possível trazer O_3 e outros poluentes para a superfície. As

concentrações também dependem da proximidade de fontes de emissões (estradas, vias públicas e centrais elétricas) e da interação dos ventos com as barreiras como os edifícios ou as árvores (Geyh *et al.*, 2000; EPA, 2006).

As concentrações de O₃ são mais baixas em ambientes tipicamente urbanos e mais elevadas em meios suburbanos ou rurais. O O₃ é também considerado como um poluente transfronteiriço, devido ao poder de ser transportado pelas massas de ar a longas distâncias. Como resultado da sua origem fotoquímica, o O₃ apresenta padrões sazonais e diurnos, com concentrações mais elevadas no verão e durante a tarde. A correlação do O₃ com outros poluentes depende da estação do ano e do local (Brasseur *et al.*, 1999; WHO, 2003; Bayer-Oglesby *et al.*, 2004). Na generalidade é a formação de O₃ de origem local e regional que provoca concentrações elevadas deste poluente na atmosfera, o que ocorre usualmente no verão. Contudo, estudos indicam que episódios de concentração elevada de O₃ no outono, inverno e primavera, tradicionalmente considerados atípicos, podem resultar de intrusões estratosféricas (Carvalho, 2006).

Este gás desempenha um papel importantíssimo na manutenção da vida na Terra. A cerca de 25Km de altitude, encontra-se a camada de ozono, que não é mais que uma camada da atmosfera, caracterizada pela elevada concentração deste gás. Esta camada tem uma função protetora, dado que atua como um filtro da radiação solar ultravioleta. No entanto, devido à emissão de certos compostos que reagem com o O₃, a camada do ozono tem vindo a ficar progressivamente mais fina (Gomes, 2010).

Nas últimas décadas, os níveis de O₃ no ar interior aumentaram (Weschler, 2009). O uso de equipamentos geradores de O₃ no interior de edifícios é atualmente mais comum do que no passado. Salientam-se as fotocopiadoras e impressoras que estão presentes em edifícios de escritórios, escolas e até em edifícios de habitação. De uso mais recente, existem outros equipamentos, mas também geradores de O₃, que são os purificadores de ar de funcionamento por ionização ou por ozonólise (Britigan *et al.*, 2006). As concentrações de limoneno e alfa-pineno, gases precursores de O₃, também têm aumentado devido à sua crescente utilização nos produtos de limpeza e ambientadores (Weschler, 2006).

Os estudos que avaliam os possíveis efeitos do O₃ sobre a saúde humana recaem, normalmente, sobre as concentrações de pico deste poluente, que ocorrem, em regra, em dias quentes de verão. Trabalhos mais recentes têm encontrado associações entre níveis médios de concentração de O₃ e efeitos na saúde (Saldiva *et al.*, 2006). A exposição de longo prazo ao O₃ pode provocar modificações estruturais consideráveis nos pulmões, nomeadamente o estreitamento dos brônquios e fibrose alveolar, por outro lado a exposição de curto prazo origina inflamação em todo o trato respiratório e diminuição da função pulmonar. As pessoas com asma ou rinite alérgica são mais suscetíveis a variações da função respiratória resultante da exposição a este poluente. Estudos epidemiológicos relacionam a exposição a O₃ e a variabilidade do ritmo cardíaco (Park *et al.*, 2005), arritmias (Rich *et al.*, 2005), absentismo na população em idade escolar (Chen, 2000; Gilliland, 2001), internamentos hospitalares e urgências por episódios de asma (Gent *et al.*, 2003), e infeções do sistema respiratório (Anderson *et al.*, 1997; Burnett, 1997).

Foram ainda encontradas associações estatisticamente significativas entre as concentrações de O₃ em ar

ambiente e mortalidade devido a causas respiratórias e, com menos expressividade, cardiovasculares (Saldiva *et al.*, 2006). As evidências sugerem ainda que as pessoas com doença pulmonar anterior são mais sensíveis à exposição ao O₃ do que as pessoas saudáveis.

O NO₂ é, em grande parte, derivado da oxidação do NO que, por sua vez, resulta das emissões de combustão, maioritariamente nos motores dos veículos. O NO₂ é considerado um bom indicador do tráfego rodoviário. Este poluente participa também em inúmeros processos de transformação na atmosfera, que conduzem, nomeadamente, à formação de O₃ e de outros oxidantes fortes que participam na conversão do NO₂ em ácido nítrico, e do SO₂ em ácido sulfúrico, e consequentemente em reações de neutralização que levam à formação de sais de amónio. Através da série de reações fotoquímicas encetadas pela ativação do NO₂ induzida pela radiação solar, os poluentes originados são uma essencial fonte de nitratos, sulfatos e aerossóis orgânicos, que contribuem expressivamente para a fração da matéria particulada (Gomes, 2010; WHO, 2003; Ferreira, 2007; Borrego *et al.*, 2008).

Ao longo do dia observa-se uma variabilidade das concentrações de NO, NO₂ e de O₃, em consequência da existência de COVs. O aumento inicial de NO e de COVs é devido ao movimento automóvel da manhã. Ao longo do início do dia a intensidade da radiação solar vai aumentando e atinge o máximo por volta das 12 horas. A foto-oxidação dos hidrocarbonetos na presença de NOx conduz à formação de O₃, cuja concentração atinge um máximo ao início da tarde. O O₃ diminui após a redução da radiação solar e da concentração de COVs (Basseur *et al.*, 1999; Sá, 2008). O NOx presente no ar interior provém do transporte do exterior, assim como de fontes de combustão presentes no ar interior (lareiras, fogões a gás, fumo de tabaco, etc.).

Estudos em animais e humanos indicam que o NO₂ é um gás tóxico com efeitos significativos na saúde humana (WHO, 2006a). Estudos toxicológicos em humanos relatam efeitos na saúde humana para exposições horárias superiores a 500µg.m⁻³. Testes que incidiram especificamente em indivíduos asmáticos indicam que existe reatividade das vias aéreas a partir dos 200µg.m⁻³. Forastiere *et al.* (2006), encontraram evidências de que a diminuição da função pulmonar em crianças está associada às concentrações de longo prazo de NO₂ no ar ambiente habitualmente encontradas nas áreas urbanas da Europa e dos EUA. Trabalhos científicos sobre concentrações em ar interior evidenciam que existem efeitos sobre as crianças expostas a concentrações de NO₂ inferiores a 40µg.m⁻³ (Hasselblad *et al.*, 1992; Belanger *et al.*, 2006).

Os **COVs**, pertencem ao grupo dos compostos orgânicos. São hidrocarbonetos (constituídos apenas por carbono e hidrogénio) que decorrem de atividades antropogénicas relacionadas com a queima de combustíveis, nomeadamente em todos os processos industriais (centrais térmicas, produção de pasta de papel, siderurgia), nos transportes, etc., podendo ainda resultar da evaporação de solventes e combustíveis (diretamente dos contentores onde se encontram depositados), de fontes naturais e da exudação de plantas (Gomes, 2010; Geros, 2006; Borrego, *et al.*, 2008).

De acordo com a OMS (2006a), as fontes predominantes destes poluentes são as fugas de equipamentos sob pressão e evaporação de zonas de armazenamento. Também a queima de combustíveis fósseis e processos de incineração e a produção de solventes orgânicos emitem COVs. A exposição a COVs está associada a uma

multiplicidade de efeitos na saúde humana. Nomeadamente, irritações oculares e no sistema respiratório, dores de cabeça, perda de coordenação motora, danos no fígado e sistema nervoso central. Alguns COVs são considerados carcinogénicos.

O CH_2O foi um dos primeiros compostos orgânicos voláteis a ser medido em ar interior (Andersen *et al.*, 1975). É produzido em larga escala tendo uma diversidade de utilizações industriais. É usado como matéria-prima em colas, resinas e espumas, sendo utilizado em processos de esterilização na área médica e também como conservante em alimentos e cosméticos. Pelo facto dos hospitais usarem o CH_2O para processos de esterilização, estes podem ter emissões importantes deste poluente. As empresas industriais que usam CH_2O são as fontes mais consideráveis deste poluente para o ar ambiente. O CH_2O é ainda emitido pelos veículos que não estão providos de conversores catalíticos. O CH_2O pode ainda resultar de fontes biogénicas como os incêndios florestais. As fontes interiores de CH_2O dividem-se em duas categorias: fontes de combustão e evaporação. As fontes relativas à combustão incluem o fumo de tabaco e as lareiras, enquanto as fontes por evaporação incluem os painéis contraplacados, os aglomerados de madeira, materiais de construção, assim como vernizes, tintas e carpetes (HC, 2006; Weschler, 2009).

Os SO_x , que são outro grupo/conjunto de poluentes mais comuns da atmosfera, são produzidos pela queima de combustíveis fósseis, em particular, os queimados em centrais térmicas. Os principais compostos que são incluídos nesta categoria são, o SO_2 , o trióxido de enxofre (SO_3), o ácido sulfúrico (H_2SO_4), o ácido sulfuroso (H_2SO_3) e o ácido sulfídrico (H_2S). De todos os SO_x o SO_2 é o poluente maioritário. É um gás incolor e não inflamável com odor irritante. Em muitas circunstâncias a ausência, de concentrações elevadas de SO_2 na atmosfera a uma certa distância das fontes que emitem este poluente, não significa que ele não seja emitido, mas sim que foi convertido a sais tais como sulfatos ou ácidos. É um dos responsáveis pelas chamadas “chuvas ácidas” que têm danificado as florestas e contribuído para a acidificação das águas e solos (Gomes, 2010; Borrego *et al.*, 2008).

Desde meados da década de 50 do séc. XX, o uso de combustíveis fósseis com baixo teor de enxofre resultou na diminuição das emissões de SO_2 , resultando na redução das concentrações deste poluente em ar ambiente e interior. A deficiente exaustão de equipamentos de combustão, atividades que envolvam soldadura e o fumo de tabaco são fontes interiores de SO_2 . Os efeitos agudos da exposição a baixas concentrações de SO_2 são dores de cabeça, tonturas e náuseas, enquanto a exposição a altas concentrações pode ser extremamente perigosa, provocando queimaduras nos olhos e pele e edema pulmonar. A exposição crónica a SO_2 pode provocar diminuição da função pulmonar e o desenvolvimento de bronquite (WHO, 2006a).

O SO_2 tem um tempo de vida médio de cerca de 4 dias, e pode ser removido diretamente da atmosfera pela chuva ou depositado diretamente sobre a vegetação. Nos países escandinavios e do Norte da Europa, é grande a inquietude com a acidificação dos solos e das águas provocadas pelas chuvas ácidas. Também na Europa e nos EUA passou-se já de uma alternativa que constava da construção de chaminés progressivamente mais altas para a aplicação de combustíveis com baixos teores de enxofre (Gomes, 2010).

O **CO** é um gás tóxico, sem cheiro e sem cor, não ácido e ligeiramente solúvel em água, essencialmente resultado da combustão incompleta de combustíveis fósseis. Os transportes rodoviários são o setor que mais contribui para as suas emissões; pode ser também formado por oxidação de poluentes orgânicos, tais como o metano. Por ser emitido próximo do solo e espalhar-se rapidamente na atmosfera ou ser destruído por reação fotoquímica, a sua concentração diminui com a distância às fontes de emissão (Derwent, 1999; Gomes, 2010; Ferreira, 2007; Borrego *et al.*, 2008).

Este gás é muito tóxico e contribui para a formação de névoas, afetando gravemente indivíduos com problemas cardiovasculares. Outro efeito sobre a saúde humana é o facto deste gás ter uma capacidade muito elevada de se ligar à hemoglobina, formando carboxihemoglobina em vez de oxihemoglobina, comprometendo o transporte de oxigénio até aos tecidos (Gomes, 2010). As concentrações deste poluente na atmosfera podem atingir níveis elevados nas estradas movimentadas das cidades, especialmente quando o tráfego é intenso, em horas de ponta, túneis e ruas estreitas, onde o facto de existirem edifícios de ambos os lados da rua dificulta a dispersão (Derwent, 1999; Ferreira, 2007).

O **CO₂** é o principal gás com efeito estufa que advém de processos de combustão quando a oxidação é completa (Borrego *et al.*, 2008).

As concentrações de CO₂ nos espaços interiores variam, de acordo com o local, ocorrência e hora do dia. As concentrações são mais elevadas ao final da manhã e ao final da tarde, variando em função da taxa de ocupação do espaço (APA, 2009).

Caso estejamos perante uma elevada concentração de CO₂ significa que existe uma carência de fornecimento de ar fresco devido a uma divisão ineficaz dos compartimentos, ao uso intenso do mesmo espaço por diversas pessoas, à não abertura regular das janelas e deficiências e falta de manutenção nos sistemas AVAC (Déoux, 2001).

2.1.2. Poluentes em fase particulada

Na atmosfera, para além dos gases, existe ainda material particulado, ou seja, partículas suspensas que variam na origem, composição, forma e tamanho (Seinfeld e Pandis, 2006). De facto, um dos principais poluentes em termos de efeitos na saúde humana são as partículas atmosféricas em suspensão. Vários estudos epidemiológicos realizados em diferentes locais têm verificado aumentos nas taxas de mortalidade e morbilidade associada a este poluente. A avaliação dos efeitos na saúde das partículas em suspensão revela-se como um desafio para a Ciência. Este desafio prende-se com a imensidão de tamanhos e composição química dos aerossóis, a mudança no tempo e no espaço, e também por terem de coexistir com bastantes poluentes atmosféricos gasosos na atmosfera. Estima-se que atualmente a exposição à matéria particulada reduza a esperança média de vida da população europeia em 8 meses ([COM (2005) 446 final]; Dias, 2008; Maurício, 2009).

As partículas em suspensão, apresentam-se sob a forma de fumos (partículas mais leves) ou de poeiras

(partículas mais pesadas) e são libertadas por diversos tipos de fontes primárias (processos industriais, combustão, fontes naturais) e secundárias (produtos resultantes da foto-oxidação) (EU, 2004; Borrego *et al.*, 2008; Maurício, 2009). A realidade é que, dependendo da maneira pela qual as partículas são introduzidas na atmosfera, estas podem ser divididas em duas grandes classes. Um componente primário é formado pelas partículas que são libertadas diretamente a partir da sua fonte, enquanto que um componente secundário é constituído pelas partículas criadas na atmosfera, através de reações químicas entre os poluentes que foram originalmente emitidos, como gases (Mysliwiec e Kleeman, 2002; Schlesinger e Cassee, 2003; Gilli *et al.*, 2007). A composição química das partículas é importante para se ter uma perceção sobre as fontes (Karthikeyan e Balasubramanian, 2006).

As emissões de partículas primárias têm uma contribuição reduzida para o total de concentração ambiente de partículas (13% na Europa em 2006, dados de PM₁₀), sendo que a maioria da matéria particulada é secundária (EEA, 2004; Maurício, 2009).

As propriedades físicas das partículas abrangem o seu número, a concentração, a massa, a dimensão, a composição química e as propriedades óticas. A determinação da dimensão das partículas é muito relevante, dado que muitas das suas propriedades, como o volume, a massa e a velocidade de deposição, dependem dessa característica. A dimensão das partículas permite, ainda, identificar os processos químicos e fontes emissoras que lhes dão origem, bem como avaliar o seu grau de influência na saúde e no clima (Seinfeld e Pandis, 1998; Almeida, 2004; WHO, 2006a; Ferreira, 2007; Sá, 2008).

A dimensão das partículas atmosféricas está geralmente associada ao seu raio ou diâmetro, o que envolve uma geometria esférica. Apesar disso, muitas partículas na atmosfera têm formas irregulares, nas quais o raio e o diâmetro não têm significado. A dimensão das partículas é expressa em diâmetro aerodinâmico (DA), que depende das suas propriedades físicas e não da sua geometria. O DA equivale ao diâmetro de uma esfera de densidade unitária com uma velocidade de deposição igual à velocidade de deposição da partícula apreciada. A dimensão das partículas atmosféricas pode variar entre poucos nanómetros até às centenas de micrómetros (Seinfeld e Pandis, 1998; WHO, 2000b; Ferreira, 2007; Sá, 2008).

Na atmosfera, as partículas podem modificar a sua dimensão e composição, através de processos de condensação de espécies gasosas, evaporação, coagulação, reações químicas ou através da sua ativação, na presença de água supersaturada, para formar nevoeiro ou gotas em nuvens. Devido à sua complexidade e relevância do tamanho das partículas na determinação de exposição humana e dose, existem outras classificações para os compostos particulados de acordo com o processo de amostragem e análise ou com o local no corpo humano, onde se depositam. Do primeiro tipo de classificação são exemplos os termos “material particulado em suspensão”, “material particulado total”, “fumo negro”. No caso das partículas entrarem no corpo humano passando apenas a parte superior do aparelho respiratório (nariz e boca) denominam-se como “partículas inaláveis”, no caso de se depositarem na parte inferior, designam-se “partículas torácicas” e serão “partículas respiráveis” se penetrarem na região de troca de gases no pulmão (WHO, 2004a; Ferreira, 2007; Sá, 2008). Em suma, as partículas são classificadas na legislação quanto ao tamanho, ou DA, uma vez que esta característica está associada com o local de deposição nas vias

respiratórias e consequentes efeitos na saúde (WHO, 2003).

Classificam-se em PM_{10} , $PM_{2,5}$ e $PM_{1,0}$, respetivamente partículas de DA inferior a $10\mu m$, $2,5\mu m$ ou $1\mu m$, ou ainda em fração grosseira, fina ou ultrafina, sendo que a correspondência com o diâmetro aerodinâmico não é direta. A fração grosseira é constituída pelas partículas com um diâmetro aerodinâmico superior a $2,5\mu m$ (o que inclui a fração das PM_{10} entre $10\mu m$ e $2,5\mu m$). A fração fina tem correspondência direta com as $PM_{2,5}$ e a fração ultrafina é composta pelo conjunto das partículas com DA inferior a $0,1\mu m$ ($100nm$). O conjunto total das partículas é denominado pelo acrónimo PST, Partículas Suspensas Totais (WHO, 2004a; Maurício, 2009). Assim, para fins legislativos, as partículas são definidas como "inaláveis" se o seu diâmetro aerodinâmico for abaixo de $10\mu m$, no entanto, não é consensual se os efeitos adversos para a saúde, das partículas, são associados mais com pequenas partículas ou com as de grandes dimensões (Grigg, 2009).

O processo de emissão determina o tamanho e a composição química das partículas. A fração fina provém usualmente de emissões de combustão ou de processos de nucleação e a fração grosseira de emissões de processo, como as atividades construtivas, ou de fontes naturais. As $PM_{2,5}$ têm normalmente origem em processos de combustão ou processos de formação por nucleação na atmosfera e são constituídas por compostos inorgânicos (sulfatos, nitratos e carbono elementar) e compostos orgânicos semi-voláteis, contendo hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) quando a combustão é incompleta. As partículas de maiores dimensões têm origem não só nos processos de combustão mas também nos processos de erosão, corrosão e abrasão e podem transportar elementos do solo e *spray* marinho. As emissões de processo contêm geralmente uma fração substancial de partículas com dimensão superior a $10\mu m$, mas a grande quantidade de partículas emitidas permite que a fração inferior a $10\mu m$ seja elevada (Maurício, 2009).

A concentração de partículas em interiores depende de penetração de partículas do ar ambiente para o ambiente interior e da intensidade da fonte de aerossol interiores (Estoková *et al.*, 2010; Franck *et al.*, 2011). O número de ocupantes bem como o comportamento e quantidade de fontes de contaminação interiores determinam variações temporais e espaciais da distribuição do aerossol interior. Para além disso, processos húmidos como a limpeza, lavagem e secagem aumentam a humidade relativa, que pode levar a variações na distribuição do tamanho das partículas (Estoková *et al.*, 2010).

A inalação de material particulado pode causar prejudiciais efeitos na saúde humana a curto ou a longo prazo (Allen e Miguel, 1995). Alguns estudos relacionam a exposição a matéria particulada, aguda ou crónica, a vários efeitos na saúde, designadamente: dificuldades respiratórias, irritação das vias aéreas superiores, tosse, diminuição da função pulmonar, exacerbação da asma, desenvolvimento de bronquite crónica, irregularidades no ritmo cardíaco, e morte prematura de indivíduos com doença pulmonar ou cardiovascular (Wilson e Spengler, 1996; USEPA, 1997; Brunekreef e Holgate, 2002; Fang *et al.*, 2006; Tippayawong *et al.*, 2009; Estoková, *et al.*, 2010; Franck, *et al.*, 2011).

A gravidade da influência das partículas está relacionada com a sua penetração e deposição no sistema respiratório humano. No entanto, não há entendimento explícito para um mecanismo biologicamente aceitável, o que pode explicar a mortalidade aguda/morbidade associada à exposição por partículas. Para

além disso, não há consenso relativamente a quais os componentes das partículas que são responsáveis pelo excesso de mortalidade e morbidade (González-Flecha, 2004). Segundo, Harrison e Yin (2000), a toxicidade da matéria particulada varia com diversos fatores nomeadamente: a composição química; a natureza dos elementos vestigiais; acidez; conteúdo em sulfatos e a distribuição em tamanhos das partículas.

As partículas também podem variar na sua composição química (Karthikeyan e Balasubramanian, 2006). De acordo com Harrison e Jones (1995), a matéria particulada atmosférica pode ser considerada por componentes principais, cada uma representando uma fração da massa total de partículas, juntamente com elementos vestigiais que representam geralmente menos de 1% da massa total de partículas. As amostras de ar de áreas urbanas de todo o mundo demonstram a mesma composição, no entanto, em proporções muito diferentes segundo o local de amostragem de ar. Esses componentes principais são, sulfatos, nitratos, amónia, cloretos, carbono elementar e carbono orgânico, material crustal e material biológico.

As fontes das partículas normalmente implicam fumar e cozinhar, no entanto, há evidências crescentes de altas concentrações de partículas em salas de aula (Janssen *et al.*, 2001).

2.2. Exposição humana à poluição atmosférica

Entre os diversos fatores que afetam a saúde humana, a correta avaliação da exposição à poluição atmosférica afigura-se como crucial para a determinação das possíveis relações entre poluição do ar e os efeitos na saúde (Valente, 2011). De facto, a avaliação da exposição concede a possibilidade de identificar e definir as exposições que ocorrem, ou são esperadas de ocorrer, em populações humanas, e consta na avaliação quantitativa e qualitativa do contato com o poluente, medindo ou estimando a intensidade, frequência, duração do contato, quantidade de pessoas expostas, e identificação da via de exposição (por exemplo: dérmica e respiratória) a determinado agente presente no ambiente, ou uma estimativa de uma hipotética exposição que poderá acontecer da libertação de novos poluentes no ambiente (IPCS, 1993; WHO, 2006a; Dias, 2008).

A exposição humana é o elo de ligação entre o ambiente que nos rodeia e a saúde humana, ou seja, consiste no tempo em que um indivíduo está exposto a uma determinada concentração de um determinado poluente (Duan, 1982; Ott, 1982; IPCS, 2000; Monn, 2001; Bayer-Oglesby *et al.*, 2004; Ott *et al.*, 2007; Sá, 2008; Valente, 2011). Isto significa que a exposição requer a presença do indivíduo e do poluente. Os indivíduos podem ser expostos a contaminantes por ingestão, inalação e contato dérmico. No passado, porque os cientistas compreenderam a gravidade dos problemas de poluição do ar exterior, deram muita relevância ao estudo da exposição a contaminantes do ar exterior. No entanto, cada microambiente interior tem características únicas, determinados pelo qualidade do ar exterior, características de construção e atividades específicas de interior. Portanto, a exposição individual de cada indivíduo será determinada pelos diferentes microambientes fechados a que a pessoa está exposta, e o tempo gasto em cada um (Carrer *et al.*, 2002; WHO, 2010a).

Determinar a exposição total da população à poluição atmosférica, em diferentes locais e períodos de tempo, é algo extremamente difícil de realizar e não pode unicamente restringir-se às concentrações exteriores, mas também à exposição à poluição nos ambientes interiores (Saarela *et al.*, 2003).

De acordo com Hertel *et al.* (2001), a exposição total a que o indivíduo ou a população é submetido depende do cenário de exposição a que é sujeito. Cada cenário é afetado pela atividade diária e os microambientes frequentados pela população ou indivíduo. O conceito de microambiente surgiu para ajudar na avaliação da exposição, em que é um espaço onde as concentrações dos poluentes de interesse são suficientemente homogêneas para as finalidades solicitadas. Pode ser descrito, como um “espaço tridimensional onde o nível de poluente em um dado momento é uniforme ou apresenta propriedades estatísticas constantes” (Sexton e Ryan, 1988; Hertel *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2003). Durante um dia, um indivíduo pode distribuir o seu tempo passando por vários microambientes. Em estudos epidemiológicos, esta variação diária de ocupação é denominada de perfil de atividade-tempo. Tendo em consideração o tempo passado num local, a residência é o microambiente principal. Os outros microambientes são menos importantes em termos de tempo alocado, no entanto quando neles se registam concentrações elevadas de um poluente, as suas contribuições para a exposição, nomeadamente para picos de exposição de curta duração, podem ser significativas (IPCS, 2005).

A OMS, 1999, definiu quatro tipos de padrão de atividade-tempo correspondentes a quatro tipos distintos de indivíduos de uma mesma população. Por um lado os reformados passam a maior parte do dia em casa, visitando outros ambientes entre as 10 e as 13h e entre as 17 e as 19h, aproximadamente, por outro, as crianças passam apenas 55% do dia em casa (das 17 às 8h). Uma pequena percentagem do dia é passada noutros ambientes interiores e exteriores: 10 % no caso dos trabalhadores e 35% para as domésticas.

É importante estabelecer uma distinção entre exposição a curto-prazo e longo-prazo dado existirem diferenças nos efeitos para a saúde. Para uns compostos pode haver um efeito na saúde de longa exposição devido à acumulação no corpo (como o chumbo), enquanto que no curto prazo a exposição a estes pode mostrar pouco efeito sobre os seres humanos, a não ser quando grandes concentrações são atingidas (Hertel *et al.*, 2001). É também essencial, distinguir concentração e exposição. Concentração é uma característica física do ambiente num dado local e tempo, enquanto que exposição descreve a interação entre o ambiente e um ser vivo. Para que exista exposição é preciso que a concentração de um poluente num dado local seja não nula e que, concomitantemente, um indivíduo esteja presente nesse local (Sexton e Ryan, 1988).

Segundo, Ott (1982), exposição refere-se a uma ocorrência instantânea entre uma pessoa (ou um grupo de pessoas) e um poluente com concentração, num determinado momento. Exposição não envolve necessariamente inalação ou ingestão do poluente, está apenas relacionada com os níveis de poluentes no ambiente. No entanto, a partir do momento em que o poluente atravessa uma fronteira física (pele, células epiteliais) é usado o conceito de dose. Dose refere-se à quantidade de material absorvido ou depositado no corpo humano num determinado intervalo de tempo e medido em unidades de massa (Duan, 1982; Hertel *et al.*, 2001; Monn, 2001).

Existem três fatores importantes a considerar quando nos referimos ao conceito de exposição humana. A magnitude da exposição que está relacionada com a concentração do poluente em estudo, a duração da exposição que indica o tempo que o indivíduo está em contato (exposto) com essa concentração, e ainda a frequência com que esse tipo de exposição acontece.

Geralmente, as variáveis exposição e número de indivíduos expostos são quantificáveis. Contudo, poderá não ter expressão integrar a exposição pela população. Quando um dado número de pessoas estão expostas à mesma concentração no mesmo intervalo de tempo, a exposição da população é dada pela multiplicação da exposição individual pelo número de pessoas. Concetualmente, exposição da população é a interseção entre a poluição atmosférica e a densidade populacional (WHO, 1999). No entanto, como a poluição atmosférica e a densidade da população não são variáveis estáticas, no tempo e no espaço, o cálculo da exposição humana pode tornar-se tanto mais complexo quanto maior o número de fatores a não desprezar. Por exemplo, a população dependendo da faixa etária, o tipo de atividade que exerce, e o local onde vive, tem padrões diários distintos. Por outro lado, a variação espacial e temporal dos níveis ambientais está condicionada pelo poluente em estudo. Existem poluentes atmosféricos que possuem um comportamento mais regional, e que, por consequência, as suas concentrações não variam significativamente à escala local, enquanto que outros, que têm origem principalmente nos grandes centros urbanos, alteram bastante no espaço e no tempo. Estas variações na qualidade do ar estão, portanto, diretamente relacionadas com a localização das fontes emissoras, sejam elas fontes pontuais (como as grandes fontes industriais), fontes em linha, em área (onde se podem incluir as pequenas e médias indústrias) ou o tráfego, uma fonte relevante principalmente nas grandes cidades (Ferreira, 2007).

Dada esta importância, vários estudos sobre a qualidade do ar em edifícios escolares têm sido publicados recentemente (Hwang *et al.*, 2006; Fromme *et al.*, 2007; Fraga *et al.*, 2008; Goyal e Khare, 2009; Tippayawong *et al.*, 2009). As crianças passam pelo menos um terço de seu tempo dentro das escolas, ou seja, cerca de sete ou mais horas por dia, o que indica que de facto a qualidade do ar é de extrema relevância, em edifícios escolares (WHO, 1999; Ramachandran *et al.*, 2005; Wheeler *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2010; USEPA, 2010; Pegas *et al.*, 2010). Uma má QAI pode afetar o desempenho escolar e a assiduidade (Daisey *et al.*, 2003; Godoi *et al.*, 2009).

A maioria dos compostos químicos a que as pessoas são expostas diariamente constituem um fator de risco adicional no desenvolvimento de várias patologias (Sundell, 2004). Particularmente, a exposição à poluição do ar interior pode ser potencialmente uma ameaça maior do que a exposição ao ar exterior. Ao longo do último meio século, ocorreram grandes mudanças nos materiais de construção e produtos de consumo usados nos ambientes interiores. Os aglomerados de madeira, revestimentos sintéticos, enchimentos de espuma, artigos de plástico, agentes de limpeza perfumados e eletrodomésticos tornaram-se presentes nestes ambientes. Estes materiais e produtos emitem uma série de compostos químicos que alteram os perfis de emissão de poluentes em ambientes interiores (Weschler, 2009). Em suma, as alterações em projetos de construção, a aplicação crescente de produtos sintéticos podem aumentar o número de reclamações sobre QAI em vários ambientes, nomeadamente, em casa, nos locais de trabalho, nas escolas,

nos transportes e outros (Yang *et al.*, 2004).

Face à necessidade do conhecimento dos níveis ambientais no interior para a determinação da exposição, têm-se vindo a desenvolver métodos de medição de concentrações de poluentes no ar interior, que passam pelo recurso à modelação ou pela instalação de analisadores em contínuo nos locais de interesse, pela utilização de amostradores passivos ou pela realização de amostragens pontuais. Após análise das amostras em laboratório, estes dois últimos métodos, possibilitam a obtenção da concentração média para o período de amostragem que, dependendo do poluente, poderá ir de dois dias a uma ou duas semanas para os filtros passivos, e ser de algumas horas para os amostradores pontuais, como os amostradores de baixo ou elevado caudal para partículas, sacos de Tedlar para gases, entre outros.

Para alguns poluentes, como é o caso das partículas $PM_{2.5}$ e PM_{10} , pode estabelecer-se uma relação relativamente simples entre as suas concentrações no interior e no exterior, a partir de dados experimentais, em que usualmente os níveis registados no interior são inferiores às concentrações no ar ambiente (Hertel *et al.*, 2001; Poupard *et al.*, 2005).

Na Europa, uma percentagem significativa da população vive em cidades onde os limites de concentração ambiente de partículas, estabelecidos para proteção de saúde humana, são frequentemente excedidos. Entre 1997 a 2006, a percentagem de população urbana europeia exposta a concentrações de PM_{10} superiores ao limite diário de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, em mais do que os 35 dias por ano permitidos, oscilou entre 18% e 50%. Os dados parecem apontar para uma tendência de diminuição da média diária mais elevada, mas, dada a reduzida quantidade de dados, devida ao curto período temporal de análise e a variabilidade meteorológica natural, não permitem obter uma relação estatisticamente significativa (EEA, 2008). Várias cidades europeias verificam concentrações superiores ao limite diário em mais de 35 dias por ano (EEA, 2009ab). Os países em que se registam maiores concentrações urbanas localizam-se maioritariamente no Sul da Europa e incluem a Itália, Espanha, Portugal, República Checa, Hungria, Roménia, Bulgária, Grécia, mas também a Polónia e os países do Benelux (EEA, 2009b).

Em Portugal, verifica-se uma tendência de diminuição das concentrações médias anuais de PM_{10} , tendo sido ultrapassado o limite anual apenas uma vez no período entre 2000 e 2007 (APA 2008). O mesmo não se verifica para as excedências ao limite diário, à semelhança do que acontece na Europa, que foram ultrapassadas em 9 das 21 zonas monitorizadas, em 2007. As zonas mais críticas incluem a Área Metropolitana de Lisboa, que registou o maior número de excedências ao valor limite diário e que tem vindo a piorar nos últimos anos, e ainda o Porto Litoral, Braga, Portimão/Lagoa, Aveiro/Ílhavo, Vale do Sousa, Vale do Ave e a zona de influência de Estarreja.

As emissões de partículas diminuíram desde 1997, apesar de se registarem valores aproximadamente constantes de concentrações ambiente. Esta questão ainda não é entendida mas pode dever-se à poluição transfronteiriça ou ainda ao aumento de temperatura média que afecta a qualidade do ar (EEA, 2009a).

Os níveis interiores de NO_2 são também influenciados pelas concentrações ambientais exteriores e emissões dos processos de combustão a gás no interior. Cerca de 60% (± 10) do NO_2 exterior penetra no interior. No

entanto, o NO_2 é um gás moderadamente reativo e decai rapidamente no interior, devido às reações químicas e de superfície (Poupard *et al.*, 2005).

De acordo com a OMS, 1999, face a determinadas condições e para outros poluentes, as fontes emissoras interiores podem ser dominantes face às fontes exteriores e determinar os níveis de poluentes no interior, e consequentemente a exposição. O fumo de tabaco, a combustão doméstica, os fornos de cozinha (incluindo os elétricos), e a utilização de produtos químicos ou de equipamentos domésticos ou os próprios materiais de construção que os emitam, constituem as fontes interiores mais relevantes. Este tipo de fontes pode afetar as concentrações de ambiente interior de CO, CO_2 , partículas e COVs.

No que concerne ao O_3 , os edifícios funcionam como filtros ao seu transporte para o interior, reduzindo assim a sua concentração. Os sistemas de ventilação dos edifícios afetam largamente a taxa de remoção dos poluentes. Quando as janelas estão abertas e a velocidade do vento é moderada, as concentrações interiores de poluentes aproximam-se dos níveis exteriores. Contudo, as fontes emissoras interiores de NO_x ou COVs contribuem também para a redução dos níveis de O_3 no interior (Poupard *et al.*, 2005).

Vários são os estudos realizados para encontrar estas relações (Baek *et al.*, 1997; Monn, 2001; Chau *et al.*, 2002; Wu *et al.*, 2005), nomeadamente em escolas. Por exemplo, em La Rochelle (França) e nos seus subúrbios, foram realizadas medições de poluentes atmosféricos no exterior e interior de oito escolas, durante duas semanas. As escolas possuíam diferentes sistemas de ventilação (natural ou forçada), foram monitorizados os poluentes O_3 , NO e NO_2 , material particulado em 15 frações de tamanhos, de 0,3 a $20\mu\text{m}$, em contínuo, no interior e no exterior (Poupard *et al.*, 2005). Verificou-se que a impermeabilidade do edifício, a circulação do ar e os níveis de concentração no exterior influenciaram as relações interior/exterior para o O_3 . As concentrações interiores de O_3 e partículas estavam negativamente correlacionadas.

Alguns investigadores utilizam as aproximações empíricas para a estimativa das concentrações de poluentes no interior dos edifícios aquando da ausência de resultados experimentais (Burke *et al.*, 2001; USEPA, 1997; Gulliver e Briggs, 2004; Wu *et al.*, 2005).

Atualmente, diferentes métodos de avaliação da exposição humana a poluentes tem sido estabelecidos. Fornecem diferentes estimativas de exposição, e diferem em relação à precisão, ao custo e à viabilidade, entre outros fatores. A exposição pode ser estimada através de métodos diretos ou indiretos (US NRC, 1991; Ferreira, 2007; Dias, 2008; Sá, 2008; Valente, 2011). Os primeiros, referem-se a medições mediante o uso de aparelhos individuais portáteis ou a medições de marcadores biológicos. Nos segundos, a exposição é calculada combinando a informação das concentrações de determinado poluente em diferentes locais com a informação sobre o tempo que uma pessoa passa em microambientes (Hert *et al.*, 2001; Ferreira, 2007; Sá, 2008). A opção de qual utilizar depende, entre outros fatores, do objetivo da avaliação, da disponibilidade de meios e medidas, e ainda dos métodos apropriados (WHO, 2000b).

O conhecimento da exposição humana à poluição atmosférica é um conceito essencial que deverá estar na base de uma eficaz e eficiente gestão da qualidade do ar (Bayer-Oglesby *et al.*, 2004; Sá, 2008).

2.3. Efeitos da poluição atmosférica na saúde

A poluição do ar interior é um tema atual e um problema bem real. A maioria dos agentes poluidores é originada dentro do edifício e traduzem-se pelas emissões das fontes aí existentes, bem como pelas atividades desenvolvidas.

Os poluentes têm diversas consequências na saúde humana, sendo agravados aquando da exposição simultânea a diversos poluentes, os efeitos nestes casos podem ser mais fortes do que o somatório dos efeitos de cada um dos poluentes, dado que, podem resultar em efeitos sinérgicos. A exposição simultânea a múltiplos produtos químicos, mesmo a baixas concentrações, pode originar problemas de saúde. Os efeitos a este tipo de exposição combinada são conhecidos como sensibilidade química múltipla (Cullen, 1987).

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), 2009, quanto maior for a intensidade da exposição (concentração e duração da exposição), a condição de saúde e a suscetibilidade dos ocupantes dos edifícios, mais intensos são os sintomas.

Podem classificar-se os efeitos dos poluentes na saúde humana como:

- Efeitos incomodativos: odores desagradáveis (após 5 a 60 minutos de exposição), reações de irritação dos olhos, nariz, garganta, boca;
- Efeitos agudos: imediatos;
- Efeitos prolongados: reações alérgicas ou infecciosas, cancro do pulmão, etc..

As alterações no estado de saúde decorrentes da QAI são variadas, uma vez que também o leque de poluentes é diversificado, variando a concentração destes e o tempo de exposição dos ocupantes. As exposições prolongadas a concentrações baixas podem ser mais nocivas do que as exposições de curta duração a concentrações elevadas. No entanto, existem diversos fatores como a idade, a condição física e as predisposições genéticas que determinam a maior ou a menor severidades dos efeitos nos indivíduos.

Os efeitos na saúde e o bem-estar dos ocupantes dos edifícios podem surgir a curto prazo, como é o caso dos provocados pelo CO ou CO₂, ou a longo prazo, como os originados pelo amianto ou o radão (Déoux, 2001).

Sá (2008), refere que os poluentes do ar afetam a saúde humana dependendo da quantidade a que o indivíduo está exposto, duração da frequência da exposição, nível tóxico do poluente, saúde global do indivíduo e nível de resistência ou suscetibilidade. Normalmente divide-se a população em dois grupos de acordo com a sensibilidade/suscetibilidade à poluição/degradação do ar: um grupo de risco que compreende as crianças, os idosos e indivíduos doentes e a restante população pertencendo a um grupo menos suscetível.

A exposição à poluição atmosférica tem sido associada com uma diversidade de efeitos prejudiciais à saúde. Desde a publicação da segunda edição do relatório “*Air quality guidelines*” para a Europa, em 2000, fundamentações sobre os efeitos da poluição do ar na saúde têm evoluído muito consideravelmente (WHO, 2006a).

De acordo com Ferreira (2007), a exposição humana à poluição atmosférica pode ter efeitos para a saúde, particularmente em áreas urbanas onde os níveis de poluição são elevados devido às fracas condições de dispersão e à enorme densidade de fontes poluidoras. Vários fatores influenciam a saúde, logo, uma avaliação da exposição humana aos poluentes atmosféricos é determinante para inferir a relação entre a qualidade do ar e os efeitos na saúde.

Os efeitos da poluição atmosférica na saúde são o resultado de uma cadeia de eventos que compreendem a emissão de poluentes, o transporte desses poluentes através da atmosfera, a dispersão e a transformação, até ao contato e absorção por um ou vários órgãos de um ser humano (figura 2). Desta forma, para a avaliação dos possíveis riscos da poluição atmosférica na saúde humana, é necessário saber, a origem, as características e os efeitos dos poluentes atmosféricos (Hertel *et al.*, 2001).



Figura 2: Cadeia de eventos associados à poluição atmosférica, das causas até aos efeitos na saúde

2.3.1. Doenças respiratórias

As doenças respiratórias na infância constituem uma grande preocupação para os profissionais de saúde, dada a sua elevada morbidade, em termos mundiais, bem como a alta mortalidade que ocorre particularmente nos países do terceiro mundo. Segundo dados divulgados pela OMS, cerca de 13 milhões de crianças menores de cinco anos morrem anualmente no mundo por doenças do aparelho respiratório e 95% das mortes surgem nos países em desenvolvimento (Chiesa *et al.*, 2008).

Pessoas de todas as idades sofrem de doenças respiratórias crônicas (DRC) não transmissíveis como a asma, alergias respiratórias, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), hipertensão pulmonar ou apneia do sono. Em todo o mundo, estas doenças estão a aumentar de prevalência, sendo das principais causas de consultas nos centros de cuidados de saúde primários. Os problemas de saúde decorrentes da poluição do ar podem ser agudos (após curto tempo de exposição), mas na maioria dos casos só são sentidos após exposição prolongada (WHO, 2008a).

As crianças são particularmente vulneráveis aos poluentes, devido às suas vias aéreas subdesenvolvidas (Mendell *et al.*, 2005). Estão a aumentar os efeitos da poluição do ar nas crianças (Khan *et al.*, 2007) e uma das consequências é o aumento da prevalência de rinite alérgica, bem como o aumento da incidência e prevalência da asma (ISAAC, 1998; Almeida A. *et al.*, 2009). Crianças até aos cinco anos de idade e os indivíduos com mais de 65 anos são os mais vulneráveis a esses danos. As crianças têm frequência respiratória mais elevada e maior absorção de poluentes por unidade de peso do que adultos, além de seu sistema respiratório ser ainda relativamente imaturo e com capacidade limitada de depuração de compostos tóxicos (Samet e Maynard, 2005; Fernandes *et al.*, 2010).

O ar ambiente em escolas pode originar consequências na saúde que diretamente diminuem a concentração ou a memorização, são os chamados, efeitos neurológicos, ou ainda causar outros efeitos na saúde que indiretamente influenciam a aprendizagem. Por exemplo, os poluentes interiores podem agravar a asma ou alergias que produzam sintomas ou conduzam ao absentismo, prejudicando assim, a aprendizagem, ou que levam à terapêutica o que contribui para a diminuição do desempenho. A principal causa de absentismo devido a doenças crónicas, é a asma. Esta, é responsável por 20% das faltas nas escolas (Mendell, 2003).

De acordo com Samet e Maynard (2005), entre crianças a suscetibilidade é variável. A exposição à poluição do ar tem riscos superiores para a saúde das crianças com asma, do que para aquelas que não apresentam esta patologia. Estas diferenças na suscetibilidade individual podem, ser motivadas por fatores de natureza distinta, desde fatores de ordem genética, a questões de padrões de exposição individual. Um exemplo desta situação são as crianças que se encontram mais expostas ao fumo de tabaco e que tem maior risco de ser afetadas pelos poluentes atmosféricos.

Como 80% dos alvéolos formam-se após o nascimento, alterações pulmonares surgidas nesse período podem eternizar-se ao longo da vida. Um estudo que envolveu cerca de 30000 doentes demonstrou que a proporção de doentes com sintomas respiratórios a partir dos cinco anos de idade que frequentavam centros de cuidados de saúde primários varia entre 8,4% e 37% (WHO, 2008a).

De acordo com Borrego *et al.* (2008), a *Global Alliance against Chronic Respiratory Diseases* (GARD), é a união voluntária de organizações, instituições e agências que, com o apoio da OMS, tem como finalidade implementar uma visão integrada das DRC de acordo com as necessidades de cada país, com as suas distintas realidades.

A asma é uma afeção inflamatória crónica das vias respiratórias, caracterizada por uma obstrução generalizada e variável do fluxo de ar, que normalmente é reversível, espontaneamente ou mediante tratamento (GINA, 2010). Em todo o mundo, esta doença é presentemente considerada como um relevante problema de saúde pública. A sensibilização aos alérgenos é um fator de risco relevante para a asma. Estima-se que 300 milhões de pessoas sofram de asma (GINA, 2010; WHO, 2008a). Recentes dados internacionais sugerem que atualmente o aumento da asma e alergias em crianças é mais acentuado nos países em desenvolvimento (Asher *et al.*, 2006). As razões não são evidentes, mas esta tendência pode ser devida a alterações associadas a fatores ambientais e estilos de vida durante o processo de modernização (Douwes e Pearce, 2002). Entre outros, o aumento do nível de poluição do ar ambiente pode afetar a asma infantil e alergias (Schneider e Freeman, 2001; Watts, 2006), e a poluição do ar interior é outro grande problema de saúde em países em desenvolvimento (Bruce *et al.*, 2000).

Dos vários trabalhos desenvolvidos, existem dois grandes estudos internacionais que avaliaram a prevalência de asma em todo o mundo: o *European Community Respiratory Health Survey* (ECRHS – Estudo sobre a Saúde Respiratória da Comunidade Europeia) em adultos (Janson, 2001), e nas crianças, o *International Study of Asthma and Allergies in Children* (ISAAC – Estudo Internacional sobre Asma e Alergias na Infância) (Asher *et al.*, 2006). À semelhança da tendência observada no resto do mundo, também em Portugal a prevalência

desta doença tem vindo a aumentar substancialmente nos últimos anos tal como as alergias e, apesar das razões para este aumento não estarem completamente clarificados, o estilo de vida e fatores ambientais têm sido indicados como prováveis responsáveis (EEA, 2005; Ferreira *et al.*, 2007; WHO, 2008a; Fernandes *et al.*, 2008; Zhao *et al.*, 2008). A asma prejudica o rendimento laboral, escolar e a vida social. A asma na criança é responsável por muitos dias de absentismo escolar e pode condicionar a sociabilidade e levar ao insucesso escolar. Os custos económicos associados a esta doença, quer diretos, como os internamentos ou medicamentos, quer os indiretos, como o absentismo e morte prematura, são consideráveis (WHO, 2008a).

Em Portugal, de acordo com o estudo de Almeida A. *et al.* (2009), calcula-se que existam cerca de 600 000 asmáticos, dados referentes de 2000 a 2007. Este estudo menciona que a taxa média anual nacional de internamento por asma foi de 30,79 por 100 000 habitantes. Faleceram em média 0,77 doentes por cada 100 internamentos, e que o custo anual da asma, em Portugal, é de cerca de 117, 5 milhões de euros. Plácido (2004) refere, que os resultados para Portugal do ISAAC indicam uma prevalência da asma em 2002 de 9,4% para crianças de 6/7 anos e de 14,7% para crianças de 13/14 anos.

Em Lisboa, o número de crianças com asma e rinite representa, respetivamente, cerca de 15% e 40% da população em idade escolar (Khan *et al.*, 2007). No entanto, pouco se conhece sobre QAI nas escolas portuguesas (Pegas *et al.*, 2011). Calcula-se que cerca de 20% da população mundial sofre de doença alérgica e que a asma afete cerca de 150 milhões de pessoas (WHO, 2003). Nas crianças dos países ocidentais, a asma é a principal causa de hospitalização e afeta negativamente a aprendizagem e o desempenho dos estudantes, sendo também a principal causa de absentismo escolar (Moonie *et al.*, 2006; Daisey *et al.*, 2003).

A DPOC é uma doença heterogénea com diversas apresentações clínicas. A anomalia básica na totalidade dos doentes com DPOC é a limitação do débito do ar. A *Global Initiative for Obstructive Lung Diseases* (GOLD – Iniciativa Global para as Doenças Pulmonares Obstrutivas) estabeleceu critérios objetivos, espirométricos, através do uso do volume expiratório máximo no primeiro segundo (VEMS) e da sua relação com a capacidade vital forçada (CVF), após broncodilatador.

A DPOC é uma das principais causas de mortalidade e morbilidade crónica, estimando-se que, em 2030, atinja o sétimo lugar em termos de peso de doença a nível mundial, devido ao aumento progressivo da prevalência do consumo de tabaco (WHO, 2008a).

2.3.2. Fatores de risco associados às doenças respiratórias

Diversos poluentes do ar estão associados à asma e à DPOC. Os poluentes do ar interior mais importantes, para além do tabaco, com consequências nefastas para a saúde são o NO_x, CH₂O, partículas, CO e CO₂, COVs e alergénios. Certos poluentes, como o radão, o fumo passivo de tabaco e os compostos orgânicos voláteis, possuem um risco significativo de cancro (ATS, 2000) citado por (Borrego *et al.*, 2008).

Cerca de 20 milhões de europeus sofrem diariamente de problemas respiratórios. A matéria particulada fina na atmosfera está associada a um aumento da mortalidade resultante de doenças cardiovasculares e

cardiorrespiratórias (WHO, 2004a; EEA, 2005; WHO, 2006a). Estudos científicos confirmam que a saúde das crianças na Europa beneficiaria em larga escala da redução dos níveis de concentração dos poluentes na atmosfera, uma vez que a poluição do ar ambiente por matéria particulada é responsável por 6,4% das mortes das crianças até aos 4 anos na Europa, variando entre 1% e 7,5% em diferentes regiões deste continente (WHO, 2004a; WHO, 2006a).

Ambientes com reduzida taxa de renovação do ar apresentam frequentemente elevada concentração de dióxido de carbono, partículas e microrganismos (Hodgson *et al.*, 2004; Blondeau *et al.*, 2005; Mendell e Heath, 2005). Também a humidade dos edifícios, favorecida por ventilação e envolvente deficientes, poderá potenciar a presença de alérgenos, fungos e bactérias relacionados com a prevalência de sintomas respiratórios (Bornehag *et al.*, 2004). As crianças e adolescentes passam muito tempo na escola, pelo que será de esperar que as condições existentes nos edifícios que as albergam condicionem a incidência de sintomas respiratórios (Sundell, 2004; Kim *et al.*, 2005).

As partículas e o ozono são os dois poluentes mais preocupantes relativamente a efeitos na saúde humana [COM (2005) 446 final]. A exposição à concentração ambiente de partículas está associada a um aumento na morbilidade e mortalidade e, conseqüentemente, a uma diminuição na esperança média de vida da população. As partículas atuam ao nível do sistema respiratório e cardiovascular mas os seus mecanismos de ação biológicos são ainda pouco conhecidos.

Estudos epidemiológicos têm demonstrado uma associação entre a poluição atmosférica por partículas e o número de mortes por cancro e doenças cardiovasculares e respiratórias (Pope *et al.*, 2002). Existem também evidências de poluição do ar que liga as partículas ao aumento de internamentos hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares (Zanobetti e Schwartz, 2005; Wellenius *et al.*, 2006; Middleton *et al.*, 2008).

Devido a picos de concentração, os efeitos relacionados com a exposição a curto-prazo, incluem reações inflamatórias das vias respiratórias, sintomas respiratórios, efeitos adversos no sistema cardiovascular, aumento de admissões hospitalares e da mortalidade. A exposição a longo prazo a concentrações ambiente de partículas está associada a uma diminuição na capacidade respiratória, aumento de doenças pulmonares obstrutivas crónicas e redução na esperança média de vida devido a mortalidade cardiorrespiratória e provavelmente cancro do pulmão (WHO, 2004a).

As exposições prolongadas a baixas concentrações de partículas podem ser mais prejudiciais do que exposições de curta duração a concentrações elevadas. Diversos estudos mostram que a exposição a curto prazo a partículas está associada com efeitos adversos na saúde humana. A OMS define que o valor diário excedido em bastantes cidades europeias corresponde a $100\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (WHO, 2000a).

Devido à exposição por inalação, a composição química do material particulado pode ter efeitos tóxicos para a saúde das pessoas. Especialmente, a presença de substâncias de metal é considerada como sendo um fator significativo de risco para a saúde. Embora os componentes elementares constituam apenas uma pequena porção de massa das partículas, os elementos como o, chumbo (Pb), arsénio (As), selénio (Se), cádmio (Cd),

mercúrio (Hg), etc., podem representar uma séria ameaça para a saúde humana. Num estudo, cujo objetivo consistia em investigar quais as fontes das altas concentrações de PM_{10} em salas de aula, realizado pelo grupo de Saúde Ambiental e Ocupacional do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade de Wageningen, na Holanda, observaram que os índices da maior sala de aula/outdoor foram encontrados para os elementos dos solos silício (Si), cálcio (Ca) e titânio (Ti). Os únicos elementos de medição, que são denominados por fontes não crustais, que não foram aumentados foram: enxofre (S), Pb, bromo (Br) e cloro (Cl). Para S, Br e Pb, que são geralmente associados com partículas $<1\mu m$, foram encontradas correlações significativas entre as concentrações na sala de aula e ao ar livre, e entre duas salas (Janssen *et al.*, 1999).

Os efeitos nocivos à saúde provocados pelas partículas dependem de inúmeras variáveis, particularmente dos fatores individuais, condições socioeconómicas e componentes da própria poluição (Gouveia *et al.*, 2006). Os elementos individuais dizem respeito à constituição genética, idade (crianças e idosos são mais vulneráveis), condições de vida e trabalho (pessoas que vivem em moradias próximas de via de grande tráfego ou de congestionamentos frequentes estão mais expostas; trabalhadores de ruas estão mais expostos e, em geral, são de camadas mais pobres; fogão a lenha gera poluentes no ambiente habitacional) e se possuem asma, bronquite crónica, aterosclerose, miocardiopatias. Além disso, nas grandes cidades os níveis de dispersão dos poluentes alteram-se bastante, de modo que em algumas regiões a concentração de poluentes é muito maior do que noutras. Os fatores socioeconómicos envolvem as condições de saúde das distintas comunidades, disponibilidade e acesso aos serviços de saúde, risco de exposição aos poluentes (nos países menos desenvolvidos, há menos controle na qualidade dos combustíveis) e prevalência de doenças associadas ao saneamento básico e à nutrição. A poluição em si está relacionada com a taxa de exposição, com a natureza das partículas e ainda com a sua composição (Samet *et al.*, 2006).

Sabe-se ainda, que os efeitos na saúde também estão relacionados com o tamanho das partículas. Quanto menor o seu tamanho, maior a profundidade a que penetram nas vias respiratórias. As partículas de dimensão superior existentes na fração PM_{10} , atingem apenas as vias respiratórias superiores enquanto as partículas de dimensão inferior, as $PM_{2,5}$ e $PM_{1,0}$, penetram em maior profundidade atingindo a região alveolar.

A generalidade dos estudos efetuados para avaliar os efeitos do material particulado na saúde referem-se a PM_{10} . Foram observados efeitos na mortalidade, admissões hospitalares por problemas respiratórios e cardiovasculares para concentrações médias diárias de PM_{10} abaixo de $100\mu g.m^{-3}$. Esta questão fez com que a atualização dos valores guia de qualidade do ar para a Europa da OMS, não compreenda um valor guia para efeitos de curto prazo (WHO, 2000a). Relativamente a efeitos de longo prazo, alguns estudos sugerem que esta exposição está associada a uma diminuição da sobrevivência. Vários outros estudos demonstram que as taxas de prevalência de sintomas associados a bronquites nas crianças e à diminuição da função pulmonar em crianças e em adultos estão relacionadas com a exposição humana a partículas. Estes efeitos verificam-se para concentrações médias anuais inferiores a $20\mu g.m^{-3}$ (para $PM_{2,5}$) ou $30\mu g.m^{-3}$ (para PM_{10}) (WHO, 2000a).

Um estudo realizado em várias cidades em 2004, revelou existir uma relação direta entre as concentrações de $PM_{2,5}$ e alterações pulmonares (Timonen *et al.*, 2004). Um efeito relevante da exposição prolongada ao

PM_{2,5} é o aumento do risco de cancro do pulmão. Pope *et al.*, (2002) evidenciaram que cada aumento de 10µg/m³ de material particulado, principalmente a fração PM_{2,5}, aumenta em 8% o risco de morte por carcinoma pulmonar. Beelen *et al.* (2008), no seu estudo, verificou que a exposição de pessoas não fumadoras a material particulado motivado pelo tráfego de veículos aumenta o risco relativo (RR = 1,47), de desenvolver cancro pulmonar.

Está demonstrada a maior relevância da fração fina nos efeitos na saúde. Um estudo epidemiológico, baseado em dados da American Cancer Society, que estudou um conjunto de indivíduos ao longo de 16 anos, revelou uma correlação entre a exposição à fração PM_{2,5} e o aumento da mortalidade devida a câncros pulmonares e a doenças cardiopulmonares (Pope *et al.*, 2002). Várias outras variáveis foram analisadas, como a idade, género, dieta, exposição ocupacional, mas a exposição às PM_{2,5} foi o único fator para o qual se conseguiu uma correlação significativa. Neste estudo não existiu uma correlação estatisticamente significativa entre a exposição à fração grosseira e a mortalidade. Outros estudos (Dockery *et al.*, 1993, Krewski *et al.*, 2000) expressaram a maior importância da fração fina na morbilidade e mortalidade.

Um estudo, que envolveu 8111 adultos, realizado nos EUA em 1993, indicou o potencial de dano cardiovascular associado à poluição urbana, mediante comparação dos índices de mortalidade cardiopulmonar associados à exposição a PM₁₀ em seis grandes cidades americanas. O estudo, revelou que o risco de mortalidade cardiovascular é mais elevado nas cidades mais poluídas (Dockery *et al.*, 1993).

As PM₁₀ estão associadas a respostas respiratórias e as PM_{2,5} estão associadas a doenças cardiovasculares (Wyzga, 2002). As partículas ultrafinas inaladas têm a capacidade de entrar na corrente sanguínea e provocar aterosclerose, constituindo um fator de risco para o processo de trombose (Nemmar *et al.*, 2002). Existe um efeito independente da fração grosseira na morbilidade, medida em termos de admissões hospitalares, através de vários estudos epidemiológicos que dissociam o efeito da fração fina e grosseira. A fração grosseira detém igual ou maior correlação que a fração fina com doenças pulmonares obstrutivas crónicas, asma e admissões hospitalares por doenças respiratórias (Brunekreef e Forsberg, 2005). Há uma relação entre a fração grosseira e o potencial para provocar broncoconstrição, sintoma presente em doentes asmáticos, uma vez que os brônquios são o local de deposição de partículas com este diâmetro (WHO, 2004b).

A mortalidade anual na Europa devida a este poluente é superior à atribuída a acidentes rodoviários (EEA, 2009a). Calcula-se que a concentração ambiente verificada em 2000 nas cidades europeias foi responsável por cerca de 348 mil mortes prematuras, o que equivale a uma redução na esperança média de vida na UE de mais de 8 meses [COM (2005) 446 final]. As emissões de partículas associadas à queima de combustíveis fósseis são as que detêm maior relação com efeitos nocivos na saúde (Laden *et al.*, 2000). Vários estudos toxicológicos mostram o maior potencial inflamatório das partículas emitidas pelos motores de combustão interna e ainda da combustão de carvão, biomassa e óleo residual (WHO, 2003).

Existe uma forte correlação entre a proximidade a fontes de tráfego automóvel e efeitos na saúde. Estudos epidemiológicos na Holanda, revelaram uma maior incidência de doenças respiratórias e cardíacas em

populações que residem próximo de vias rodoviárias. Ao facto de habitar próximo de vias de elevado tráfego associou-se um aumento de 95% no risco de mortalidade cardiopulmonar (Hoek *et al.*, 2002).

Redução dos níveis de poluição do ar tem relação com a melhoria da sintomatologia respiratória. Numa cidade do norte de Wales, as pessoas viviam expostas a grande concentração de PM_{2,5} e PM₁₀. Como iria ser feito um desvio de veículos na cidade, foram monitorizadas, durante seis meses antes e depois da obra, uma rua com intenso tráfego e outra de baixo tráfego de veículos (esta situada a 20 metros da outra). Depois do desvio, os níveis de PM_{2,5} reduziram 23 e 29%, respetivamente, nas duas vias. Constatou-se também que as manifestações clínicas relativas às vias aéreas, foram muito reduzidas após o desvio, especialmente próximo da rua congestionada e de intenso tráfego de veículos (Burr *et al.*, 2004).

Recentemente, vários estudos, demonstram que os veículos são uma fonte relevante de emissões de PM_{2,5} relacionada com a mortalidade e morbilidade (Brunekreef *et al.*, 2009). As partículas finas podem manter-se suspensas no ar por extensos períodos de tempo e podem ser levadas para locais distantes (WHO, 2006b), penetrar em ambientes interiores e chegar ao pulmão profundo ficando retidas em regiões alveolares (Schwartz e Neas, 2000). Evidências indicam que as partículas finas, que normalmente contêm substâncias perigosas e são capazes de penetrar profundamente no organismo, provocam inflamação pulmonar. Trabalhos relativos a medições de partículas nas escolas foram recentemente publicados (Blondeau *et al.*, 2004; Fromme *et al.*, 2007; Goyal e Khare, 2009; Tippayawong *et al.*, 2009). Esses trabalhos mostraram que existe uma crescente evidência de concentrações relativamente elevadas de partículas atmosféricas nas salas de aula. No entanto, estas concentrações elevadas não vão necessariamente resultar em maiores riscos para a saúde dos estudantes, porque as fontes e a composição das partículas atmosféricas no ar interior podem ser diferentes das do ar exterior (Fromme *et al.*, 2008). Logo, avaliar a exposição das crianças às partículas atmosféricas e os riscos de saúde associados, requer o conhecimento da composição da partícula exterior e interior. Vários estudos foram realizados em todo o mundo para avaliar a exposição de estudantes a partículas (Molnár *et al.*, 2007; Fromme *et al.*, 2008; Avigo *et al.*, 2008), no entanto, a composição de partículas atmosféricas no interior e as suas fontes precisam ainda de ser estudadas.

Vários estudos relativos a partículas, foram recentemente realizados em Portugal, por Borrego *et al.* (2008), nomeadamente: “partículas suspensas no ar exterior e interior – caracterização para suporte de estudos epidemiológicos”, “Bioaerossóis, poluentes não biológicos e Saúde Pública” e “SaudAr – a saúde e o ar que respiramos”. Ferreira *et al.* (2009) também realizaram um estudo onde reuniram dados de concentrações ambientais de partículas inaláveis e admissões hospitalares de crianças com idades compreendidas entre 0 e 15 anos, por motivo de doenças respiratórias e outras, evidenciando uma relação entre a ocorrência de doenças respiratórias e os níveis de partículas, registados 3 dias antes da admissão do utente. As concentrações de partículas revelaram-se bastante elevadas na cidade de Lisboa.

Foi realizado um outro estudo, que foi desenvolvido no âmbito do projeto "Impacte do interior na saúde humana". Neste projeto uma série parâmetros de ar interior foram medidos em 14 escolas primárias de Lisboa, incluindo: poluentes químicos, poluentes biológicos (fungos e bactérias) e parâmetros físicos (temperatura e humidade). Neste projeto, a caracterização das partículas encontradas no interior das escolas

foi feita pela primeira vez em Portugal. O objetivo deste estudo foi o de fornecer dados sobre a relação interior e exterior de concentrações atmosféricas de partículas em edifícios escolares, bem como informações sobre as fontes que afetam a relação entre a qualidade do ar interior e exterior. As conclusões revelaram que a composição das partículas das salas de aula sugerem que os detritos dos materiais de construção e de giz tem um papel importante nos níveis de partículas e nas características. A atividade física dos estudantes conduziu à re-suspensão de partículas, principalmente as grosseiras e ainda contribuiu para o aumento da concentração das $PM_{2,5}$ e PM_{10} nas salas de aula. Os resultados indicam que as medições locais de concentrações no ar livre não fornecem uma estimativa precisa de exposição pessoal dos estudantes a partículas e elementos específicos, dado eles passarem a maior parte do seu tempo dentro dos edifícios. Portanto, a composição das partículas no interior é uma preocupação e necessita de mais investigação (Almeida *et al.*, 2011).

Em Portugal, a ocorrência de fogos florestais, tem vindo a gerar preocupação, pois estes, podem provocar um aumento das concentrações de material particulado na atmosfera, uma vez que as partículas são um dos poluentes emitidos por este tipo de fontes. Os incêndios são também responsáveis pela emissão de outros gases como o NO_x , $COVs$ e o amoníaco (NH_3), que podem ser precursores da formação de $PM_{2,5}$ secundário (Miranda *et al.*, 2005).

Para além das partículas ($PM_{2,5}$ e PM_{10}), outros poluentes atmosféricos provocam efeitos na saúde respiratória, nomeadamente o O_3 , NO_x , SO_2 . De acordo com WHO (2004a), a exposição a poluentes como o NO_2 , o O_3 e as partículas podem acentuar respostas alérgicas. De acordo com Todo-Bom (2004), a Hr, a T° e a idade do colchão das pessoas, estão entre os vários fatores que podem influenciar as concentrações de ácaros, em ambientes interiores. O colchão é normalmente apontado como a zona de referencia da habitação para a recolha de amostras de pó. Temperaturas da ordem dos $25^\circ C$ são as ideais para o género *Dermatophagoides*. No que concerne à Hr, valores entre 70-80% e 50-60% são ideais para o *Dermatophagoides pteronysinus* e *farinae* respetivamente.

O O_3 , tal como mencionado anteriormente, é um poluente fotoquímico secundário formado a partir dos precursores compostos orgânicos voláteis, NO_x e CO na presença de radiação solar de pequeno comprimento de onda. O O_3 pode introduzir-se no corpo humano por inalação e pode alcançar o sistema respiratório dado que é pouco solúvel em água. A exposição aguda a níveis elevados de O_3 pode induzir modificações na função pulmonar e inflamação das vias aéreas. A exposição ao O_3 tem sido ainda associada a um aumento do número de admissões hospitalares por doenças respiratórias, incluindo a asma (Ferreira, 2007). De acordo com Sousa *et al.* (2009) que avaliaram o impacte do O_3 no agravamento da asma em crianças de duas zonas com concentrações diferenciadas deste poluente em Portugal, concluíram que a prevalência de sintomas entre asmáticos era superior na zona com concentrações mais elevadas de O_3 .

O SO_2 , na forma gasosa, pode irritar o sistema respiratório. Existe uma grande variedade de efeitos agudos e crónicos na saúde resultantes da exposição humana ao SO_2 ou espécies derivadas. De acordo com a sensibilidade do indivíduo, aquando de uma exposição elevada de curto prazo, pode resultar uma disfunção reversível nos pulmões (Ferreira, 2007). O SO_2 causa alterações nas mucosas do nariz, da boca e pulmões,

provocando problemas respiratórios especialmente sensíveis em doentes com asma e com problemas cardiovasculares (Gomes, 2010).

O efeito dos COVs na saúde respiratória das crianças ainda é algo desconhecido, no entanto, já existem alguns trabalhos que revelam a existência de associações entre estes poluentes e o agravamento da asma em crianças. McGwin *et al.* (2010), realizaram um estudo onde indicam a presença de uma associação positiva entre a exposição a formaldeído e a asma nas crianças. Num outro estudo, realizado por Rumchev *et al.* (2004), com crianças entre os 6 meses e os 3 anos de idade, concluíram que as crianças que se dirigiram à urgência hospitalar com diagnóstico de asma tinham concentrações mais elevadas de COVs nas suas casas comparativamente a outras crianças da mesma zona. Já em 1997, Smedje *et al.*, realizaram um estudo, na Suécia, envolvendo 627 crianças com idades entre os 13 e os 14 anos, tendo concluído que existiam associações significativas entre a prevalência de asma e a concentração de COVs na escola. Os COVs são identificados como os principais poluentes atmosféricos no ar interior (Guo *et al.*, 2004; Viegas e Prista, 2010). Uma das mais relevantes fontes de COVs são os produtos de consumo, como a madeira, tintas, alimentos, produtos de limpeza, etc. Resultados de um estudo realizado em habitações sugerem que COVs interiores e formaldeído podem causar sintomas semelhantes à asma (Norback *et al.*, 1995). A inalação é a principal via de exposição humana a este poluente, e o ar interior é uma fonte significativa de exposição ao benzeno. O benzeno é uma substância cancerígena genotóxica em humanos. Não existe limite de exposição conhecido para o risco de exposição ao benzeno. Desta forma, é necessário e indispensável reduzir os níveis de exposição no interior, a um nível tão baixo quanto possível, pois nenhum nível seguro de exposição pode ser recomendado (WHO, 2010b).

Os resultados de um estudo realizado na Suécia, relativo a investigar quais os sintomas asmáticos e COVs, CH₂O e CO₂ em habitações, sugerem que os COVs interiores e CH₂O podem causar asma. Desta forma, sugerem que, se aumente o fornecimento de ar exterior em muitas habitações, bem como, evitar as carpetes de parede, e as paredes com humidade no edifício (Norback, 1995). Nas escolas, os poluentes que habitualmente são encontrados em maiores concentrações no ar interior são CH₂O, COVs, CO₂ e bioaerossóis (Bayer *et al.*, 2000).

De acordo com Gomes (2010), os óxidos de azoto, originam infeções pulmonares, problemas respiratórios e diminuem as defesas imunitárias do organismo (condicionam, ainda, o crescimento das plantas e causam graves danos em monumentos de pedra e nos edifícios). O NO₂ age como um agente oxidante que pode destruir membranas celulares ou proteínas. Perante concentrações elevadas, as vias aéreas podem ficar excessivamente inflamadas (Ferreira, 2007).

Apesar de existir ainda muito por esclarecer e conhecer, especialmente porque as exposições em ambientes interiores e exteriores são em concentrações baixas e prolongadas, vários estudos demonstraram que as exposições ao NO₂ alteraram o metabolismo, a estrutura e a função pulmonar, e também os mecanismos de resposta inflamatória e defesa das infeções pulmonares (WHO, 2003; Hussain *et al.*, 2004), citado por (Miyagusko, 2008).

A exposição de curto prazo pode conduzir a um aumento do risco de infeção respiratória. Apesar dos vários estudos de exposição, ainda não é totalmente esclarecedora a relação entre concentração ou dose e resposta. Pode afirmar-se, que a exposição a concentrações muito elevadas de NO₂, provocadas por um acidente industrial por exemplo, pode resultar numa célere e séria destruição dos pulmões. Face a níveis ambientais de NO₂ mais baixos, usualmente observados durante episódios de poluição do ar nas cidades, podem acontecer também efeitos na saúde humana. A exposição ambiental a NO₂, pode levar a efeitos agudos ou crónicos, particularmente em subgrupos da população suscetíveis, como asmáticos. Estudos epidemiológicos e toxicológicos indicaram que a exposição prolongada a NO₂ pode diminuir as defesas do pulmão e modificar expressivamente a estrutura deste órgão (Ferreira, 2007).

Existem evidências de que as crianças e adultos, com asma, doença pulmonar obstrutiva ou bronquite crónica prévia quando expostos a níveis baixos de NO₂ tem uma diminuição na função pulmonar (Kim *et al.*, 2004), existindo, no entanto a probabilidade destas ligações poderem ser confundidas com outros poluentes, nomeadamente, pelas partículas finas (Gaudeman *et al.*, 2000; Braga *et al.*, 2001; Seaton, 2003), citado por (Miyagusko, 2008). Num estudo de longo prazo, para o NO₂ não existiram evidências de associação com a prevalência ou incidência de asma (Braun-Fahrlander *et al.*, 1997; Baldi *et al.*, 1999; Ramadour *et al.*, 2000). A inexistência de evidências para este poluente é também resultado da não concordância entre estudos, existindo os que descobrem associações positivas (Studnicka *et al.*, 1997; Peters *et al.*, 1999) e os que encontram associações negativas (Dockery *et al.*, 1989). Estas contradições poderão ser justificadas pela química deste poluente, dado que baixas concentrações de NO₂ podem resultar da produção de O₃.

Um estudo realizado na cidade de Curitiba, cujo objetivo consistia em investigar os efeitos causados pela poluição atmosférica na morbilidade por doenças respiratórias em crianças entre 1999 e 2000, concluiu que os níveis de poluição do ar em Curitiba apesar de não serem tão altos ou mesmo quando não ultrapassavam o padrão de qualidade do ar, como no caso do NO₂, interferiam no perfil da morbilidade respiratória da população infantil da cidade (Bakonyi *et al.*, 2004).

A ligação do CO à hemoglobina do sangue forma o composto carboxihemoglobina (COHb) diminuindo a capacidade do sangue para transportar o oxigénio, e a sua ligação com outras hemoproteínas está diretamente relacionada com modificações nas funções dos órgãos afetados, como o cérebro, o sistema cardiovascular, o exercício muscular e o desenvolvimento do feto. O CO causa a morte, perante concentrações muito elevadas, muito acima dos níveis ambientais normais (Gomes, 2010; Ferreira, 2007).

Relativamente ao CO₂, e como já anteriormente referido, este é um gás libertado em processos de combustão, sendo encontrado como bioefluente ou subproduto do metabolismo humano. Deste modo as concentrações de CO₂ no interior dos edifícios variam em função, não só do número de ocupantes, mas também da idade e da atividade desenvolvida por estes (Déoux, 2001). No estudo realizado na cidade do Porto, por Madureira *et al.* (2009), relativo ao impacte da QAI das escolas sobre a prevalência de sintomas da doença entre os professores, foram encontradas concentrações de CO₂ que ultrapassaram largamente os valores de referência e ainda correlações estatisticamente significativas entre lesões do sistema nervoso central e os níveis de CO₂.

CAPÍTULO III

FUNÇÃO RESPIRATÓRIA DAS CRIANÇAS

3.1. O estudo funcional respiratório

O estudo funcional respiratório é um instrumento que deve ser usado na confirmação ou elucidação de diagnósticos hipotéticos, no acompanhamento de patologias pulmonares, na determinação de envolvimento dos pulmões em certas patologias, monitorização da resposta pulmonar relativamente ao tratamento, na avaliação pulmonar pré-cirurgia e em estudos populacionais.

A Espirometria é o teste fisiológico obtido com o espirómetro que mede volumes, capacidades e débitos pulmonares através de manobras respiratórias padronizadas. Os valores são comparados com os padrões de referência para a altura, sexo e idade (Rodrigues *et al.*, 2002; Miller, M. *et al.*, 2005; Miller, M. *et al.*, 2005).

As manobras espirométricas devem ser orientadas por um Técnico de Cardiopneumologia que para além de obter as curvas, as deve avaliar. Pode-se obter dois tipos de curvas aquando da realização da espirometria: a curva volume-tempo (Espirometria Simples) e a curva débito-volume (Espirometria Forçada).

Através da Espirometria Forçada consegue-se obter o volume de ar expirado em relação ao tempo, durante uma manobra expiratória com recurso ao máximo esforço desde a Capacidade Pulmonar Total (CPT) até ao Volume Residual (VR). A Espirometria Forçada permite o estudo de volumes dinâmicos e débitos pulmonares. O registo da manobra deve representar-se sob a forma de uma curva débito-volume. Os parâmetros obtidos com a curva débito-volume expiratória são os seguintes:

- CVF (Capacidade Vital Forçada): Volume máximo expirado o mais rápido possível desde a posição de máxima inspiração ou CPT até ao final da máxima expiração;
- VEMS (Volume Expiratório Máximo no 1º Segundo): Volume de ar expirado durante o primeiro segundo da CVF;
- VEMS/CVF: Relação entre o Volume Expiratório Máximo no 1º Segundo e a Capacidade Vital Forçada;
- DEMM₂₅₋₇₅ (Débito Expiratório Médio Máximo entre 25-75% da CVF): Débito expiratório médio máximo durante o intervalo 25-75% da CVF;
- DEM₂₅ (Débito Expiratório Máximo a 25% da CVF): Débito expiratório no momento em que 25% da CVF foi expirada;
- DEM₅₀ (Débito Expiratório Máximo a 50% da CVF): Débito expiratório no momento em que 50% da CVF foi expirada;

- DEM₇₅ (Débito Expiratório Máximo a 75% da CVF): Débito expiratório no momento em que 75% da CVF foi expirada;
- DEMA (Débito Expiratório Máximo Absoluto): Débito expiratório máximo absoluto durante a manobra de CVF (Cortés *et al.*, 2008; Wanger *et al.*, 2005; Miller, M., Crapo, R. *et al.*, 2005; Miller, M. *et al.*, 2005).

De acordo com Cortés *et al.* (2008) a realização da prova deve obedecer a todos os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade. No sistema devem ser inseridos os dados diários de pressão, temperatura e humidade do ambiente para se corrigirem as condições de análise para, temperatura, pressão e saturação de O₂ em condições ambientais (ATPS) ou temperatura, pressão e saturação de O₂ em condições corporais (BTPS).

Os valores de referência e a estratégia de interpretação de resultados são fundamentais na avaliação do exame espirométrico. A comparação entre os resultados dos testes espirométricos com valores de referência previamente estabelecidos constitui um método comum de avaliação. Os valores de referência são obtidos a partir de uma amostra estatisticamente representativa da população considerada normal. Deste modo para cada um dos parâmetros espirométricos obtidos de uma dada população é possível efetuar-se o cálculo da média, desvio-padrão e os coeficientes de variação intra individuais e inter individuais, tendo-se em conta a altura, a idade, a raça e o sexo. Estes coeficientes apresentam um papel fundamental para a avaliação de medições repetidas no mesmo dia ou em dias diferentes, no acompanhamento longitudinal de um doente.

Considera-se o nível percentual de 80%, em relação aos valores previstos para altura, idade e sexo, como limite inferior da normalidade para os parâmetros: DEMA, CVF, VEMS e relação VEMS/CVF. Para o parâmetro DEMM₂₅₋₇₅ e para os restantes débitos intermédios, DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₇₅ aceita-se como o limite inferior da normalidade 65% da média dos valores previstos sendo este o percentual mais adequado para utilização em crianças (Couto *et al.*, 2004).

Tendo em conta a altura, a idade e o sexo, é possível determinar-se os valores previstos através de equações calculadas a partir de curvas de regressão dos parâmetros espirométricos. Assim sendo, normalmente, os valores obtidos nos testes espirométricos são expressos em percentagens dos valores previstos para a altura, idade e sexo.

A Curva Débito-Volume, obtida através da Espirometria Forçada, representa graficamente a relação entre débitos máximos e volumes máximos. Os primeiros 30% da parte expiratória da curva débito-volume são dependentes do esforço e os restantes 70% são dependentes da regressão elástica das vias aéreas, não apresentando, portanto, qualquer relação com o esforço. Uma curva débito-volume cujos débitos se encontram diminuídos manifesta uma concavidade na parte expiratória. Contrariamente, uma curva débito-volume com valores normais/elevados apresenta-se convexa. O estudo da morfologia da curva débito-volume permite, visualmente, distinguir a normalidade de padrões tipicamente obstrutivos ou restritivos, bem como detetar erros de execução da manobra como fugas, tosse ou esforço variável entre outros. Dependendo dos parâmetros VEMS, CVF e VEMS/CVF, podem ser identificados três padrões clássicos: obstrutivo, restritivo e misto.

- **Obstrutivo:** Caracterizado por evidenciar uma limitação do débito aéreo durante a expiração. Provoca diminuição do VEMS e da relação VEMS/CVF. Os débitos médios também surgem diminuídos provocando uma curva côncava.
- **Restritivo:** Está presente na diminuição do tamanho do pulmão ou da caixa torácica e em patologias neuromusculares. Este padrão é definido por uma diminuição (<80% do previsto) da CPT que não pode ser definida através do estudo espirométrico. Normalmente, a queda da CPT é acompanhada de um VR menor (como por exemplo, na fibrose, alveolite ou pneumonia). O padrão restritivo pode, também, ser visualizado na Espirometria através da queda simultânea dos valores de VEMS e CVF com conservação da normalidade ou aumento da relação VEMS/CVF. A curva espirométrica apresenta uma área diminuída, ou seja parece normal, mas é mais pequena.
- **Misto:** Ocorre em processos patológicos que conjugam simultaneamente uma obstrução e uma restrição. Deve dar-se seguimento ao estudo funcional respiratório através da execução de outras técnicas (Cortés *et al.*, 2008; Pellegrino *et al.*, 2005).

A curva débito/volume qualifica a ventilação pulmonar, permitindo como já dissemos dividir os andares brônquicos em duas zonas distintas: a dependente do esforço (da colaboração do doente), que corresponde às vias aéreas de maior calibre e que corresponde aos primeiros 25 a 30% da expiração forçada e uma outra zona que depende das condições de permeabilidade das pequenas vias aéreas periféricas e da retração elástica do pulmão. É com esta razão, que se aceita que esta segunda zona, permite a perceção de alterações do calibre dos bronquíolos da zona “silenciosa” do pulmão, a que normalmente chamamos pequenas vias aéreas ou vias aéreas periféricas (Couto *et al.*, 2004).

Poderíamos abordar aqui outras técnicas, mais específicas, mais sensíveis, mais fisiológicas de avaliar a função respiratória, mas a necessária portabilidade do método escolhido, que permitisse analisar as crianças no seu espaço escolar remetem-nos para a análise exclusiva da metodologia da curva-débito volume realizada por pneumotacografia (ou espirometria forçada).

3.1.1. O estudo funcional respiratório na criança em idade escolar

As doenças respiratórias, apesar de constituírem uma das causas mais relevantes de morbimortalidade na infância, ainda não são frequentemente avaliadas por medidas objetivas da função pulmonar na prática clínica. Esta questão é devida à falta de padronização de muitos testes para a faixa etária pediátrica, à dificuldade de entendimento e de cooperação das crianças, ao elevado custo dos equipamentos e, especialmente, à falta de difusão dos exames entre os pediatras como parte elementar da avaliação de muitas doenças pulmonares (Rodrigues *et al.*, 2002).

Os métodos de estudo funcional respiratório em idade pediátrica devem cumprir os seguintes requisitos: devem ser inócuos, não devem ser aborrecidos, devem ser isentos de efeitos secundários e devem ser de carácter não invasivo (Rodrigues *et al.*, 2002; Miller, M., Crapo, R. *et al.*, 2005; Miller, M. *et al.*, 2005).

Um dos métodos muito utilizado, nomeadamente por pediatras é a utilização do debitómetro mecânico (ou “*peak flown meter*”), que permite a determinação exclusiva do DEMA, que sendo uma avaliação reprodutível é pouco sensível. A sua utilização leva ao conhecimento da existência de obstrução dos grandes brônquios, mas nada permite saber sobre as pequenas vias aéreas (Couto *et al.*, 2004).

A curva-débito volume pela sua razoável facilidade de realização, assume assim a primeira linha do diagnóstico, quando necessitamos de conhecer a função ventilatória, na sua especificidade, determinando parâmetros que possam diferenciar a zona dependente do esforço, da zona das pequenas vias aéreas (todas as que têm um calibre inferior a 2mm) e aliar a portabilidade da recolha dos resultados (Couto *et al.*, 2004).

A técnica de realização da manobra deve obedecer a critérios de execução rigorosos. Considera-se que uma criança é colaborante no estudo funcional respiratório quando é capaz de realizar, corretamente, as manobras que lhe são solicitadas. Geralmente, as crianças são incapazes de colaborar quando apresentam idade inferior a 5 anos. Ainda assim, atualmente, com os novos programas de incentivo (softwares com animações, etc.) conseguem-se estudos espirométricos válidos em crianças com idades compreendidas entre os 4 e os 6 anos, o que até há algum tempo atrás era impossível. O estudo funcional respiratório deve ser realizado num ambiente tranquilo, de forma metódica, com incentivo verbal e apoio gestual ou visual. O Técnico deve, previamente, simular e exemplificar as manobras ventilatórias para que a criança possa entender melhor o procedimento (Rodrigues *et al.*, 2012).

Para a correta realização da Espirometria Forçada deve obedecer-se às seguintes normas: nas crianças (com idade inferior a 10 anos) é aceitável um tempo de expiração igual ou superior a 3 segundos. Ainda assim, na prática, é sabido que algumas crianças em idade pré-escolar conseguem uma expiração forçada correta em menos de 2 segundos. São necessárias, no mínimo três manobras (variabilidade inferior a 5% (10% em idade pré-escolar) para CVF e VEMS e no máximo oito. Devem existir no mínimo três manobras aceitáveis e duas reprodutíveis. Deve ser selecionada a curva débito-volume que apresente maior valor de soma de ambos os parâmetros (CVF e VEMS), segundo a ATS. Outro critério que pode ser seguido (segundo a ERS) é o que defende a sobreposição das três melhores curvas, aceitando-se os melhores valores. Os valores de referência relacionam-se com os parâmetros idade, peso, altura, sexo e grupo étnico (Cortés *et al.*, 2008; Miller, M., Crapo, R. *et al.*, 2005; Miller, M. *et al.*, 2005).

3.2. Os efeitos dos poluentes atmosféricos no estudo funcional respiratório das crianças

Cerca de 20% do total das doenças registadas nos países industrializados estão associados a fatores ambientais, afectando sobretudo os grupos vulneráveis em que se incluem as crianças e os idosos. A exposição da criança à poluição atmosférica constitui uma preocupação uma vez que o seu sistema imunitário e o seu sistema respiratório ainda não estão completamente desenvolvidos, quando se inicia a exposição. As consequências da exposição aos poluentes atmosféricos incluem a diminuição da função pulmonar e o aumento da suscetibilidade a patologia respiratória aguda e asma (Schwartz, 2004).

Aquando do nascimento, os pulmões não estão totalmente formados. O seu desenvolvimento e a sua completa funcionalidade apenas se finalizam por volta dos 6 anos de idade. Deste modo, facilmente se conclui que, a árvore brônquica se encontra em formação durante a infância. Para se compreender bem a dimensão do crescimento pulmonar torna-se importante referir que se passa de cerca de 24 milhões de alvéolos existentes no momento do nascimento para 257 milhões de alvéolos à idade de 4 anos. Por outro lado, na infância, o epitélio pulmonar ainda não se encontra completamente desenvolvido. As crianças apresentam, por isso, um epitélio pulmonar mais permeável cuja área de superfície é superior à dos adultos, tendo como termo de comparação a massa corporal. Perante a respiração a volume corrente, as crianças respiram mais 50% de ar por quilograma de massa corporal, em comparação com o adulto. Estes factos levam a crer que o crescimento e desenvolvimento inicial da criança são determinantes para a sua saúde futura, para além de sugerirem que existe um tempo de exposição crítica em que a poluição atmosférica apresenta efeitos duradouros na saúde respiratória. Atualmente é sabido que a influência da poluição do ar na função respiratória é mais acentuada nos primeiros cinco anos de vida do que no desenvolvimento uterino (Schwartz, 2004; Bateson e Schwartz, 2008).

No ano 2000, Broeckaert demonstrou que a exposição à poluição do ar em adultos aumenta a permeabilidade pulmonar. O aumento da permeabilidade pulmonar facilita a translocação de materiais inalados em áreas de circulação sistémica ou intersticial (Bateson e Schwartz, 2008).

A organização funcional dos pulmões requer uma harmonia coordenada de processos de desenvolvimento que englobam a morfogénese brônquica, a diferenciação e proliferação celular, a alveolarização e a maturação dos vasos pulmonares, sistema imunitário e neuronal. A exposição a ambientes poluídos pode comprometer qualquer uma destas etapas no período pré-natal e de desenvolvimento pós-natal (Siddique *et al.*, 2010). Dado que os pulmões da criança estão significativamente subdesenvolvidos aquando do nascimento e não são totalmente funcionais até à idade de 6-8 anos, a infância torna-se uma condição de vulnerabilidade à poluição do ar.

Uma vez que a criança apresenta uma taxa de ventilação basal superior à do adulto e é mais ativa que o adulto, a sua exposição à poluição atmosférica é superior. Em 2005, Ginsberg afirmou que a deposição de partículas no pulmão infantil pode ser 2 a 4 vezes superior quando comparado com o pulmão adulto. Simultaneamente ao desenvolvimento da função pulmonar decorre a maturação do sistema imunitário da criança. Atualmente a investigação da asma tem-se debruçado neste campo de estudo, particularmente sobre os fatores que influenciam a dominância da imunidade humoral (TH-1) ou da imunidade celular (TH-2). Já é sabido que a dominância da TH-2 sobre a TH-1 é propícia ao desenvolvimento de alergias. Nikasinovic (2004) demonstrou que as partículas provenientes do escape de viaturas a “diesel” induzem o aparecimento de imunoglobulinas (anticorpos) aquando do contato com alergenos em locais de maior sensibilização e maior robustez de resposta inflamatória (Baeteson e Schwartz, 2008).

São diversos os estudos epidemiológicos que revelaram que as zonas de elevada poluição atmosférica estão associadas a redução da função pulmonar; a exposição crónica a elevados níveis de poluição atmosférica está associada a menores taxas de crescimento da função pulmonar; melhorias na qualidade do ar conduzem a

melhorias ao nível da função pulmonar e/ou taxa de crescimento; as crianças que passam mais tempo em cidades/ambientes poluídos ou que sejam mal nutridas podem ser mais fortemente afetadas pela poluição atmosférica (Siddique *et al.*, 2010).

A exposição é outro fator que influencia o impacto relativo da poluição do ar sobre as crianças. Uma vez que as crianças em idade escolar gastam muito tempo em atividades que aumentam a taxa de ventilação, a exposição a poluentes da atmosfera pode aumentar proporcionalmente. É importante fazer-se a distinção entre exposição e concentração. A concentração é uma característica física do ambiente num dado local e tempo. Já a exposição descreve a interação entre o ambiente e, neste caso, a criança (Borrego *et al.*, 2008).

Vários estudos que relacionam a poluição do ar com os efeitos adversos na saúde têm-se focado mais nas crianças uma vez que a sua história de exposição é mais fácil de controlar, a sua exposição é provavelmente superior e o seu estado de desenvolvimento sugere mais vulnerabilidade do que o adulto. Estudos longitudinais efetuados na Europa e nos Estados Unidos da América já demonstram a associação entre a poluição do ar e a redução no crescimento pulmonar (Bateson e Schwartz, 2008; Gauderman *et al.*, 2004).

Quase todos os resultados de estudos que avaliam o efeito da poluição atmosférica na espirometria infantil chegam à mesma conclusão: existe uma associação negativa entre a exposição aos poluentes do ar e os valores dos parâmetros ventilatórios das crianças.

Estudos efetuados nos Estados Unidos da América, em séries temporais diferentes encontram decréscimos significativos na função pulmonar (nomeadamente ao nível da CVF, VEMS, VEMS/CVF, DEMM₂₅₋₇₅ e DEMA) e a exposição a poluentes atmosféricos como sejam PM_{2,5}, PM₁₀, O₃, SO₂ e NO₂. Alguns estudos referenciam que os défices estimados da função respiratória atribuem-se sobretudo às crianças que passam mais tempo ao ar livre (Bateson e Schwartz, 2008). Os resultados de um estudo efetuado na Califórnia admitem que a exposição à poluição do ar pode levar a uma redução da função pulmonar máxima obtida, o que ocorre no início da vida adulta e, finalmente, poderá conduzir ao aumento do risco de patologias respiratórias crónicas na idade adulta. Ainda na Califórnia chegou-se à conclusão que, nas crianças, o crescimento anual do VEMS é mais lento para comunidades que vivem em zonas mais poluídas. Também Schwartz analisou dados de crianças e jovens com idades compreendidas entre os 6 e os 24 anos através do NHANES II (*Second National Health and Nutrition Examination Survey*) e relatou correlações negativas significativas da CVF e VEMS com concentrações anuais de partículas, NO₂ e O₃ (Frye *et al.*, 2002).

De acordo com o estudo The Harvard 24 – Cities Study (que conseguiu reunir dados de mais de 13 mil crianças com idades dos 8 aos 12) constatou-se que o aumento das concentrações de poluentes no ar estava relacionado com o aumento da percentagem de crianças com redução dos valores dos parâmetros dos estudos funcionais respiratórios.

Outros estudos fazem referência ao facto de as alterações que são causadas no VEMS por exposição aos poluentes atmosféricos serem iguais tanto nas crianças de género masculino como nas crianças de género feminino. O mesmo se passa nas crianças que são asmáticas e nas crianças que não são. Segundo alguns autores as consequências da poluição atmosférica na saúde respiratória das crianças apresentam uma

magnitude semelhante àquela que tem sido relatada para a exposição ao tabagismo materno e uma magnitude inferior à do tabagismo pessoal. Estudos prolongados revelam que a exposição a ambientes poluídos relaciona-se com défices significativos no crescimento da função respiratória durante um período de 8 anos, levando a diminuições clinicamente importantes na função pulmonar à idade de 18 anos.

Analisando o efeito de cada um dos poluentes, em particular, na espirometria das crianças obtêm-se resultados muito diversificados. O O_3 , por exemplo, é um gás altamente reativo que produz reações de oxidação no pulmão. Na Universidade da Califórnia um trabalho levado a cabo por Künzli registou que a exposição ao ozono está associada a um decréscimo significativo do VEMS. Também num estudo transversal de crianças em 24 cidades norte-americanas, os decréscimos da CVF e VEMS foram associados à exposição ao O_3 . Também na Europa, mais concretamente na Áustria, Frisch, juntamente com os seus colaboradores, concluiu que a exposição a um ambiente com excesso de ozono conduzia a um decréscimo da função pulmonar. Ainda assim, a interpretação das evidências epidemiológicas existentes é dificultada pela incapacidade de se separarem os efeitos do ozono dos efeitos dos copoluentes. Contrariamente à maioria dos trabalhos encontrados, um trabalho realizado no Rio de Janeiro concluiu que o ozono apresentou um resultado protetor na função respiratória das crianças dado que um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ da substância associa-se, um dia após a exposição, a um aumento de $0,2\text{L}/\text{min}$ na média da função pulmonar (Gauderman *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2009).

São encontradas fortes associações entre a poluição por $\text{PM}_{2,5}$ e PM_{10} e a diminuição do DEMA em crianças com sintomas de asma, especialmente naquelas que utilizam medicação regular. Horak também efetuou medições espirométricas repetidas durante 3 anos em crianças austríacas com idade escolar e chegou à conclusão que um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} estava associado a uma diminuição no crescimento do VEMS de $84\text{mL}/\text{ano}$. Em 2006, Moshammer atribuiu uma queda de 1% na função pulmonar de crianças com idades compreendidas entre os 7 e os 10 anos para cada aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no ar. Ainda em 1994, Dockery e Pope relataram uma diminuição de 1,5% no VEMS e 0,8% no DEMA para cada aumento de $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . Por outro lado, Zmirou (1997) relatou um declínio de 2,2% no VEMS e 0,7% no DEMA para cada aumento de $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . O trabalho atrás referido, realizado no Rio de Janeiro (Brasil) estimou ter ocorrido uma diminuição de $0,34\text{L}/\text{min}$ no DEMA para um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} (Moshammer *et al.*, 2006).

Muitos trabalhos relacionam igualmente a diminuição dos parâmetros espirométricos com a exposição ao CO , SO_2 e NO_2 , ainda que o último estudo referido (Brasil) não tenha encontrado resultados estatisticamente significativos (Castro *et al.*, 2009).

Outro aspeto a salientar sobre esta temática é o papel que as zonas de tráfego substancial e proximidade com estradas desempenham na função ventilatória infantil. Um estudo efetuado na Holanda refere que a diminuição da função pulmonar das crianças foi associada a maior densidade de tráfego de camiões. Esta associação é tanto mais forte quanto maior for a proximidade das crianças à estrada. Mais, as associações observadas foram mais fortes nas meninas do que nos meninos.

Existem vários estudos publicados que admitem que decréscimos das concentrações de poluentes no ar acarretam melhorias no desenvolvimento do aparelho respiratório, nas crianças. Estudos transversais prospetivos têm demonstrado que a função pulmonar pode ser recuperável se um indivíduo passar a respirar um ar mais limpo (por melhoria da qualidade do ar local ou por deslocação do indivíduo para uma zona de melhor qualidade de ar). Reduções de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 e PM_{10} apresentam como consequência a melhoria da função pulmonar em 1%. Verificou-se, em Utah Valley, efeitos benéficos do encerramento de uma indústria siderúrgica durante 14 meses no ano de 1987, devido a uma greve. Os internamentos hospitalares tanto das crianças como dos adultos caíram drasticamente naquele período de tempo. Verifica-se também que as taxas anuais de crescimento pulmonar revistas nos valores de DEMA e VEMS aumentam quando as crianças se deslocam para locais de maior qualidade do ar (Siddique *et al.*, 2010).

Na Alemanha Oriental, quando a média anual de partículas totais em suspensão diminuiu de 79 para $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ e o SO_2 diminuiu de 113 para $6\mu\text{g}/\text{m}^3$, após a reunificação do país, constatou-se um aumento da CVF e do VEMS de 1992 para 1999. A variação percentual mais significativa é atribuída à CVF que aumentou 4,7% por cada decréscimo de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$. Na Áustria assistiu-se a um estudo com 3451 crianças em que se registou um aumento do DEM_{25} associado a diminuições dos níveis de NO_2 . Este estudo veio concluir que a melhoria das pequenas vias aéreas é mais dependente da redução do NO_2 do que da diminuição das partículas ou do SO_2 (Frye *et al.*, 2002).

3.3. Os efeitos do ambiente rural e urbano no estudo funcional respiratório das crianças

É possível que o desenvolvimento de asma e de alergias resulte da interação genética-ambiente. Potenciais fatores de risco ambientais tais como a poluição do ar interior e exterior, infeções, exposição a alérgenos, hábitos alimentares e estilos de vida podem ser responsáveis pelo compromisso da função pulmonar e pelo aparecimento de sintomatologia respiratória, nas crianças. De facto, as características específicas do estilo de vida urbano e do estilo de vida rural podem constituir fatores de risco distintos, ainda que possam coexistir dentro de certos níveis socioeconómicos. As crianças do meio rural apresentam um menor risco de asma e sensibilização alérgica. Alguns autores atribuem este facto ao efeito protetor desencadeado pelo contato próximo com animais de grande porte, ainda que o papel do fator genético seja contributivo. Por outro lado, as crianças com maior exposição ao ambiente urbano apresentam um risco acrescido de redução da função pulmonar. É certo que as crianças que convivem em ambientes urbanos poluídos desenvolvem um crescimento mais lento do pulmão. Este tipo de ambiente facilita a obstrução das pequenas vias do trato respiratório.

Existem evidências que suportam uma forte relação entre zonas residenciais e o potencial desenvolvimento de asma na infância, obstrução das vias aéreas e o aparecimento de um tipo de desenvolvimento socioeconómico (Priftis *et al.*, 2009).

Diferentes estudos regionais transversais efetuados na Europa e nos Estados Unidos da América referem taxas consistentemente mais elevadas de bronquite e sintomas de bronquite em crianças com maior exposição às partículas totais em suspensão do que nas crianças que vivem em zonas menos poluídas, como é exemplo o ambiente rural. Também em 1996, o Comité da Assembleia de Saúde Ocupacional e Ambiental relatou a existência de efeitos adversos crónicos na saúde (ainda que níveis relativamente baixos) nas áreas urbanas (Frye *et al.*, 2002).

Um estudo efetuado em Deli (cidade capital da Índia) assume uma redução de 43,5% da função pulmonar das crianças (idade compreendida entre os 9 e os 17 anos) que habitam zonas urbanas em comparação com 25,7% para o grupo que servia de controlo. O estudo demonstrou que as crianças urbanas apresentavam uma prevalência superior de alterações ventilatórias restritivas, obstrutivas e padrões combinados de ambos os distúrbios da fisiologia respiratória. O decréscimo da CVF, VEMS e DEMA nas crianças que habitam o ambiente urbano de Deli, comparativamente ao controlo rural, sugere uma inibição da expansão bronquiolar e alveolar face à constante exposição a elevados níveis de poluentes atmosféricos da cidade (Siddique *et al.*, 2010).

A poluição do ar nas zonas urbanas tem sido objeto de grandes debates na sociedade do século XXI. Nas cidades contemporâneas é evidente o impacte ambiental dos transportes na qualidade do ar. Os grandes centros urbanos continuam a crescer em tamanho e em população e a sustentabilidade global transforma-se em tema de debate. A urbanização acarreta com muitas transformações da Natureza e cabe a cada cidade o papel fundamental de minimizar todas as atividades que contribuem para a deterioração da qualidade do ar. Um estudo levado a cabo na cidade de Bucareste (Roménia) investigou as concentrações dos poluentes atmosféricos CO, NO_x, O₃ e SO₂, entre outros através de duas estações de monitorização da qualidade do ar (uma localizada numa zona urbana - Pipera e outra localizada numa zona rural - Surlari). Registaram-se picos elevados nas concentrações de O₃ na região de Pipera à semelhança do que aconteceu com o NO_x, sobretudo durante a noite. As concentrações de SO₂ nunca excederam os valores-limite impostos por lei, ainda que tenham sido mais elevados na zona urbana do que na área rural (Apascaritei *et al.*, 2008).

Contudo, existem estudos que revelam resultados positivos no que concerne à poluição atmosférica dos centros urbanos. É exemplo um estudo que avaliou os níveis de partículas atmosféricas nas cidades de Lisboa e Porto. Neste trabalho concluiu-se que desde o ano de 2005 até 2007 houve uma redução estatisticamente significativa dos valores de partículas (Santos *et al.*, 2009).

CAPÍTULO IV

QUADRO LEGISLATIVO AMBIENTAL

4.1. Estratégia Europeia

A poluição global constitui atualmente um desafio governativo a nível mundial, de relevante estratégia. Os efeitos da poluição atmosférica na saúde têm vindo a ser equacionados num amplo quadro legislativo, no âmbito de uma estratégia mais vasta em termos de ambiente e saúde. O caminho face ao desenvolvimento sustentável direciona o governo com fortes motivações ambientais tornando estas decisões prementes para aqueles que se querem afirmar num mundo global. Neste sentido, a agenda da estratégia e cooperação internacionais engloba cada vez mais valores ambientais, resultando na compreensão de princípios de sustentabilidade em diversos planos internacionais, regionais e locais. A nível global, há a salientar os Objetivos de Desenvolvimento do Milénio, os quais abrangem a sustentabilidade ambiental, e os *World Summit on Sustainable Development (WSSD)* (Valente, 2011).

A poluição não tem fronteiras e as grandes questões ambientais colocam-se hoje a nível mundial, sendo claro que as ações ou emissões de cada Estado possuem incidências que ultrapassam os limites geográficos do respetivo território. Assim, tanto o direito internacional como o direito comunitário têm vindo a incorporar, ultimamente, imensas normas destinadas à proteção e melhoria do ambiente e à conservação da natureza e dos recursos naturais (Ferreira, 2007).

A UE dispõe de legislação, que estabelece o mesmo nível de exigência para as normas e práticas ambientais em vigor em todos os Estados-Membros. Em 1972 a Comissão Europeia elaborou o 1º Programa de Ação da Comunidade Europeia em matéria de Ambiente. O 6º Programa de Ação conferiu um novo propósito e um novo rumo à política ambiental da Comunidade. É denominado “Ambiente 2010: o nosso futuro, a nossa escolha”, e estendeu-se entre 2002 e 2012. Estabelece os objetivos para uma década e determina as ações que terão de ser adotadas para atingir as finalidades propostas. O programa identifica quatro domínios prioritários: alterações climáticas, natureza e biodiversidade, ambiente e saúde e qualidade de vida, recursos naturais e resíduos.

No domínio Ambiente e Saúde, o objetivo é alcançar uma qualidade ambiental que não coloque em perigo nem afete negativamente a saúde das pessoas. Através de uma estratégia temática em matéria de qualidade do ar proceder-se-á ao acompanhamento da eficácia das normas existentes e à determinação de lacunas e estabelecimento de prioridades para realizar ações futuras [COM (2001) 31 final]. Resultante deste programa, a Comissão Europeia (CE), preparou vários documentos estratégicos. Estas estratégias significam a próxima geração de política ambiental. Tencionam estabelecer objetivos ambientais mais transparentes,

numa perspetiva temporal alargada a 2020, levando a um quadro político estável. Relacionados com o ar ambiente, salientam-se o CAFE (Clean Air for Europe) - Estratégia Temática sobre Poluição Atmosférica adotada em setembro de 2005 e a Estratégia Temática sobre Ambiente Urbano, adotada em janeiro de 2006.

4.1.1. CAFE - Ar Limpo para a Europa

O CAFE, tem como objetivo o desenvolvimento de uma política estratégica e integrada, a longo prazo, para proteger a saúde humana e o ambiente dos efeitos da poluição do ar [COM (2001) 245 final]. Os seus objetivos específicos são os seguintes:

- desenvolver, recolher e validar informações científicas referentes aos efeitos da poluição ambiente;
- apoiar a aplicação e analisar a eficácia da legislação existente, em especial das diretivas-filhas referentes à qualidade do ar, da decisão sobre o troca de informações e dos valores máximos de emissão nacionais fixados na legislação; colaborar na revisão dos protocolos internacionais e desenvolver novas propostas como e quando for exigido;
- assegurar que as medidas essenciais para cumprir os objetivos de qualidade do ar e de deposição serão tomadas, de uma forma economicamente eficiente, e mediante o desenvolvimento de ligações estruturais concretas com os domínios políticos importantes;
- definir uma estratégia global, integrada e periódica que determine objetivos de qualidade do ar adequados para o futuro e medidas economicamente eficientes para concretizar esses objetivos;
- difundir largamente as informações técnicas e políticas resultantes da execução do programa.

A política comunitária relativa à qualidade do ar, subjacente ao programa CAFE, está de acordo com exigências constantes na Diretiva-Quadro (DQ) 96/62/CE, de 27 de setembro, pois propõe a modelação como meio de avaliação e previsão da qualidade do ar, quer a nível local quer a nível regional. A previsão da qualidade do ar é fixada como prioridade, dado permitir a obtenção dos prognósticos com relativa antecedência e, aquando da necessidade de alertas, ser em momento possível para se informar a população, e implementar as medidas de ação urgente ou as de curto prazo que possam evitar a ocorrência de episódios de poluição (Monteiro, 2007). A presente estratégia a nível comunitário aparece devido à constatação de que, apesar das significativas melhorias decorrentes do conjunto das políticas de redução de emissões atmosféricas presentemente em vigor, continuarão a registar, em 2020, impactes significativos devidos à poluição atmosférica, tanto ao nível da saúde humana como do ambiente. Para que sejam alcançados os objetivos da Estratégia, em 2020, foi determinado um possível conjunto de políticas e medidas para implementação, que foram ou serão sujeitas a uma análise de impactes e a uma avaliação de custo-benefício.

Será um contributo fundamental para a melhoria da qualidade do ar e conseqüente aumento do bem-estar da população, caso a nível nacional se venha a implementar efetivamente, a Estratégia temática sobre ambiente urbano.

4.1.2. Estratégia Temática sobre Ambiente Urbano

Um dos elementos essenciais no sentido de facultar o desenvolvimento sustentável das cidades e uma elevada qualidade de vida para os cidadãos urbanos da Europa, é o planeamento de um nível elevado de proteção ambiental. A Estratégia Temática sobre Ambiente Urbano consiste num passo relevante para a concretização deste objetivo e fundamenta-se em amplas iniciativas que contribuirão para o desenvolvimento da política europeia em matéria de ambiente urbano. Esta Estratégia possui como objetivo promover uma abordagem horizontal integrada da totalidade das políticas comunitárias e que contribua para a melhoria da qualidade do ambiente urbano, de acordo com os progressos realizados na implementação do quadro de cooperação existente, revendo-o sempre que necessário, e que inclua, entre outros, os pontos abaixo mencionados, com implicações para o ambiente:

- a necessidade de aumentar os transportes públicos, os transportes ferroviários, as bicicletas e as locomoções pedestres;
- a necessidade de fomentar o uso de veículos com emissões reduzidas nos transportes públicos;
- a responsabilidade de tomar em consideração os indicadores ambientais urbanos.

O objetivo, a nível da UE, é contribuir para o desenvolvimento de um enquadramento sólido que fomente iniciativas locais sustentadas em melhores práticas. Elementos essenciais neste contexto são a adoção pelas cidades capitais e as aglomerações urbanas com mais de 100 000 habitantes de um plano de gestão ambiental urbano com a determinação de objetivos no sentido de possibilitar um ambiente urbano sustentável, bem como a implementação de um sistema de gestão ambiental adequado, a fim de gerir este processo. Estas cidades deveriam ainda, desenvolver e executar um plano de transportes urbanos sustentáveis [COM (2004) 60 final]. A aplicação da estratégia a todos os níveis contribuirá para melhorar a qualidade do ambiente urbano, fazendo com que as cidades sejam cada vez mais atrativas e saudáveis para habitar, trabalhar e investir, bem como para reduzir o impacto negativo das cidades no ambiente em geral.

4.1.3. SCALE - Estratégia Europeia de Ambiente e Saúde

Devido à magnitude e à complexidade das questões sobre o ambiente e saúde a UE adoptou uma estratégia específica, Estratégia Europeia de Ambiente e Saúde, designada iniciativa SCALE [COM (2003) 338 final]. A SCALE representa uma abordagem completa e de longo prazo, que objetiva proteger a sociedade como um todo:

- baseada na ciência (*Science*), juntando os conhecimentos de uma larga amplitude de participantes;
- centrada nas crianças (*Children*), dado a saúde infantil ser fundamental para assegurar o desenvolvimento humano e económico. As crianças possuem diferenças na fisiologia, no metabolismo, na dieta e no comportamento, o que faz com sejam especialmente vulneráveis. A Convenção das Nações Unidas sobre os direitos da criança determina para as crianças “a melhor saúde que se possa alcançar”;
- que fomente a sensibilização (*Awareness*) dos indivíduos para o binómio, ambiente e saúde, por

forma a consciencializar a sociedade e a crianças, relativamente à degradação ambiental e à influência desta na saúde;

- que usa os instrumentos jurídicos (*Legal instruments*) previstos para adicionar valor às ações empreendidas a nível internacional e nacional, ao determinar a adoção de ações comunitárias que combatam de modo integrado os problemas de saúde relacionados com o ambiente;
- que compreenda uma avaliação (*Evaluation*) constante e contínua da eficácia e da eficiência económica das ações relativas à redução da incidência de problemas de saúde relacionados com o ambiente. Esta avaliação proporcionará novos saberes científicos, que servirão de base a novas ações e a ações corretivas e favorecerão uma sensibilização ainda maior.

A importância da Estratégia Europeia de Ambiente e Saúde consiste na elaboração de um sistema comunitário determinado a incluir a informação relativa ao ambiente, ao ecossistema e à saúde humana. Desta forma é mais eficiente a avaliação do impacto ambiental global na saúde humana. A Estratégia pretende, ainda, desenvolver um “quadro de causalidade” respeitante ao ambiente e à saúde que faculte a informação essencial ao desenvolvimento de políticas dirigidas às fontes e às vias de ação dos fatores prejudiciais à saúde. Para se alcançar tal objetivo, é indispensável um tratamento agregador, dentro das políticas comunitárias de desenvolvimento sustentável.

Portugal, no âmbito da implementação dos compromissos assumidos, responsabilizou-se por elaborar um Plano de Ação Nacional sobre Ambiente e Saúde (PNAAS), por participar no trabalho da Comissão de Organização da *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE) e nas reuniões do Comité Europeu de Ambiente e Saúde, e ainda acompanhar o processo de implementação do Plano de Ação Europeu “Ambiente e Saúde” 2004-2010. Este plano [COM (2004) 416 final], objetivou conseguir a informação essencial para ajudar a diminuir os efeitos prejudiciais causados pela poluição ambiental na saúde dos cidadãos dos estados-membros. Várias medidas foram propostas, nomeadamente: a seleção e monitorização dos indicadores de saúde, de ambiente e das várias vias de exposição, preconizando-se ações de investigação privilegiando doenças como asma/alergias, perturbações do desenvolvimento neurológico, cancro e perturbações do sistema endócrino, e ainda as questões relacionadas com os efeitos das alterações climáticas sobre a saúde. Preveem-se ainda ações de sensibilização aos riscos e a possibilidade de se instalar biomonitorização à escala europeia, por forma a tornar possível medir a exposição aos poluentes existentes no ambiente. É ainda importante a vigilância de situações de exposição que levam à prevalência de doenças ligadas à má qualidade da água, à poluição atmosférica e à ingestão de alimentos contaminados.

É fundamental a cooperação contínua entre os estados-membros, as autoridades nacionais, regionais e locais, entre os organismos responsáveis pelo ambiente, saúde, investigação, e educação. É ainda essencial o empenho dos industriais, agricultores e de todas as partes interessadas, pertencendo aos estados-membros a vigilância e a avaliação dos riscos.

4.2. Legislação Comunitária e Nacional

A UE tem feito um esforço significativo na definição de instrumentos de controlo e mitigação da poluição atmosférica e também de harmonização dos critérios legislativos entre os vários Estados-Membros. Portugal, como um estado-membro da UE, rege-se pelas normas e leis instituídas pela CE, sendo o quadro legislativo português feito através do estabelecimento de leis nacionais que têm por base a obrigação de transposição para o direito interno dos documentos legislativos.

O enquadramento básico da legislação ambiental nacional e europeia de qualidade do ar foi estabelecido na DQ 96/62/CE, de 27 de setembro, que exige, sobretudo, que os Estados-Membros elaborem planos de ação detalhados para as zonas e aglomerações urbanas em que sejam ultrapassados os valores limite. Esta Diretiva foi transposta para a legislação nacional através do DL 276/99, de 23 de julho. Posteriormente com a intenção de regulamentar as concentrações de poluentes atmosféricos específicos, determinando, para estes, valores-limite (VL), valores-alvo (VA), objetivos a longo prazo, limiares de informação (LI) e limiares de alerta (LA), foram publicadas quatro Diretivas-Filha (DF), todas transpostas para o direito nacional:

- Diretiva 1999/30/CE: Diretiva do Conselho de 22 de abril de 1999, referente a valores limite para o SO₂, NO₂, NO_x, partículas em suspensão e chumbo (Pb) no ar ambiente;
- Diretiva 2000/69/CE: Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de novembro de 2000, respeitante a valores limite para o benzeno e o monóxido de carbono no ar ambiente;
- Diretiva 2002/3/CE: Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de fevereiro de 2002, referente ao ozono no ar ambiente;
- Diretiva 2004/107/CE: Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de dezembro de 2004, referente ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente.

A DQ 2008/50/CE, foi publicada a 21 de maio e compila a regulamentação das diretivas que revoga, fazendo as seguintes alterações principais:

- a fixação de um objetivo nacional de redução da exposição e de um valor alvo e valor limite para as PM_{2,5}, para a proteção da saúde humana;
- a possibilidade de adiamento dos prazos de cumprimento e isenção da obrigação de aplicar determinados valores-limite.

Esta Diretiva e a Diretiva 2004/107/CE de 15 de dezembro, foram transpostas para o direito nacional através do DL 102/2010, de 23 de setembro (relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente, cuja transposição tinha sido realizada pelo DL 351/2007, que foi revogado). Este DL permitiu a consolidação do regime jurídico relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, dado este estar disperso por vários DL. Antes da publicação deste DL, vários outros foram sendo publicado nacionalmente. Com a publicação do DL 276/99, de 23 de julho, consequência da transposição para o direito interno da DQ 96/62/CE e das Diretivas *Integrated Prevention Pollution Control* (IPPC) 96/61/CE e COVs 1999/3/CE, referente à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, colocou-se a

questão da atualização do quadro legislativo nacional nesta área. Este diploma veio revogar parcialmente o DL 352/90 e a Portaria 286/93, e faz ainda a ligação a alguns diplomas em vigor na área da regulamentação de emissões atmosféricas em determinadas áreas específicas como sejam a incineração de resíduos perigosos (DL 273/98) e fontes móveis (DL 432/99 e Portaria 53/94).

O Decreto-Lei no 276/99, de 23 de julho, determina as linhas de orientação da política de gestão da qualidade do ar ambiente. A APA é a entidade Portuguesa responsável pela autorização dos meios de medição, análise dos métodos de avaliação (estes métodos, englobam para além dos dados de medição das concentrações de poluentes no ar ambiente, a sua simulação recorrendo a técnicas de modelação numérica), e coordenação a nível nacional dos programas de garantia da qualidade organizados pela Comissão, a nível comunitário. Às Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), compete nas suas áreas de influência, avaliar e garantir a qualidade das medições realizadas através de controlos de qualidade internos, realizar campanhas de medição representativas ou diagnósticos, garantir a observância dos valores limite determinando planos de ação imediata sempre que se verifique o risco dos mesmos serem ultrapassados.

Consequentemente várias DF foram sendo transpostas para o direito nacional, fazendo com que os vários DL que foram surgindo revogassem Portaria 286/93. A 3 de abril de 2004 foi publicado o DL 78/2004, onde está consubstanciada a importância de tomar medidas e procedimentos apropriados de prevenção e controlo da poluição originadas por instalações responsáveis pela descarga de poluentes para a atmosfera. Estabelece um regime de monitorização distinto de acordo com o caudal mássico dos poluentes, para os quais esteja fixado o valor limite de emissão. A Portaria 263/2005, está implícita a esse DL, que estabelece as novas regras para o cálculo da altura de chaminés, e a Portaria 80/2006, onde são fixados os limiares mássicos máximos e os mínimos de poluentes atmosféricos, que proporcionam a determinação do regime de monitorização aplicável a todas as fontes fixas de emissão. Em suma, o DL 276/99 e o DL 78/2004 constituem o suporte integrador do quadro legal transposto ou a desenvolver, tanto no âmbito da qualidade do ar como no âmbito das emissões de poluentes atmosféricos, possibilitando conceber as sinergias legais para a gestão integrada do recurso ar.

Enquanto, existe um conjunto de políticas para o ar ambiente na UE, relativamente à qualidade do ar interior ainda muito existe por fazer em matéria de políticas estratégicas e legislativas. Apesar de tudo, existe na legislação europeia várias diretivas de outros sectores que incluem diversas vertentes da qualidade do ar interior, mas que não determinam valores limite, designadamente:

- Diretiva dos Produtos de Construção (1989/106/CEE);
- Diretiva das Aplicações de Gás (1990/396/CEE);
- Diretiva dos Resíduos Perigosos (1991/689/CEE);
- Diretiva das Aplicações de Calor (1992/42/CEE);
- Diretiva da Segurança Geral dos Produtos (2001/95/CE);
- Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios (2002/91/CE);
- Diretiva do Eco – Design (2005/32/CE);
- REACH - *Registration, Evaluation, Authorisation e restriction of CHemicals* (2006/121/CE), Diretiva

referente ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas.

Em suma, estas diretivas regulam fundamentalmente a diminuição ou eliminação de fontes de poluentes ou a redução da poluição presente através de normas de ventilação. Posteriormente, em 2006, foi transposta, para Portugal a Diretiva 2002/91/CE, através do DL 78/2006, do DL 79/2006, de 4 de abril, e do DL 80/2006, de 4 de abril. O DL 78/2006, de 4 de abril, cria o SCE (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios), com o intuito de informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, no momento da construção, venda ou arrendamento dos mesmos, exigindo a abrangência do sistema para edifícios públicos. Portugal tinha que transpor a Diretiva Europeia relativamente à Eficiência Energética de Edifícios (apenas), já que a Diretiva Europeia não contempla QAI. Contudo, Portugal decidiu avançar nesse sentido, fazendo uso de uma característica da União Europeia que é a acção “mínima residual”, o que significa que os estados membros podem adoptar medidas mais restritivas do que as que forem adoptadas a nível comunitário (Gomes, 2001).

O SCE tem como finalidades:

- assegurar a aplicação regulamentar, particularmente no que se refere às condições de eficiência energética, ao uso de sistemas de energias renováveis e às condições de garantia da QAI, de acordo com as exigências e as disposições contidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e Climatização de Edifícios (RSECE);
- certificar o desempenho energético e a QAI dos edifícios;
- identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, no que se refere ao desempenho energético, e no que respeita à QAI.

O SCE é aplicado a todos os novos edifícios, aos que já existem, mas que estão sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, nos termos do RSECE e do RCCTE, aos edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, e ainda, aos edifícios já existentes para habitação e para serviços. A gestão do SCE é da responsabilidade da Agência para a Energia (ADENE) e a sua supervisão está a cargo da Direção Geral de Geologia e Energia (DGGE), no que respeita à certificação e eficiência energética, e da APA, no que respeita à QAI.

No âmbito da QAI, a ADENE pode determinar a fiscalização, aquando da ocorrência das seguintes circunstâncias:

- sempre que haja indícios de que um edifício representa perigo, quer para os seus utilizadores ou para terceiros quer para os prédios vizinhos ou serventias públicas;
- quando, na sequência de reclamações ou de participações, se afigurar possível que tenha ocorrido ou possa vir a ocorrer uma situação suscetível de colocar em risco a saúde dos utentes.

Nos últimos anos no nosso país, acentuou-se significativamente a tendência de crescimento da procura de sistemas de climatização no setor residencial e no setor terciário. Esta questão surge em resposta à melhoria

do nível de vida das populações e do seu maior grau de exigência em termos de conforto, mas também como consequência da elevada taxa de crescimento do parque construído. Contudo, a não existência de requisitos legais referentes aos valores mínimos de renovação de ar, o pouco controlo da conformidade do desempenho das instalações com o respetivo projeto aquando da sua receção, e a constante falta de uma prática efetiva de manutenção adequada das instalações durante o seu funcionamento normal têm levado ao aparecimento de problemas de QAI, alguns dos quais com impactes significativos ao nível da saúde pública. Face a estas problemáticas surge o DL 79/2006, de 4 de abril. Este, aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios, cujas exigências dependem do SCE. O RSECE estabelece as condições a analisar no projeto de novos sistemas de climatização, designadamente, os requisitos para a QAI, as condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos da QAI e, ainda, os requisitos em termos de formação profissional, a que devem obedecer os técnicos responsáveis pelo projeto, instalação e manutenção dos sistemas de climatização, em relação à QAI. O presente diploma faz, ainda, referência aos requisitos para a manutenção da QAI, dos quais se destacam:

- os novos edifícios a construir devem ser dotados de meios naturais, mecânicos ou híbridos para garantirem as taxas de renovação de ar de referências estipuladas;
- em todos os edifícios de serviços durante o seu funcionamento normal devem ser consideradas as concentrações máximas de referência referentes aos agentes poluentes no interior dos edifícios;
- nos edifícios de serviços, dotados de sistema de climatização, devem ser realizadas auditorias à QAI, no âmbito do SCE e segundo a metodologia por este fixada, com periodicidade e complexidade adequadas ao tipo e à dimensão do edifício, estabelecidas por portaria conjunta dos ministros responsáveis pelas áreas de economia, das obras públicas, do ambiente e do ordenamento do território e habitação;
- nas auditorias devem ser medidas as concentrações de todos os poluentes bem como, quando essencial, efetuar medições adicionais de outros poluentes perigosos, químicos ou bacteriológicos;
- quando forem detetadas, nas auditorias, concentrações dos poluentes mais elevadas do que as concentrações máximas de referência, o proprietário ou titular do contrato de locação ou arrendamento do edifício deve preparar um plano de ações corretivas para a QAI.

O presente DL estabelece caudais mínimos de ar novo para vários tipos de atividade, bem como as concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes, nomeadamente, CO, CO₂, COVs, PM, O₃ e CH₂O.

O DL 80/2006, de 4 de abril (Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios), estabelece as regras a observar no projeto de todos os edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que:

- as exigências de conforto térmico, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para garantia da qualidade do ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária possam a vir ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia;

- sejam atenuadas as situações patológicas nos elementos de construção provocados pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacto negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

A OMS (2006) estabeleceu os seus valores guias, que são uma referência internacional dos efeitos nocivos da exposição a distintos poluentes atmosféricos na saúde humana. Estes valores, e os valores limite europeus são similares para a maioria dos poluentes. De referir, que a OMS não definiu valores guia para a qualidade do ar ambiente para o benzeno por entender que, pelo facto deste ser um composto carcinogénico, não existe nível de exposição seguro a este poluente.

O interesse pela qualidade do ar interior, na saúde dos indivíduos tem mobilizado não só entidades governamentais dos diversos países mas também, organizações internacionais na elaboração de diretrizes sobre o assunto. A OMS, a nível mundial, enquanto entidade de coordenação, monitorização e avaliação da saúde pública, desempenha um papel essencial na defesa e inclusão da saúde nas políticas e programas energéticos, ao nível internacional, determinando as orientações e desenvolvendo de estratégias para a qualidade do ar ambiente e interior, contribuindo desta forma para a proteção da saúde pública.

Em 2010, a OMS publicou os primeiros valores guia para a qualidade do ar interior (WHO, 2010b), no entanto, apenas para os poluentes que considerou como poluentes com fontes interiores, com relações conhecidas a problemas de saúde e que podem atingir, nos edifícios, concentrações inquietantes. No sentido de se fazer uma comparação e para melhor compreensão, os valores mencionados no DL 79/2006 e os valores guia para a qualidade do ar interior da OMS, são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Concentrações máximas de poluentes e microrganismos no interior dos edifícios (DL 79/2006) e valores guia para a qualidade do ar interior (WHO, 2010b)

Substância	RSECE	OMS
Benzeno	-	.*
COVs	0,6 mg.m ⁻³	-
Dióxido de azoto	-	200 µg.m ⁻³ (1 hora) 40 µg.m ⁻³ (1 ano)
Dióxido de carbono (CO ₂)	1800 mg.m ⁻³	-
Formaldeído (CH ₂ O)	0,1 mg.m ⁻³	0,1 mg/m ⁻³ (30 min)
Monóxido de carbono (CO)	12,5 mg.m ⁻³	100 mg/m ⁻³ (15 min) 35 mg/m ⁻³ (1 hora) 10 mg/m ⁻³ (8 horas) 7 mg/m ⁻³ (24 horas)
naftaleno	-	0,01 mg/m ⁻³ (1 hora)
Ozono (O ₃)	0,2 mg.m ⁻³	-
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH)	-	.*
PM ₁₀	0,15 mg.m ⁻³	-
Tricloroetileno	-	.*
Tetracloroetileno	-	0,25 mg/m ⁻³ (1 ano)
Bactérias	500 UFC.m ⁻³	-
Fungos	500 UFC.m ⁻³	-

Legenda: * - A OMS, para este poluente, não estabeleceu valores-guia para a qualidade do ar interior, dado considerar que por ser um composto carcinogénico, não existe nível de exposição seguro; UFC – Unidades Formadoras de Colónias

Os valores indicados pela OMS para o ar interior são similares ao estabelecido para o ar ambiente, mencionando que os valores guia já existentes são aplicáveis ao ar interior, devendo ser considerados no desenvolvimento de limites específicos.

De acordo com o definido no nº 3, do artigo 12º, do DL 79/2006, de 4 de abril, (RSECE), foi publicada a Nota Técnica, NT-SCE-02, referente às metodologias para auditorias periódicas de QAI em edifícios existentes no âmbito RSECE, com o objetivo de estabelecer essas mesmas metodologias a utilizar nas auditorias à QAI. De facto, os valores constantes no DL 79/2006, de 4 de abril, necessitam de um limite temporal associado, neste sentido, e de forma a minimizar esta lacuna a NT-SCE-02, sugere que cada registo de leitura tenha um período mínimo de 5 minutos, e que o momento de amostragem seja representativo do período de ocupação.

Para efeito da avaliação dos parâmetros de qualidade do ar interior fixados no RSECE, num edifício (ou fracção autónoma) objecto de análise, os espaços (ou compartimentos) devem ser agrupados em zonas de medição nas quais deve ser feita pelo menos uma medição de cada parâmetro exigido. O número de pontos de amostragem é definido de acordo com as áreas das zonas a avaliar.

Os métodos de monitorização estão contemplados na referida Nota Técnica e podem ser categorizados por medição em tempo-real ou de medições integradas. Os métodos que usam instrumentos de leitura em tempo-real medem o parâmetro continuamente. As medidas instantâneas podem ser gravadas ou podem ser agrupadas para se obter a média para um determinado intervalo de tempo. Quando estes monitores são portáteis, podem ser movidos no espaço de teste, de modo a executarem medições em diversas localizações (APA, 2009). A eficácia das medições, pode variar se for usado um método passivo ou ativo, se o instrumento for um amostrador, um analisador de medição em tempo real, ou um aparelho de leitura direta e se a leitura é contínua ou pontual. Os amostradores passivos são simples de usar, no entanto, necessitam de análises de laboratório para determinar a concentração do contaminante. Um amostrador ativo, tal como os tubos de amostragem por colorimetria, não são dispendiosos e permitem medições pontuais no local para o dióxido de carbono e outros poluentes específicos. Estes métodos de medição simples podem ser utilizados por pessoas não especializadas como o operador do edifício ou o gestor de propriedade. Estas medições são fáceis e rápidas de executar, tais como os instrumentos de leitura direta que podem ser empregues para a verificação das concentrações pontuais dos poluentes. Todavia, têm uma sensibilidade muito limitada para a generalidade das substâncias químicas. Os analisadores de medição em tempo real podem ser instalados num local para a monitorização em contínuo de poluentes específicos, funcionando como estações fixas de monitorização. Contudo, necessitam de um operador especializado (APA, 2009).

A APA, definiu as zonas e aglomerações, com estações de monitorização da qualidade do ar existentes, a nível nacional: 6 zonas na região Norte, com 3 aglomerações (Porto Litoral, Vale do Ave e Braga); 5 zonas na região Centro, com 2 aglomerações (Aveiro/Ílhavo e Coimbra); 4 zonas na região de Lisboa e Vale do Tejo, com 3 aglomerações (AML Norte, Sul e Setúbal); 2 zonas na região do Alentejo; 4 zonas no Algarve, com 3 aglomerações (Portimão/Lagos, Albufeira/Loulé e Faro/Olhão). De acordo com Ferreira (2007), em Portugal, as redes existentes de monitorização de poluentes atmosféricos apresentam elevados custos, para além de não cobrirem a totalidade do território nacional. Este facto, constitui uma limitação à avaliação da qualidade do ar. Assim, com o objetivo de se obter valores para o território, recorre-se à modelação que simula os processos resultantes das várias atividades antropogénica e biogénica. Existe ainda, a possibilidade de realizar uma estimativa dos valores de concentração dos poluentes atmosféricos, permitindo a identificação das suas áreas críticas.

Para que a realização da previsão da qualidade do ar tenha sucesso é imprescindível a divulgação ao público para que exista utilidade informativa. Esta transmissão pode ser executada pelos órgãos da comunicação social ou pela internet. O índice de qualidade do ar (IQA) é uma ferramenta que possibilita uma classificação simples, compreensível e acessível ao público em geral e dá resposta às obrigações legais. Na página da internet existe ainda informação relativa aos principais efeitos na saúde para cada IQA possível de se apresentado para cada dia, considerando a sensibilidade de cada indivíduo, designadamente:

- Índice Muito Bom: Não existem conselhos de saúde definidos;
- Índice Bom: Não existem conselhos de saúde definidos;

- Índice Médio: As pessoas mais sensíveis, particularmente crianças e idosos com doenças respiratórias devem limitar as atividades ao ar livre;
- Índice Fraco: As pessoas sensíveis devem evitar atividades físicas intensas ao ar livre. Os doentes do foro respiratório e cardiovascular devem ainda respeitar todos os tratamentos médicos em curso ou recorrer a cuidados médicos extra, em caso de agravamento de sintomas. A população em geral deve evitar a exposição a outros fatores de risco, nomeadamente o fumo do tabaco e a exposição a produtos irritantes contendo solventes na sua composição;
- Índice Mau: Todos os adultos devem evitar esforços físicos ao ar livre. Os grupos sensíveis deverão manter-se em casa com as janelas fechadas e utilizando preferencialmente sistemas apropriados de circulação/refrigeração do ar.

O Instituto do Ambiente, através do portal www.qualar.org, disponibiliza atualmente informação sobre a qualidade do ar no concelho do Coimbra (informação da responsabilidade da CCDR-Centro). No concelho existem dois pontos de amostragem, a saber, Avenida Fernão Magalhães e Instituto Geofísico, onde são efectuadas medições de: O₃, NO₂, CO, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} e Benzeno (C₆H₆). O Centro de Produção de Souselas – Cimpor, uma das principais fontes emissoras de poluentes atmosféricos no concelho, faz, desde 2001, monitorização (medições em contínuo e pontuais) das emissões nos efluentes gasosos nas chaminés dos fornos.

Dependendo da escala da área de interesse, o problema da poluição atmosférica pode ser abordado em diferentes níveis. À escala local, a diversidade do tipo e número de fontes obrigam a uma química mais elaborada e reativa; à escala regional na qual acontece o transporte e a transformação dos poluentes, causados pelas condições atmosféricas, onde as principais razões são as circulações de mesoscala; à escala global, os processos dinâmicos controlam a físico-química da atmosfera relativamente às espécies pouco reativas. A previsão da qualidade do ar, realizada desde o ano de 2005, em Portugal, permite obter os valores estimados das concentrações dos poluentes considerados críticos e importantes de serem previstos, permite ainda, implementar estratégias de gestão de qualidade do ar estabelecidas, avaliar a rede de monitorização nacional e, consiste numa ferramenta indispensável de alerta às autoridades e à população no caso de acontecer excedências dos valores das concentrações de poluentes no ambiente, que coloquem em perigo a saúde pública (Monteiro, 2007).

Apesar dos esforços da CE na definição de estratégias e legislação na temática da qualidade do ar ambiente e do ar interior, a legislação atual para o ar interior é, ainda, insuficiente. Neste sentido, existe uma grande necessidade de trabalhar e investigar esta matéria, no sentido, de minimizar os efeitos dos poluentes atmosféricos nas pessoas, sobretudo nas mais vulneráveis à poluição atmosférica, como é o caso das crianças. No entanto, em 20 de agosto de 2013, saiu uma nova legislação em Portugal, o DL 118/2013, de 20 de agosto, que aprova o SCE, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), e transpõe a Diretiva 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Com a transposição desta Diretiva para o direito nacional, surgiu o momento de

efetuar mudanças relevantes a este quadro legislativo, como sejam, a união de toda a legislação em apenas um diploma legal e a divisão do âmbito de aplicação do REH e do RECS.

A avaliação de desempenho energético dos edifícios é alterada e passa a ter em consideração: relativamente aos edifícios de habitação, adotam a posição de realce o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas, aos quais se juntam, no caso dos edifícios de comércio e serviços, a instalação, a condução e a manutenção de sistemas técnicos. São colocados outros requisitos de eficiência energética para os fundamentais tipos de sistemas técnicos dos edifícios, para além da revisão dos requisitos de qualidade térmica. Com esta atualização ficam sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética, os sistemas de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação, de aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia. Mantém-se a promoção do uso de fontes de energia renovável, em complemento à eficiência energética com aumento dos métodos para quantificação do contributo, relevando-se o aproveitamento do recurso solar. É também motivado o uso de sistemas ou soluções passivos nos edifícios, e também a otimização do desempenho em resultado de um menor recurso aos sistemas ativos de climatização. Destaca-se ainda o reconhecimento do pré-certificado e do certificado SCE como certificações técnicas. Desta forma clarificou-se a sua aplicação relativamente a consultas e vistorias, fazendo com que estas certificações técnicas sejam obrigatórias na instrução de operações urbanísticas. Merece ainda, especial destaque a ventilação natural em prol dos equipamentos de ventilação mecânica, por forma a otimizarem-se recursos e a obter-se uma maior eficiência energética e uma redução de custos. Mantém-se a necessidade de se efetuar o controlo das fontes de poluição e a adoção de medidas preventivas, na conceção dos edifícios e no seu funcionamento, no sentido de se cumprir os requisitos legais para a diminuição de eventuais riscos para a saúde pública, no entanto, são suprimidas as auditorias de qualidade do ar interior.

O presente diploma revoga o DL 78/2006, de 4 de abril, o DL 79/2006, de 4 de abril e DL 80/2006, de 4 de abril e entrou em vigor no dia 1 de dezembro de 2013. Concomitantemente à publicação deste diploma foi publicada a Lei 58/2013, de 20 de agosto, que aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado para a certificação energética e do técnico de instalação e manutenção de edifício e sistemas. Esta Lei também entrou em vigor no dia 1 de dezembro de 2013. O legislador refere que com base nestas e noutras medidas aprovadas, caminha-se no sentido da melhoria da eficiência energética do edificado nacional e criam-se instrumentos e metodologias de suporte à definição de estratégias, planos e mecanismos de estímulo à eficiência energética.

O DL 118/2013, de 20 de agosto, aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, transpondo ainda a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Tendo em consideração, esta nova abordagem e o seu desenvolvimento, importou definir os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, e também os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção, e existentes, bem como a respetiva metodologia de avaliação. Neste sentido, é publicada no final do ano de 2013, a Portaria n.º. 353-A/2013, de

4 de dezembro. O Anexo constante da presente portaria e que dela faz parte integrante, é aprovado nos termos do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto: Para os efeitos dos n.ºs 1, 7 e 8 do artigo 40.º; Para os efeitos da alínea b) do n.º 3 do artigo 44.º; Para os efeitos dos n.ºs 1 e 2 do artigo 48.º. Esta portaria entrou em vigor no dia 5 de dezembro de 2013. No que respeita à fiscalização da QAI nos grandes edifícios de comércio e serviços, a realizar pela Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT) esta pode recorrer a laboratórios que possuam um sistema de garantia e controlo de qualidade, e que apliquem a metodologia estabelecida e publicitada nos sítios da internet pelas entidades competentes, nos domínios do ambiente e da saúde, mantendo os registos e a documentação necessária que comprovem o cumprimento dos critérios de qualidade. Os operadores que, voluntariamente, pretendam proceder à avaliação da QAI nas suas instalações, para que a mesma releve para efeitos de fiscalização, devem utilizar laboratórios que tenham um sistema de garantia e controlo de qualidade, e que usem a metodologia estabelecida pelas entidades competentes, nos domínios do ambiente e da saúde, guardando os registos e a documentação necessária que evidenciem o cumprimento dos critérios de qualidade. No que concerne aos limiares de proteção para os poluentes físico-químicos e as condições de referência para os parâmetros microbiológicos a considerar são os previstos respetivamente nas Tabelas I.08 e I.09, conjugadas com o seguinte: a) As concentrações em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e mg/m^3 referem-se à temperatura de 20º C e à pressão de 1atm (101,325kPa); b) Os limiares de proteção indicados dizem respeito a uma média de 8 horas; c) As margens de tolerância previstas são aplicáveis a edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação; d) A análise de radão é obrigatória em edifícios construídos em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

Em comparação com os valores de concentração máxima de referência constantes na legislação anterior e os valores correspondentes aos limiares de proteção para os poluentes físico-químicos, constantes nesta nova portaria, podemos referir que de uma forma geral existe uma redução dos limites para as PM_{10} e para o CO e um aumento dos limites para o CO_2 . Uma outra grande alteração prende-se com a introdução de valores para as $\text{PM}_{2,5}$.

Os critérios de conformidade também foram alterados relativamente ao estabelecido na NOTA TÉCNICA:

- Para todos os poluentes: $[\text{Poluente}]\text{Max} \leq \text{valor limite}$.
- As excedências de curta duração para o CO foram alteradas.
- No caso de excedências dos COVs devem ser utilizados os seguintes valores limite: Benzeno:5; Tricloroetileno:25; Tolueno:250; Estireno:260; Tetracloroetileno:250 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Relativamente aos caudais de ar novo são calculados em função do tipo de atividade (taxas de metabolismo), número de ocupantes e a existência de produção de poluentes no próprio edifício. No que respeita aos métodos de avaliação, e á análise dos poluentes físico-químicos constantes das tabelas I.08 e I.10 e I.11 da portaria, deve ser efetuada recorrendo a sistemas de medição que respeitem as normas CEN, ou na sua ausência, normas ISO, normas nacionais ou internacionais. Quanto às análises microbiológicas (fungos, bactérias e *Legionella*) devem ser realizadas por laboratórios acreditados ou por quaisquer laboratórios que participem anualmente em Ensaios de Comparação Interlaboratorial organizados pelas entidades nacionais

reconhecidas para o efeito. Para uma melhor visualização das alterações ao nível dos limites dos poluentes físico-químicos apresentamos o seguinte quadro:

Quadro 2: Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos

Poluente	unidades	DL nº 79/2006	Portaria nº 353-A/2013
Partículas em suspensão PM ₁₀	µg/m ³	150	50 (tolerância de 100%)*
Partículas em suspensão PM _{2,5}	µg/m ³	–	25 (tolerância de 100%)*
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs)	µg/m ³	600	600 (tolerância de 100%)*
Monóxido de Carbono (CO)	mg/m ³	12,5	10
Formaldeído (CH ₂ O)	µg/m ³	100	100
Dióxido de carbono (CO ₂)	µg/m ³	1800	2250 (tolerância de 30%)*
Radão	Bq/m ³	400	400
Ozono	mg/m ³	0,2	–

* Tolerância a aplicar em caso de edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação.

Foi ainda publicado em novembro de 2013:

- Portaria 349-A/2013, de 29/11: Determina as competências da entidade gestora do SCE, regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado;
- Portaria 349-B/2013, de 29/11: (REH - Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções) – Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção;
- Portaria 349-C/2013, de 29/11: Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização;
- Portaria 349-D/2013, de 29/11: (RECS - Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções) – Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

Foram igualmente publicados os seguintes despachos:

- Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013, de 3 de dezembro - Procede à publicação dos modelos

associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes;

- Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013, de 3 de dezembro - Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária;
- Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, de 3 de dezembro - Estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes;
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, de 3 de dezembro - Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados;
- Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013, de 3 de dezembro - Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia;
- Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013, de 3 de dezembro - Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema;
- Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013, de 3 de dezembro - Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária;
- Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013, de 3 de dezembro - Procede à publicação das regras de determinação da classe energética;
- Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, de 3 de dezembro - Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho;
- Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013, de 3 de dezembro - Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

II PARTE
INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA



CAPÍTULO V

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho decorreu na cidade de Coimbra, um município com um clima mediterrânico, banhada pelo Rio Mondego. Coimbra é sede de município com 319,41km² de área e cerca de 143 052 habitantes (INE, 2012), subdividido em 31 freguesias (figura 3).



Figura 3: Mapa da distribuição das freguesias de Coimbra
(Fonte: <http://www.cm-coimbra.pt>)

De acordo com a 8ª (2008) deliberação da Secção Permanente de Coordenação Estatística Publicada no Diário da República, 2ª série, nº. 188, as freguesias foram classificadas em predominantemente urbanas, mediamente urbanas e predominantemente rurais. Esta classificação de freguesias teve o seu início de vigência a 28 de setembro de 2009. Desta forma, Coimbra possuía 15 freguesias predominantemente urbanas, 14 freguesias mediamente urbanas e 2 eram predominantemente rurais (Quadro 3). O município é limitado a norte pelo município de Mealhada, a leste por Penacova, Vila Nova de Poiares e Miranda do Corvo, a sul por Condeixa-a-Nova, a oeste por Montemor-o-Velho e a noroeste por Cantanhede. A cidade dispõe de

um aeródromo municipal que assegura algumas ligações de âmbito regional (Aeródromo Bissaya Barreto) e ligação marítima, graças à proximidade com o porto da Figueira da Foz, que é o porto que serve a cidade de Coimbra. No centro da espinha dorsal do país, Coimbra tem uma localização estratégica com ligação rodoviária à autoestrada A₁ que a liga ao norte e ao sul do país e também à A₁₄ que a liga à vizinha cidade de Figueira da Foz. A cidade também é servida pelo IP₃ e pelo IC₂ e, futuramente pelo IC₃. Existe também uma circular interna e uma circular externa que envolvem a cidade.

Quadro 3: Caracterização das freguesias do Concelho de Coimbra

Nome da Freguesia (31)	Tipologia	População (hab.) (INE, 2012)	Área (Km ²)
Almalaguês	AMU	3.120	23,2
Ameal	AMU	1.686	11,3
Antanhol	AMU	2.549	9,8
Antuzede	AMU	2.291	8,1
Arzila	AMU	654	3,4
Assafarge	AMU	2.722	9,7
Botão	APR	1.588	17,3
Brasfemes	AMU	1.974	9,2
Castelo Viegas	APU	1.707	7,5
Ceira	APU	3.728	12,4
Cernache	AMU	3.929	19,2
Coimbra (Almedina)	APU	927	1,0
Coimbra (Santa Cruz)	APU	5.678	5,6
Coimbra (São Bartolomeu)	APU	631	0,2
Coimbra (Sé Nova)	APU	6.722	1,6
Eiras	APU	12.075	9,8
Lamarosa	AMU	2.072	16,3
Ribeira de Frades	APU	1.927	5,9
Santa Clara	APU	9.908	10,2
Santo António dos Olivais	APU	38.850	19,3
São João do Campo	AMU	2.073	7,9
São Martinho da Árvore	AMU	1.012	4,6
São Martinho do Bispo	APU	13.999	18,7
São Paulo de Frades	APU	5.801	15,0
São Silvestre	AMU	3.133	10,3
Souselas	AMU	3.102	15,7
Taveiro	APU	1.961	9,6
Torre de Vilela	APU	1.243	3,3
Torres do Mondego	AMU	2.401	16,7
Trouxemil	APU	2.719	7,2
Vil de Matos	APR	870	9,6

Legenda: APU – Freguesia Predominantemente Urbana; AMU – Freguesia Mediamente Urbana; APR – Freguesia Predominantemente Rural
(Fonte: <http://www.censos.ine.pt>)

No interior da cidade existe uma grande rede de transportes públicos coletivos, os Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra (SMTUC), que já completaram 100 anos de existência, operando autocarros, tróleys, e (até 1980) elétricos. O Elevador do Mercado é também um equipamento de transporte público. Atualmente, as zonas industriais da cidade são o Parque Industrial de Taveiro, Parque Industrial de Eiras, o Pólo da Pedrulha e Eiras e, brevemente, O Iparque. Em Coimbra existem centros comerciais de grande dimensões, de que são exemplo o Coimbrashopping, o Dolce Vita Coimbra, o Fórum Coimbra e o Atrium Solum.

Coimbra foi selecionada no âmbito do estudo por ser considerada a maior cidade da região centro, uma das mais importantes cidades portuguesas, devido a infraestruturas, organizações e empresas, pela sua importância histórica e privilegiada posição geográfica no centro do país, e porque tanto quanto sabemos,

este é o primeiro estudo de avaliação da QAI nas escolas de Coimbra. Foram avaliadas escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico, integradas nas 31 freguesias do Concelho de Coimbra.

A metodologia aplicada no desenvolvimento deste trabalho resulta da conjugação de três técnicas distintas: a medição da QAI e qualidade do ar ambiente (QAA), a aplicação de questionários aos pais/encarregados de educação e avaliação da função respiratória através da realização de espirometrias aos estudantes.

5.1. Objetivos da investigação

Porque é antecipadamente conhecida a considerável percentagem de tempo que as crianças passam em ambientes interiores, como a escola, e ainda, que é esperado que as condições existentes nos edifícios que estas frequentam condicionem a sua saúde, nomeadamente com a incidência de sinais, sintomas e patologias respiratórias, formulámos a seguinte questão de partida: qual a relação da qualidade do ar interior em escolas e exposição humana a poluentes atmosféricos?

5.1.1. Objetivo geral

O objetivo deste estudo consistiu em contribuir para a compreensão da qualidade do ar interior em escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico no Concelho de Coimbra e a saúde das crianças.

5.1.2. Objetivos específicos

- Avaliar a T° , Hr, velocidade do ar, concentração de CO_2 , CO, COVs, CH_2O , $PM_{2,5}$, PM_{10} , O_3 , SO_2 e NO_2 , em 51 escolas públicas e privadas do Concelho de Coimbra;
- Avaliar a T° , Hr, velocidade do ar, concentração de CO_2 , CO, COVs, CH_2O , $PM_{2,5}$, PM_{10} , O_3 , SO_2 e NO_2 , na zona envolvente (ar ambiente), das escolas públicas e privadas do Concelho de Coimbra;
- Verificar se os limites quantitativos impostos legalmente para a qualidade do ar interior estavam a ser cumpridos;
- Determinar a exposição dos estudantes a poluentes atmosféricos nas salas de aula;
- Analisar a relação entre interior e exterior das concentrações atmosféricas dos vários parâmetros físicos e químicos avaliados;
- Avaliar a prevalência de sinais, sintomas e patologias respiratórias e outras, nos estudantes;
- Verificar a associação entre os poluentes avaliados na sala de aula, com os parâmetros espirométricos (CVF, VEMS, CVF/VEMS, DEMA, DEM_{25} , DEM_{50} , DEM_{75} e $DEMM_{25-75}$), dos estudantes;
- Verificar a associação entre os poluentes avaliados na sala de aula, com os padrões espirométricos (normal, distúrbio ventilatório restritivo; distúrbio ventilatório obstrutivo e distúrbio ventilatório misto), dos estudantes;

- Determinar se existiam diferenças nos vários parâmetros avaliados de acordo com a localização da escola [freguesia predominantemente rural (APR), freguesia mediantemente urbana (AMU) ou freguesia predominantemente urbana (APU)] ;
- Determinar se existiam diferenças nos vários parâmetros avaliados de acordo com a estação do ano avaliada (outono/inverno e primavera/verão);
- Propor medidas mitigadoras no sentido de reduzir a exposição a compostos, melhorar o rendimento e aumentar o bem estar dos estudantes e professores em sala de aula.

5.2. Tipo de estudo

O estudo delineado classificou-se quanto ao tipo “observacional” de natureza exploratória-descritiva, na medida em que visou descrever e contextualizar uma determinada situação (Fortin, 2003).

Quanto ao momento temporal de avaliação este foi transversal, dado que pretendeu descrever a concentração de poluentes atmosféricos e a saúde de crianças em ambiente escolar e explorar eventuais associações entre variáveis (Beaglehole, Bonita e Kjellstrom, 2003).

Numa segunda fase, este estudo assumiu uma componente prospetiva, com o objetivo de avaliar as diferenças sazonais dos vários poluentes ambientais.

5.3. Descrição dos instrumentos de recolhas de dados

A aquisição dos dados, decorreu de uma série de ações realizadas no sentido de se obterem os mais relevantes para o estudo. Em termos cronológicos, podemos esquematizar a metodologia de estudo da seguinte forma:

- Levantamento de dados sobre as instituições escolares potencialmente participantes no estudo;
- Realização de grelha de observação e registo, para caracterização das instituições escolares;
- Realização de questionário, para aplicar aos pais/encarregados de educação;
- Medição das concentrações dos parâmetros ambientais de qualidade do ar interior e ambiente;
- Realização de espirometrias a cada estudante colaborador.

5.3.1. Levantamento de dados sobre as instituições escolares potencialmente participantes no estudo

Este ponto da metodologia caracterizou-se, essencialmente, pelo desenvolvimento de contactos institucionais com a Direção Regional de Educação do Centro (DREC), os Agrupamentos de Escolas e os Diretores das

potenciais escolas do 1º ciclo do ensino básico. As escolas foram selecionadas a partir da análise comparativa entre o universo das 81 escolas e das 230 salas de aula (rede de 1º ciclo de ensino básico público e privado) do Concelho de Coimbra, tendo em consideração a Carta Educativa do Município de Coimbra 2008/2015 (Câmara Municipal de Coimbra & Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2008). Utilizaram-se na comparação diversos indicadores genéricos, demográficos e sociais, nomeadamente aquando da existência de apenas uma escola do tipo EB1 numa freguesia, essa escola era escolhida obrigatoriamente, no sentido de ter uma representatividade das freguesias do concelho de Coimbra. Para além desta questão foi tido em consideração também aspetos como: escolas de maior dimensão, a envolvente, a atividade humana, o tráfego automóvel e a atividade industrial desenvolvida nas respetivas zonas.

A fim de melhor compreender os efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde respiratória das crianças, em ambiente escolar, optou-se por estudar as crianças do 1º e do 4º ano, dado na sua maioria, estas estudarem durante os quatro anos do ensino básico na mesma escola, podendo desta forma fazer uma eventual comparação evolutiva.

5.3.2. Grelha de observação e registo – caracterização das instituições escolares

O ponto 2 da metodologia consistiu na elaboração de uma grelha de caracterização das instituições escolares. O seu preenchimento foi realizado no decorrer das visitas às escolas, antes das avaliações ambientais, com a finalidade de avaliar as condições gerais de instalação, tipo de atividades desenvolvidas, tipo de sistema de ventilação, número de ocupantes e identificação de potenciais fontes de poluição interior e exterior.

A grelha de observação e registo apresentava três partes distintas (Anexo 1). A primeira parte destinada à identificação sumária dos locais onde se processariam as avaliações ambientais. Na segunda parte foram inscritos elementos relacionados com as condições existentes nos locais onde se realizaram as medições, por forma a posteriormente caracterizá-los. A terceira e última parte estava destinada a eventuais observações.

5.3.3. Questionário de aplicação aos pais/encarregados de educação

Na metodologia usada no desenvolvimento da avaliação da perceção dos pais/encarregados de educação focou-se na distribuição de um questionário estruturado (Anexo 2), previamente autorizado pela Comissão Nacional de Proteção de Dados (CNPD).

Os questionários são um instrumento de investigação constituído por um conjunto de perguntas apresentadas por escrito, que tem por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, interesses e situações experienciadas.

A fase anterior foi concretizada concomitantemente com a entrega dos questionários e dos pedidos de autorização aos pais/encarregados de educação. Os questionários foram entregues a todos os educandos

pertencentes às escolas em estudo, sendo posteriormente recolhidos em simultâneo com as autorizações dos pais/encarregados de educação das crianças.

Os questionários foram acompanhados de um esclarecimento aos pais/encarregados de educação, relativo ao objetivo do trabalho de investigação, e foram ainda informados que as respostas aos questionários seriam tratadas com total confidencialidade, sendo unicamente apresentados resultados totais do estudo, sem qualquer indicação que pudesse levar à identificação específica quer dos educandos quer dos próprios pais/encarregados de educação. A forma como os estudantes e pais/encarregados de educação, percebem o risco a que estão expostos durante as aulas poderá contribuir para uma melhor compreensão da sua gestão e, deste modo, para a melhoria das condições nas salas de aula.

O questionário foi construído, com recurso a uma revisão bibliográfica sobre o tema. Foi estruturado e elaborado com o objetivo de facilitar a interpretação das questões apresentadas, tendo sido sujeito a um pré-teste. O questionário inicial sofreu algumas alterações essenciais para avaliação da perceção. Foi desenvolvido no primeiro trimestre de 2010 e encontra-se dividido em cinco partes fundamentais: inclui diversas questões, que permitem recolher informação pessoal sobre o agregado familiar das crianças que constituem a amostra, informação sobre a condição de saúde das crianças e do restante agregado familiar, questões relativas às condições habitacionais, hábitos e estilos de vida. A recolha de informação decorreu entre os meses de setembro e novembro de 2010.

5.3.4. Medição das concentrações dos parâmetros ambientais de qualidade do ar

De seguida, e após receção dos questionários e autorizações, determinaram-se os pontos de amostragem nas salas de aula, tendo em consideração o layout das salas, a localização de portas e janelas e a existência de fontes de contaminação interior e exterior. A quantificação dos parâmetros ambientais teve por base as recomendações descritas na Norma Portuguesa NT-SCE-02 (Sistema Nacional de Certificação, 2009) e no “Guia Técnico de Qualidade do ar em espaços interiores” da Agência Portuguesa do Ambiente. Na análise e interpretação dos resultados foi utilizado a Concentração Máxima de Referência (CMR) estabelecida no anexo VII do Decreto-Lei nº. 79/2006, de 4 de abril, o estabelecido no Decreto Lei nº. 80/2006, de 4 de abril e também recomendações internacionais da *Indoor Air Quality Association* (IAQA) e ANSI/ASHRAE Standard 62.1.

Esta legislação não estabelece um valor limite para as $PM_{2,5}$, SO_2 e NO_2 dentro dos edifícios. Há, no entanto, padrões que definem para o NO_2 os limiares máximos de exposição aplicáveis em contexto laboral. Neste estudo, para estes três poluentes avaliados tomou-se como ponto de referência os valores médios analíticos registados nas medições do ar exterior. A NT-SCE-02, refere que as medições dos poluentes devem ser realizadas no período representativo de ocupação, decorridas duas a três horas após o início do funcionamento dos espaços, ou quando tenham sido atingidas as condições de equilíbrio. O número de pontos de amostragem foi definido em função das áreas das salas de aula. As medições da QAI, decorreram no período normal de funcionamento das aulas, sensivelmente duas horas após o início das aulas (da manhã

e da tarde), colocando-se o equipamento na posição mais central possível de cada sala, quando apenas era feita uma medição de cada parâmetro e, aproximadamente, à altura das vias respiratórias dos estudantes, na posição de sentados. Tendo como referência a Nota Técnica, a recolha das amostras foi realizada a uma altura de 1m do solo e a, pelo menos, 3m das paredes, em áreas representativas para medição, e por forma a garantir uma distância apropriada em relação aos próprios estudantes para que não houvesse interferência nas leituras dos aparelhos. As medições foram efetuadas num período de 30 minutos (entre as 10:30h e as 17:30h), com amostragens de minuto a minuto, durante uma semana (Carvalho *et al.*, 2009).

As medições de qualidade do ar ambiente decorreram no espaço de recreio, à mesma altura a que foram realizadas as medições da QAI, mas afastada pelo menos 1m das paredes exteriores das escolas em estudo (Carvalho *et al.*, 2009).

Neste estudo caracterizado por uma forte componente de trabalho de campo foram efetuadas avaliações das concentrações de vários parâmetros ambientais químicos e físicos no interior das 51 escolas do 1º ciclo do ensino básico público e privado, pertencentes às freguesias do Concelho de Coimbra e no seu exterior. Em cada uma das escolas, e sempre que existisse, foi avaliada uma sala do 1º ano e uma sala do 4º ano. Em certas escolas apenas existia em funcionamento, um destes anos, noutras estavam na mesma sala vários anos em simultâneo. Verificou-se ainda a existência de estudantes que estavam a ter aulas numa escola próxima (EB2,3) dado as pequenas dimensões da EB1 local.

A avaliação da concentração dos vários poluentes atmosféricos no ar ambiente e interior, foram realizadas em dois momentos distintos, por forma a obter uma caracterização das diferentes estações do ano:

- outono/inverno: de novembro de 2010 a fevereiro de 2011;
- primavera/verão: de março de 2011 a junho de 2011.

Para avaliar a associação entre os parâmetros ambientais e a saúde das crianças procedeu-se, numa primeira fase, à análise mais pormenorizada dos parâmetros no interior das salas de aula que se encontravam acima da CMR relacionando-os com a saúde dos alunos e numa 2ª fase, para uma melhor compreensão do binómio saúde-ambiente, classificámos os estudantes em presença de risco ou ausência de risco sempre que estes se encontravam expostos a valores acima da CMR ou abaixo, respetivamente.

Tendo em consideração que imediatamente antes da entrega deste trabalho (dezembro de 2013) entrou em vigor uma nova legislação, a Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro e que veio revogar o DL 79/2006, de 4 de abril, e 80/2006, decidimos, para os parâmetros mais preocupantes, fazer novas análises estatísticas e comparações de acordo com os valores de limiar de proteção.

5.3.4.1. Equipamento usado na medição dos parâmetros ambientais

Para proceder à recolha analítica dos parâmetros químicos e físicos, utilizaram-se os equipamentos portáteis específicos de leitura em tempo real, calibrados antes de qualquer período de amostragem recorrendo-se sempre que necessário ao “branco” ou padrão-zero, com base comparativa dos resultados encontrados nos

casos de medidas com troca de sensores.

Utilizou-se o medidor *TSI 9555-P, TSI INCORPORATED, Shoreview, MN, U.S.A.*, para a avaliação da concentração de CO, CO₂ e das variáveis de conforto térmico T° e Hr, o medidor *DELTA OHM HD32.1, Caselle di Selvazzano (PD), Itália*, para avaliação da velocidade do ar, o medidor *AEROQUAL série 500, Auckland, Nova Zelândia*, para avaliação da concentração de O₃, o medidor *QRAE Plus PGM 2000/2020, RAE, San Jose, CA, U.S.A.*, para avaliação da concentração do NO₂ e SO₂ e o medidor *TSI DUSTTRACK, Shoreview, MN, U.S.A.*, para avaliação da concentração das partículas em suspensão no ar.

Foi utilizado, ainda o medidor *PHOTOVAC, Waltham, MA, U.S.A.*, para avaliação da concentração dos COVs. Este equipamento foi calibrado com um gás de referência, o isobutileno, desta forma os resultados obtidos vêm expressos em ppb equivalente de isobutileno.

Para medir a concentração de CH₂O foi usado o equipamento *PPM formaldimeter, Wales, UK*.

Para a transferência de dados entre os aparelhos de medição e o computador usou-se o *software* específico de cada um dos equipamentos utilizados. Foi tido em consideração a conversão das leituras considerando-se as variações de temperatura/pressão.

Todos os equipamentos possuíam certificado de calibração.

De forma resumida, apresentam-se no quadro 4 os parâmetros avaliados, tipo de equipamentos e a metodologia de monitorização.

Quadro 4: Parâmetros avaliados, equipamentos e métodos de monitorização (Anexo III – NT-SCE-02)

Designação	Equipamento	Marca	Local	País	Gama de Medição	Métodos de Monitorização M.I. ⁽¹⁾	Método/Princípio de Referência ⁽²⁾	Métodos/Princípios Equivalentes ⁽³⁾
Avaliação da velocidade do ar	DELTA OHM HD32.1	DELTA OHM	Caselle di Selvazzano (PD)	Itália	Sensor da Velocidade do Ar AP3203: de 0,05 a 5m/s			
Avaliação da humidade relativa	TSI 9555-P	TSI INCORPORATED	Shoreview, MN	U.S.A.	Hr: 0 a 95%	Sensor Electroquímico		
Avaliação da temperatura	TSI 9555-P	TSI INCORPORATED	Shoreview, MN	U.S.A.	T ^o : -10 ^o a 60 ^o C	Sensor electroquímico		
Avaliação da concentração de CO ₂	TSI 9555-P	TSI INCORPORATED	Shoreview, MN	U.S.A.	CO ₂ : 0 a 5000ppm	Sensor NDIR ⁽⁴⁾	Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR)	Método electroquímico; Infra Vermelho
Avaliação da concentração de CO	TSI 9555-P	TSI INCORPORATED	Shoreview, MN	U.S.A.	CO: 0 a 500ppm	Sensor NDIR ⁽⁴⁾	Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR)	Método electroquímico; Infra Vermelho
Avaliação da concentração de O ₃	AEROQUAL séries 500	AEROQUAL	Auckland	Nova Zelândia	Ozono: 0-0,5ppm	Sensor electroquímico	Absorção Ultra Violeta (UV)	Método electroquímico
Avaliação da concentração de COVs	PHOTOVAC 220ppb Pro	PHOTOVAC	Waltham, MA	U.S.A.	De 10ppb a 40ppm, equivalentes de isobutileno	Detetor de fotoionização	Recolha e análise por cromatografia ISO 16000 - 2007	PID-Detetor de Foto Ionização; PAS-Sensor Foto Acústico
Avaliação de NO ₂ e SO ₂	QRAE Plus PGM 2000/2020	RAE	San Jose, CA	U.S.A.	NO ₂ : 0-20,0ppm SO ₂ : 0-20,0ppm			
Avaliação da concentração de partículas em suspensão no ar	TSI DUSTTRACK	TSI	Shoreview, MN	U.S.A.	Não Aplicável	Quantificador a laser de partículas	Método gravimétrico com cabeça de amostragem seletiva PM ₁₀	Dispersão ótica (UV; Laser); Absorção por Radiação Beta
Avaliação de CH ₂ O	PPM formaldmeter	PPM	Wales	UK	0-10ppm	Sensor electroquímico	Recolha e análise por cromatografia ISO 16000-2:2006	Método electroquímico; Método de fotometria

(1) M.I. - Método Interno de acordo com a NT-SCE-02 (Princípio de Referência ou Princípio Equivalente); (2) Método/Princípio de Referência O método de referência é um método estabelecido por legislação nacional, comunitária, ou internacional (ex, ISO) para a medição de um poluente específico do ar ambiente. Os métodos CEN (EN-ISO), são considerados métodos de referência; (3) Métodos/Princípios Equivalentes. O método equivalente é um método de medição que estabelece uma resposta adequada para os fins em vista em relação ao método de referência; no método equivalente, os resultados não diferem do método de referência dentro de um determinado intervalo de incerteza estatística; (4) NDIR - nondispersive infrared sensor (Infra Vermelho Não Dispersivo)

5.3.5. Realização de espirometrias a cada estudante colaborador

No último momento do estudo, realizaram-se espirometrias. De acordo com Gouveia e Fletcher (2000), a medição de poluentes e a verificação da função respiratória, podem determinar um vínculo com a qualidade do ar e definir as condições de vida de uma determinada população relativamente às doenças respiratórias. Vários estudos, alguns portugueses, sobre qualidade do ar e saúde têm sido realizados recorrendo à realização de espirometrias (Guanabara, 2011; Borrego *et al.*, 2008; Martins *et al.*, 2012).

As avaliações ocorreram duas vezes no ano letivo de 2010/2011: uma na estação de outono/inverno e outra na estação de primavera/verão. Estas, foram realizadas por técnicos de Cardiopneumologia, especializados e com experiência na área.

Foram registados, numa grelha de registo (Anexo 3), os dados relativos à identificação do estudante, nomeadamente, a idade, altura, peso, sexo e raça para posterior utilização no cálculo dos valores previstos, bem como os dados relativos aos parâmetros espirométricos. O equipamento foi calibrado manualmente através de um único volume de ar (3L) a taxas diferentes de débito. A colheita dos dados antropométricos, peso e altura, foi realizada utilizando uma balança de marca Tefal Visis e uma fita métrica inextensível. As

provas respiratórias foram realizadas com recurso ao equipamento Jaeger e software para Espirometria PFT – IOS versão 4.24.

Os exames foram realizados no interior das escolas, num espaço que simulava o Laboratório de Fisiopatologia Respiratória. As crianças eram chamadas de forma individual, para melhor integração no espaço. Durante a realização da espirometria, as crianças estavam sentadas com as costas direitas e encostadas à cadeira (sem rodas), com o pescoço em ligeira extensão. As crianças usaram pinças para oclusão da respiração nasal. O bocal foi colocado entre os lábios, de forma a evitar fugas de ar pelos cantos da boca, e com atenção para que a língua não tapasse a entrada do bocal. Miller (2005), citado por Borrego *et al.* (2008), refere que a espirometria consiste num exame que mede os débitos (volume de ar por unidade de tempo) criados por um indivíduo quando realiza uma expiração forçada, e que se encontram diminuídos em patologias obstrutivas pulmonares, como no caso da asma. Apesar disso, muitos asmáticos não apresentam qualquer alteração neste exame. O resultado duma espirometria é dependente e varia bastante com a colaboração na execução, equipamento utilizado e com a participação e entendimento das instruções por parte dos indivíduos. A *American Thoracic Society* e a *European Respiratory Society* têm fixados os critérios de validação e aceitação do exame, bem como o equipamento utilizado.

O teste era efetuado e terminava após o cumprimento das diretrizes protocoladas pela *American Thoracic Society*. Para a classificação dos parâmetros espirométricos foram utilizadas as equações de valor previsto e limites inferiores percentuais de normalidade de Polgar (modificado, 1971) e Knudson (1983). De acordo com esta classificação, cada exame foi relatado tendo em conta as possíveis avaliações por espirometria: padrão normal, padrão obstrutivo, padrão restritivo e padrão misto. O exame de espirometria é expresso de forma gráfica e numérica, e, possibilita o registo de vários volumes e débitos, designadamente:

- CVF: o seu resultado é expresso em valores absolutos e em percentagem do previsto. Quando é inferior a 80% do previsto, na presença de VEMS/CVF normal, sugere distúrbio restritivo;
- VEMS: avalia os distúrbios obstrutivos. Um valor inferior a 80% do previsto significa existência de obstrução brônquica;
- relação VEMS/CVF: a razão entre estas duas medidas é a que melhor avalia a presença de distúrbios obstrutivos, encontrando-se dependente da idade. Para uma criança é expectável que esta relação seja superior a 0,8 (80%). Abaixo deste valor o diagnóstico de obstrução é sugestivo.

5.4. Processamento e análise de dados

Foi constituída uma base de dados com a informação resultante da aplicação dos instrumentos de recolha de dados, a qual foi tratada através do programa IBM SPSS Statistics, versão 19.0.

Os dados foram sujeitos numa primeira fase a análise descritiva e posteriormente a uma análise inferencial. Para o conhecimento das variáveis quantitativas foram aplicadas medidas de tendência central e dispersão da distribuição de frequências, designadamente a média, o desvio-padrão e a amplitude de variação com a

indicação dos valores máximos e mínimos. Para a aplicação da Estatística Inferencial realizou-se uma análise das variáveis quanto à sua Simetria, Achamento (Medidas de forma) e de Aderência à Normal para a melhor decisão, de aplicação de testes de hipóteses paramétricas ou não paramétricas.

Os testes estatísticos aplicados foram: t-Student para amostras independentes; teste Wilcoxon-Mann-Whitney; t-Student para amostras emparelhadas; T de Wilcoxon; teste Quiquadrado da Independência; teste t-student para uma amostra; teste Exato de Fisher; Teste McNemar-Bower; Odds ratio; ANOVA a 1 fator; teste Kruskal Wallis; teste de correlação linear de Pearson e de correlação ordinal de Spearman. As estimativas obtidas com base nos testes estatísticos tiveram um nível de confiança de 95% para um erro aleatório $\leq 5\%$.

5.5. Aspectos éticos

Durante a elaboração de um estudo de investigação, os interesses individuais dos sujeitos que são objeto de investigação devem, em todas as fases, ser colocados acima do interesse do investigador, da ciência e da sociedade. Deverá também ser assegurado o direito à confidencialidade, bem como a preservação de qualquer tipo de eventual consequência de caráter jurídico ou financeiro (Serrano, 1996).

Previamente ao início das atividades de campo foi solicitada autorização formal à DREC, CNPD, diretores dos agrupamentos de escolas e professores, para recolha dos dados necessários à elaboração do estudo. Após estas autorizações, foi realizado um esclarecimento dirigido às associações de pais e encarregados de educação, destinadas a informar quais os objetivos do estudo e também de forma a obter a adesão e participação das crianças.

Os resultados obtidos neste trabalho de investigação serão apresentados a todas as instituições e aos seus responsáveis, bem como informação alusiva a medidas de natureza corretiva compreendidas como pertinentes.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1. Caraterização da amostra

De acordo com os dados fornecidos pela DREC e pelas Direções das escolas privadas, no ano de 2010/2011, o universo de estudantes era de 4319, dos quais 1191 pertenciam ao 1º ano e 3128 pertenciam ao 4º ano. Foram entregues 1431 questionários. A taxa global de resposta foi de 71,2%, resultando desta forma numa amostra de 1019 estudantes (505 do 1º ano e 514 do 4º ano). Como critério de inclusão na amostra a investigar foi tido em consideração não só a autorização para colaborar na investigação, mas também a entrega dos questionários relativos a informação pertinente para o estudo, por parte dos pais/encarregados de educação.

Assim, para a vertente transversal, consideraram-se duas populações, designadamente a população dos estudantes e a população de instituições de 1º ciclo de ensino básico, público ou privado pertencentes a todas as freguesias do Concelho de Coimbra (Quadro 5).

Quadro 5: Distribuição dos estudantes por Agrupamento, Estabelecimento Escolar e Freguesia

Agrupamento Escolar	Estabelecimento Escolar	Freguesia	Questionários distribuídos	Estudantes participantes			Média de estudantes presentes na sala no momento das avaliações		
				1º ano	4º ano	Total	1º ano	juntos	4º ano
Inês de Castro	EB1 dos Casais	São Martinho do Bispo	22	6	11	17	9		13
	EB1 da Póvoa	São Martinho do Bispo	32	7	13	20	10		22
	EB1 de S. Martinho do Bispo	São Martinho do Bispo	46	15	23	38	22		24
São Silvestre	EB1 de S. João do Campo	São João do Campo	39	15	10	25	18		21
	EB1 de Antuzede	Antuzede	18	2	6	8	8		10
	EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	São Silvestre	18	15		33	18		
	EB2.3 São Silvestre	São Silvestre	17		18				17
	EB1 de S. Martinho da Árvore	São Martinho da Árvore	28	7	4	11	11		17
	EB1 de Vera Cruz	Lamarosa	12	2	2	4		12	
	FR1 de Vila Verde	Lamarosa	15	5	5	10		15	
Alice Gouveia	FR1 de Norton de Matos	Santo António dos Olivais	27	9	13	22	14		13
	EB1 da Quinta das Flores	Santo António dos Olivais	48	16	25	41	10		16
Ceira	EB1 de Vendas de Ceira	Ceira	40	12	8	20	19		21
	EB1 de Torres do Mondego	Torres do Mondego	19	10	5	15		19	
	EB1 de Almalaguês	Almalaguês	37	12	19	31	16		21
	FR1 de Castelo Viegas	Castelo Viegas	23	4	6	10	12		11
Taveiro	FR1 de Ribeira de Frades	Ribeira de Frades	43	13	15	28	22		21
	FR1 do Ameal	Ameal	10	3	5	8		10	
	EB1 de Taveiro	Taveiro	13	4	5	9		13	
	EB1 de Arzila	Arzila	16	3	4	7		16	
Silva Gaio	EB1 de Almas de Freire	Santa Clara	39	22	16	38	18		17
	EB1 da Palheira	Assafarge	15	6	3	9		15	
	EB1 de Casconha	Cernache	20	11	16	27		20	
	EB1 de Almedina	Almedina	23	8	11	19	12		11
	EB1 de S. Bartolomeu	São Bartolomeu	21	8	6	14	15		6
Colégios Privados	EB1 de Antanhol	Antanhol	8	4		4	8		
	Colégio Rainha Santa	Santo A. dos Olivais	44	24	10	34	18		26
	Colégio Bom Jesus	Cernache	48	21	15	36	26		22
	Colégio S. José	Santo A. dos Olivais	45	5	11	16	21		24
	Colégio Bissava Barreto	São Martinho do Bispo	47	25	16	41	24		23
	João Deus I	Sé Nova	51	19	16	35	29		22
	João Deus II	Santo A. dos Olivais	78	33	40	73	24		26
Eugénio de Castro	EB1 da Solum	Santo A. dos Olivais	60	55		89	25		
	C+S Eugénio de Castro	Santo A. dos Olivais	40		34				21
Pedrulha	FR1 do Dianteiro	São Paulo de Frades	35	7	7	14	15		20
	EB 1 de Brasfemes	Brasfemes	20	8	10	18		20	
	FR1 da Pedrulha	Santa Cruz	27	3	4	7	14		13
	FR1 de Firas	Firas	27	6	5	11	10		17
	FR1 da Adémia	Firas	42	8	4	12	20		22
	FR1 de Lordemão	São Paulo de Frades	33	3	11	14	12		21
	FR1 de Trouxemil	Trouxemil	21	5	6	11		21	
	FR1 de Vil de Matos	Vil de Matos	19	2	2	4		19	
	FR1 de Vilela	Torre de Vilela	40	5	6	11	19		21
	FR1 de Souselas	Souselas	45	13	9	22	22		13
	FR1 do Botão	Botão	12	2	4	6		12	
	FR1 de Santa Anolónia	Firas	23	17		34	23		
	FR2.3 Rainha Santa Isabel	Firas	20		17				20
	Martim de Freitas	EB1 dos Olivais	Santo A. dos Olivais	17	14		31	17	
EB2.3 Martim de Freitas		Santo A. dos Olivais	20		17				20
FR1 da Conchada		Santo A. dos Olivais	36	2	10	12	16		20
EB1 de Santa Cruz		Santa Cruz	40	9	12	21	20		20
TOTAL			1431	505	514	1019			

A amostra estudada foi constituída por 1019 estudantes, distribuídos por 51 Escolas, 82 salas de aula (36 do 1º ano, 34 do 4º ano e 11 mistas), das quais, 45 pertenciam à rede pública e 6 pertenciam à rede privada. Encontravam-se distribuídas pelas 31 freguesias do Concelho de Coimbra, sendo que 32 escolas localizavam-se em freguesias de tipologia predominantemente urbana, 17 em freguesias de tipologia medianamente urbana e 2 em freguesias denominadas predominantemente rurais. Das 51 escolas, existia uma que apenas lecionava o 1º ano (EB1 de Antanho), e existiam 4 em que o 4º ano era lecionado na escola EB2,3 dessa zona, nomeadamente, EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)/EB2,3 de S. Silvestre; EB1 da Solum/EB2,3 Eugénio de Castro; EB1 de Santa Apolónia/EB2,3 Rainha Santa e EB1 dos Olivais/EB2,3 de Martim de Freitas.

Para uma melhor compreensão da distribuição geográfica dos diferentes pontos de amostragem das escolas deste estudo, apresentam-se as figuras seguintes (figura 4 a 9). Optou-se por fazer a seguinte divisão: pontos de colheita situados na margem direita e esquerda do rio Mondego, situados na região Oeste, Nordeste, Sul e Este do concelho de Coimbra. Nestas figuras encontram-se apresentadas as localizações dos 51 Estabelecimentos Escolares que constituem a amostra deste trabalho de investigação, designadamente:

- 32 escolas (57 salas de aula), encontram-se localizadas em freguesias de tipologia APU:

EB1 da Póvoa, EB1 de Almas de Freire, EB1 de São Martinho do Bispo, EB1 de Norton de Matos, EB1 da Quinta das Flores, EB1 de Vendas de Ceira, EB1 de Castelo Viegas, EB1 de Casais, EB1 de Ribeira de Frades, EB1 de Taveiro, EB1 de Almedina, EB1 de São Bartolomeu, EB1 do Dianteiro, EB1 da Solum, EB2,3 Eugénio de Castro, Colégio Rainha Santa, Colégio São José, Colégio Bissaya Barreto, Colégio João de Deus I e II, EB1 da Pedrulha, EB1 de Eiras, EB1 da Adémia, EB1 de Lordemão, EB1 de Trouxemil, EB1 de Vilela, EB1 de Santa Apolónia, EB2,3 Rainha Santa Isabel, EB1 dos Olivais, EB2,3 Martim de Freitas, EB1 da Conchada e EB1 de Santa Cruz;

- 17 escolas (23 salas de aula), em freguesias de tipologia AMU:

Colégio Bom Jesus, EB1 de São João do Campo, EB1 de Antuzede, EB1 S. Silvestre (Bairro Azul), EB2,3 S. Silvestre, EB1 de São Martinho da Árvore, EB1 de Vera Cruz, EB1 de Vila Verde, EB1 de Torres do Mondego, EB1 de Almalaguês, EB1 do Ameal, EB1 de Arzila, EB1 da Palheira, EB1 de Casconha, EB1 de Antanho, EB1 de Brasfemes e EB1 de Souselas;

- 2 escolas (2 salas de aula), em freguesias denominadas APR:

EB1 do Botão e EB1 de Vil de Matos.



Figura 4: Localização dos pontos de colheita dos Estabelecimentos Escolares do Concelho de Coimbra, situados na margem direita do rio Mondego
(Fonte: <http://www.google.com/earth>)



Figura 5: Localização dos pontos de colheita dos Estabelecimentos Escolares do Concelho de Coimbra, situados na margem esquerda do rio Mondego
(Fonte: <http://www.google.com/earth>)



Figura 6: Localização dos pontos de colheita dos Estabelecimentos Escolares, situados na região Oeste do Concelho de Coimbra

(Fonte: <http://www.google.com/earth>)

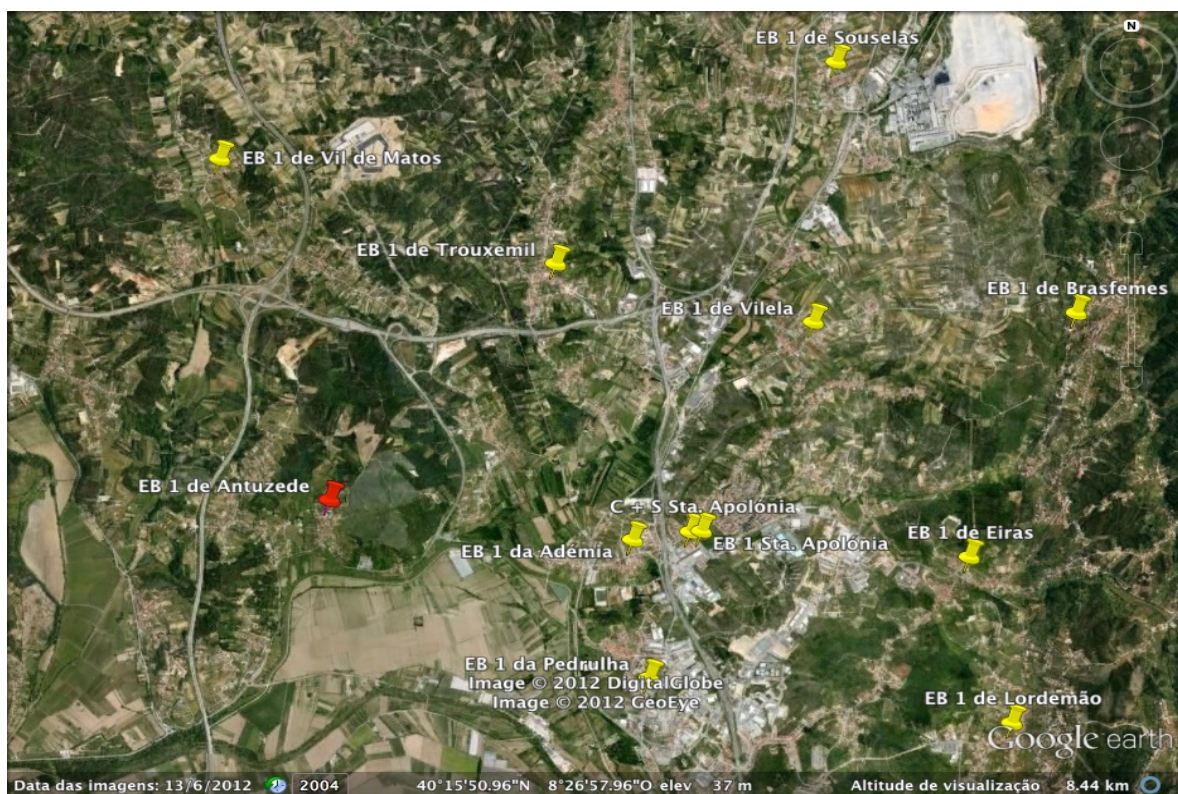


Figura 7: Localização dos pontos de colheita dos Estabelecimentos Escolares situados na região Nordeste do Concelho de Coimbra

(Fonte: <http://www.google.com/earth>)

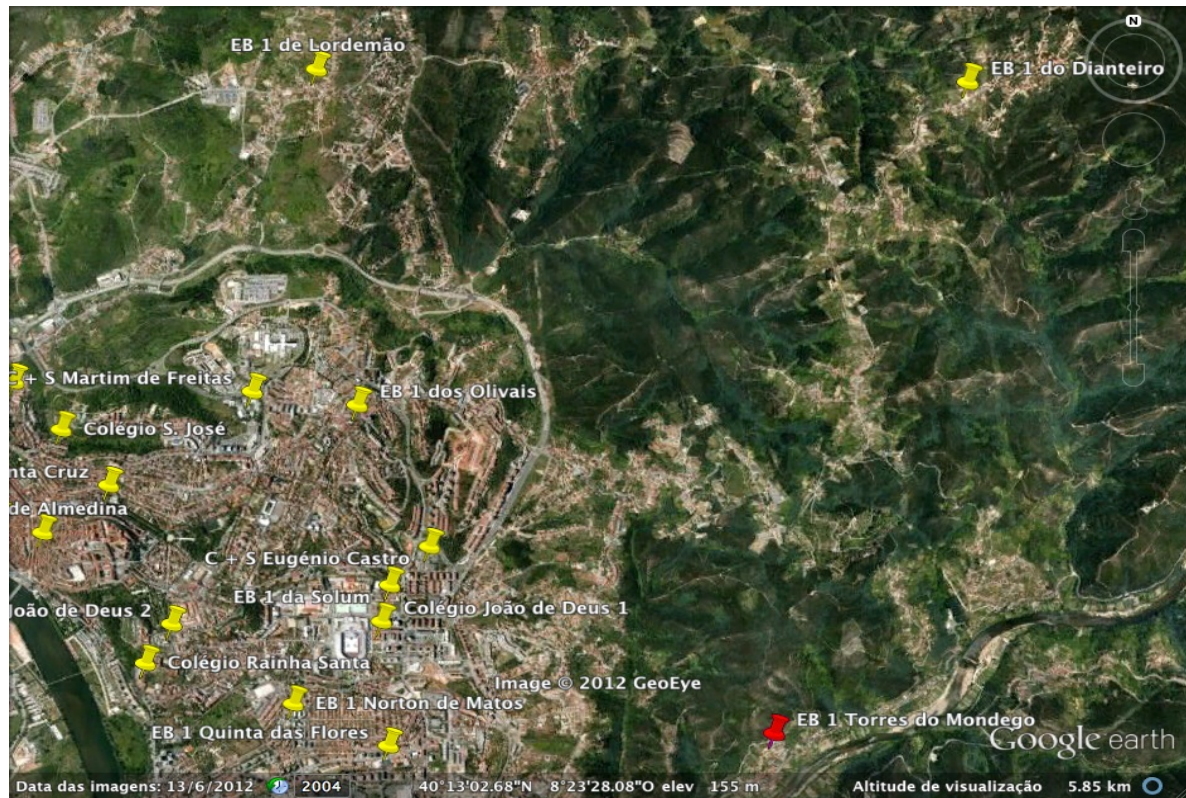


Figura 8: Localização dos pontos de colheita dos Estabelecimentos Escolares situados na região Este do Concelho de Coimbra

(Fonte: <http://www.google.com/earth>)



Figura 9: Localização dos pontos de colheita dos Estabelecimentos Escolares situados na região Sul do Concelho de Coimbra

(Fonte: <http://www.google.com/earth>)

No quadro do Anexo 4 (Caraterísticas demográficas, prática desportiva e IMC dos estudantes, por escola), podemos verificar, que a média de idades dos estudantes que frequentavam o 1º ano era de $6,20 \pm 0,42$ anos e a média de idades dos estudantes do 4º ano era de $9,25 \pm 0,48$ anos. Quanto à raça, 98,63% das crianças eram caucasianas. Das 12 crianças de raça negroide, 83,3% encontravam-se no 4º ano do 1º ciclo do ensino básico. No que diz respeito à distribuição dos estudantes por sexo, a maioria das crianças eram do sexo masculino (51,63%). Observou-se nas 493 crianças do sexo feminino, uma distribuição relativamente equilibrada a frequentar quer o 1º quer o 4º ano do ensino básico. Tendência semelhante foi observada nos estudantes do sexo masculino.

As crianças possuíam um peso médio de $30,52 \pm 8,38$ Kg e uma altura média de $135,42 \pm 11,01$ cm. Ao medirmos o peso e a altura, calculámos o índice de massa corporal (IMC) > percentil 95 para idade e sexo. Utilizámos o IMC dos gráficos de crescimento elaborados pelo *National Center for Health Statistics* e pelo *Center for Disease Control and Prevention* de 2000. Desta forma, verificámos que existia um padrão semelhante nas escolas, não havendo lugar a grandes disparidades. De referir, ainda, que cerca de 5% das crianças ($n=51$) tinham excesso de peso.

Verificou-se também, que cerca de 84,6% das crianças praticavam exercício físico. A maior proporção de estudantes que praticavam desporto (100%) frequentavam as escolas de Trouxemil, Arzila, Palheira, Antanhol, Antuzede, Botão e Vil de Matos.

Das 1019 crianças, 73% frequentavam escolas numa zona qualificada como predominantemente urbana, 26% frequentavam escolas numa zona classificada como mediamente urbana e 1% das crianças frequentavam escolas em zona denominada de predominantemente rural.

As caraterísticas da habitação onde as crianças residiam estão descritas no Anexo 5. Verificámos que 40,0% das habitações eram relativamente recentes, pois possuíam idade ≤ 10 anos, no entanto, cerca de 28,8% possuíam idade superior a 20 anos.

Constatámos ainda, que a maioria das habitações, segundo as informações autodeclaradas pelos pais/encarregados de educação, não possuíam bolores no seu interior (74,6%), porém, existiam 259 habitações que tinham bolores no seu interior. Verificámos também, que 471 habitações (46,2%) possuíam humidade no seu interior. As residências das crianças que frequentavam as escolas de Castelo Viegas (90%), Vila Verde (70%), Solum (69,1%), Botão e Brasfemes (66,7%), tendo em consideração a informação dos pais/encarregados de educação, eram as que apresentavam maiores sinais de humidade.

Quanto ao facto de terem aquecimento em casa, verificou-se que existiam cerca de 53,7% de crianças que ainda não tinha qualquer sistema de aquecimento.

No que diz respeito à formação (habilitações literárias) dos pais/encarregados de educação (Anexo 6), a maioria possuía licenciatura (32,4%), seguido do ensino secundário (24,9%). De referir que 18,5% dos pais não possuía o 9º ano. Cerca de 75% dos pais das crianças, da EB1 de Vera Cruz, e 66,7% dos pais das crianças da EB1 de Vil de Matos, possuía o ensino secundário.

Foi ainda possível verificar que as escolas onde a escolaridade dos pais é mais elevada (Colégio Rainha Santa, Colégio Bom Jesus, Colégio João de Deus II e Colégio São José), são também as que apresentavam uma maior proporção de estudantes com aquecimento nas suas habitações e estavam entre as que apresentavam uma menor proporção de estudantes a referir sinais de humidade em casa.

Fizeram parte da amostra todas as freguesias do Concelho de Coimbra, por forma a conseguirmos identificar quais as freguesias em que as escolas estavam inseridas, com melhor e pior qualidade do ar interior e exterior.

Existem freguesias de reduzidas dimensões, logo com menor oferta educativa e por consequência, menor número de estudantes e em sentido oposto existiam outras, como Santo António dos Olivais e São Martinho do Bispo, com maior número de estudantes. Das 31 freguesias em análise podemos constatar que o maior número de crianças a frequentar o ensino básico pertenciam às freguesias de Santo António dos Olivais com 318 crianças (31,2%) e São Martinho do Bispo, com 116 crianças (11,4%).

Relativamente à distribuição dos estudantes pelas diferentes freguesias onde se localizavam os estabelecimentos escolares, vejamos o quadro 6.

Quadro 6: Distribuição dos estudantes pelas diferentes freguesias onde se localizavam os Estabelecimentos Escolares

Freguesia do Concelho	Tipologia da Freguesia	1º Ano		4º Ano		Total	
		n	% linha	n	% linha	n	% coluna
1. Cernache	AMU	32	50,8	31	49,2	63	6,2
2. São Martinho do Bispo	APU	53	45,7	63	54,3	116	11,4
3. Santa Clara	APU	22	57,9	16	42,1	38	3,7
4. São João do Campo	AMU	15	60,0	10	40,0	25	2,5
5. Antuzede	AMU	2	25,0	6	75,0	8	,8
6. São Silvestre	AMU	15	45,5	18	54,5	33	3,2
7. São Martinho da Árvore	AMU	7	63,6	4	36,4	11	1,1
8. Lamarosa	AMU	7	50,0	7	50,0	14	1,4
9. Santo António dos Olivais	APU	158	49,7	160	50,3	318	31,2
10. Ceira	APU	12	60,0	8	40,0	20	2,0
11. Torres de Mondego	AMU	10	66,7	5	33,3	15	1,5
12. Almalaguês	AMU	12	38,7	19	61,3	31	3,0
13. Castelo Viegas	APU	4	40,0	6	60,0	10	1,0
14. São Paulo de Frades	APU	10	35,7	18	64,3	28	2,7
15. Ribeira de Frades	APU	13	46,4	15	53,6	28	2,7
16. Ameal	AMU	3	37,5	5	62,5	8	,8
17. Taveiro	APU	4	44,4	5	55,6	9	,9
18. Assafarge	AMU	6	66,7	3	33,3	9	,9
19. Antanhol	AMU	4	100,0	0	,0	4	,4
20. Almedina	APU	8	42,1	11	57,9	19	1,9
21. Sé Nova	APU	19	54,3	16	45,7	35	3,4
22. Brasfemes	AMU	8	44,4	10	55,6	18	1,8
23. Santa Cruz	APU	12	42,9	16	57,1	28	2,7
24. Eiras	APU	31	54,4	26	45,6	57	5,6
25. Trouxemil	APU	5	45,5	6	54,5	11	1,1
26. Vil de Matos	APR	2	66,7	1	33,3	3	,3
27. Torre de Vilela	APU	5	45,5	6	54,5	11	1,1
28. Souselas	AMU	13	59,1	9	40,9	22	2,2
29. Botão	APR	2	33,3	4	66,7	6	,6
30. Arzila	AMU	3	42,9	4	57,1	7	,7
31. São Bartolomeu	APU	8	57,1	6	42,9	14	1,4
Total		505	49,6	514	50,4	1019	100,0

Legenda: AMU - Freguesia Mediamente Urbana; APU - Freguesia Predominantemente Urbana; APR - Freguesia Predominantemente Rural

No quadro acima apresentado, podemos verificar, que as freguesias que revelaram ter menos de 10 estudantes a frequentar o 1º ciclo do ensino básico foram: Taveiro e Assafarge (n=9), Antuzede, Ameal e Ribeira de Frades (n=8), Arzila (n=7), Botão (n=6), Antanhol (n=4) e Vil de Matos (n=3).

Procurámos também fazer uma distribuição dos estudantes pelo local de residência e da diferente tipologia da freguesia a que pertence a sua escola, vejamos o quadro 7:

Quadro 7: Distribuição dos estudantes em função da residência e da tipologia da freguesia a que pertence a escola

Local de Residência	Tipo de Freguesia por localização da Escola							
	Freguesia APR		Freguesia APU		Freguesia AMU		Total	
	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% coluna
1. Almalaguês	0	,0	4	13,8	25	86,2	29	2,85
2. Ameal	0	,0	9	52,9	8	47,1	17	1,67
3. Antanhol	0	,0	1	14,3	6	85,7	7	0,69
4. Antuzede	0	,0	7	41,2	10	58,8	17	1,67
5. Arzila	0	,0	1	16,7	5	83,3	6	0,59
6. Assafarge	0	,0	4	33,3	8	66,7	12	1,18
7. Botão	5	71,4	1	14,3	1	14,3	7	0,68
8. Brasfemes	1	5,3	5	26,3	13	68,4	19	1,87
9. Castelo Viegas	0	,0	13	86,7	2	13,3	15	1,47
10. Ceira	0	,0	19	90,5	2	9,5	21	2,06
11. Cernache	0	,0	11	30,6	25	69,4	36	3,53
12. Almedina	0	,0	4	100,0	0	,0	4	0,40
13. Santa Cruz	0	,0	30	100,0	0	,0	30	2,95
14. São Bartolomeu	0	,0	1	100,0	0	,0	1	0,09
15. Sé nova	0	,0	15	100,0	0	,0	15	1,47
16. Eiras	0	,0	55	98,2	1	1,8	56	5,50
17. Lamarosa	0	,0	1	6,7	14	93,3	15	1,47
18. Ribeira de Frades	0	,0	16	100,0	0	,0	16	1,57
19. Santa Clara	0	,0	72	94,7	4	5,3	76	7,45
20. Santo António dos Olivais	1	,5	214	97,7	4	1,8	219	21,49
21. São João do Campo	0	,0	0	,0	23	100,0	23	2,26
22. São Martinho de Árvore	0	,0	2	14,3	12	85,7	14	1,37
23. São Paulo de Frades	0	,0	28	96,6	1	3,4	29	2,84
24. São Martinho do Bispo	0	,0	73	92,4	6	7,6	79	7,75
25. São Silvestre	0	,0	2	6,7	28	93,3	30	2,94
26. Souselas	0	,0	1	5,9	16	94,1	17	1,67
27. Taveiro	0	,0	21	95,5	1	4,5	22	2,16
28. Torre de Vilela	0	,0	13	100,0	0	,0	13	1,28
29. Torres do Mondego	0	,0	11	50,0	11	50,0	22	2,16
30. Trouxemil	0	,0	24	100,0	0	,0	24	2,36
31. Vil de Matos	2	33,3	4	66,7	0	,0	6	0,59
32. Freguesia fora de Coimbra	1	,8	79	64,8	42	34,4	122	11,97
Total	10	1,0	741	72,7	268	26,3	1019	100,0

Legenda: AMU - Freguesia Mediamente Urbana; APU - Freguesia Predominantemente Urbana; APR - Freguesia Predominantemente Rural

Verificámos que a maioria das crianças que residiam nas freguesias de Eiras (98,2%), Santo António dos Olivais (97,7%), São Paulo de Frades (96,6%), Taveiro (95,5%), Santa Clara (94,7%), São Martinho do Bispo (92,4%), Ceira (90,5%), Castelo Viegas (86,7%), Vil de Matos (66,7%) e Ameal (52,9%), estudava numa escola que se localizava numa freguesia predominantemente urbana. Relativamente às crianças que residiam nas freguesias de Almedina, Santa Cruz, São Bartolomeu, Sé Nova, Ribeira de Frades, Torre de Vilela, Trouxemil, a totalidade estudava também numa escola que se encontrava integrada numa freguesia predominantemente urbana. Quanto às crianças que residem fora do concelho de Coimbra (n= 122), a maioria estudava numa

escola que pertencia a uma freguesia APU. A maioria dos estudantes que residia na freguesia de Botão frequentava a escola da sua residência (APR).

No quadro seguinte encontram-se apresentadas as características das escolas.

Quadro 8: Características das escolas

Caraterísticas	Possuí		Não Possui	
	n	%	n	%
Aquecimento	51	100	0	0
Arrefecimento	0	0	51	100
Ventilação natural	51	100	0	0
Ventilação mecânica	0	0	51	100
Quadro de lousa e giz	45	88,3	6	11,7
Quadro com caneta	6	11,7	45	88,3
Piso de madeira	34	66,7	17	33,3
Piso de cerâmica	2	4	49	96
Piso de vinil	15	29,4	36	70,6
Plantas no interior	12	23,5	39	76,5

Constatámos que todas as escolas possuíam aquecimento, no entanto, nenhuma possuía arrefecimento. A totalidade das escolas não possui qualquer sistema de ventilação concebido para o efeito, sendo a ventilação assegurada por meios passivos através da abertura das janelas ou portas. A maioria das salas de aulas estava equipadas com quadro de lousa e giz (88,3%) e possuía piso de madeira (66,7%). As salas tinham em média, um volume de 150m³.

6.2. Monitorização da qualidade do ar

Nesta secção apresentam-se os dados de qualidade do ar medidos nas escolas e nas zonas envolventes exteriores. Os valores foram analisados de acordo com o DL 79/2006, de 4 de abril, e o DL 80/2006, de 4 de abril e a ISO 7730.

6.2.1. Concentração de poluentes nas salas de aula e no ar ambiente

Nos quadros e gráficos que a seguir se apresentam, os dados são apresentados por parâmetro ambiental, designadamente: PM₁₀, PM_{2,5}, CO, CO₂, COVs, CH₂O, O₃, NO₂ e SO₂, em função do local e da estação do ano analisada. Os valores apresentados nos quadros, referem-se ao valor de concentração média dos períodos de amostragem, bem como ao valor de concentração máxima. Nos gráficos encontram-se apresentados os

valores da concentração média e o respetivo valor de referência. Os valores de NO₂ e SO₂, não são apresentados graficamente dado não terem sido registados valores quantificáveis.

6.2.1.1. Concentração de PM₁₀

De acordo com o DL 79/2006, de 4 de abril, a CMR das PM₁₀ é de 0,15mg/m³. Os resultados abaixo apresentados, referem-se à concentração de PM₁₀ no interior das salas de aula e no ar ambiente (exterior). Podemos observar no quadro 9, a concentração média e a concentração máxima (ambas em mg/m³), registada em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano.

Quadro 9: Concentração média e máxima das PM₁₀ por estação do ano

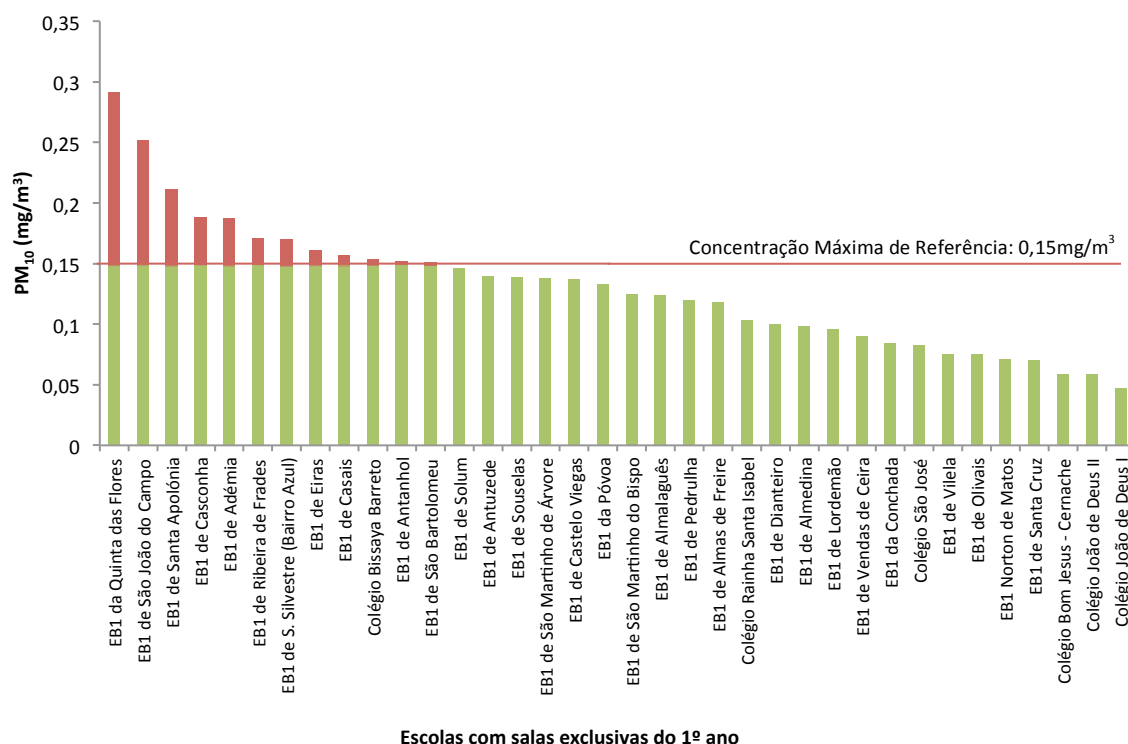
	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão	PM 10 (a) outono/inverno	PM 10 (b) primavera/verão
Colégio Bom Jesus - Cernache	,059	,075	,088	,103	,143	,082	,214	,101	.	.	.	.	,057	,094	,089	,131
EB1 da Póvoa	,133	,104	,190	,137	,173	,109	,290	,159	.	.	.	.	,124	,044	,197	,051
EB1 de Almas de Freire	,118	,107	,145	,127	,112	,108	,146	,137	.	.	.	.	,118	,104	,180	,152
EB1 de São Martinho do Bispo	,125	,092	,199	,150	,144	,059	,220	,077	.	.	.	.	,058	,044	,099	,072
EB1 de São João do Campo	,252	,090	,310	,134	,150	,093	,299	,144	.	.	.	.	,125	,476	,197	,900
EB1 de São Martinho de Árvore	,138	,085	,221	,120	,179	,089	,248	,132	.	.	.	.	,133	,096	,221	,151
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	,158	,102	,214	,123	,066	,066	,097	,089
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	,158	,075	,257	,092	,038	,057	,066	,076
EB1 de Antuzede	,140	,095	,200	,110	,161	,130	,220	,159	.	.	.	.	,110	,100	,196	,151
EB1 de S. Silvestre (Bairro Azul)	,170	,078	,240	,089	.	.	.	.	.	.	.	.	,181	,106	,236	,142
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	.	,094	,081	,130	,120	.	.	.	.	,053	,061	,080	,089
EB1 Norton de Matos	,071	,094	,129	,151	,136	,084	,199	,217	.	.	.	.	,092	,091	,158	,153
EB1 da Quinta das Flores	,291	,101	,331	,153	,100	,099	,162	,159	.	.	.	.	,050	,107	,099	,161
EB1 de Vendas de Ceira	,090	,161	,167	,265	,069	,118	,086	,183	.	.	.	.	,067	,098	,086	,157
EB1 de Torres do Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	,101	,069	,157	,089	,071	,060	,126	,078
EB1 de Almalaguês	,124	,102	,150	,137	,082	,106	,160	,152	.	.	.	.	,112	,111	,140	,141
EB1 de Castelo Viegas	,137	,112	,203	,153	,071	,110	,109	,151	.	.	.	.	,077	,107	,095	,154
EB1 de Casais	,157	,096	,198	,125	,110	,116	,160	,161	.	.	.	.	,092	,103	,102	,125
EB1 de Ribeira de Frades	,171	,121	,242	,153	,058	,123	,115	,155	.	.	.	.	,043	,122	,079	,156
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	,091	,069	,120	,088	,075	,075	,080	,099
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	,087	,096	,110	,129	,061	,087	,112	,126
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	,135	,113	,187	,153	,092	,090	,118	,121
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	,081	,090	,119	,125	,025	,109	,040	,152
EB1 de Casconha	,188	,152	,263	,199	,158	,127	,214	,152	.	.	.	.	,105	,153	,198	,197
EB1 de Almedina	,098	,150	,167	,197	,165	,151	,295	,201	.	.	.	.	,096	,123	,163	,157
EB1 de São Bartolomeu	,151	,122	,230	,159	,126	,151	,165	,197	.	.	.	.	,120	,155	,210	,209
EB1 de Antanho	,152	,075	,298	,099	.	.	.	.	.	.	.	.	,124	,095	,189	,123
EB1 de Dianteiro	,100	,137	,140	,169	,059	,126	,098	,152	.	.	.	.	,095	,132	,130	,166
EB1 de Solum	,146	,122	,200	,151	.	.	.	.	.	.	.	.	,048	,150	,088	,188
EB 2,3 Eugénio de Castro	.	.	.	.	,065	,102	,099	,134	.	.	.	.	,055	,103	,094	,140
Colégio Rainha Santa Isabel	,103	,076	,170	,107	,089	,081	,110	,113	.	.	.	.	,067	,080	,088	,114
Colégio São José	,083	,091	,120	,132	,071	,104	,098	,142	.	.	.	.	,059	,101	,102	,138
Colégio Bissaya Barreto	,153	,089	,220	,123	,126	,152	,199	,232	.	.	.	.	,075	,118	,107	,169
Colégio João de Deus I	,047	,096	,077	,123	,050	,079	,088	,097	.	.	.	.	,034	,098	,061	,133
Colégio João de Deus II	,059	,115	,105	,152	,069	,095	,103	,142	.	.	.	.	,051	,114	,101	,158
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	,094	,093	,112	,111	,055	,091	,094	,113
EB1 de Pedrulha	,120	,152	,180	,197	,099	,155	,160	,210	.	.	.	.	,102	,151	,190	,199
EB1 de Eiras	,161	,131	,207	,160	,103	,128	,137	,157	.	.	.	.	,109	,129	,141	,168
EB1 de Adémia	,187	,165	,256	,251	,175	,168	,258	,247	.	.	.	.	,136	,136	,190	,191
EB1 de Lordemão	,096	,091	,117	,115	,129	,127	,156	,155	.	.	.	.	,105	,129	,121	,157
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	,080	,113	,129	,158	,056	,114	,098	,160
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	,066	,120	,099	,168	,052	,121	,087	,169
EB1 de Vilela	,075	,104	,129	,139	,065	,119	,087	,159	.	.	.	.	,077	,128	,099	,167
EB1 de Souselas	,139	,141	,199	,189	,145	,146	,199	,198	.	.	.	.	,113	,152	,158	,199
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	,155	,151	,210	,205	,133	,154	,187	,206
EB1 de Santa Apolónia	,211	,159	,248	,221	.	.	.	.	.	.	.	.	,118	,160	,156	,218
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	.	.	,061	,128	,094	,167	.	.	.	.	,047	,129	,087	,169
EB1 de Olivais	,075	,117	,115	,155	.	.	.	.	.	.	.	.	,078	,124	,126	,159
E.B 2,3 Martim de Freitas	.	.	.	.	,106	,133	,155	,166	.	.	.	.	,090	,124	,123	,160
EB1 da Conchada	,084	,120	,113	,155	,072	,118	,098	,158	.	.	.	.	,051	,116	,089	,157
EB1 de Santa Cruz	,070	,122	,095	,166	,077	,124	,099	,160	.	.	.	.	,082	,128	,097	,167

Legenda: (a) - Média; (b) - Máximo

A análise dos resultados evidencia que a concentração média no interior das salas de aula, era mais elevada no outono/inverno do que na primavera/verão. Existiram concentrações médias bastante críticas e que ultrapassaram a CMR, principalmente no outono/inverno.

No gráfico 1, de uma forma pormenorizada, apresentamos a distribuição da concentração média de PM_{10} em salas de aula do 1º ano (outono/inverno).

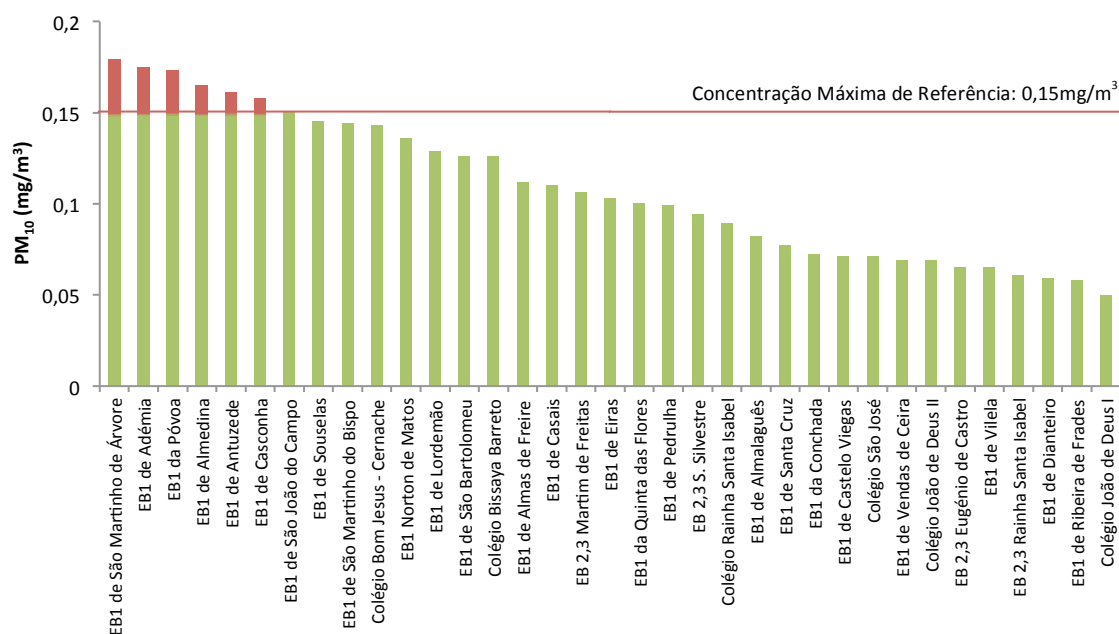
Gráfico 1: Concentração média de PM_{10} em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)



Podemos verificar que das 36 salas de aula do 1º ano, na estação de outono/inverno, existiam 12 em que as PM_{10} se encontravam acima dos $0,15mg/m^3$ (CMR).

As escolas com valores médios mais elevados foram: EB1 de Quintas das Flores ($0,291mg/m^3$), EB1 de São João do Campo ($0,252mg/m^3$), EB1 de Santa Apolónia ($0,211mg/m^3$), EB1 de Casconha ($0,188mg/m^3$), EB1 de Adémia ($0,187mg/m^3$), EB1 de Ribeira de Frades ($0,171mg/m^3$), EB1 S. Silvestre (Bairro Azul) ($0,170mg/m^3$), EB1 de Eiras ($0,161mg/m^3$), EB1 de Casais ($0,157mg/m^3$), Colégio Bissaya Barreto ($0,153mg/m^3$), EB1 de Antanol ($0,152mg/m^3$), EB1 de São Bartolomeu ($0,151mg/m^3$).

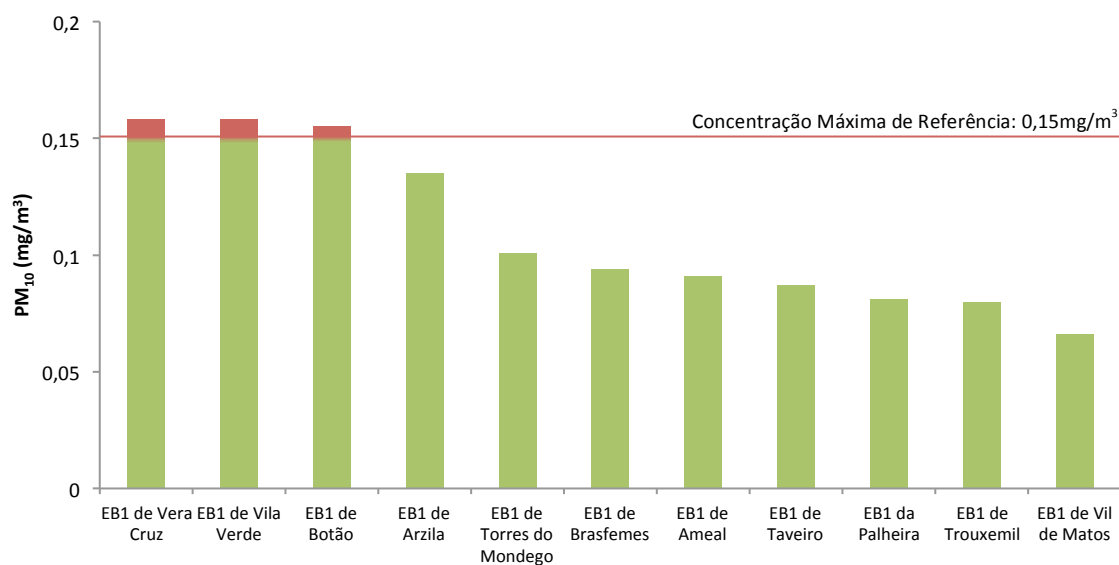
No gráfico 2, podemos verificar a distribuição da concentração média de PM_{10} em salas de aula do 4º ano (outono/inverno).

Gráfico 2: Concentração média de PM₁₀ em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)

Escolas com salas exclusivas do 4º ano

Podemos verificar que das 35 salas de aula onde o 4º ano era lecionado, na estação de outono/inverno, existiam 6 em que as PM₁₀ se encontravam acima dos 0,15mg/m³ (CMR), designadamente a EB1 de São Martinho da Árvore (0,179mg/m³), EB1 de Adémia (0,175mg/m³), EB1 da Póvoa (0,173mg/m³), e EB1 de Almedina (0,165mg/m³), EB1 de Antuzede (0,161mg/m³), e EB1 de Casconha (0,158mg/m³).

No gráfico 3, apresentamos a distribuição da concentração média de PM₁₀ em salas de aula onde o 1º e o 4º ano de escolaridade eram lecionados em simultâneo na mesma sala (outono/inverno).

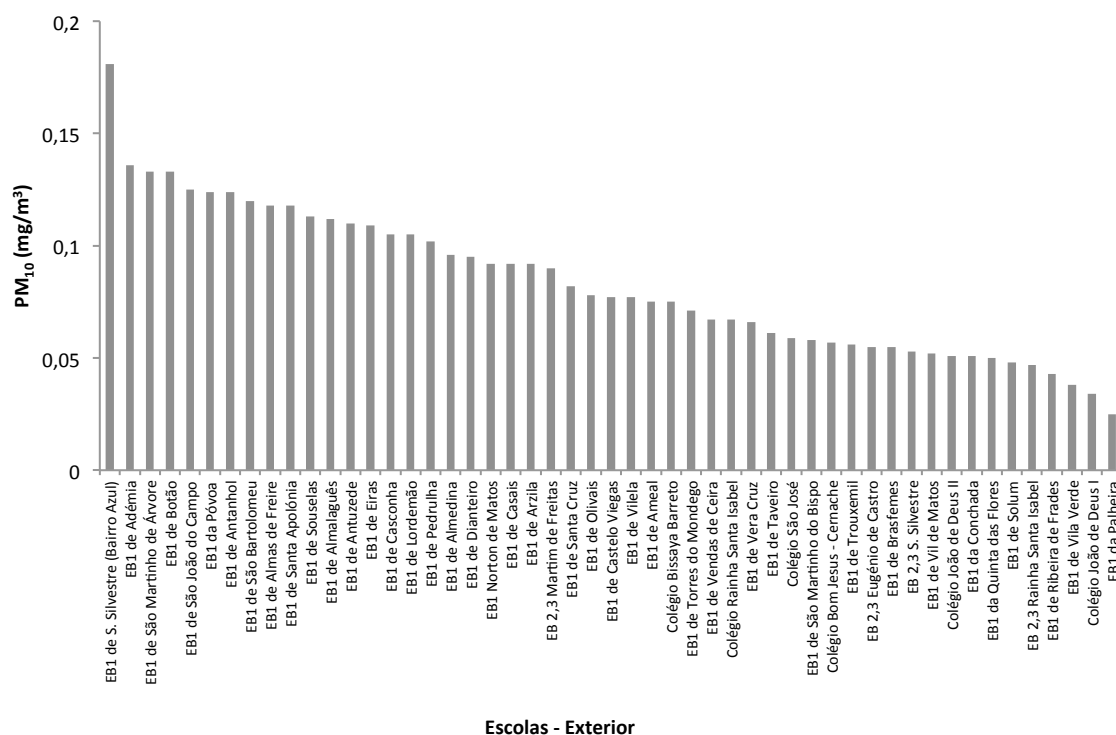
Gráfico 3: Concentração média de PM₁₀ em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)

Escolas com salas simultâneas do 1º e do 4º ano

Podemos verificar que das 11 salas de aula onde o 1º e o 4º ano era lecionado em simultâneo na mesma sala, na estação de outono/inverno, existiam 3 em que as PM_{10} se encontravam acima dos $0,15\text{mg}/\text{m}^3$ (CMR), designadamente a EB1 de Vera Cruz e EB1 de Vila Verde ($0,158\text{mg}/\text{m}^3$) e EB1 de Botão ($0,155\text{mg}/\text{m}^3$).

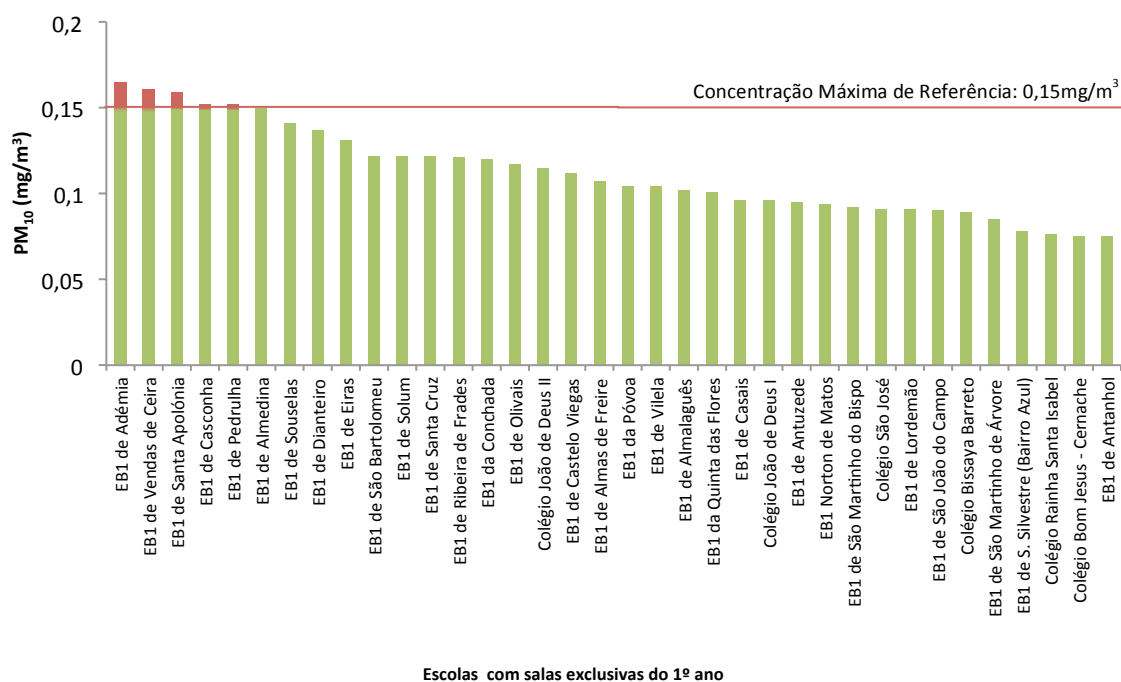
No gráfico 4, apresentamos a distribuição da concentração média de PM_{10} no exterior das escolas (outono/inverno).

Gráfico 4: Concentração média de PM_{10} no exterior das escolas (outono/inverno)



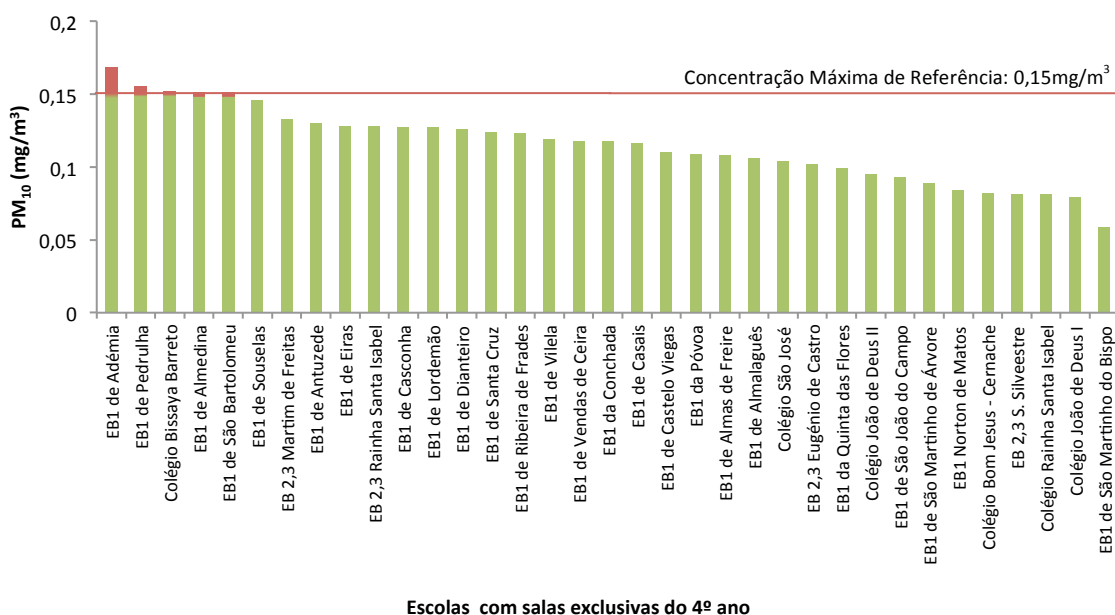
Verificámos que a concentração média das PM_{10} no exterior das escolas, no outono/inverno apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

No gráfico 5, relativo à segunda fase de monitorização, primavera/verão, podemos verificar a concentração média de PM_{10} , nas salas de aula do 1º ano.

Gráfico 5: Concentração média de PM₁₀ em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)

Podemos verificar pela análise do gráfico anterior, que existiam 5 salas de aula em que as PM₁₀ se encontravam acima dos 0,15mg/m³ (CMR), designadamente a EB1 de Adémia (0,165mg/m³), EB1 Vendas de Ceira (0,161mg/m³), EB1 de Santa Apolónia, (0,159mg/m³), EB1 de Casconha e EB1 de Pedrulha (0,152mg/m³).

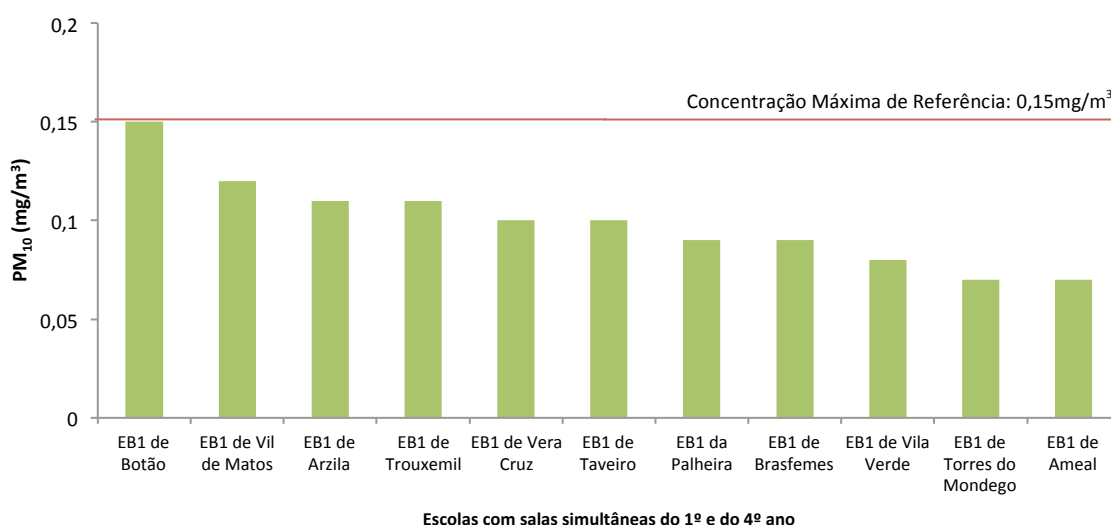
No gráfico 6, apresentamos a distribuição da concentração média de PM₁₀ em salas de aula do 4º ano de escolaridade (primavera/verão).

Gráfico 6: Concentração média de PM₁₀ em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)

Podemos verificar que das 35 salas de aula do 4º ano, na primavera/verão, existiam 5 em que as PM₁₀ se encontravam acima dos 0,15mg/m³ (CMR), designadamente a EB1 de Adémia (0,168mg/m³), EB1 de Pedrulha (0,155mg/m³), Colégio Bissaya Barreto (0,152mg/m³), EB1 de Almedina e EB1 de São Bartolomeu (0,151mg/m³).

No gráfico 7, apresentamos a distribuição da concentração média de PM₁₀ em salas de aula onde o 1º e o 4º ano de escolaridade eram lecionados em simultâneo na mesma sala (primavera/verão).

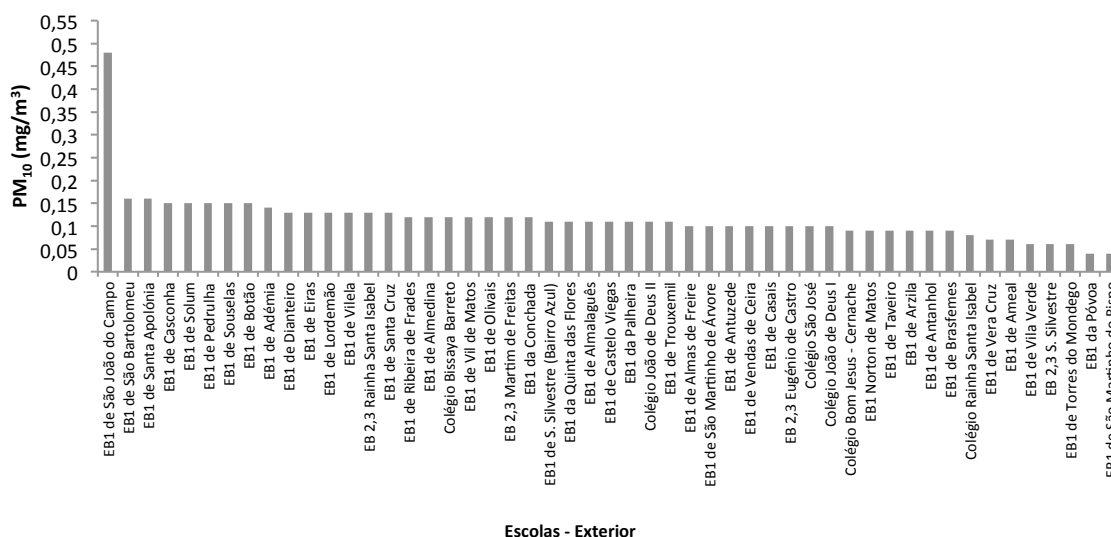
Gráfico 7: Concentração média de PM₁₀ em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)



Podemos verificar pelo gráfico anterior que apenas a sala da EB1 de Botão (0,151mg/m³) foi a que apresentou valores de PM₁₀ acima da CMR.

No gráfico 8, apresentamos a distribuição da concentração média de PM₁₀ no exterior das escolas.

Gráfico 8: Concentração média de PM₁₀ no exterior das escolas (primavera/verão)



Verificámos que a concentração média das PM₁₀ no exterior das escolas, na primavera/verão apresentou valores médios superiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

Em suma, na estação de outono/inverno verificámos que se encontravam acima da CMR, 12 salas de aula do 1º ano, 6 do 4º ano e 3 salas de aula em que eram lecionados os dois anos letivos em simultâneo, perfazendo um total de 21 salas de aula em que os estudantes se encontravam expostos a concentrações médias de PM₁₀ acima da CMR. Na estação de primavera/verão, existiam 5 salas de aula do 1º ano, 5 salas do 4º ano e 1 sala de aula em que eram ministrados os dois anos letivos juntos, com concentrações médias acima da CMR, totalizando assim 11 salas de aula em que as concentrações médias se verificaram acima da CMR. Quando comparámos a concentração média das salas de aula com a concentração média verificada no exterior verificámos que na estação de outono/inverno, no interior das salas de aula, a concentração média de PM₁₀ (0,12mg/m³) era superior à concentração média verificada no exterior (0,086mg/m³). No que concerne à primavera/verão a concentração média nas salas de aula (0,116mg/m³) era ligeiramente inferior á encontrada no exterior (0,123mg/m³).

Outra análise muito importante para o objetivo do estudo é a caracterização da pior situação relativamente à concentração de poluentes com efeitos agudos na saúde, e, nesse sentido, é relevante analisar a concentração máxima encontrada durante o período em que a fonte de emissão está ativa e/ou os fatores que influenciam a sua intensidade são máximos, por exemplo: elevadas temperaturas e humidade relativa ou baixas taxas de ventilação (ISO 16000, 2004; European Concerted Action, 1989). E de facto, em muitas escolas os valores máximos encontrados, no interior das salas de aula, eram francamente elevados quando comparados com a CMR. Também no exterior se verificaram valores máximos muito elevados. Os valores máximos encontrados no interior das salas de aula eram mais elevados no outono/inverno, e em alguns casos, esses valores chegaram ao dobro do valor de CMR, designadamente na EB1 Quinta das Flores (0,331 mg/m³), EB1 de São João do Campo (0,310mg/m³), EB1 de Antanhol (0,298mg/m³).

De seguida e para uma melhor compreensão, procedemos a uma análise por Agrupamento de Escolas.

Quadro 10: Distribuição dos valores da concentração média das PM₁₀, face aos valores de referência do DL 79/2006, em função dos diferentes locais e das diferentes estações do ano

Concentração Máxima de Referência 0,15mg/m ³ (DL 79/2006)		Valor Médio PM ₁₀ outono/inverno	Valor Médio PM ₁₀ primavera/verão
		M ± DP	M ± DP
Local de recolha	Sala de aula	0,12 ± 0,047***	0,11 ± 0,026***
	exterior	0,08 ± 0,033***	0,12 ± 0,059***
Agrupamento de Escolas	Silva Gaio	0,12 ± 0,043*	0,13 ± 0,028***
	Inês de Castro	0,12 ± 0,031*	0,09 ± 0,028***
	Rainha Santa Isabel	0,11 ± 0,042***	0,13 ± 0,022***
	São Silvestre	0,14 ± 0,053	0,11 ± 0,096
	Alice Gouveia	0,12 ± 0,087	0,10 ± 0,008***
	Ceira	0,09 ± 0,024***	0,10 ± 0,026***
	Eugénio de Castro	0,08 ± 0,035**	0,12 ± 0,018**
	Martim de Freitas	0,08 ± 0,014***	0,12 ± 0,005***
	Taveiro	0,10 ± 0,040**	0,10 ± 0,018***
	Colégio/Escola - Privado	0,08 ± 0,033**	0,10 ± 0,019***
Local da medição	1º ano	0,13 ± 0,054*	0,11 ± 0,026***
	4º ano	0,11 ± 0,040***	0,11 ± 0,025***
	1 e 4 anos juntos	0,11 ± 0,035**	0,10 ± 0,024***
	Exterior	0,08 ± 0,033***	0,12 ± 0,059***

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001.
Teste *t-Student* para 1 amostra.

Verificámos diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos nas salas de aula e o exterior, na estação de outono/inverno e na de primavera/verão ($p < 0,0001$), face ao valor da CMR. Os valores do exterior eram em média inferiores aos obtidos nas salas de aula na estação de outono/inverno, no entanto, na primavera/verão, a concentração média de PM_{10} no exterior era ligeiramente mais elevada do que a concentração média verificada no interior.

No que concerne aos agrupamentos de escolas, também se verificaram diferenças estatisticamente significativas dos referidos poluentes, face ao valor da CMR, com exceção do agrupamento São Silvestre (nas duas estações em análise) e do agrupamento Alice Gouveia (na estação de outono/inverno).

Relativamente ao local de medição, também se verificaram diferenças estatisticamente significativas. Na estação de outono/inverno os valores médios mais elevados verificaram-se nas salas do 1º ano de escolaridade ($p < 0,05$). Na primavera/verão os valores médios mais elevados verificaram-se nas salas do 1º e 4º anos de escolaridade ($p < 0,0001$).

6.2.1.1.1. Análise das PM_{10} em função do tipo de pavimento das salas de aula

Nesta secção pretendemos avaliar a concentração média das PM_{10} , na estação de outono/inverno e de primavera/verão, em função do tipo de pavimento das escolas estudadas. Vejamos o quadro 11 e o gráfico 9.

Quadro 11: Concentração média das PM_{10} nas diferentes estações do ano em função do tipo de pavimento das salas de aula

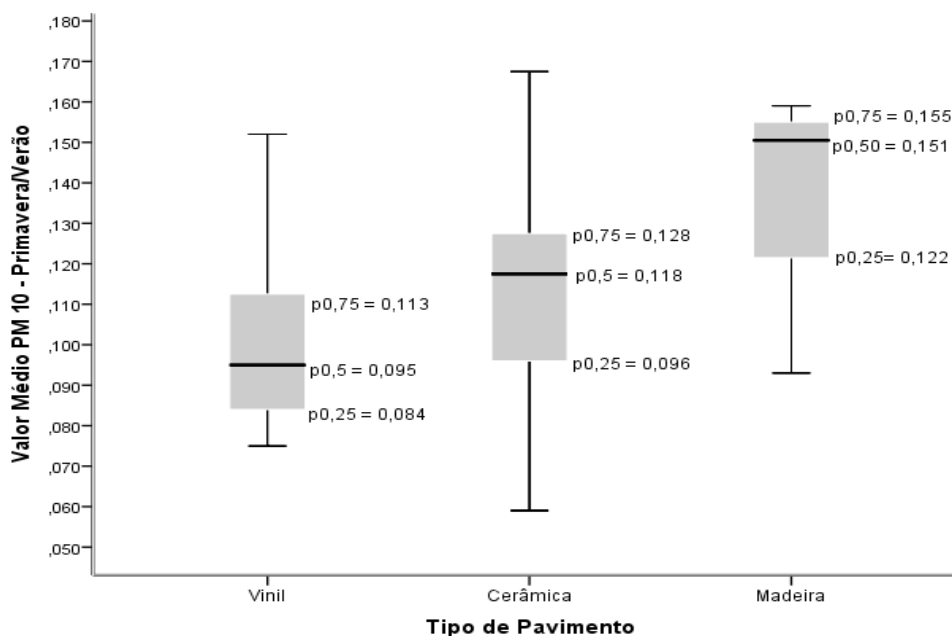
Tipo de Pavimento	Valor Médio PM_{10} - outono/inverno		Valor Médio PM_{10} - primavera/verão	
	$(p=0,166)$		$(p<0,01)$	
	M \pm DP	n	M \pm DP	n
Vinil	0,11 \pm 0,06	15	0,10 \pm 0,02	15
Cerâmica	0,12 \pm 0,04	2	0,11 \pm 0,03	2
Madeira	0,14 \pm 0,06	34	0,14 \pm 0,03	34
Total	0,12 \pm 0,05	51	0,11 \pm 0,03	51

Legenda: M – Média; DP – Desvio Padrão
Teste Kruskal Wallis

Verificámos que das 51 escolas estudadas, 34 (66,7%) possuíam pavimento de madeira e 29,42% ($n=15$) apresentavam vinil. Constatámos que na estação de outono/inverno as salas com pavimento de madeira revelaram valores mais elevados de PM_{10} , no entanto, estes valores não foram significativos entre os diferentes espaços quanto ao tipo de pavimento. Na primavera/verão, as salas de aula que possuíam pavimento de madeira apresentaram valores de PM_{10} significativamente superiores face às restantes salas com pavimento de cerâmica ou vinil.

Apresentamos de seguida o diagrama de Extremos e Quartis com a variação do poluente atmosférico PM_{10} na primavera/verão por tipo de pavimento das salas do 1º ciclo para melhor compreensão das distribuições de valores de PM_{10} entre os diferentes tipos de pavimento.

Gráfico 9: Variação das PM_{10} na primavera/verão, por tipo de pavimento



Com base no diagrama anterior, podemos verificar que o valor da mediana de PM_{10} observado nas salas com pavimento de madeira foi superior aos restantes valores medianos de PM_{10} em salas com pavimento em cerâmica e vinil. Podemos constatar, ainda, que o pavimento de cerâmica e de madeira expressaram valores máximos mais elevados face ao pavimento em vinil.

6.2.1.2. Concentração de $PM_{2,5}$

Podemos observar no quadro 12, os valores da concentração média e máxima de $PM_{2,5}$ (ambos em mg/m^3) encontrada em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano. Importa referir que aquando desta recolha e tratamento de dados, para este parâmetro a legislação portuguesa (DL 79/2006) não apresentava valores de concentração máxima de referência.

Quadro 12: Concentração média e máxima das PM_{2,5} por estação do ano

	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	PM _{2,5} (a) outono/inverno	PM _{2,5} (a) primavera/verão	PM _{2,5} (b) outono/inverno	PM _{2,5} (b) primavera/verão	PM _{2,5} (a) outono/inverno	PM _{2,5} (a) primavera/verão	PM _{2,5} (b) outono/inverno	PM _{2,5} (b) primavera/verão	PM _{2,5} (a) outono/inverno	PM _{2,5} (a) primavera/verão	PM _{2,5} (b) outono/inverno	PM _{2,5} (b) primavera/verão	PM _{2,5} (a) outono/inverno	PM _{2,5} (a) primavera/verão	PM _{2,5} (b) outono/inverno	PM _{2,5} (b) primavera/verão
Colégio Bom Jesus - Cernache	,054	,070	,078	,095	,064	,073	,078	,089	.	.	.	.	,060	,094	,097	,121
EB1 da Póvoa	,092	,102	,110	,132	,119	,100	,190	,151	.	.	.	.	,069	,081	,190	,096
EB1 de Almas de Freire	,101	,094	,125	,118	,090	,114	,110	,159	.	.	.	.	,098	,089	,140	,130
EB1 de São Martinho do Bispo	,055	,052	,100	,080	,134	,051	,213	,081	.	.	.	.	,130	,051	,214	,077
EB1 de São João do Campo	,188	,059	,248	,094	,163	,055	,222	,090	.	.	.	.	,117	,060	,190	,079
EB1 de São Martinho de Árvore	,122	,070	,200	,099	,095	,068	,111	,097	.	.	.	.	,095	,081	,150	,125
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	,144	,050	,187	,090	,065	,055	,097	,085
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	,069	,069	,097	,094	,042	,043	,077	,075
EB1 de Antuzede	,173	,075	,220	,089	,120	,102	,215	,156	.	.	.	.	,149	,091	,197	,126
EB1 de S. Silvestre (Bairro Azul)	,151	,101	,220	,119	.	.	.	.	.	.	.	.	,153	,100	,199	,132
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	,064	,081	,128	,119	.	.	.	.	.	,059	,064	,079	,084
EB1 Norton de Matos	,055	,076	,100	,111	,076	,063	,101	,068	.	.	.	.	,066	,069	,110	,113
EB1 da Quinta das Flores	,175	,100	,210	,152	,051	,091	,076	,153	.	.	.	.	,052	,100	,093	,151
EB1 de Vendas de Ceira	,056	,126	,079	,172	,045	,089	,059	,129	.	.	.	.	,062	,085	,076	,119
EB1 de Torres do Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	,051	,058	,066	,079	,057	,062	,094	,082
EB1 de Almalaguês	,090	,070	,100	,097	,088	,081	,100	,100	.	.	.	.	,062	,084	,120	,111
EB1 de Castelo Viegas	,073	,071	,101	,099	,067	,068	,099	,097	.	.	.	.	,070	,070	,097	,095
EB1 de Casais	,117	,094	,156	,123	,065	,103	,094	,127	.	.	.	.	,070	,095	,101	,112
EB1 de Ribeira de Frades	,077	,075	,110	,108	,056	,083	,110	,117	.	.	.	.	,032	,086	,059	,123
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	,050	,051	,067	,065	,042	,051	,055	,066
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	,080	,076	,129	,112	,054	,069	,099	,101
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	,103	,095	,150	,123	,053	,084	,099	,111
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	,040	,063	,055	,079	,022	,067	,035	,087
EB1 de Casconha	,103	,106	,150	,153	,090	,086	,127	,116	.	.	.	.	,073	,108	,136	,155
EB1 de Almedina	,062	,079	,098	,102	,143	,090	,259	,117	.	.	.	.	,086	,120	,146	,152
EB1 de São Bartolomeu	,105	,128	,160	,156	,087	,130	,151	,162	.	.	.	.	,110	,137	,199	,169
EB1 de Antanhol	,094	,065	,129	,088	.	.	.	.	.	.	.	.	,084	,084	,110	,120
EB1 de Dianteiro	,078	,127	,120	,154	,079	,111	,087	,144	.	.	.	.	,060	,133	,094	,161
EB1 de Solum	,076	,074	,110	,109	.	.	.	.	.	.	.	.	,044	,081	,076	,117
EB 2,3 Eugénio de Castro	.	.	.	,052	,082	,089	,097	.	.	.	.	.	,060	,097	,090	,124
Colégio Rainha Santa Isabel	,061	,069	,088	,099	,051	,075	,068	,106	.	.	.	.	,041	,082	,054	,114
Colégio São José	,061	,074	,101	,103	,070	,078	,101	,112	.	.	.	.	,060	,075	,105	,111
Colégio Bissaya Barreto	,080	,078	,109	,111	,086	,093	,110	,124	.	.	.	.	,076	,097	,110	,129
Colégio João de Deus I	,032	,072	,055	,099	,037	,070	,065	,088	.	.	.	.	,038	,091	,071	,126
Colégio João de Deus II	,050	,109	,087	,141	,056	,097	,089	,134	.	.	.	.	,056	,112	,099	,155
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	,070	,067	,097	,089	,047	,071	,080	,099
EB1 de Pedrulha	,114	,152	,190	,199	,081	,154	,112	,197	.	.	.	.	,058	,151	,100	,200
EB1 de Eiras	,079	,103	,156	,156	,084	,134	,157	,169	.	.	.	.	,107	,135	,123	,171
EB1 de Adémia	,159	,132	,250	,195	,128	,127	,169	,169	.	.	.	.	,085	,138	,158	,188
EB1 de Lordemão	,088	,084	,116	,112	,093	,093	,113	,119	.	.	.	.	,080	,094	,093	,120
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	,069	,078	,114	,112	,054	,081	,099	,114
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	,059	,073	,098	,099	,054	,080	,097	,105
EB1 de Vilela	,057	,069	,099	,089	,059	,095	,089	,127	.	.	.	.	,056	,117	,099	,161
EB1 de Souselas	,084	,128	,119	,168	,127	,130	,167	,170	.	.	.	.	,094	,136	,143	,172
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	,134	,131	,200	,177	,108	,134	,157	,179
EB1 de Santa Apolónia	,101	,138	,118	,181	.	.	.	.	.	.	.	.	,074	,142	,099	,183
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	.	,050	,135	,088	,173	.	.	.	.	.	,052	,142	,098	,177
EB1 de Olivais	,073	,110	,111	,152	.	.	.	.	.	.	.	.	,076	,113	,120	,155
E.B 2,3 Martim de Freitas	.	.	.	,098	,110	,153	,157	.	.	.	.	.	,076	,118	,110	,158
EB1 da Conchada	,055	,120	,078	,145	,060	,124	,089	,151	.	.	.	.	,045	,124	,076	,152
EB1 de Santa Cruz	,037	,127	,044	,158	,039	,123	,049	,156	.	.	.	.	,046	,126	,051	,163

Legenda: (a) - Média; (b) - Máximo

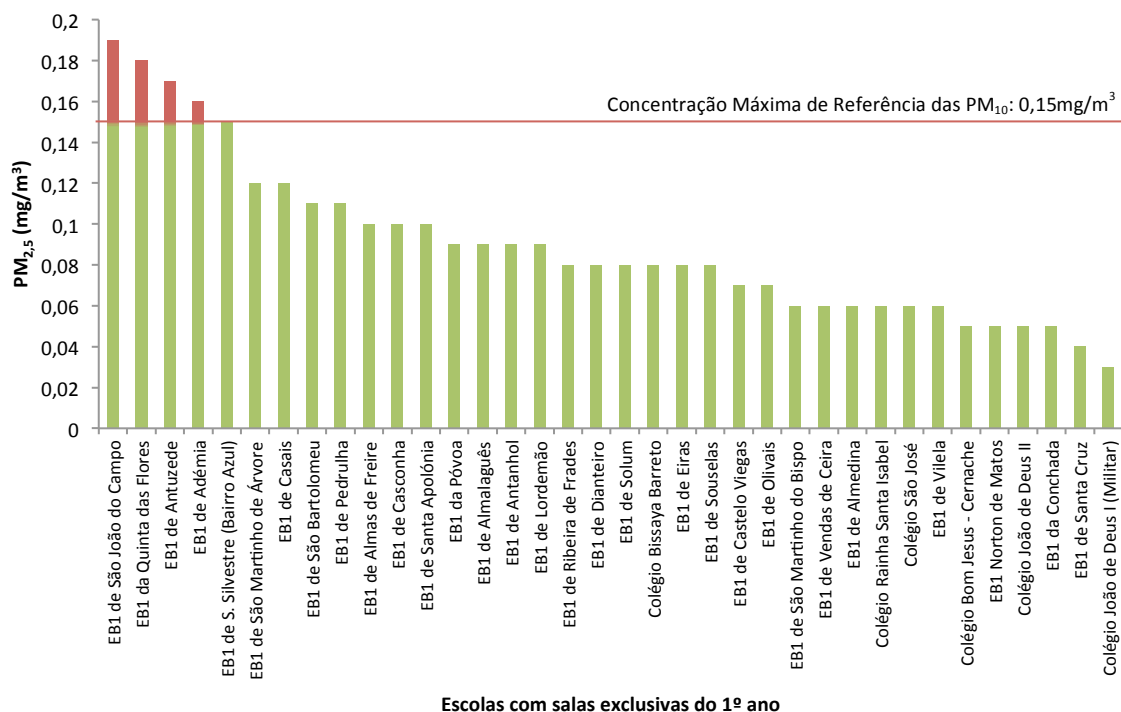
A análise dos resultados evidencia que comparando os resultados das PM_{2,5} com os resultados das PM₁₀ estes são muito semelhantes, mas ligeiramente inferiores aos valores de PM₁₀.

Relativamente à primavera/verão, a concentração média nas salas de aula (0,093mg/m³) foi ligeiramente inferior à concentração média do exterior (0,096mg/m³). A análise dos dados monitorizados demonstra igualmente que a concentração média de PM_{2,5} no exterior das salas de aula foi ligeiramente superior na primavera/verão.

Apesar de não existir valor de CMR para as PM_{2,5}, optámos por apresentar os resultados graficamente de forma a podermos comparar com as PM₁₀.

Podemos observar no gráfico 10 a concentração média de $PM_{2,5}$ verificada em salas de aula do 1º ano no outono/inverno.

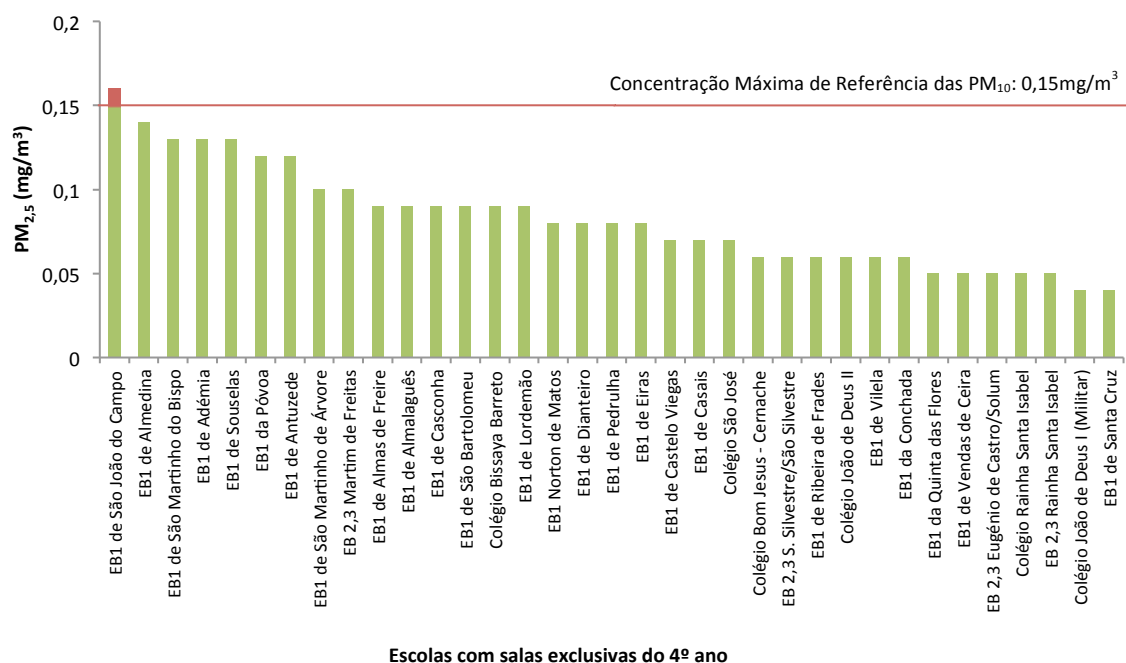
Gráfico 10: Concentração média de $PM_{2,5}$ em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)



Podemos verificar pela análise do quadro anterior que as concentrações médias mais elevadas, na estação de outono/inverno, verificaram-se nas salas de aula da EB1 de São João do Campo ($0,188mg/m^3$), na EB1 de Quinta das Flores ($0,175mg/m^3$), na EB1 de Antuzede ($0,173mg/m^3$) e Adémia ($0,159mg/m^3$).

No gráfico 11, apresentamos a distribuição da concentração média de $PM_{2,5}$ em salas de aula do 4º ano de escolaridade (outono/inverno).

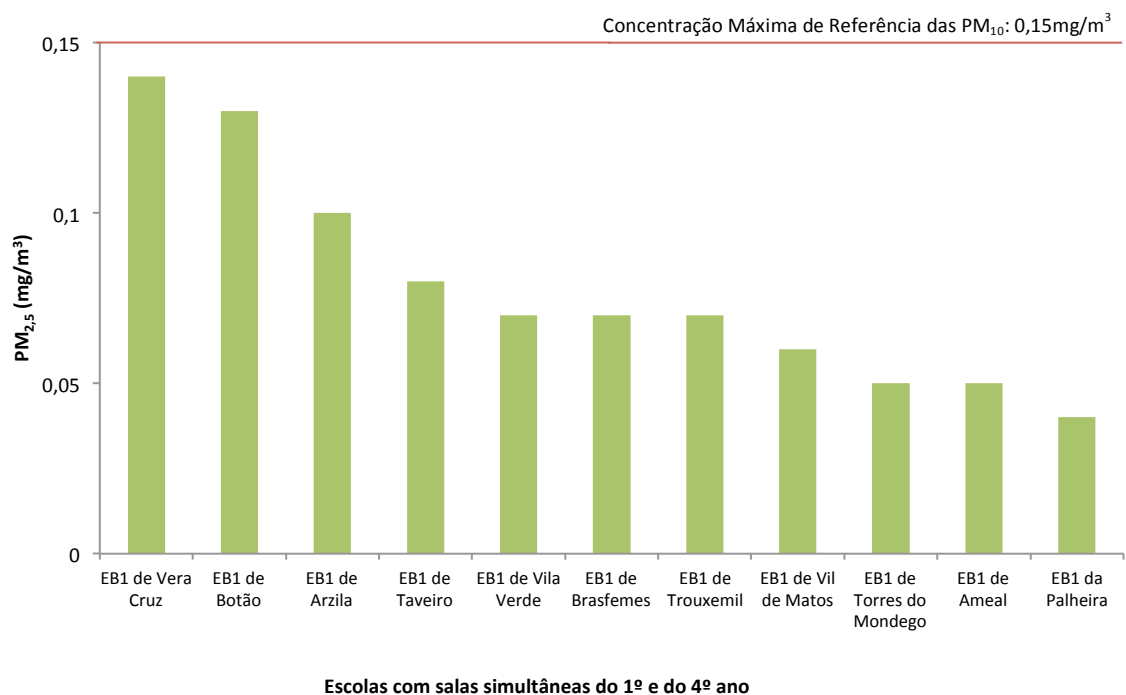
Gráfico 11: Concentração média de $PM_{2,5}$ em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)



Podemos verificar pela análise do quadro anterior que a concentração média mais elevada, na estação de outono/inverno, verificou-se na sala de aula da EB1 de São João do Campo (0,163 mg/m^3).

No gráfico 12, apresentamos a distribuição da concentração média de $PM_{2,5}$ em salas de aula onde o 1º e o 4º ano de escolaridade são lecionados em simultâneo na mesma sala.

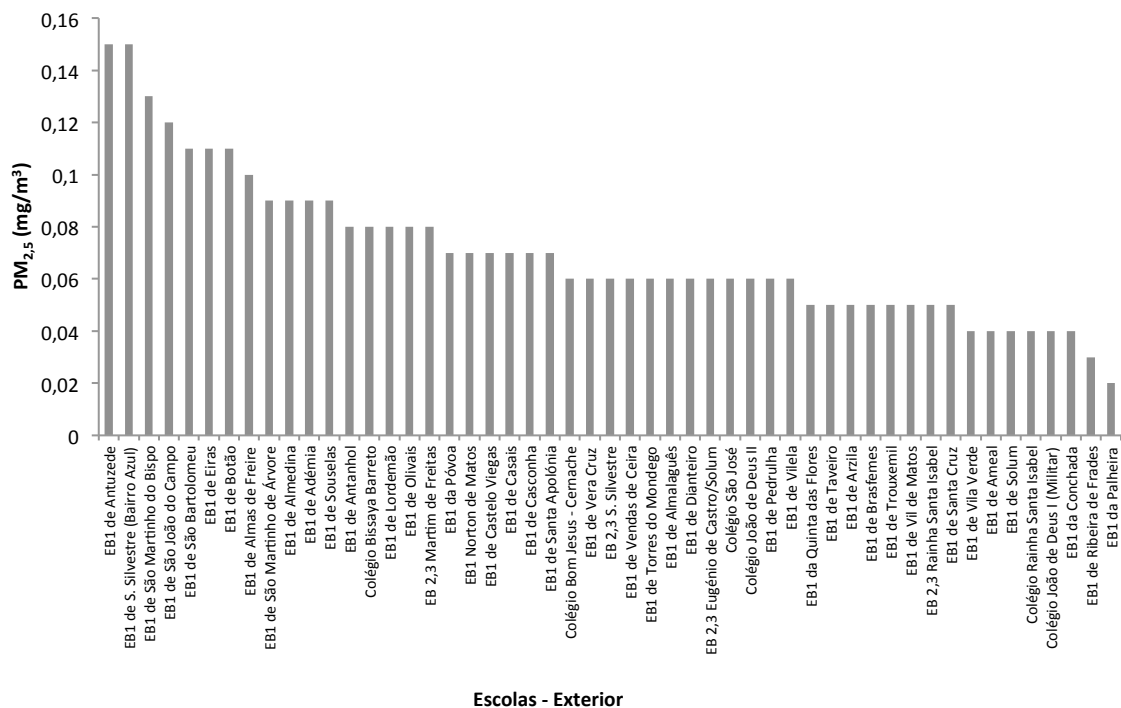
Gráfico 12: Concentração média de $PM_{2,5}$ em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)



Podemos verificar que a concentração média mais elevada, na estação de outono/inverno, verificou-se na sala de aula da EB1 de Vera Cruz. No entanto, não ultrapassou a CMR das PM₁₀.

No gráfico 13, apresentamos a distribuição da concentração média de PM_{2,5} no exterior das escolas (outono/inverno).

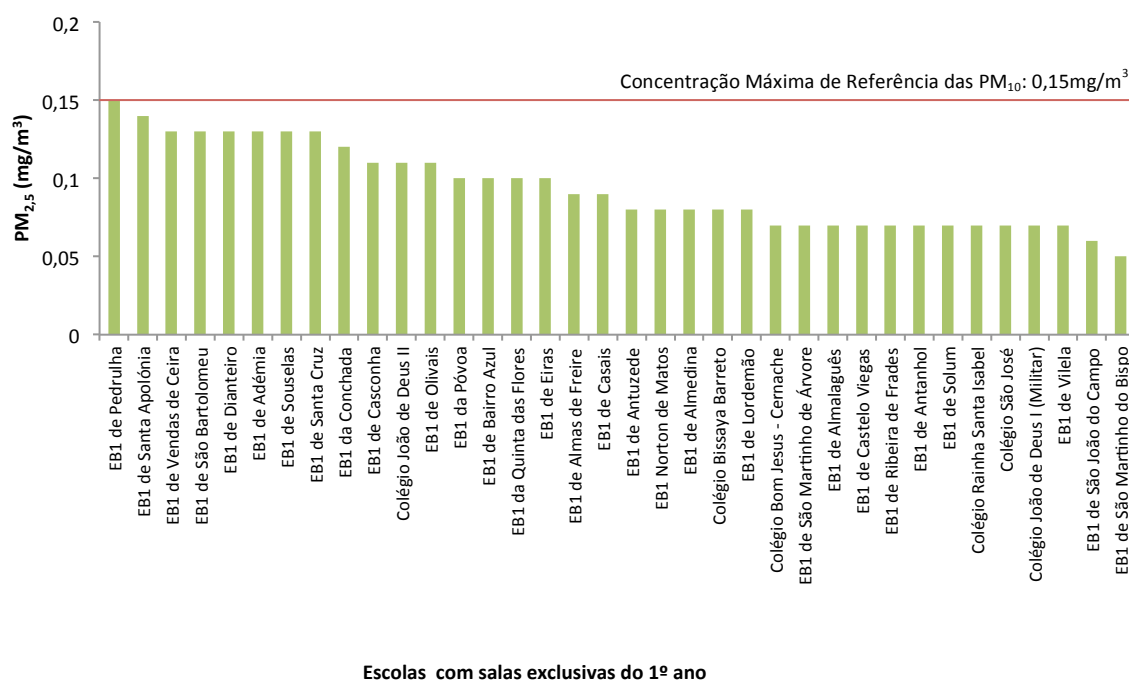
Gráfico 13: Concentração média de PM_{2,5} no exterior das escolas (outono/inverno)



Verificámos que a concentração média das PM_{2,5} no exterior das escolas, no outono/inverno apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

No gráfico 14, relativo à segunda fase de monitorização, primavera/verão, podemos verificar a concentração média de PM_{2,5}, nas salas de aula do 1º ano.

Gráfico 14: Concentração média de PM_{2,5} em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)

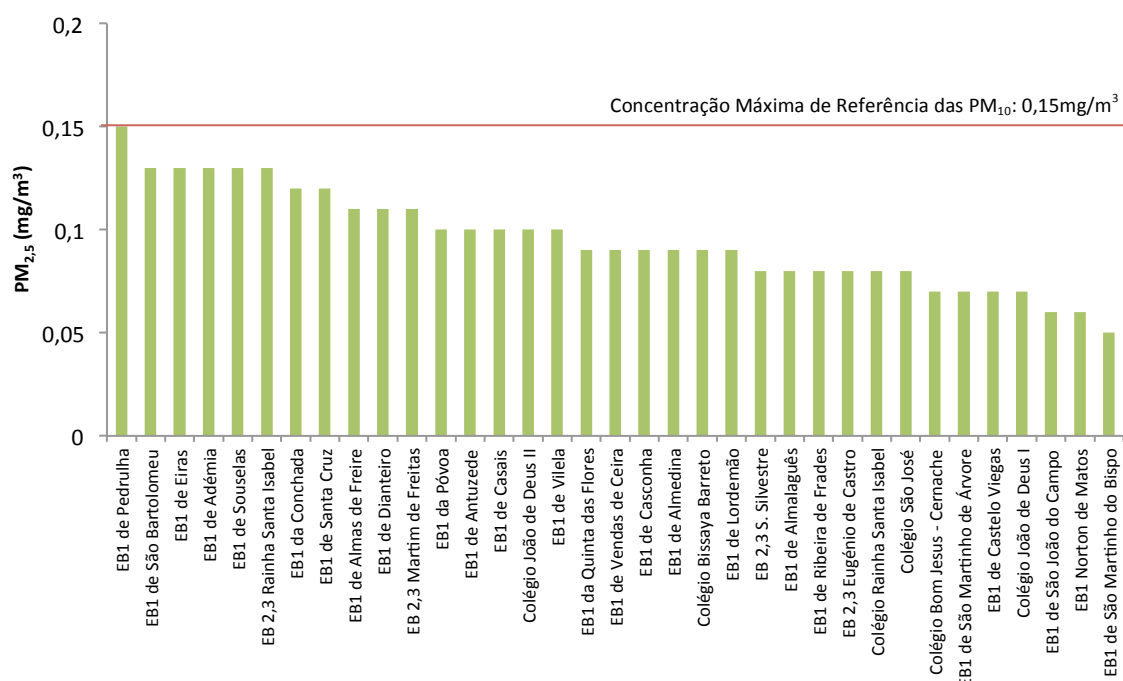


Escolas com salas exclusivas do 1º ano

A sala de aula do 1º ano em que se verificou uma concentração média de PM_{2,5} mais elevada foi na EB1 da Pedrulha.

No gráfico 15, podemos verificar a concentração média de PM_{2,5}, nas salas de aula do 4º ano.

Gráfico 15: Concentração média de PM_{2,5} em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)

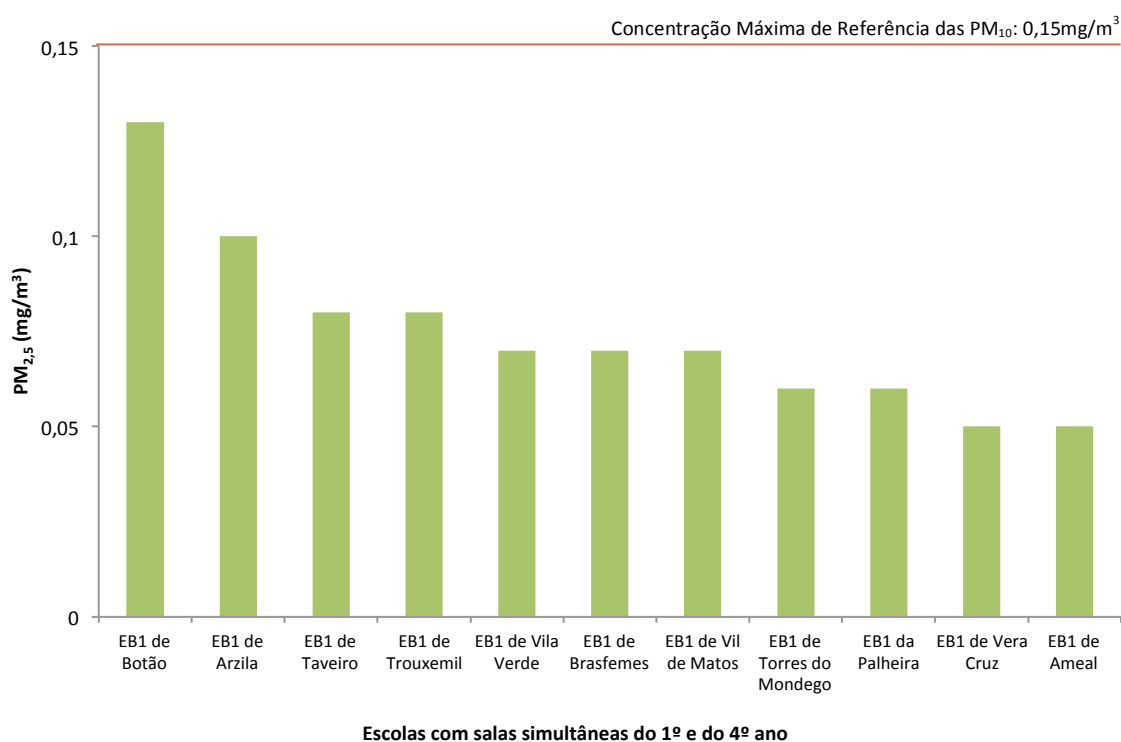


Escolas com salas exclusivas do 4º ano

A sala de aula do 4º ano em que se verificou uma concentração média de $PM_{2,5}$ mais elevada foi também na EB1 da Pedrulha.

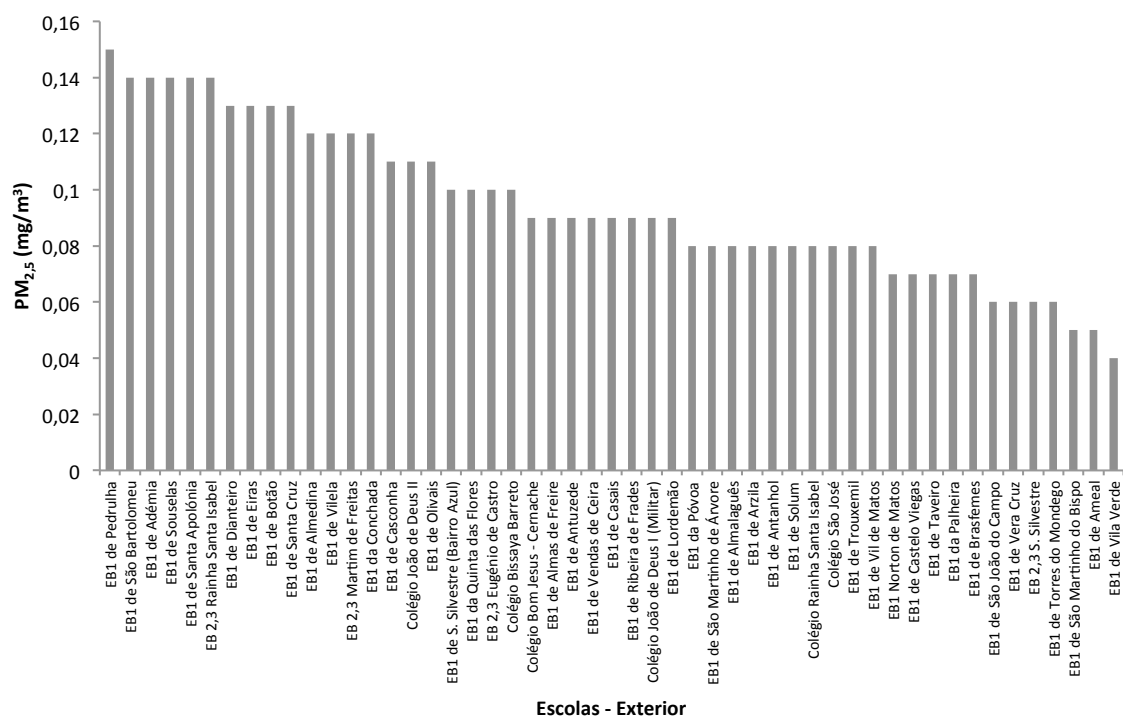
No gráfico 16, podemos verificar a concentração média de $PM_{2,5}$, nas salas de aula em que o 1º e o 4º ano são lecionados em conjunto.

Gráfico 16: Concentração média de $PM_{2,5}$ em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)



Podemos verificar que a concentração média mais elevada, na estação de primavera/verão, verificou-se na sala de aula da EB1 do Botão.

No gráfico 17, apresentamos a distribuição da concentração média de $PM_{2,5}$ no exterior das escolas (primavera/verão).

Gráfico 17: Concentração média de PM_{2,5} no exterior das escolas (primavera/verão)

Verificámos que a concentração média das PM_{2,5} no exterior das escolas, na primavera/verão, apresentou valores médios superiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

6.2.1.3. Concentração de CO

Tendo em consideração o DL 79/2006, de 4 de abril, que refere como CMR do CO, 10,7ppm, apresentamos o quadro 13. Este quadro apresenta os valores da concentração média e máxima de CO (ambos em ppm) estimados em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano.

Quadro 13: Concentração média e máxima de CO por estação do ano

	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	CO (a) outono/inverno	CO (a) primavera/verão	CO (b) outono/inverno	CO (b) primavera/verão	CO (a) outono/inverno	CO (a) primavera/verão	CO (b) outono/inverno	CO (b) primavera/verão	CO (a) outono/inverno	CO (a) primavera/verão	CO (b) outono/inverno	CO (b) primavera/verão	CO (a) outono/inverno	CO (a) primavera/verão	CO (b) outono/inverno	CO (b) primavera/verão
Colégio Bom Jesus - Cernache	1,10	,15	1,50	,20	,85	,40	1,10	,30	.	.	.	.	,45	,25	,70	,30
EB1 da Póvoa	*	,20	*	,40	,12	,10	,23	,20	.	.	.	.	,40	,40	,60	,50
EB1 de Almas de Freire	,75	,20	,90	,30	,65	,15	,80	,20	.	.	.	.	1,00	,10	1,40	,40
EB1 de São Martinho do Bispo	,90	,15	1,20	,20	1,30	,15	2,00	,20	.	.	.	.	,70	,15	,90	,20
EB1 de São João do Campo	1,10	,25	1,30	,40	1,30	,10	1,60	,10	.	.	.	.	,95	,25	1,30	,40
EB1 de São Martinho de Árvore	1,10	,15	1,40	,30	1,05	,10	1,30	,10	.	.	.	.	,80	,20	1,20	,30
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	,90	,15	1,30	,20	,80	,60	1,30	,90
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	,80	,15	1,20	,20	,45	,30	,70	,50
EB1 de Antuzede	,70	,30	,90	,40	1,05	,30	1,40	,40	.	.	.	.	,70	,30	1,00	,40
EB1 de S. Silvestre (Bairro Azul)	3,15	,10	3,40	,20	.	.	.	.	.	.	.	.	1,00	,30	1,30	,40
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	.	,75	,20	1,00	,30	.	.	.	.	,55	,20	,70	,30
EB1 Norton de Matos	,05	,30	,10	,50	,05	,05	,10	,10	.	.	.	.	,35	,20	,70	,40
EB1 da Quinta das Flores	,60	,15	1,10	,20	,10	,10	,20	,10	.	.	.	.	,15	,20	,20	,40
EB1 de Vendas de Ceira	*	*	*	*	,05	,15	,10	,20	.	.	.	.	*	,30	*	,40
EB1 de Torres do Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	*	,30	*	,40	,05	,05	,10	,10
EB1 de Almalaguês	,05	,05	,10	,10	,05	,15	,10	,20	.	.	.	.	,05	,30	,10	,40
EB1 de Castelo Viegas	,05	,10	,10	,20	,05	,10	,10	,20	.	.	.	.	,15	,15	,30	,30
EB1 de Casais	,10	,10	,20	,20	,10	,10	,20	,20	.	.	.	.	,30	,20	,60	,40
EB1 de Ribeira de Frades	,15	,15	,30	,30	*	,10	*	,20	.	.	.	.	,15	,15	,30	,30
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	*	,15	*	,20	,05	,05	,10	,10
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	.	,05	*	,10	*	,15	*	,20
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	,30	*	,60	*	*	*	*	*
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	,10	,10	,20	,20	,10	,10	,20	,20
EB1 de Casconha	*	*	*	*	,25	*	,50	*	.	.	.	.	*	,10	*	,20
EB1 de Almedina	*	,30	*	,40	,05	,70	,10	,80	.	.	.	.	,10	,70	,20	1,30
EB1 de São Bartolomeu	,15	,40	,30	,40	,20	,60	,30	,80	.	.	.	.	,20	1,20	,40	1,70
EB1 de Antanhol	*	,10	*	,20	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Dianteiro	*	,10	*	,20	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Solum	,05	,05	,10	,10	.	.	.	.	.	.	.	.	,20	,20	,40	,40
EB 2,3 Eugénio de Castro/Solum	.	.	.	.	,15	,15	,30	,30	.	.	.	.	,05	,05	,10	,10
Colégio Rainha Santa Isabel	,05	,05	,10	,10	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
Colégio São José	*	,10	*	,20	*	*	*	*	.	.	.	.	,05	,40	,10	,60
Colégio Bissaya Barreto	1,15	,30	1,40	,40	1,05	,35	1,40	,90	.	.	.	.	,80	,10	1,30	,20
Colégio João de Deus I	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	,10	,10	,20	,20
Colégio João de Deus II	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	,15	,15	,30	,30
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	,15	,15	,30	,30	,10	,10	,20	,20
EB1 de Pedrulha	,75	*	,90	*	,95	,20	1,20	,40	.	.	.	.	1,00	,10	1,60	,20
EB1 de Eiras	,65	,15	,90	,30	,70	,20	,90	,40	.	.	.	.	,50	,30	,80	,40
EB1 de Adémia	,95	,20	1,30	,30	,90	,20	1,20	,30	.	.	.	.	,70	,10	1,10	,20
EB1 de Lordemão	,15	,15	,30	,30	,45	,10	,90	,20	.	.	.	.	,20	,10	,40	,20
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	,85	,10	1,20	,20	,65	,20	1,10	,30
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	1,10	,10	1,40	,20	,55	,20	,90	,30
EB1 de Vilela	,70	,10	,90	,20	,60	,10	,80	,20	.	.	.	.	,55	,20	,80	,30
EB1 de Souselas	1,00	,10	1,30	,20	,85	,10	1,10	,20	.	.	.	.	,75	,20	1,20	,30
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	,80	,10	1,20	,20	,65	,20	1,10	,30
EB1 de Santa Apolónia	*	,10	*	,20	.	.	.	.	.	.	.	.	*	,20	*	,40
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	.	.	*	*	*	*	.	.	.	.	,15	,15	,30	,30
EB1 de Olivais	,20	,20	,30	,30	.	.	.	.	.	.	.	.	*	,20	*	,30
E.B 2,3 Martim de Freitas	.	.	.	.	*	*	*	*	.	.	.	.	,15	,15	,30	,30
EB1 da Conchada	,05	,40	,10	,70	,05	,20	,10	,30	.	.	.	.	,05	,20	,10	,30
EB1 de Santa Cruz	,05	,10	,10	,20	*	,10	*	,20	.	.	.	.	*	,20	*	,30

Legenda: (a) - Média; (b) - Máximo; * - valor inferior a 0,001

Verificámos que as concentrações médias de CO eram inferiores à CMR. Não existiam igualmente, registos de concentrações máximas acima do valor da CMR.

Constatámos que na estação de outono/inverno no interior das salas de aula a concentração média de CO (0,42ppm) foi superior à concentração média verificada no exterior (0,33ppm). Relativamente à primavera/verão a concentração média nas salas de aula (0,14ppm) foi ligeiramente inferior à encontrada no exterior (0,21ppm).

No quadro seguinte apresentamos a variação do poluente CO face ao valor de referência estabelecido por lei em função dos locais e agrupamentos escolares.

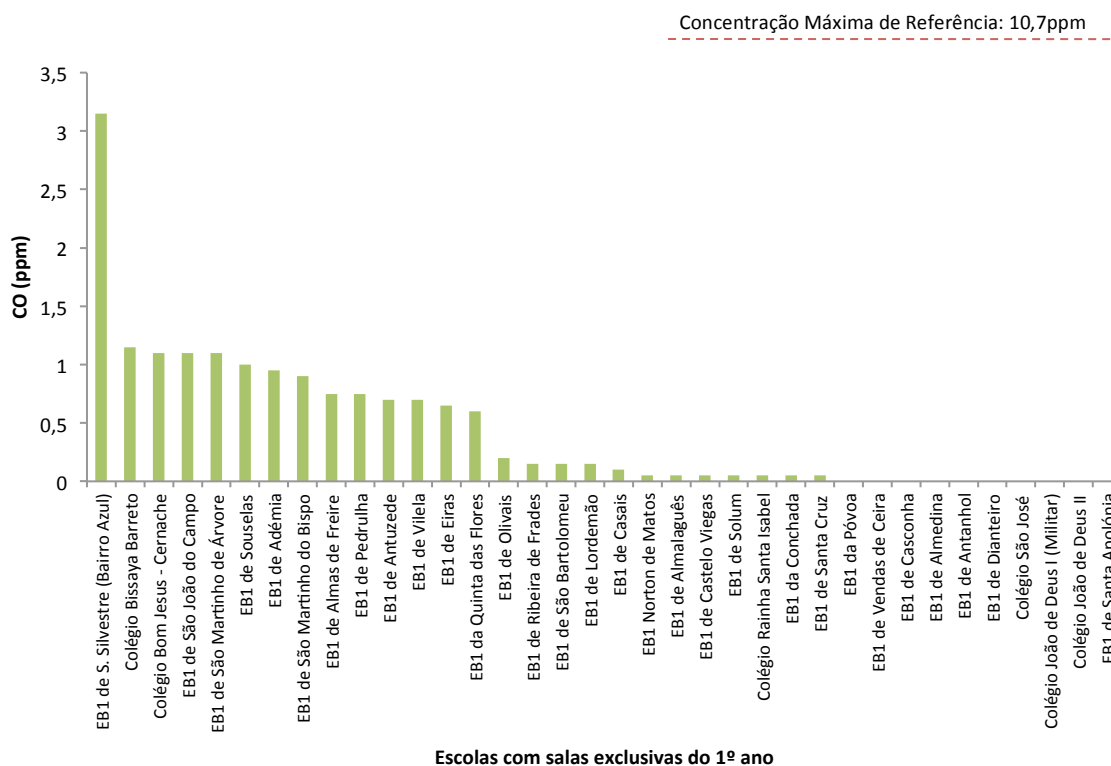
Quadro 14: Distribuição dos valores da concentração média do CO, face aos valores de referência do DL 79/2006, em função dos diferentes locais e das diferentes estações do ano

	Valor de Referência 10,7ppm (DL 79/2006)	Valor Médio CO outono/inverno	Valor Médio CO primavera/verão
		M ± DP	M ± DP
Local de recolha	Salas de aula exterior	0,42 ± 0,526*	0,14 ± 0,12*
		0,33 ± 0,32*	0,21 ± 0,19*
Agrupamento de Escolas	Silva Gaio	0,09 ± 0,08*	0,33 ± 0,37*
	Inês de Castro	0,65 ± 0,41*	0,18 ± 0,09*
	Pedrulha	0,58 ± 0,33*	0,14 ± 0,06*
	São Silvestre	1,01 ± 0,59*	0,23 ± 0,12*
	Alice Gouveia	0,22 ± 0,21*	0,17 ± 0,08*
	Ceira	0,05 ± 0,04*	0,15 ± 0,10*
	Eugénio de Castro	0,06 ± 0,08*	0,08 ± 0,07*
	Martim de Freitas	0,06 ± 0,06*	0,18 ± 0,10*
	Taveiro	0,10 ± 0,11*	0,10 ± 0,06*
	Colégio/Escola - Privado	0,32 ± 0,44*	0,13 ± 0,14*
Local da medição	1º ano	0,44 ± 0,627	0,15 ± 0,10*
	4º ano	0,39 ± 0,445	0,15 ± 0,15*
	1 e 4 anos juntos	0,45 ± 0,433	0,12 ± 0,07*
	Exterior	0,33 ± 0,329	0,21 ± 0,19*

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; *p<0,0001.
Teste t-Student para 1 amostra.

Como podemos observar, segundo o DL 79/2006, de 4 de abril, os valores de CO estimados, quer nas salas de aula quer no exterior, dos espaços frequentados pelos estudantes do 1.º e 4.º ano do ensino básico, e numa visão global de agrupamento de escolas, foram em média significativamente inferiores face ao limite permitido de 10,7ppm.

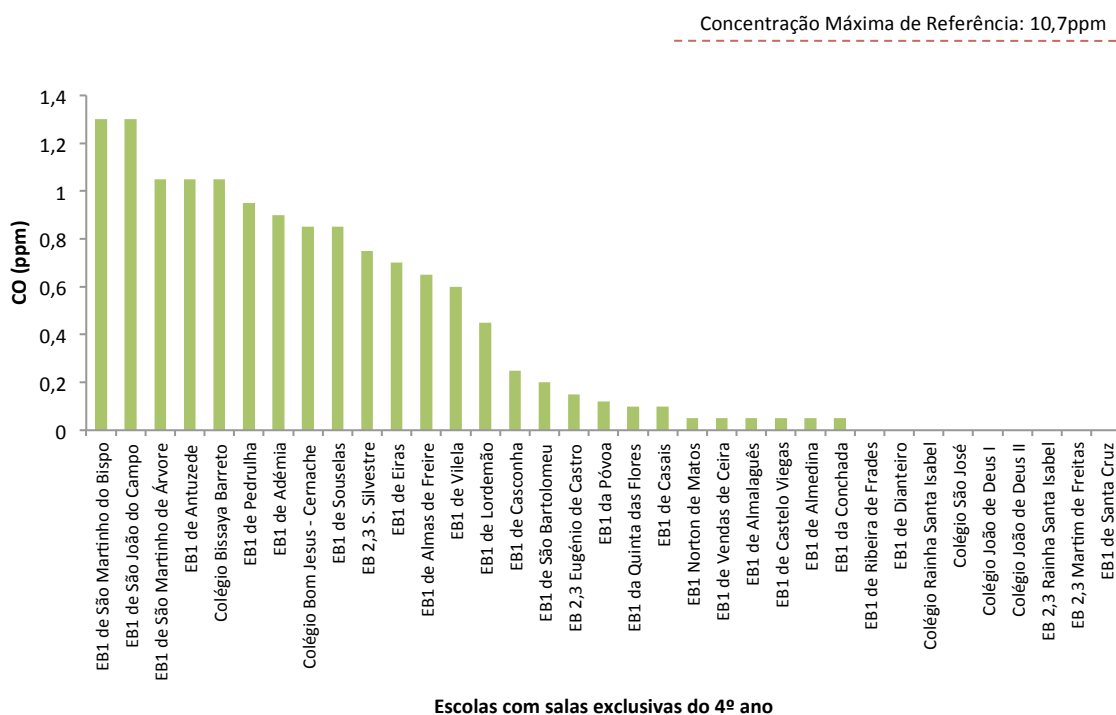
Podemos observar no gráfico 18 a concentração média encontrada nas salas de aula do 1ºano, na estação de outono/inverno.

Gráfico 18: Concentração média de CO em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)

Na estação de outono/inverno, no interior das salas de aula do 1º ano, os valores mais elevados verificaram-se na EB1 de Bairro Azul (3,15ppm), Colégio Bissaya Barreto (1,15ppm) seguidos do Colégio Bom Jesus, EB1 de São João do Campo e EB1 de São Martinho de Árvore, todas com 1,10ppm.

No gráfico 19, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 4º ano, na estação de outono/inverno.

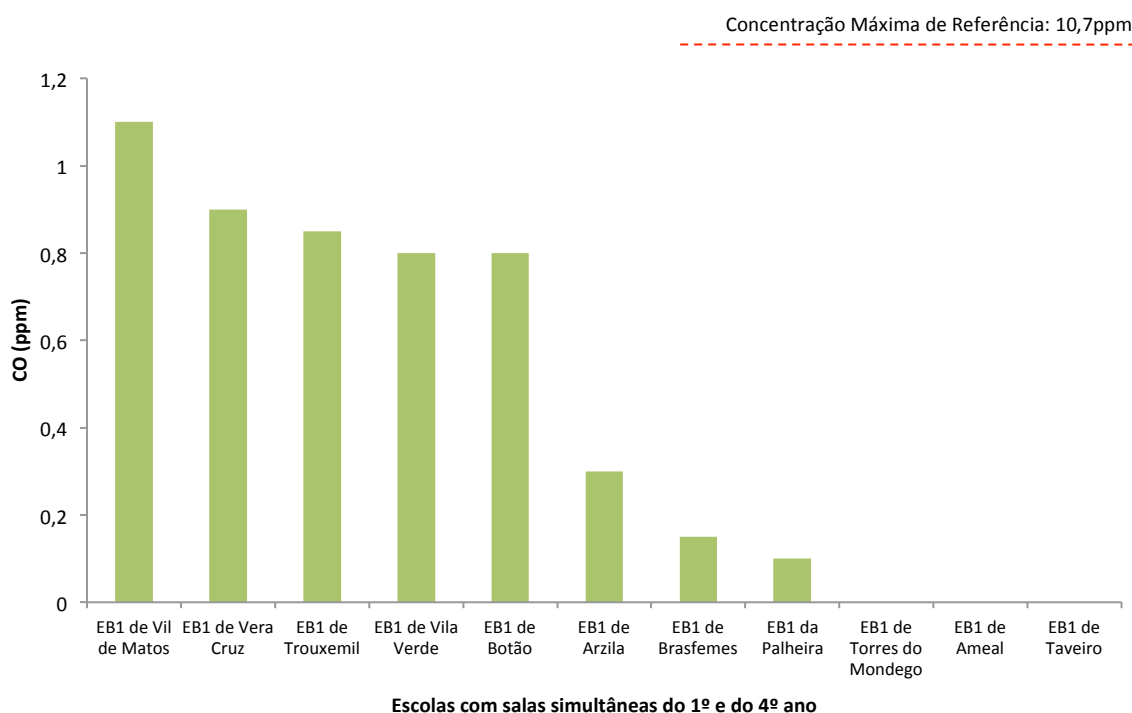
Gráfico 19: Concentração média de CO em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)



Nas salas do 4º ano a concentração média mais elevada de CO verificou-se na EB1 de São Martinho do Bispo e EB1 de São João do Campo (1,30ppm) seguido da EB1 de São Martinho de Árvore, EB1 de Antuzede e Colégio Bissaya Barreto, todas com 1,05ppm.

No gráfico 20, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 1º e 4º ano lecionados em conjunto, na estação de outono/inverno.

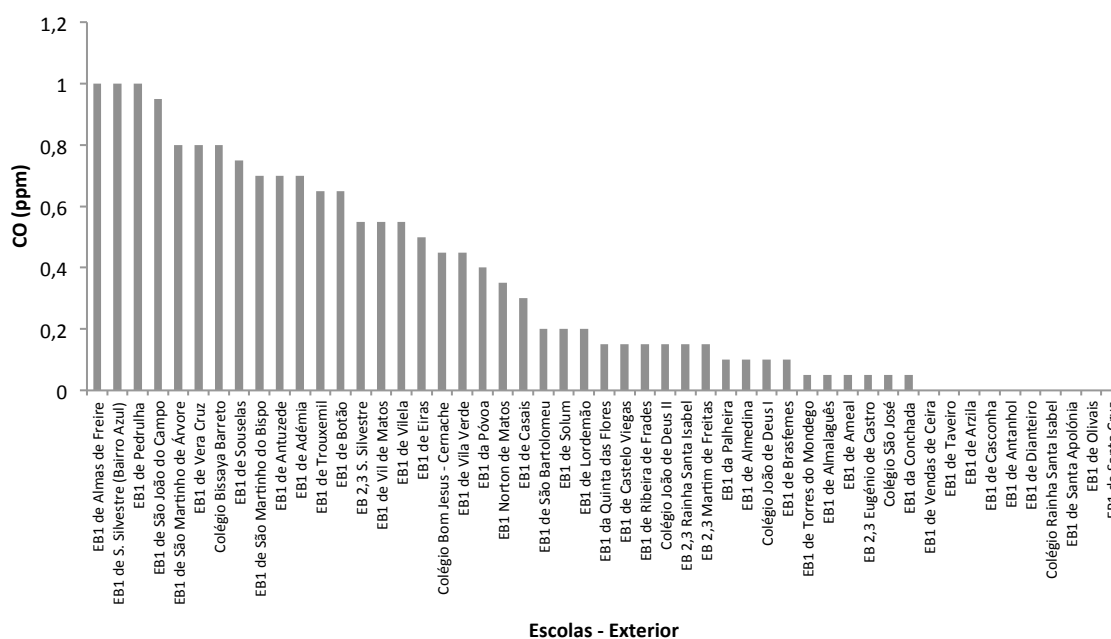
Gráfico 20: Concentração média de CO em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)



Na EB1 de Vil de Matos que lecionava o 1º e 4º anos juntos numa sala, verificámos uma concentração média de 1,10ppm.

No gráfico 21, podemos observar a concentração média encontrada no exterior das escolas, na estação de outono/inverno.

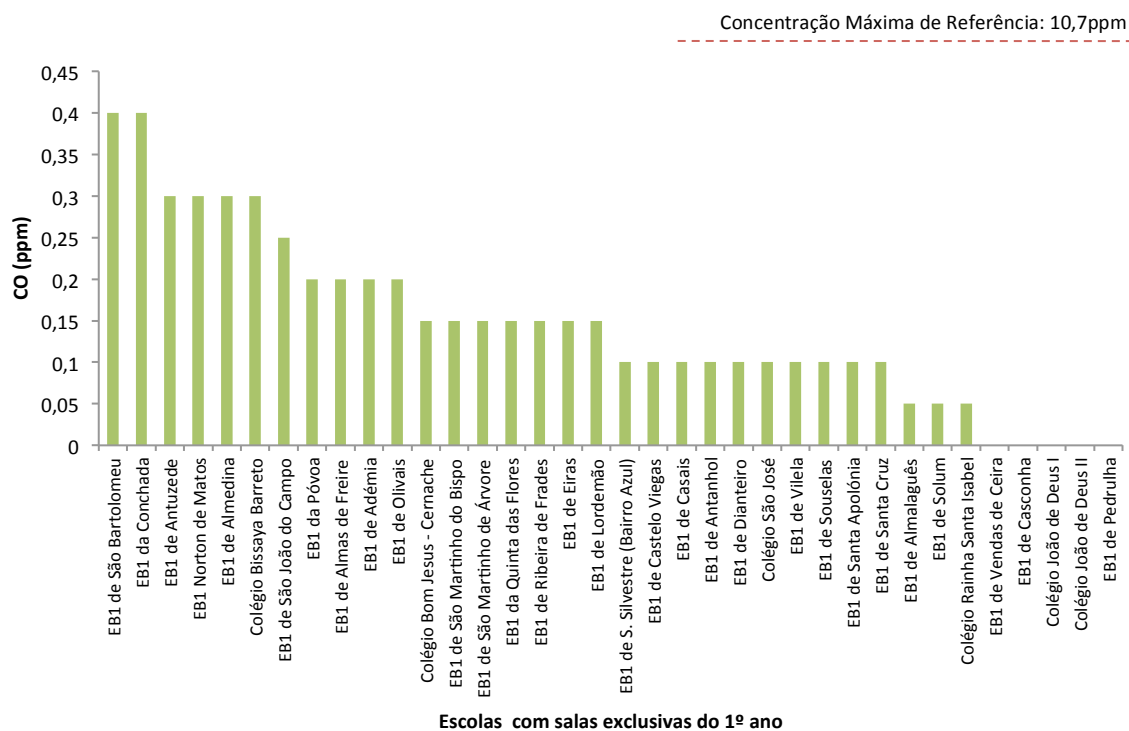
Gráfico 21: Concentração média de CO no exterior das escolas (outono/inverno)



Verificámos que a concentração média de CO no exterior das escolas, no outono/inverno, apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

Podemos observar no gráfico 22 a concentração média encontrada nas salas de aula do 1º ano, na estação de primavera/verão.

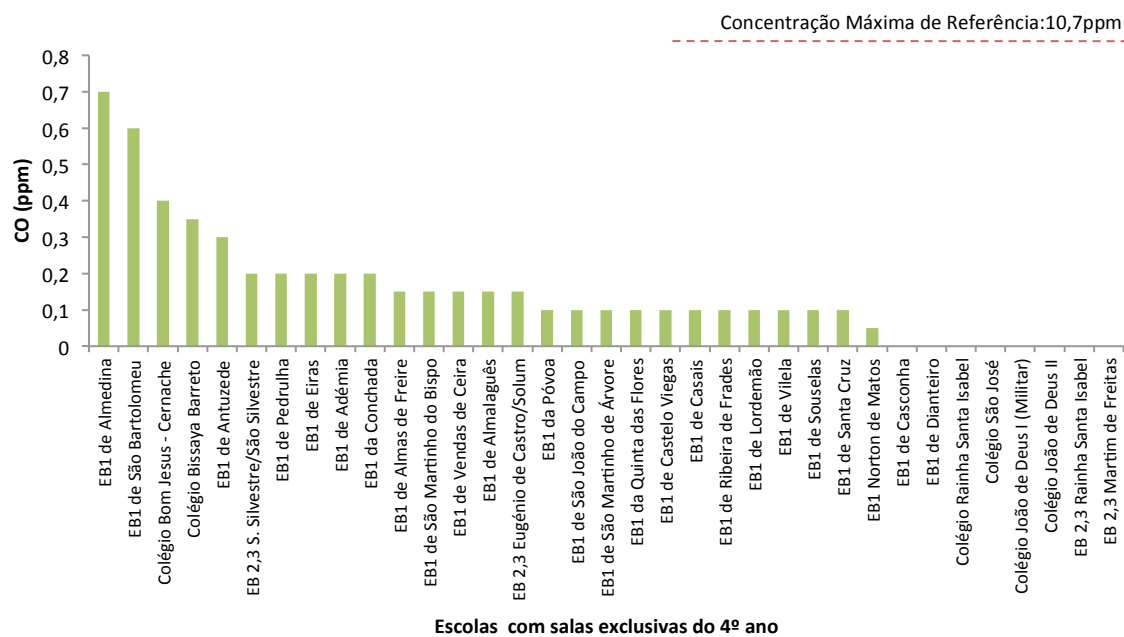
Gráfico 22: Concentração média de CO em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)



Na estação de primavera/verão, no interior das salas de aula do 1º ano, os valores mais elevados verificaram-se na EB1 de São Bartolomeu e EB1 de Casconha.

No gráfico 23, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 4º ano, na estação de primavera/verão.

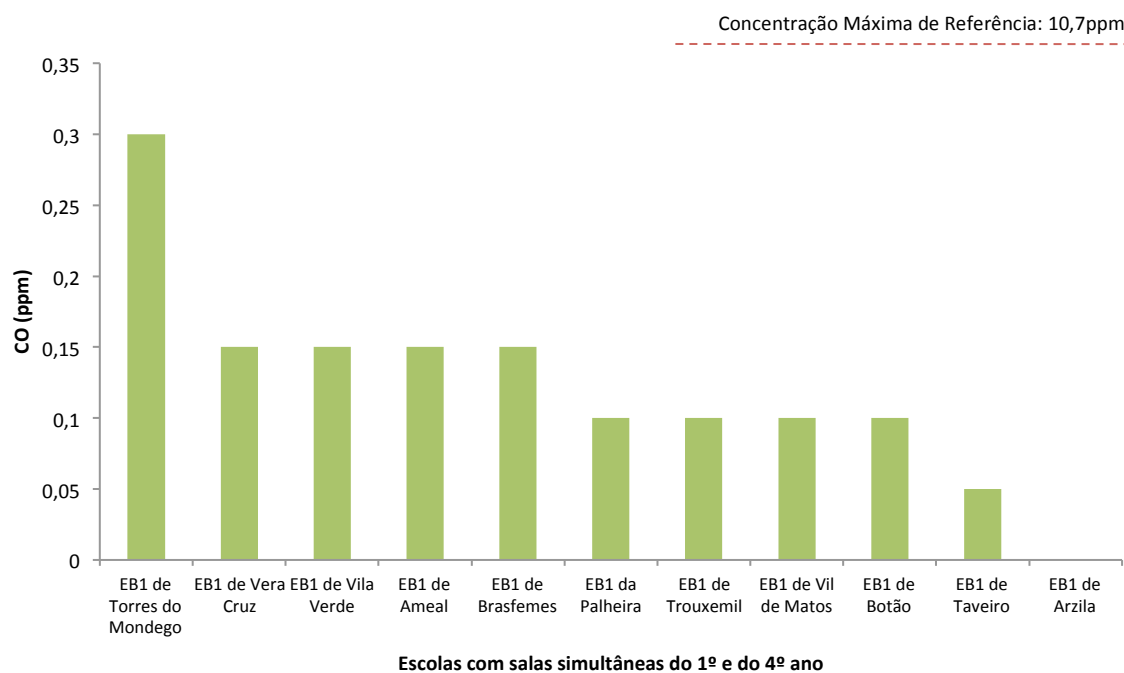
Gráfico 23: Concentração média de CO em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)



A sala do 4º ano, que revelou valores médios mais elevados de CO, na primavera/verão, foi a EB1 de Almedina.

No gráfico 24, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 1º e 4º ano lecionados em conjunto, na estação de primavera/verão.

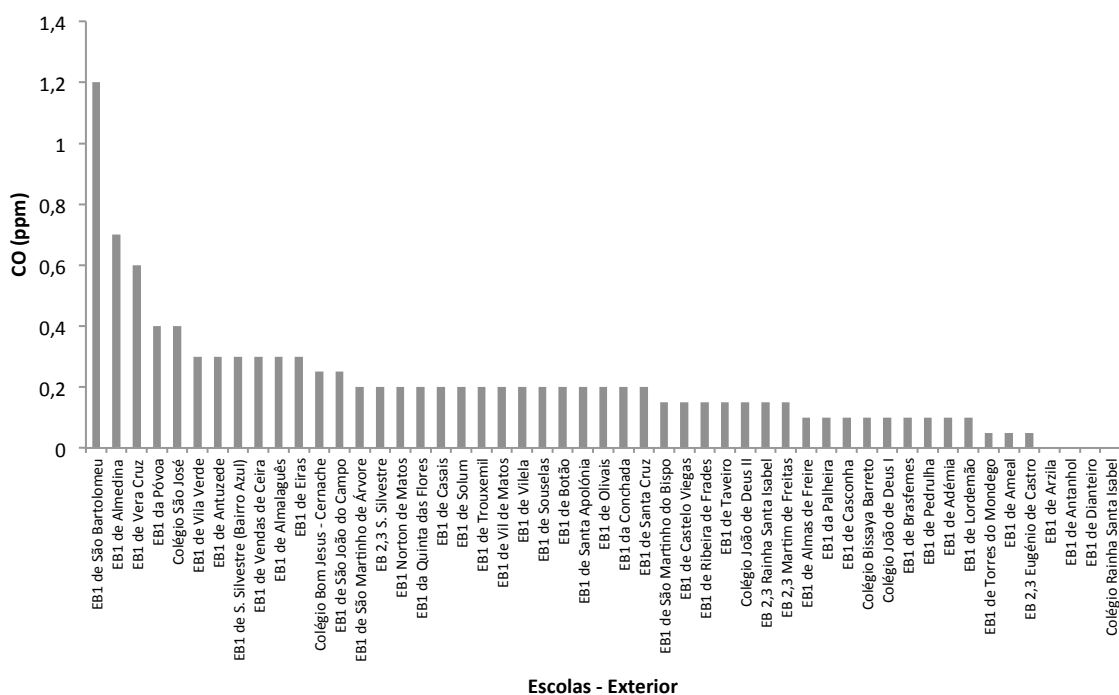
Gráfico 24: Concentração média de CO em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)



Podemos observar, no gráfico 24, que a sala do 4º ano que revelou valores médios mais elevados de CO, na primavera/verão, foi a EB1 de Torres do Mondego.

No gráfico 25, podemos observar a concentração média verificada no exterior das escolas, na estação de primavera/verão.

Gráfico 25: Concentração média de CO no exterior das escolas (primavera/verão)



Verificámos que a concentração média de CO no exterior das escolas, na primavera/verão, apresentou valores médios superiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

6.2.1.4. Concentração de CO₂

Tendo em consideração o DL 79/2006, de 4 de abril, e a CMR referenciada para o CO₂ (984ppm), apresentamos o quadro 15. Este, apresenta os valores da concentração média e máxima de CO₂ (ambos em ppm) estimados em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano.

Quadro 15: Concentração média e máxima de CO₂ por estação do ano

	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	CO ₂ (a) Out/InV	CO ₂ (a) Pri/Ver	CO ₂ (b) Out/InV	CO ₂ (b) Pri/Ver	CO ₂ (a) Out/InV	CO ₂ (a) Pri/Ver	CO ₂ (b) Out/InV	CO ₂ (b) Pri/Ver	CO ₂ (a) Out/InV	CO ₂ (a) Pri/Ver	CO ₂ (b) Out/InV	CO ₂ (b) Pri/Ver	CO ₂ (a) Out/InV	CO ₂ (a) Pri/Ver	CO ₂ (b) Out/InV	CO ₂ (b) Pri/Ver
C Bom Jesus	1209	1278	1661	1628	2067,5	1014	2333	1158	.	.	.	.	457,5	449	504	443
EB1 Póvoa	1922,5	703	2340	793	1090,5	1304	1445	1520	.	.	.	.	434	393	451	423
EB1 A Freire	1750	863	1827	975	2396,5	1195	2684	1510	.	.	.	.	465	388	485	423
EB1 S M. Bispo	1276	878	1686	1110	1547	1255	2252	1360	.	.	.	.	409	394	412	424
EB1 S J Campo	2032,5	1848	2156	2105	1803	1768	2240	1841	.	.	.	.	413	431	416	481
EB1 S M Árvore	700,5	1416	861	1635	2974	2174	3209	2328	.	.	.	.	423	434	440	460
EB1 Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	1051	823	1177	907	417	445	420	866
EB1 Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	1161	965	1278	1092	409	381	415	400
EB1 Antuzede	853	1127	996	1248	1057	1217	1155	1285	.	.	.	.	418	428	421	485
EB1 Bairro Azul	1757	724	1902	796	.	.	.	.	.	.	.	.	434	387	448	405
EB 2,3 S.Silvestre	.	.	.	.	977,5	876	1020	1178	.	.	.	.	419	444	421	446
EB1 N Matos	1412,5	647	1654	724	1886	812	2167	990	.	.	.	.	396	397	402	407
EB1 Q. Flores	4558	880	5320	1085	1413,5	2679	1608	2903	.	.	.	.	454	389	465	393
EB1 V.de Ceira	2528	881	2767	1045	2324	685	2545	799	.	.	.	.	446	499	475	650
EB1 T Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	1466,5	870	1743	999	438	391	497	407
EB1 Almalaguês	1426	720,0	1900,0	985,0	1532,5	2545,0	2100,0	3337,0	.	.	.	.	471,5	384	520	386
EB1 de C. Viegas	964,5	828,0	1099,0	878,0	844,5	842,0	1014,0	989,0	.	.	.	.	427,5	379	487	445
EB1 de Casais	1034,5	635	1181	783	1004	1466	1199	1814	.	.	.	.	394	390	404	395
EB1 de R. Frades	1133,5	1896	1225	2021	521	737	567	828	.	.	.	.	412,5	400	425	421
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	1096,5	792	1250	923	400,5	381	413	394
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	888,5	679	965	770	400	378	407	424
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	1671	1210	1941	1386	400,5	373	412	373
EB1 da Palmeira	.	.	.	.	.	.	.	.	1451	1311	1678	1353	435	462	470	475
EB1 de Casconha	1296	2078	1518	2585	2754	614	2869	755	.	.	.	.	399,5	377	419	380
EB1 de Almedina	730,5	526	919	593	1973	1728	2683	2253	.	.	.	.	429	397	483	411
EB1 S Bartolom.	2118,5	1058	2240	1225	2327	637	2421	737	.	.	.	.	395	395	403	425
EB1 de Antanhol	1296	688	1518	746	.	.	.	.	.	.	.	.	387,5	386	390	399
EB1 de Dianteiro	803,5	1198	876	1292	855	998	1133	1227	.	.	.	.	398	404	401	443
EB1 de Solum	2614,5	652	3265	737	.	.	.	.	.	.	.	.	461	384	468	414
EB 2,3 E. de Castro	.	.	.	.	1099,5	465	1305	531	.	.	.	.	568	380	636	386
C. R. S. Isabel	3057,5	999	3280	1344	2780,5	1394	3156	1581	.	.	.	.	445	390	450	395
Colégio São José	1193	986	1378	1189	2205	1389	2431	1673	.	.	.	.	393	399	421	462
C. B. Barreto	2471,5	4046	2857	4356	1388,5	2137	1823	3861	.	.	.	.	446	397	473	449
C. J. de Deus I	644,5	684	713	768	558	756	634	805	.	.	.	.	401	415	433	499
C. J. de Deus II	770	769	907	962	1231,5	988	1463	999	.	.	.	.	466	386	481	394
EB1 Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	1689	725	1852	808	425,5	418	453	427
EB1 de Pedrulha	1020	1643	1110	1865	1174,5	1247	1286	1312	.	.	.	.	413	388	430	402
EB1 de Eiras	1190	1026	1359	1077	1286	2305	1803	2393	.	.	.	.	432,5	422	466	450
EB1 de Adémia	1587,5	1078	1791	1185	2743,5	1581	3033	1616	.	.	.	.	418	418	426	456
EB1 Lordemão	1081,5	815	1349	901	1257,5	1607	1563	1759	.	.	.	.	406	441	413	494
EB1 Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	1203,5	645	1417	743	376	385	382	403
EB1 Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	2426	1312	2617	1397	381,5	404	390	410
EB1 de Vilela	1258	983	1413	1035	2001	2325	2202	2547	.	.	.	.	466	400	551	417
EB1 de Souselas	2468,5	1578	2730	1730	2889,5	983	3105	999	.	.	.	.	480	389	552	407
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	1457	1406	1564	1500	428,5	394	461	401
EB1 S. Apolónia	1644	881	1774	984	.	.	.	.	.	.	.	.	401,5	390	416	397
EB 2,3 Rainha Sta.Isabel	.	.	.	.	1179	746	1279	847	.	.	.	.	401,5	377	422	380
EB1 de Olivais	1975	608	2036	714	.	.	.	.	.	.	.	.	469,5	373	492	379
EB 2,3 M. Freitas	.	.	.	.	2004	880	2302	983	.	.	.	.	373,5	384	382	403
EB1 Conchada	1515,5	737	1661	790	1290,5	986	1449	1012	.	.	.	.	400,5	387	428	401
EB1 Santa Cruz	1413	557	1598	656	706,5	543	797	660	.	.	.	.	445,5	461	457	494

Legenda: (a) - Média; (b) - Máximo

Por observação da concentração média obtida de CO₂, verificou-se que este parâmetro apresentou resultados muito expressivos. A análise dos resultados evidencia que as concentrações médias de CO₂ no interior das salas de aula encontram-se de uma forma geral bastante acima da CMR, apresentando valores muito significativos, chegando a ultrapassar duas a quatro vezes o valor de CMR.

No quadro 16, podemos observar, as diferentes concentrações médias de CO₂, dos vários Agrupamentos de Escolas, face aos valores estabelecidos por lei em função da estação do ano.

Quadro 16: Distribuição dos valores da concentração média do CO₂, face aos valores de concentração máxima de referência, em função dos diferentes locais e das diferentes estações do ano

Valor de Referência 984ppm (DL 79/2006)		Valor Médio CO ₂ - outono/inverno		Valor Médio CO ₂ - primavera/verão	
		M	± DP	M	± DP
Local de recolha	Salas de aula	1578,16	± 712,486***	1152,80	± 595,414*
	exterior	425,16	± 33,779***	402,71	± 27,091***
Agrupamento de Escolas	Silva Gaio	1230,15	± 843,846	819,77	± 559,528
	Inês de Castro	1254,50	± 717,654	819,22	± 376,403
	Rainha Santa Isabel	1152,87	± 764,849	923,73	± 577,616
	São Silvestre	1017,68	± 736,588	934,59	± 576,749
	Alice Gouveia	1686,67	± 1524,425	967,33	± 863,009
	Ceira	1169,91	± 755,521	820,36	± 606,818
	Eugénio de Castro	971,36	± 764,848	640,14	± 331,444
	Martim de Freitas	1059,35	± 655,834	591,60	± 214,346*
	Taveiro	779,71	± 418,798	778,08	± 496,998
	Colégio/Escola - Privado	1232,50	± 899,971	1048,67	± 882,680
Local da medição	1º ano	1575,17	± 791,251***	1080,94	± 642,457
	4º ano	1632,64	± 707,493***	1282,23	± 602,939**
	1º e 4º anos juntos	1414,64	± 422,946**	976,18	± 281,810
	Exterior	425,16	± 33,779***	402,71	± 27,091***

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001.

Teste t-Student para 1 amostra.

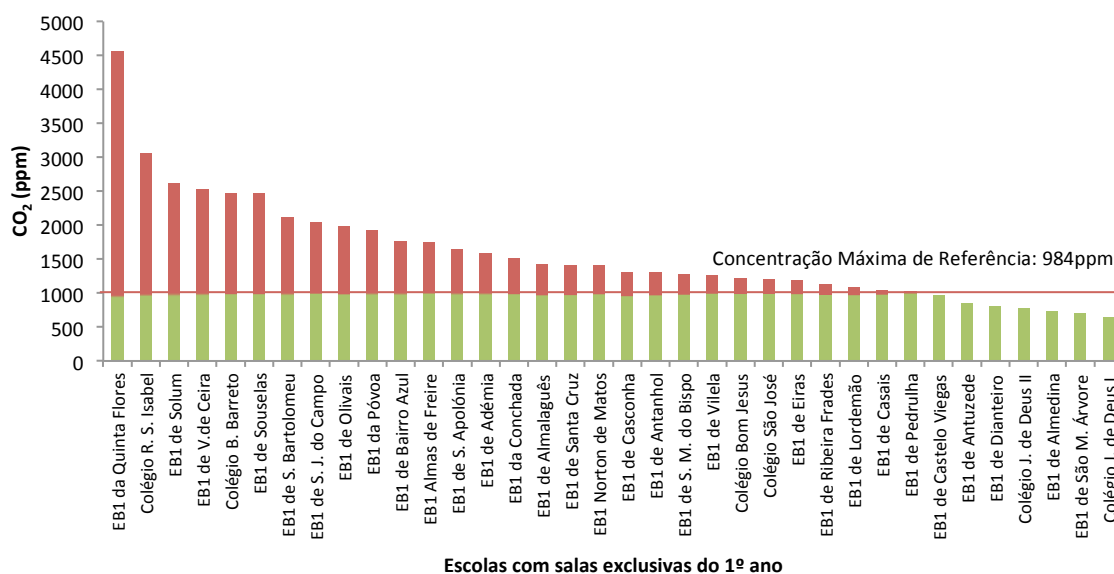
Verificámos diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos nas salas de aula e o exterior, na estação do outono/inverno e de primavera/verão, perante o valor de referência. Uma análise mais pormenorizada permite observar que o CO₂ nos locais fechados (salas de aula) quer sejam avaliados na estação de outono/inverno ou de primavera/verão ultrapassaram, em média e de forma significativa, o valor de referência permitido por lei. Porém, ao nível do ar ambiente (exterior) os valores obtidos são significativamente inferiores.

Quando avaliamos o valor de CO₂ obtido pelo agrupamento de escolas, verificámos que existiram diferenças estatisticamente significativas, na estação de primavera/verão, no agrupamento de escolas Martim de Freitas, no entanto, esse valor encontra-se abaixo do valor de referência (591,60ppm). Apesar de não existirem diferenças significativas, constatámos que quase todos os agrupamentos revelaram, em média, na estação do ano outono/inverno, valores superiores ao permitido por lei. Só as escolas dos agrupamentos de Eugénio de Castro e Taveiro revelaram valores médios inferiores ao estipulado por lei. Porém, quando avaliamos o mesmo poluente, na estação primavera/verão, quase todos os agrupamentos revelaram estar abaixo do permitido por lei à exceção dos colégios/escolas privados que revelaram ter, em média, valores superiores face ao legislado (1048,67ppm).

Quando avaliamos o poluente CO₂ em função dos espaços a que os estudantes pertencem (sala do 1º ano, sala do 4.º ano e sala do 1.º e 4.º ano em conjunto), durante a estação outono/inverno, verificámos que a concentração média é significativamente superior ao permitido por lei. Na sala do 4º ano, a concentração média de CO₂ encontrada foi de 1632,64ppm. Na primavera/verão, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas, nas salas do 4º ano (p<0,001). Apesar de não existirem diferenças significativas nas restantes salas de aula, constatámos que os valores obtidos nas salas em que era ministrado o 1º e 4º anos em conjunto revelaram, em média, valores inferiores ao permitido por lei.

Podemos observar no gráfico 26, a concentração média encontrada nas salas de aula do 1º ano, na estação de outono/inverno.

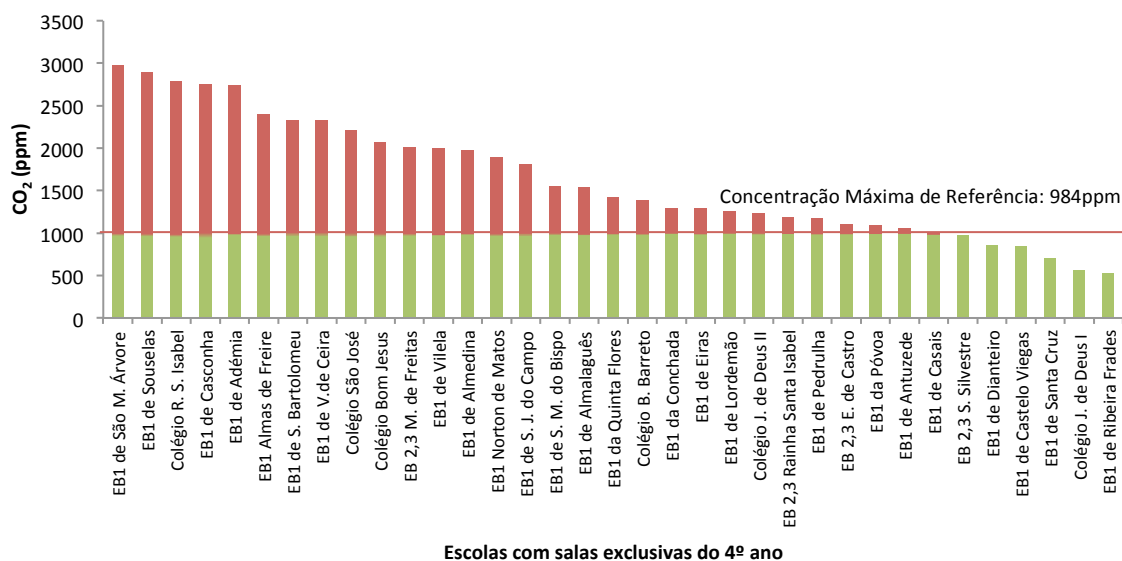
Gráfico 26: Concentração média de CO₂ em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)



Na primeira fase, outono/inverno, no interior das salas de aula do 1º ano, os valores de concentração médios mais elevados (>2000ppm) verificaram-se nas salas de aula do 1º ano da EB1 de Quintas das Flores (4558ppm), EB1 da Solum (2614,50ppm), Colégio Bissaya Barreto (2471,50ppm) e na EB1 de São João do Campo (2032,50ppm). Constatámos que existiam 29 salas de aula em que a concentração média se encontrava acima da CMR.

No gráfico 27, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 4º ano, na estação de outono/inverno.

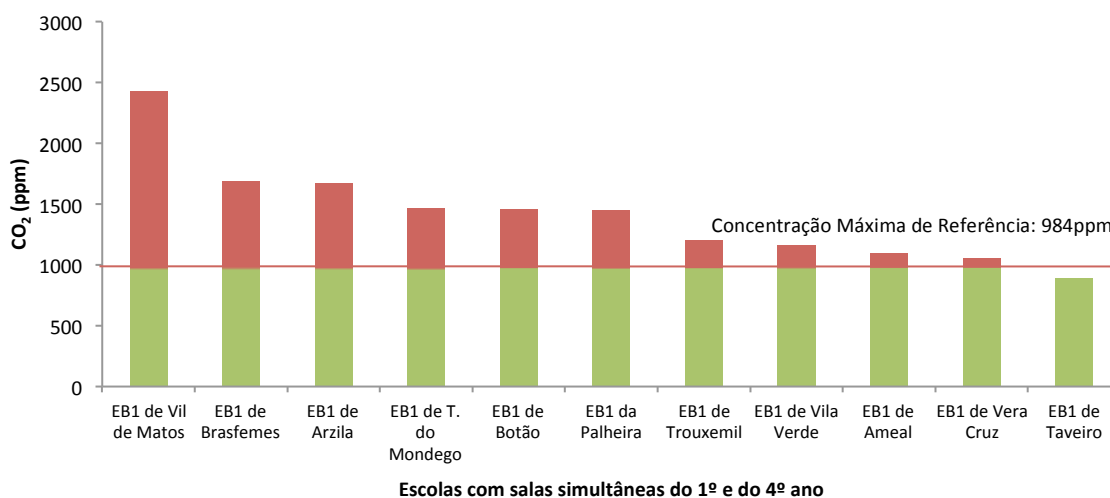
Gráfico 27: Concentração média de CO₂ em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)



Nas salas de aula do 4º ano as concentrações médias mais elevadas verificaram-se na EB1 de São Martinho da Árvore (2974ppm), EB1 de Souselas (2889,50ppm), EB1 de Casconha (2754ppm), EB1 de Adémia (2743,50ppm), EB1 de Almas de Freire (2396,50ppm), Colégio São José (2205ppm), Colégio Bom Jesus (2067,50ppm) e EB1 de Vilela (2001ppm). Constatámos que também existiam 29 salas de aula em que a concentração média se encontrava acima da CMR.

No gráfico 28, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula em que o 1º e o 4º ano, eram lecionados em simultâneo, na estação de outono/inverno.

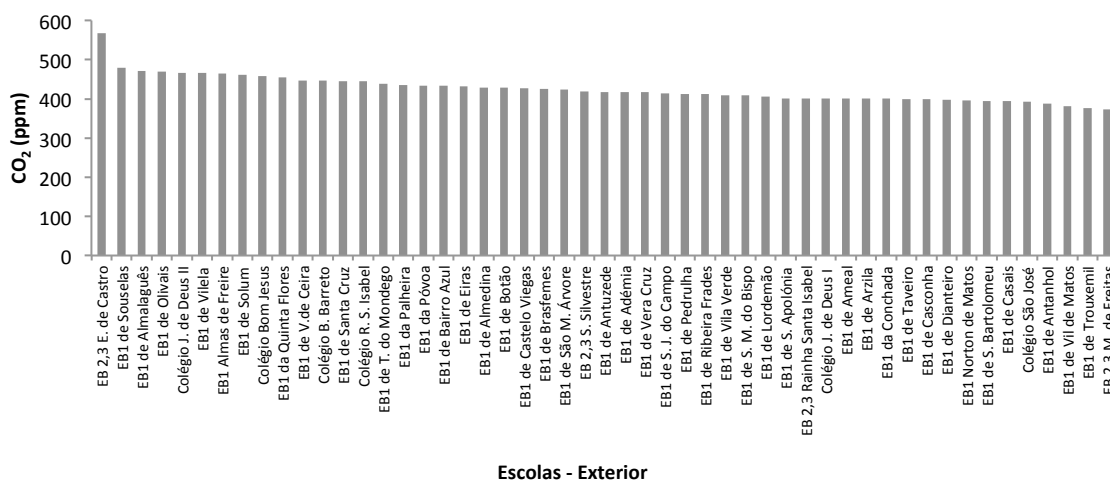
Gráfico 28: Concentração média de CO₂ em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)



Pela análise do gráfico anterior podemos verificar que existiam 10 salas de aula que lecionavam o 1º e o 4º ano em simultâneo com concentração média de CO₂ acima da CMR.

No gráfico 29, podemos observar a concentração média encontrada no ar ambiente, na estação de outono/inverno.

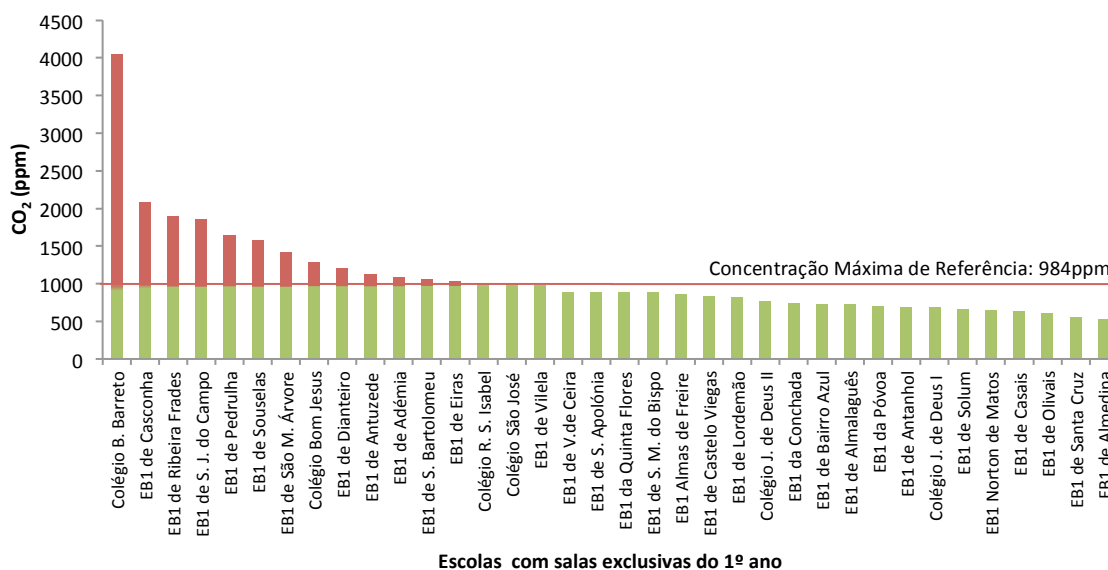
Gráfico 29: Concentração média de CO₂ no exterior das escolas (outono/inverno)



Verificámos que a concentração média de CO₂ no exterior das escolas, no outono/inverno apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

No gráfico 30, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 1º ano, na estação de primavera/verão.

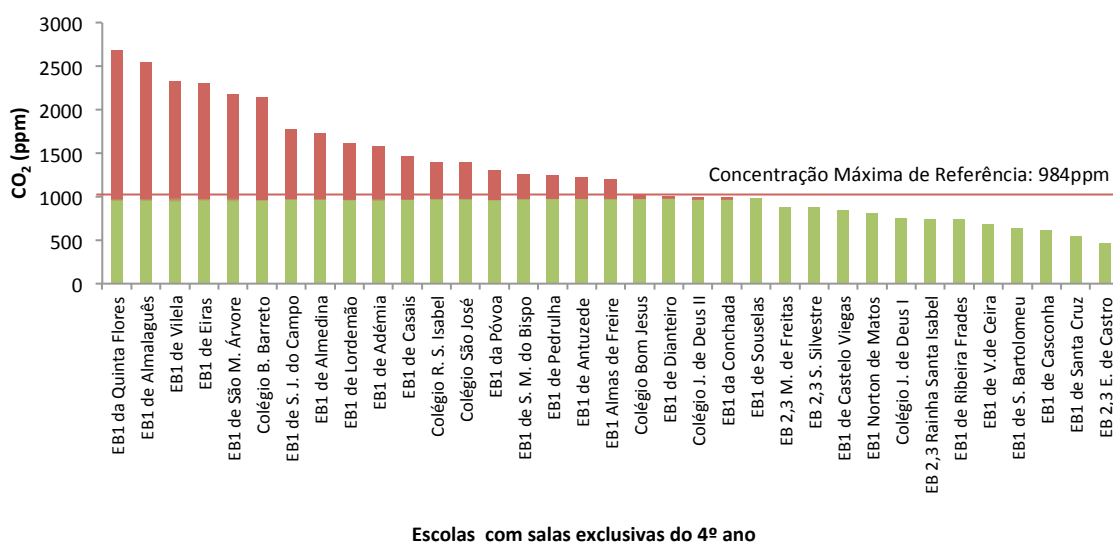
Gráfico 30: Concentração média de CO₂ em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)



Pela análise do gráfico 30 podemos verificar que existiam 15 salas de aula do 1º ano com concentração média de CO₂ acima da CMR, na primavera/verão.

No gráfico 31, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 4º ano.

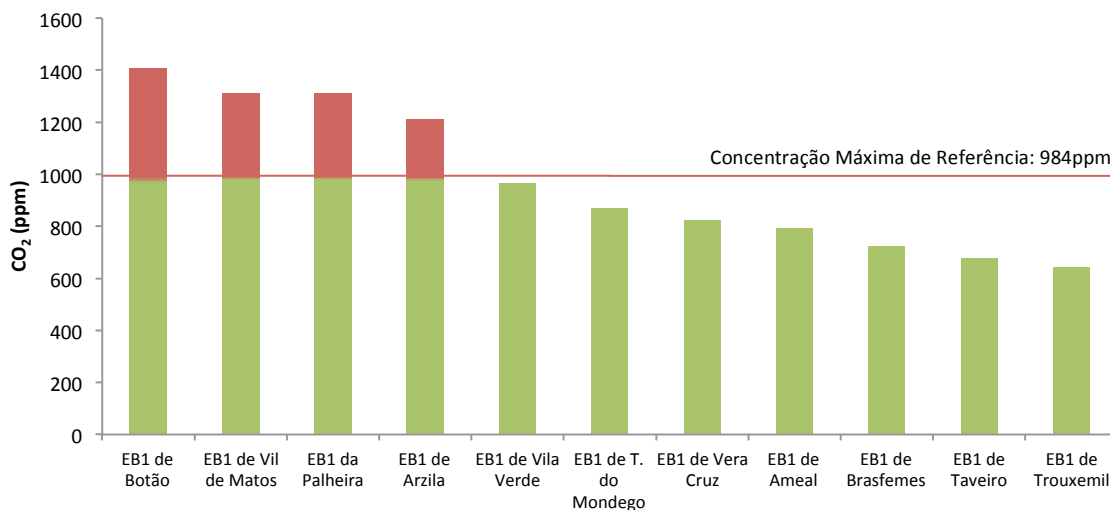
Gráfico 31: Concentração média de CO₂ em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)



Constatámos que também existiam 22 salas de aula do 4º ano em que a concentração média se encontrava acima da CMR.

No gráfico 32, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula em que o 1º e o 4º ano, eram lecionados em simultâneo, na estação de primavera/verão.

Gráfico 32: Concentração média de CO₂ em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)

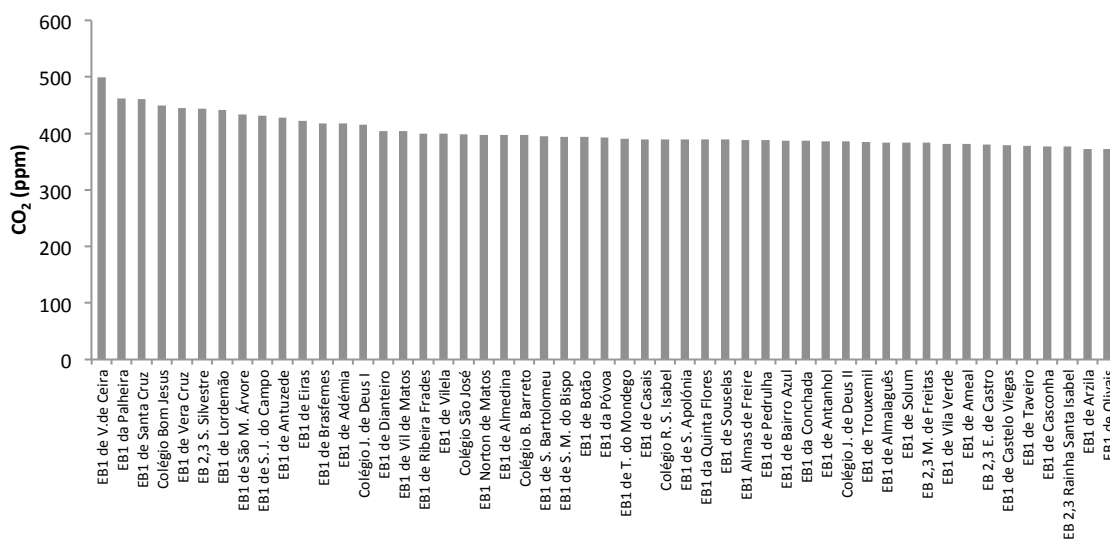


Escolas com salas simultâneas do 1º e do 4º ano

Pela análise do gráfico 32 podemos verificar que existiam 4 salas de aula que lecionavam o 1º e o 4º ano em simultâneo com concentração média de CO₂ acima da CMR, na primavera/verão.

No gráfico 33, podemos observar a concentração média encontrada no ar ambiente, na estação de primavera/verão.

Gráfico 33: Concentração média de CO₂ no exterior das escolas (primavera/verão)



Escolas - Exterior

Verificámos que a concentração média de CO₂ no exterior das escolas, na primavera/verão, também apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

Em suma, constatámos que das 82 salas de aula monitorizadas, no outono/inverno, 68 salas apresentaram concentrações médias de CO₂ acima da CMR. Na primavera/verão, o número de salas de aula com concentrações médias acima da CMR diminuiu relativamente à 1ª fase de avaliação (passámos a ter 41 salas de aula com concentrações médias de CO₂ acima da CMR). Ao compararmos a concentração média, no interior das salas de aula, verificámos que esta passou de 1701,33ppm no outono/inverno para 1232,38ppm na primavera/verão. Constatámos igualmente que as concentrações médias de CO₂ nas salas de aula, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, foram muito superiores às concentrações encontradas no exterior (418,87ppm no outono/inverno e 402,59ppm na primavera/verão).

6.2.1.5. Concentração de COVs

Tendo em consideração a CMR dos COVs, 0,26ppm (260ppb) referida no DL 79/2006, de 4 de abril, apresentamos o quadro 17. Neste quadro podemos observar os valores da concentração média e máxima (ambos em ppb) de COVs encontrados em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano.

Quadro 17: Concentração média e máxima de COVs por estação do ano

	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	COV (a) Out/Inv	COV (a) Prim/Ver	COV (b) Out/Inverno	COV (b) Prim/Ver	COV (a) Out/Inv	COV (a) Prim/Ver	COV (b) Out/Inv	COV (b) Prim/Ver	COV (a) Out/Inv	COV (a) Prim/Ver	COV (b) Out/Inv	COV (b) Prim/Ver	COV (a) Out/Inv	COV (a) Prim/Ver	COV (b) Out/Inv	COV (b) Prim/Ver
Colégio Bom Jesus	37,5	110,0	52,0	170,0	140,5	80,0	152,0	50,0	.	.	.	.	21,0	12,5	37,0	20,0
EB1 da Póvoa	96,5	10,0	125,0	20,0	14,5	40,0	26,0	80,0	.	.	.	.	45,0	30,0	90,0	60,0
EB1 de Almas Freire	132,5	170,0	220,0	290,0	75,0	115,0	95,0	230,0	.	.	.	.	76,5	168,0	99,0	610,0
EB1 de S. M. do Bispo	29,95	15,0	59,0	30,0	45,0	35,0	90,0	70,0	.	.	.	.	14,5	30,0	29,0	60,0
EB1 de S. J. do Campo	80,0	180,0	160,0	300,0	100,0	190,0	200,0	320,0	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de S. M. Árvore	96,0	80,0	192,0	140,0	150,0	192,0	300,0	810,0	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	137,5	150,0	265,0	290,0	*	2,5	*	5,0
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	220,0	110,0	440,0	220,0	*	*	*	*
EB1 de Antuzede	23,0	70,0	46,0	140,0	25,0	90,0	50,0	180,0	.	.	.	.	65,0	*	130,0	*
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	33,0	125,0	62,0	140,0	.	.	.	.	.	.	.	.	36,5	14,0	65,0	28,0
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	.	63,0	29,0	126,0	58,0	.	.	.	.	*	30,0	*	58,0
EB1 Norton Matos	30,0	*	60,0	*	50,0	*	100,0	*	.	.	.	.	5,0	*	10,0	*
EB1 Quinta das Flores	137,0	115,0	274,0	230,0	74,0	56,0	148,0	160,0	.	.	.	.	165,0	150,0	330,0	300,0
EB1 de Vendas de Ceira	83,0	300,0	116,0	600,0	76,0	102,0	110,0	950,0	.	.	.	.	*	20,0	*	150,0
EB1 de Torre do Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	110,0	155,0	140,0	184,0	*	35,0	*	990,0
EB1 de Almalaguês	40,0	87,0	50,0	130,0	23,0	198,0	26,0	250,0	.	.	.	.	*	2,0	*	40,0
EB1 de Castelo Viegas	61,0	122,0	89,0	150,0	101,5	132,0	160,0	180,0	.	.	.	.	*	10,0	*	20,0
EB1 de Casais	55,0	32,0	100,0	110,0	41,5	79,0	80,0	130,0	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 Ribeira Frades	35,0	140,0	70,0	170,0	30,5	137,0	50,0	200,0	.	.	.	.	*	25,0	*	50,0
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	7,0	10,0	14,0	70,0	8,0	*	16,0	*
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	*	20,0	*	110,0	*	66,0	*	130,0
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	*	15,0	*	60,0	*	5,0	*	10,0
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	32,5	51,0	60,0	130,0	*	5,0	*	10,0
EB1 de Casconha	200,0	128,0	270,0	160,0	130,0	98,0	200,0	330,0	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Almedina	65,0	*	130,0	*	50,0	36,0	100,0	90,0	.	.	.	.	10,0	80,0	20,0	160,0
EB1 S. Bartolomeu	125,0	38,0	190,0	70,0	50,0	27,0	100,0	110,0	.	.	.	.	*	54,0	*	110,0
EB1 de Antanhol	*	35,0	*	70,0	.	.	.	.	.	.	.	.	*	100,0	*	200,0
EB1 de Dianteiro	*	129,0	*	180,0	*	127,0	*	150,0	.	.	.	.	*	40,0	*	80,0
EB1 de Solum	140,0	*	280,0	*	.	.	.	.	.	.	.	.	40,0	*	80,0	*
EB 2,3 Eugénio Castro	.	.	.	.	145,0	185,0	230,0	370,0	.	.	.	.	80,0	*	160,0	*
Colégio Rainha Santa Isabel	40,0	15,0	80,0	30,0	95,5	25,0	191,0	50,0	.	.	.	.	59,0	90,0	118,0	180,0
Colégio São José	30,0	130,0	60,0	261,0	47,5	150,0	95,0	300,0	.	.	.	.	*	55,0	*	110,0
Colégio Bissaya Barreto	220,0	119,0	440,0	129,0	340,0	130,0	680,0	160,0	.	.	.	.	17,0	101,0	35,0	125,0
Colégio João de Deus I	130,0	150,0	260,0	300,0	185,0	55,0	370,0	80,0	.	.	.	.	230,0	135,0	460,0	270,0
Colégio João Deus II	69,5	130,0	139,0	265,0	125,0	30,0	250,0	60,0	.	.	.	.	30,0	20,0	60,0	40,0
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	150,0	75,0	285,0	150,0	*	122,0	*	263,0
EB1 de Pedrulha	189,5	*	379,0	*	260,0	*	520,0	*	.	.	.	.	25,0	121,0	50,0	242,0
EB1 de Eiras	195,0	60,0	390,0	110,0	160,0	70,0	320,0	100,0	.	.	.	.	*	60,0	*	100,0
EB1 de Adémia	170,0	15,0	340,0	30,0	132,5	99,0	250,0	200,0	.	.	.	.	17,5	131,0	35,0	262,0
EB1 de Lordemão	*	130,0	*	170,0	66,0	104,0	120,0	130,0	.	.	.	.	*	100,0	*	150,0
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	147,5	50,0	295,0	100,0	*	*	*	*
EB1 Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	155,0	160,0	310,0	210,0	*	20,0	*	40,0
EB1 de Vilela	155,0	160,0	310,0	270,0	154,0	270,0	268,0	360,0	.	.	.	.	*	75,0	*	110,0
EB1 de Souselas	142,5	150,0	285,0	190,0	210,0	55,0	290,0	85,0	.	.	.	.	*	65,0	*	100,0
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	165,0	170,0	330,0	240,0	*	10,0	*	20,0
EB1 Santa Apolónia	56,5	100,0	100,0	200,0	.	.	.	.	.	.	.	.	*	40,0	*	80,0
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	.	.	14,5	135,0	29,0	270,0	.	.	.	.	*	150,0	*	340,0
EB1 de Olivais	235,0	130,0	290,0	267,0	.	.	.	.	.	.	.	.	*	115,0	*	230,0
EB 2,3 Martim de Freitas	.	.	.	.	100,0	140,0	140,0	272,0	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 da Conchada	90,0	45,0	180,0	90,0	70,0	25,0	140,0	50,0	.	.	.	.	350,0	20,0	700,0	40,0
EB1 de Santa Cruz	300,0	*	600,0	*	30,0	*	60,0	*	.	.	.	.	300,0	*	600,0	*

Legenda: (a) - Média; (b) - Máximo; * - valor inferior a 0,001

Verificámos que as concentrações médias de COVs encontravam-se, de uma forma geral, significativamente abaixo do valor de referência.

Constatámos que, na estação de outono/inverno, no interior das salas de aula a concentração média de COVs (116,20ppb) foi superior à concentração média verificada no exterior (53,46ppb). Relativamente à primavera/verão, os valores médios nas salas de aula (116,76ppb) foram superiores aos encontrados no exterior (32,35ppb).

Importa referir que nas salas de aula das escolas de Vilela, Olivais, São Martinho da Árvore e Vera Cruz, os valores de concentração máxima quer no outono/inverno quer na primavera/verão foram bastante superiores ao valor de CMR.

A análise dos dados monitorizados demonstra, igualmente, que as concentrações médias de COVs no exterior das salas de aula são mais elevadas no outono/inverno relativamente à primavera/verão.

No quadro seguinte apresentamos a variação dos COVs face ao valor de referência estabelecido por lei em função dos locais e agrupamentos escolares.

Quadro 18: Distribuição dos valores da concentração média dos COVs, face aos valores de referência do DL 79/2006, em função dos diferentes locais e das diferentes estações do ano

Valor de Referência 260ppb (DL 79/2006)		Valor Médio COVs outono/inverno	Valor Médio COVs primavera/verão
		M ± DP	M ± DP
Local de recolha	Interior	97,82 ± 73,72***	90,51 ± 65,66***
	exterior	31,28 ± 73,56***	45,27 ± 50,04***
Agrupamento de Escolas	Silva Gaio	50,96 ± 63,99***	50,15 ± 40,74***
	Inês de Castro	58,82 ± 39,63***	68,11 ± 64,75***
	Rainha Santa Isabel	85,51 ± 85,20***	89,90 ± 62,53***
	São Silvestre	60,52 ± 63,69***	74,26 ± 72,09***
	Alice Gouveia	76,83 ± 62,40**	53,50 ± 65,85**
	Ceira	44,95 ± 43,22***	105,72 ± 90,70***
	Eugénio de Castro	57,85 ± 64,79***	68,71 ± 76,96**
	Martim de Freitas	147,50 ± 135,01*	47,50 ± 57,93***
	Taveiro	14,75 ± 20,01***	44,08 ± 50,49***
	Colégio/Escola - Privado	101,00 ± 92,35***	85,41 ± 49,65***
Local da medição	1º ano	97,84 ± 74,38***	89,44 ± 68,25***
	4º ano	96,41 ± 73,81***	92,45 ± 65,56***
	1º e 4º anos juntos	102,22 ± 78,14***	87,81 ± 63,04***
	Exterior	31,28 ± 73,56***	45,27 ± 50,04***

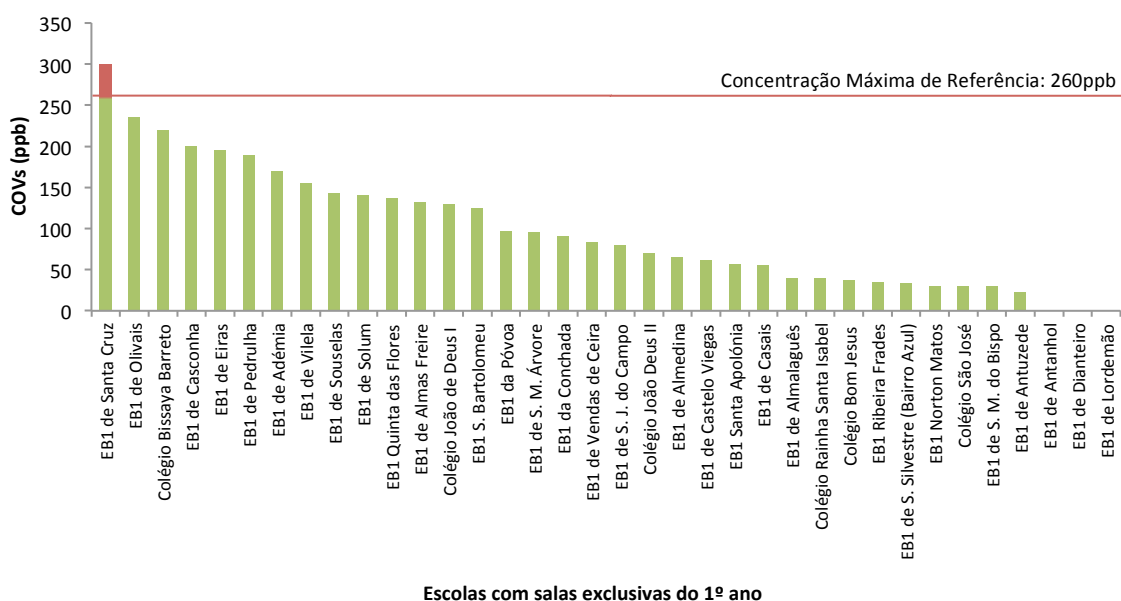
Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001.

Teste *t-Student* para 1 amostra.

Constatámos diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos no interior das salas de aula e no exterior, em ambas as estações do ano, face ao valor de referência. Uma análise mais individualizada possibilita constatar que os COVs nas salas de aula, quer sejam avaliados na estação de outono/inverno ou na primavera/verão, não ultrapassaram, em média e de forma significativa, o valor de referência permitido por lei. Relativamente aos valores estimados no exterior, estes foram significativamente inferiores aos verificados nas salas de aula. Quando avaliamos o valor dos COVs obtido pelo agrupamento de escola, verificámos que existiram diferenças estatisticamente significativas em ambas as estações do ano e em todos os agrupamentos de escolas, no entanto, esse valor encontrava-se abaixo do valor de referência. Quando avaliamos o poluente COVs em função dos espaços a que os estudantes pertenciam (sala do 1º ano, sala do 4.º ano e sala do 1.º e 4.º ano em conjunto), verificámos que existiam diferenças estatisticamente significativas, no entanto, os valores revelaram, em média com valores inferiores à concentração máxima de referência.

Podemos observar, no gráfico 34, a concentração média encontrada nas salas de aula do 1º ano, na estação de outono/inverno.

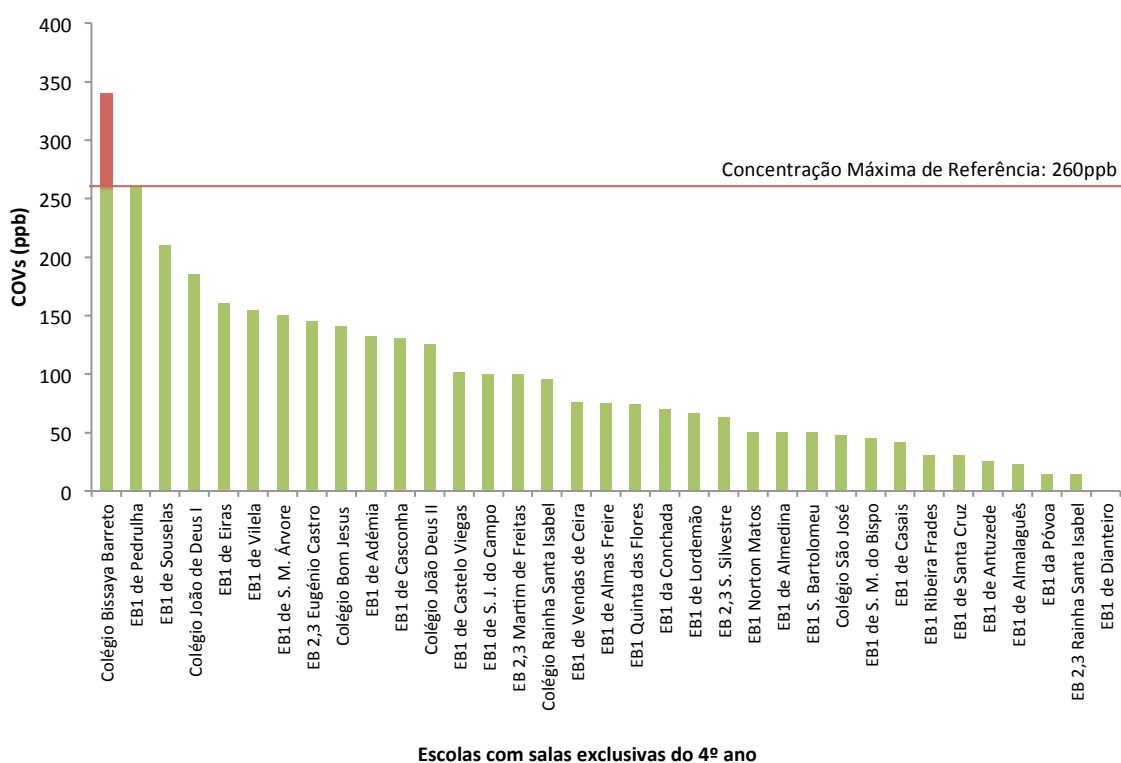
Gráfico 34: Concentração média de COVs em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)



Na estação de outono/inverno, apenas uma sala de aula do 1º ano de escolaridade ultrapassou a CMR dos COVs (EB1 de Santa Cruz - 300ppb).

No gráfico 35, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 4º ano.

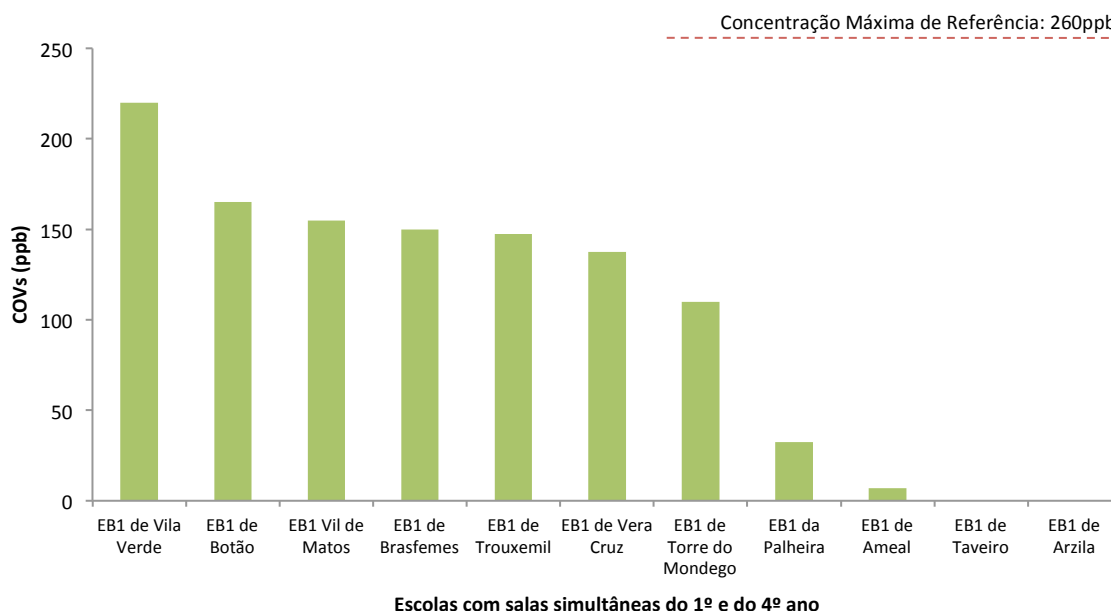
Gráfico 35: Concentração média de COVs em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)



Tal como no gráfico anterior, também neste, relativo às salas de aula do 4º ano, verificámos que apenas uma sala apresentou valores médios de COVs acima da CMR (Colégio Bissaya Barreto - 340ppb).

No gráfico 36, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula em que o 1º e o 4º ano, eram lecionados em simultâneo, na estação de outono/inverno.

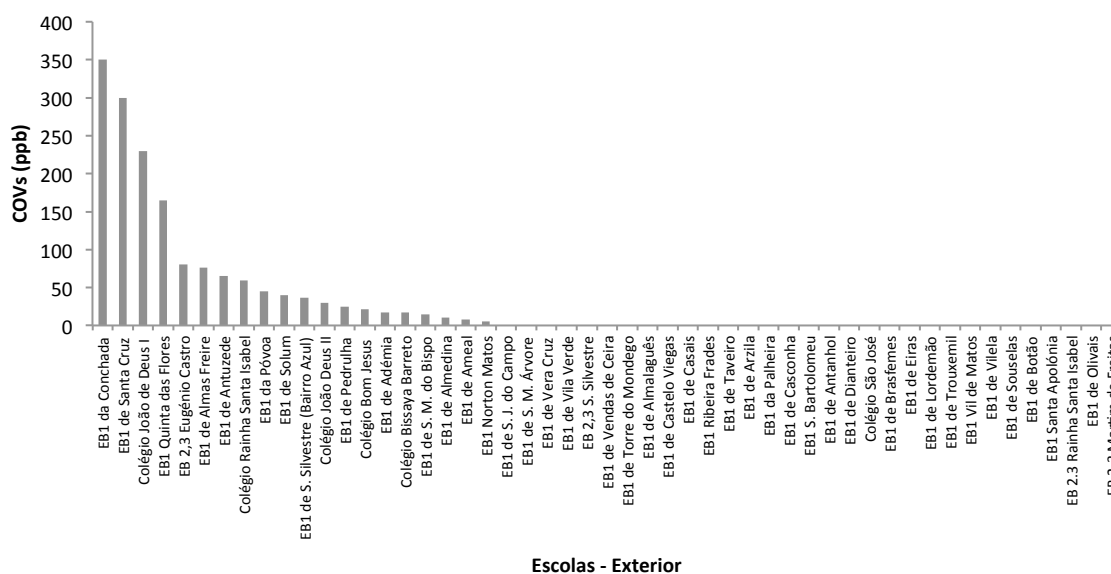
Gráfico 36: Concentração média de COVs em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)



Podemos verificar, pelo gráfico anterior, que nenhuma das salas de aula em que era lecionado o 1º e 4º ano em simultâneo apresentaram valores médios de COVs acima da CMR.

No gráfico 37, podemos observar a concentração média de COVs encontrada no ar ambiente.

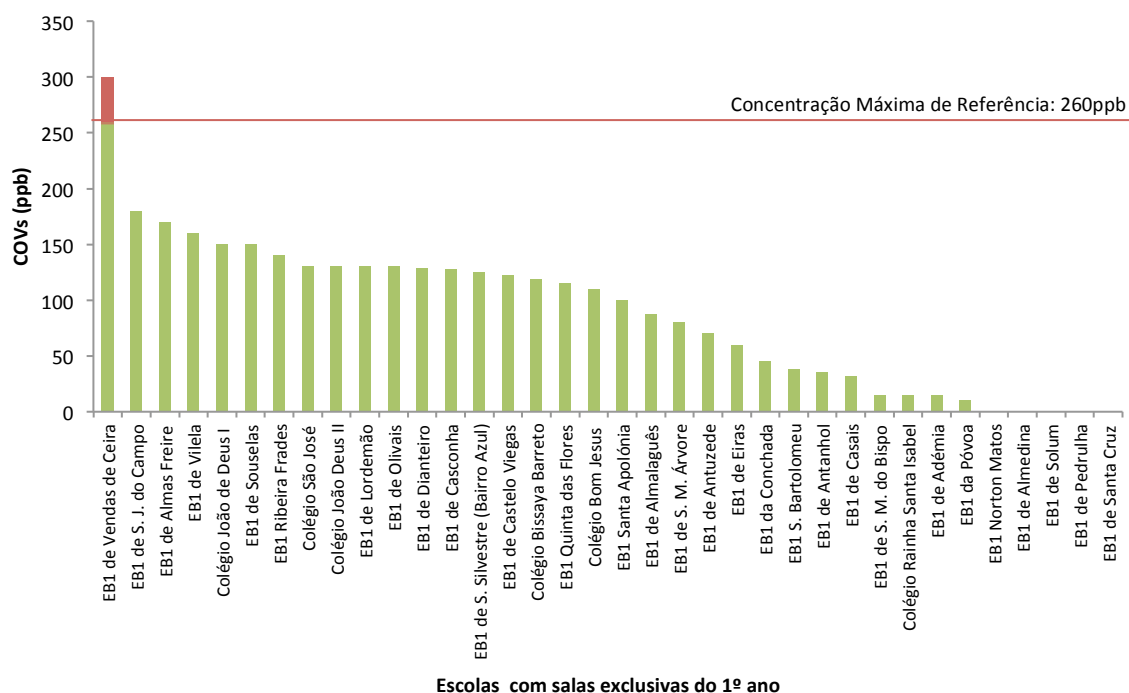
Gráfico 37: Concentração média de COVs no exterior das escolas (outono/inverno)



Verificámos que a concentração média de COVs no exterior das escolas, no outono/inverno, apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

Podemos observar, no gráfico 38, a concentração média encontrada nas salas de aula do 1º ano, na estação de primavera/verão.

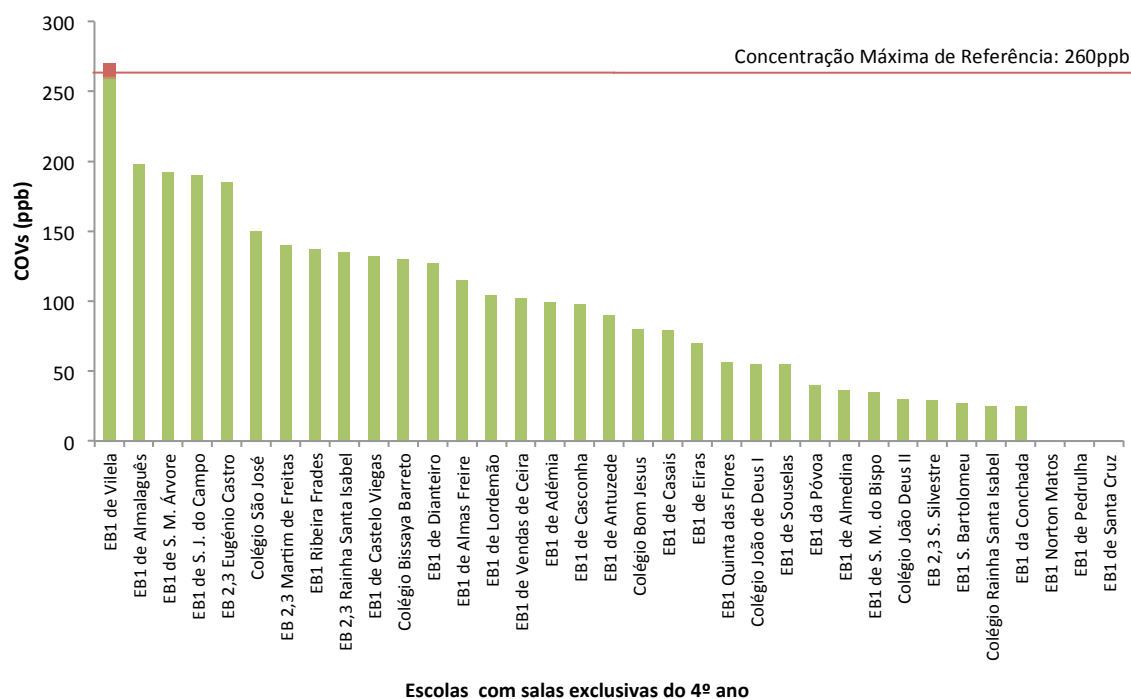
Gráfico 38: Concentração média de COVs em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)



Na estação da primavera/verão, apenas a sala de aula do 1º ano da EB1 de Vendas de Ceira ultrapassou a CMR dos COVs (300ppb).

No gráfico 39, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 4º ano, na estação de primavera/verão.

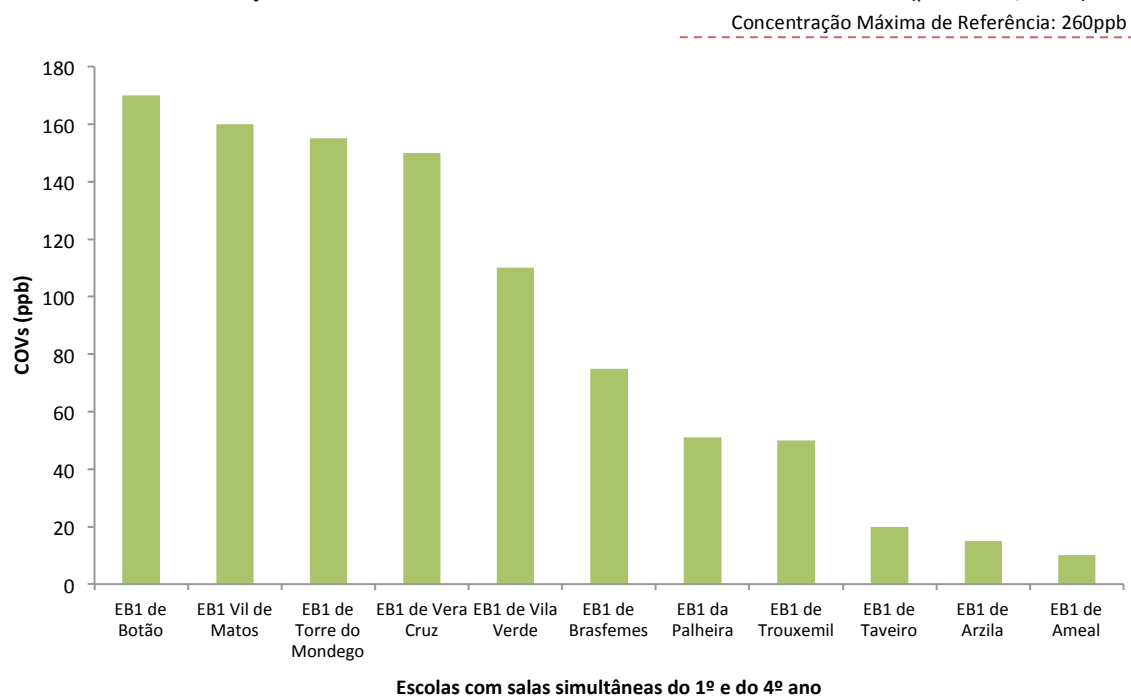
Gráfico 39: Concentração média de COVs em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)



Relativamente às salas de aula do 4º ano, verificámos que apenas a sala pertencente à Escola EB1 de Vilela (270ppb) ultrapassou a CMR de COVs.

De seguida, no gráfico 40, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula onde o 1º e o 4º ano são lecionados em simultâneo, na estação de primavera/verão.

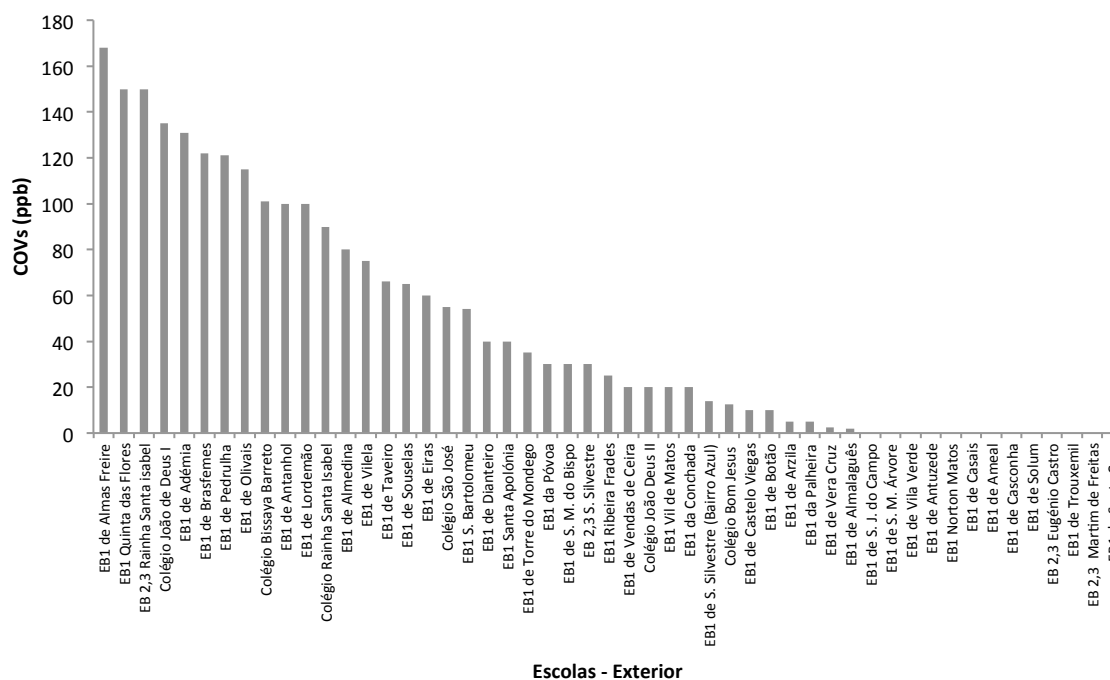
Gráfico 40: Concentração média de COVs em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)



Verificámos que nenhuma sala de aula em que o 1º e o 4º eram lecionados em simultâneo ultrapassou a CMR de COVs.

No gráfico 41, podemos observar a concentração média encontrada no ar ambiente, na estação de primavera/verão.

Gráfico 41: Concentração média de COVs no exterior das escolas (primavera/verão)



Verificámos que a concentração média de COVs no exterior das escolas, na primavera/verão, também apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

6.2.1.6. Concentração de CH₂O

Nesta investigação, decidimos dar um destaque particular ao CH₂O, relativamente aos restantes compostos orgânicos voláteis, sendo avaliado separadamente, pelo facto de ser mutagénico. De acordo com o DL 79/2006, de 4 de abril, o valor de referência do CH₂O é de 0,08ppm.

Dado o CH₂O apresentar valores muito baixos, optou-se por apenas apresentar os valores da concentração média de CH₂O estimados em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano (quadro 19):

Quadro 19: Concentração média de CH₂O por estação do ano

	Local da medição							
	1º ano		4º ano		1 e 4 anos juntos		Exterior	
	Formaldeído - outono/inverno	Formaldeído - primavera/verão	Formaldeído - outono/inverno	Formaldeído - primavera/verão	Formaldeído - outono/inverno	Formaldeído - primavera/verão	Formaldeído - outono/inverno	Formaldeído - primavera/verão
Colégio Bom Jesus - Cernache	*	*	,01	,02	.	.	*	*
EB1 da Póvoa	*	,01	*	,02	.	.	*	*
EB1 de Almas de Freire	,01	*	*	,01	.	.	*	*
EB1 de São Martinho do Bispo	*	,01	,02	*	.	.	,01	*
EB1 de São João do Campo	,01	,01	,02	,02	.	.	*	*
EB1 de São Martinho de Árvore	*	*	,02	,01	.	.	*	*
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Antuzede	*	,01	,01	*	.	.	*	*
EB1 de Bairro Azul	,02	,01	.	.	.	.	*	*
EB 2,3 S. Silvestre/São Silvestre	.	.	,01	,01	.	.	*	*
EB1 Norton de Matos	*	*	,01	,03	.	.	*	,01
EB1 da Quinta das Flores	*	*	*	*	.	.	*	*
EB1 de Vendas de Ceira	*	,10	,01	,02	.	.	*	*
EB1 de Torres do Mondego	.	.	.	.	,01	,03	*	*
EB1 de Almaguês	,03	,03	*	,04	.	.	*	,01
EB1 de Castelo Viegas	,01	,03	*	,03	.	.	*	,02
EB1 de Casais	*	,04	*	,04	.	.	*	,03
EB1 de Ribeira de Frades	*	,04	*	,03	.	.	,02	,02
EB1 de Ameal	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	*	,01	*	*
EB1 de Arzila	.	.	.	.	,01	,03	*	*
EB1 da Palheira	.	.	.	.	*	,01	*	*
EB1 de Casconha	*	,02	*	,03	.	.	*	,01
EB1 de Almedina	*	,02	,01	,02	.	.	*	*
EB1 de São Bartolomeu	,01	,02	,01	*	.	.	*	*
EB1 de Antanhol	*	*	.	.	.	.	*	*
EB1 de Dianteiro	*	,03	*	,03	.	.	*	,01
EB1 de Solum	,01	*	.	.	.	.	*	*
EB 2,3 Eugénio de Castro/Solum	.	.	*	,02	.	.	*	,01
Colégio Rainha Santa Isabel	,02	*	*	*	.	.	*	*
Colégio São José	,01	,01	,01	,01	.	.	*	*
Colégio Bissaya Barreto	,07	,02	,03	,06	.	.	*	,01
Colégio João de Deus I	*	*	*	,01	.	.	*	*
Colégio João de Deus II	*	,02	*	,04	.	.	*	,01
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	,01	,03	*	,01
EB1 de Pedrulha	,01	,03	,02	,01	.	.	*	*
EB1 de Eiras	*	*	,01	,04	.	.	*	,03
EB1 de Adémia	*	,01	*	,02	.	.	*	,01
EB1 de Lordemão	*	,03	*	,03	.	.	*	,02
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	,02	,01	*	*
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	*	,04	*	,02
EB1 de Vilela	,02	,03	*	,02	.	.	*	*
EB1 de Souselas	,06	,02	,03	,01	.	.	*	,01
EB1 de Botão	.	.	.	.	,02	,02	*	,02
EB1 de Santa Apolónia	*	,02	.	.	.	.	*	*
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	*	*	.	.	*	*
EB1 de Olivais	,01	,02	.	.	.	.	*	,01
E.B 2,3 Martim de Freitas	.	.	*	,02	.	.	*	*
EB1 da Conchada	,02	,02	,01	,02	.	.	*	*
EB1 de Santa Cruz	*	,01	*	,01	.	.	*	,01

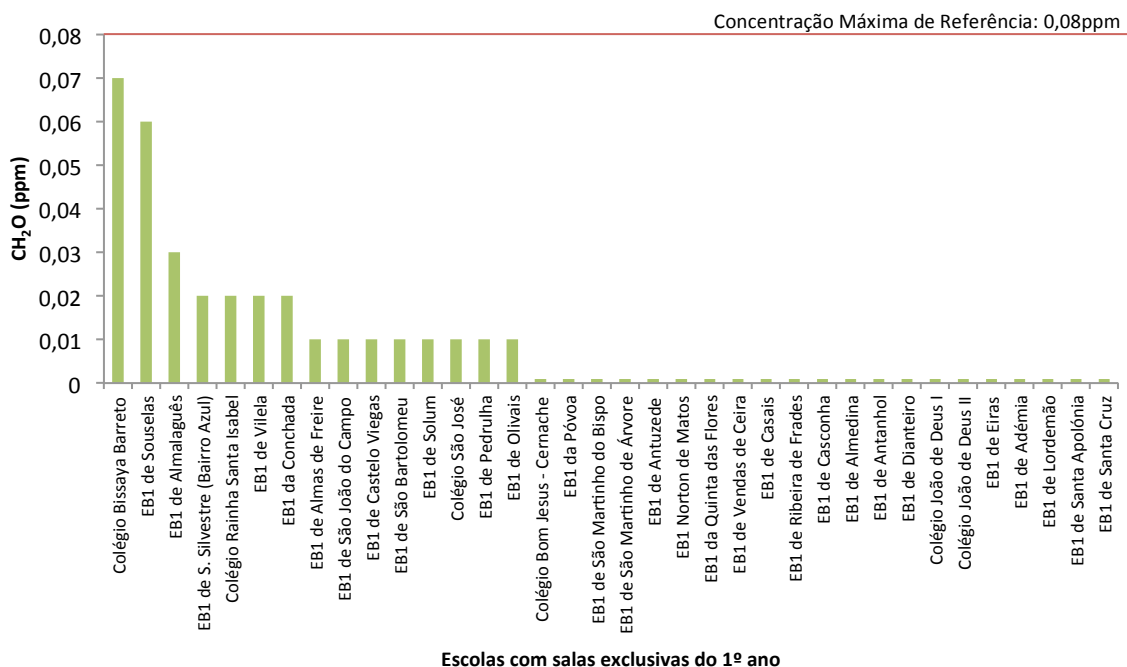
Legenda: * - valor inferior a 0,001

Verificámos que as concentrações médias de CH₂O estavam abaixo do valor de referência, com exceção da sala de aula do 1º ano da EB1 de Vendas de Ceira (0,10ppm), na estação da primavera/verão. O Colégio Bissaya Barreto e a EB1 de Souselas apresentaram valores com alguma importância, em ambas as estações do ano, apesar das concentrações médias estarem abaixo da CMR. As concentrações médias de CH₂O no interior das salas de aula foram superiores às concentrações médias verificadas no exterior.

Face aos resultados obtidos, ou seja, valores muito baixos, optou-se por não fazer quadro comparativo com o valor de referência do DL 79/2006, de 4 de abril, tal como anteriormente apresentado para os outros poluentes.

Podemos observar, no gráfico 42, os valores da concentração média estimada nas salas de aula do 1º ano, na estação de outono/inverno.

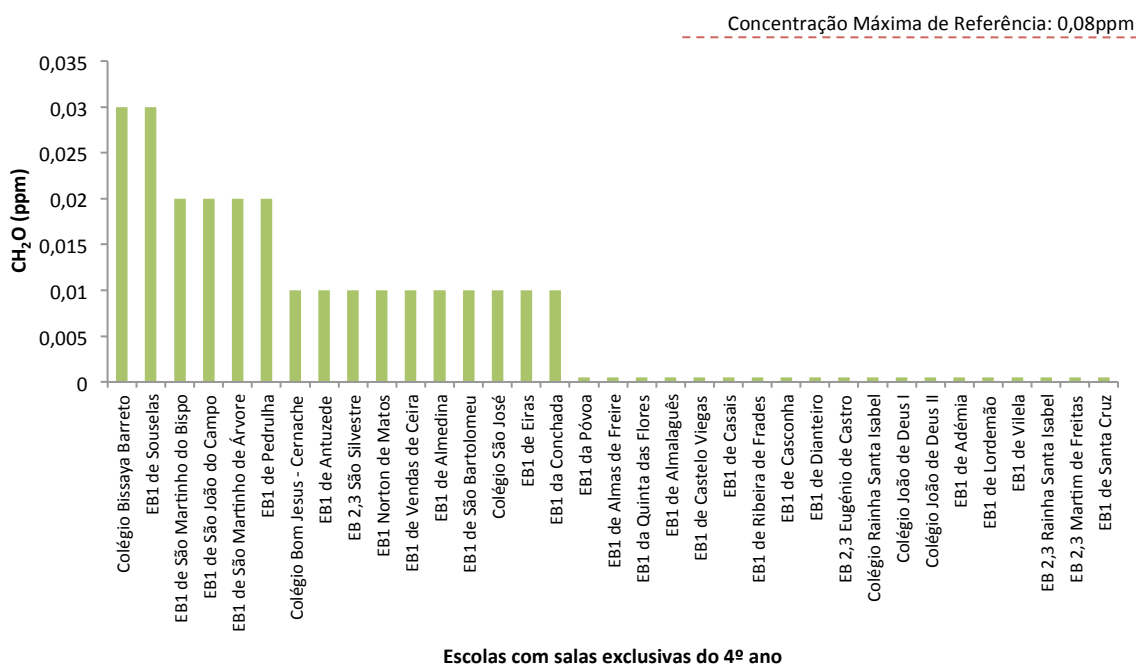
Gráfico 42: Concentração média de CH₂O em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)



Podemos verificar pela análise do gráfico anterior que, na estação de outono/inverno, nenhuma das salas de aula do 1º ano ultrapassou a CMR de CH₂O.

No gráfico 43, podemos observar a concentração média encontrada nas salas de aula do 4º ano.

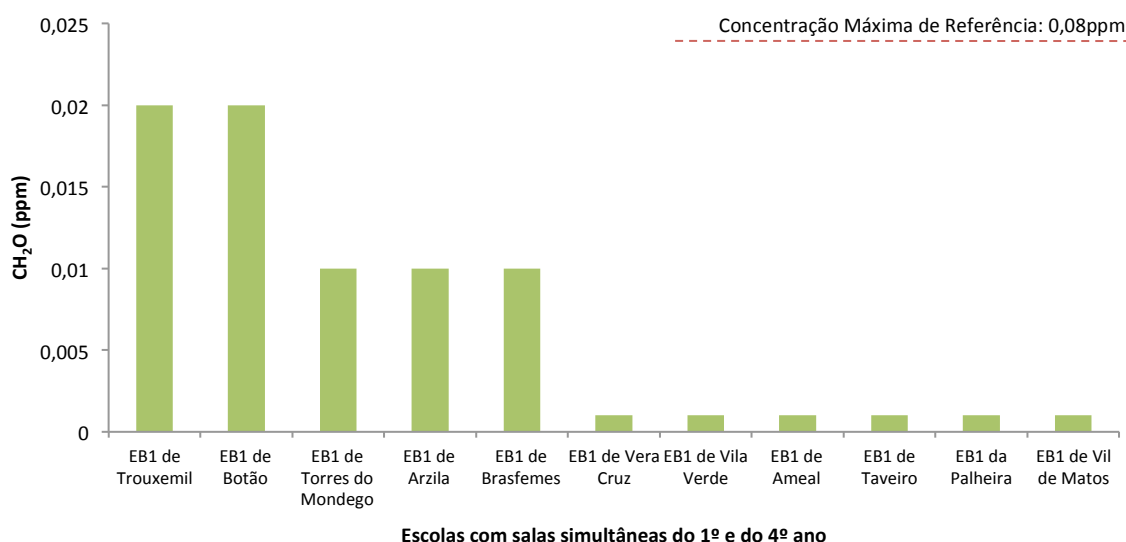
Gráfico 43: Concentração média de CH₂O em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)



Podemos verificar que, tal como nas salas de aula do 1º ano também nas do 4º ano não se ultrapassou a CMR de CH₂O, na estação de outono/inverno.

No gráfico seguinte, podemos observar a concentração média estimada nas salas de aula onde o 1º e o 4º ano eram lecionados em conjunto.

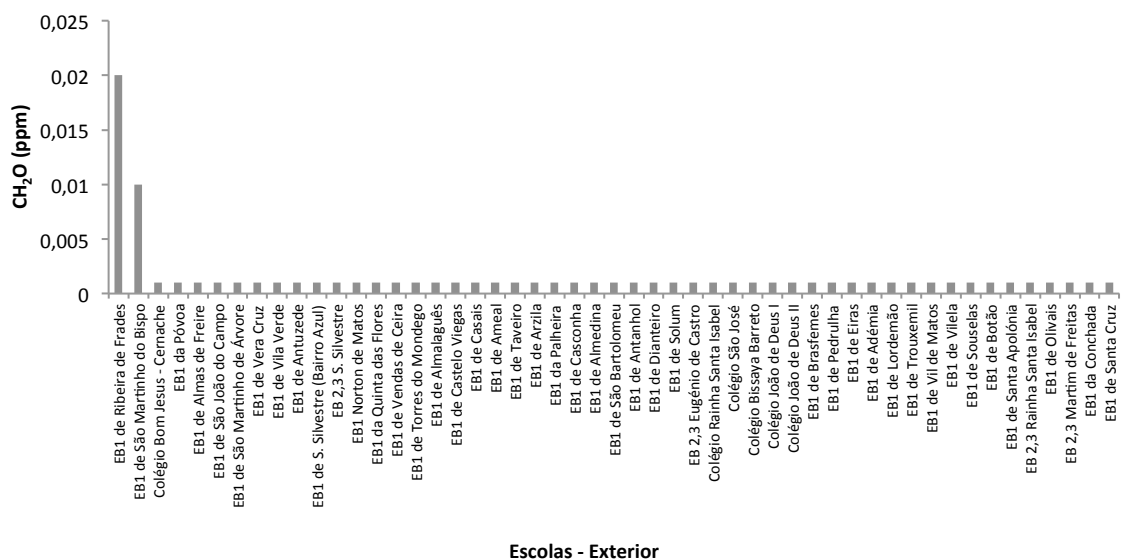
Gráfico 44: Concentração média de CH₂O em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)



Podemos verificar que, também nestas salas de aula nenhuma ultrapassou a CMR de CH₂O, na estação de outono/inverno.

No gráfico seguinte, podemos observar a concentração média estimada no ar ambiente.

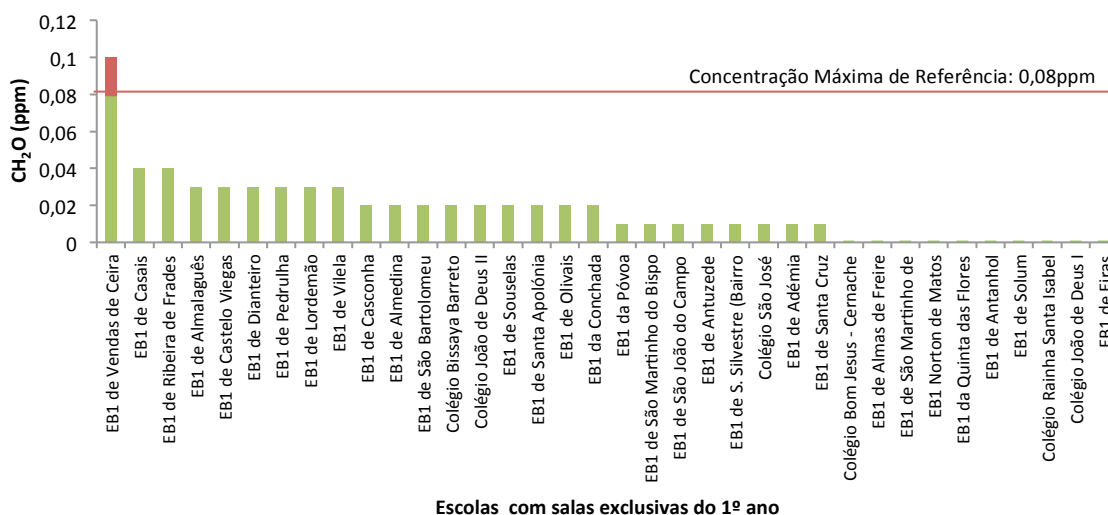
Gráfico 45: Concentração média de CH₂O no exterior das escolas (outono/inverno)



Verificámos, que a concentração média de CH_2O no exterior das escolas, no outono/inverno, apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

No gráfico seguinte, podemos observar os valores da concentração média estimada nas salas de aula do 1º ano, na estação de primavera/verão.

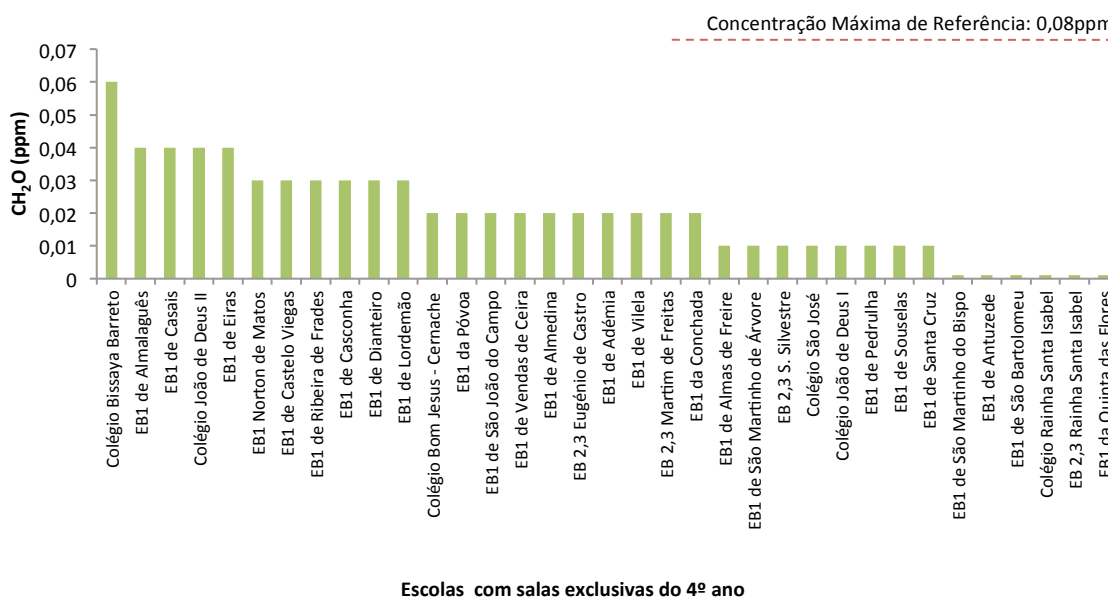
Gráfico 46: Concentração média de CH_2O em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)



Podemos observar, através do gráfico 46, que na primavera/verão, a sala de aula de Vendas de Ceira ultrapassou a CMR de CH_2O .

No gráfico 47, podemos observar os valores da concentração média estimada nas salas de aula do 4º ano.

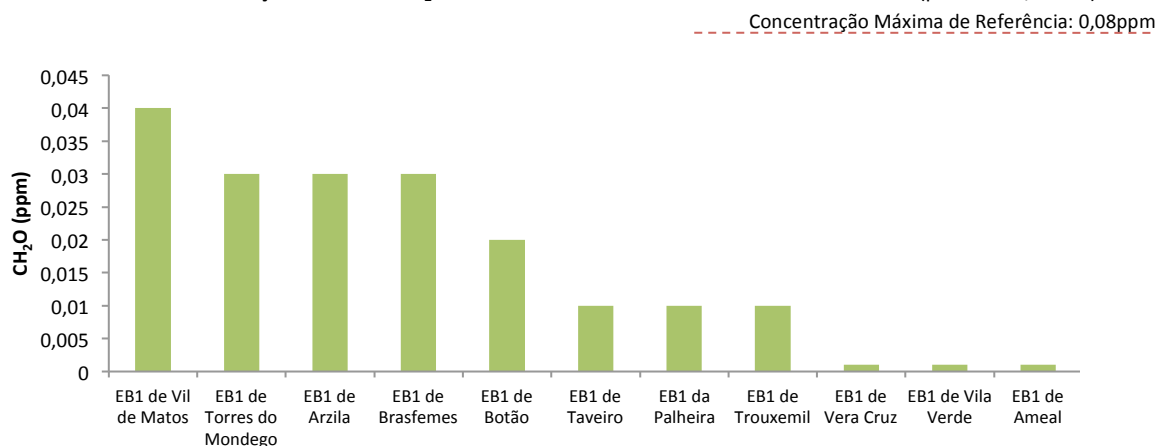
Gráfico 47: Concentração média de CH_2O em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)



Podemos observar que também nenhuma das salas de aula do 4º ano ultrapassou a CMR de CH₂O, na estação de primavera/verão.

No gráfico 48, podemos observar os valores da concentração média estimada nas salas de aula onde o 1º e o 4º ano eram lecionados em conjunto.

Gráfico 48: Concentração média de CH₂O em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)

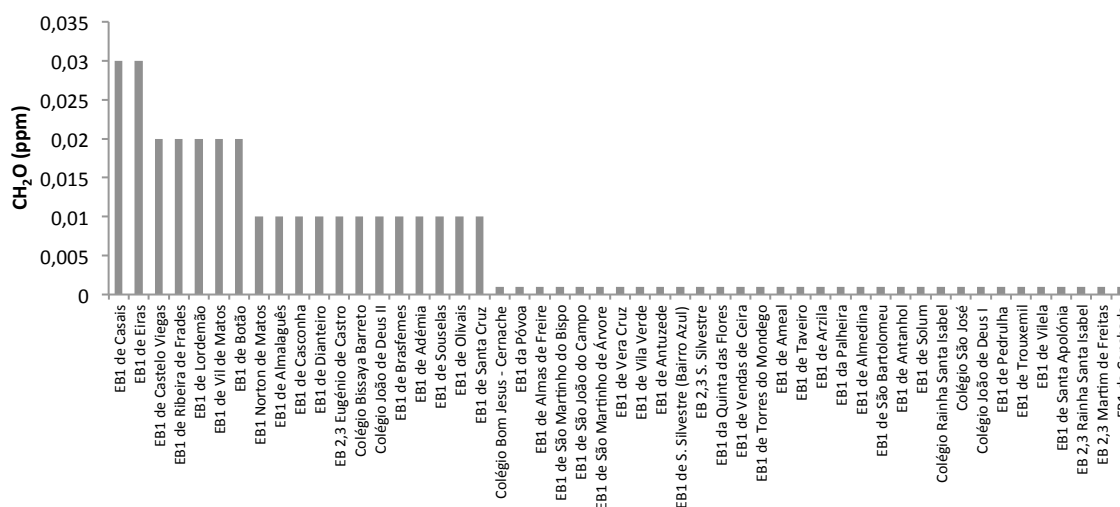


Escolas com salas simultâneas do 1º e do 4º ano

Verificámos que também nestas salas de aula a CMR de CH₂O não foi ultrapassada.

No gráfico 49, podemos observar os valores da concentração média estimada no ar ambiente, na primavera/verão.

Gráfico 49: Concentração média de CH₂O no exterior das escolas (primavera/verão)



Escolas - Exterior

Constatámos que a concentração média de CH₂O no exterior das escolas apresentou valores médios inferiores comparativamente com a concentração média verificada no interior das salas de aula.

6.2.1.7. Concentração de O₃

Tendo em consideração o DL 79/2006, de 4 de abril, e o valor de referência do O₃ (0,10ppm), apresentamos no quadro seguinte os valores da concentração média e máxima de O₃ (ambos em ppm) estimados em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano.

Quadro 20: Concentração média e máxima de O₃ por estação do ano

	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	Ozono (a) outono/inverno	Ozono (a) primavera/verão	Ozono (b) outono/inverno	Ozono (b) primavera/verão	Ozono (a) outono/inverno	Ozono (a) primavera/verão	Ozono (b) outono/inverno	Ozono (b) primavera/verão	Ozono (a) outono/inverno	Ozono (a) primavera/verão	Ozono (b) outono/inverno	Ozono (b) primavera/verão	Ozono (a) outono/inverno	Ozono (a) primavera/verão	Ozono (b) outono/inverno	Ozono (b) primavera/verão
Colégio Bom Jesus - Cernache	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,03	,01	,06	,02
EB1 da Póvoa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,05	*	,99	,01
EB1 de Almas de Freire	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,05	,05
EB1 de S. Martinho Bispo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	,04	,04	,05
EB1 de S. João do Campo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,06	,05	,21	,03
EB1 de S. Martinho Árvore	,01	*	,02	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,08	,02	,16	,04
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	*	,01	*	,02	*	,05	*	,10
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	*	,01	*	,01	,06	,08	,13	,12
EB1 de Antuzede	*	*	,01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,04	,05	,08	,09
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,06	*	,12
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	,03	*	,06	*
EB1 Norton de Matos	,01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,01	,01	,01	,03
EB1 da Quinta das Flores	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	,02	,03	,04
EB1 de Vendas de Ceira	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,04	,01	,07	,02
EB1 de Torres Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,02	,02	,04	,04
EB1 de Almalaguês	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,05	,01	,09	,03
EB1 de Castelo Viégas	*	*	*	*	,04	*	,08	*	*	*	*	*	,02	,07	,04	,10
EB1 de Casais	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,06	,04	,01	,08
EB1 de Ribeira de Frades	*	*	*	*	,02	*	,03	*	*	*	*	*	,03	,02	,06	,04
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,04	,02	,08	,03
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,05	,03	,10	,03
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,03	,03	,07	,04
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,03	,02	,06	,03
EB1 de Casconha	,02	*	,03	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,03	,09	,07	,11
EB1 de Almedina	*	*	,01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	*	,00
EB1 de São Bartolomeu	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,04	,05	,08	,09
EB1 de Antanho	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.	.	.	,03	,01	,07	,01
EB1 de Dianteiro	*	*	*	*	,03	*	,05	*	.	.	.	.	,05	,05	,10	,10
EB1 de Solum	*	*	*	,01	*	*	*	*	*	*	*	*	,01	,01	,02	,03
EB 2,3 E. de Castro	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*	,03	*	,05	,01
Colégio Rainha S. Isabel	*	,01	*	,01	*	*	*	*	*	*	*	*	,03	,01	,06	,02
Colégio São José	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	,01	,04	,01
Colégio Bissaya Barreto	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,10	,04	,20	,06
Colégio João de Deus I	,01	*	,01	*	,01	*	,02	*	.	.	.	.	,02	,01	,04	,01
Colégio João de Deus II	,01	*	,01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,03	,02	,05	,03
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,03	*	,05	*
EB1 de Pedrulha	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,01	*	,02	*
EB1 de Eiras	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	,04	,03	,06
EB1 de Adémia	,02	*	,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,01	*	,01	*
EB1 de Lordemão	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	,02	,05	,03
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,04	,02	,04	,02
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,03	,03	,05	,04
EB1 de Vilela	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,05	,04	,09	,05
EB1 de Souselas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	,02	,04	,04	,05
EB1 de Santa Apolónia	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.	.	.	,04	,03	,09	,04
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	.	.	*	*	,01	*	.	.	.	.	,03	,09	,06	,10
EB1 de Olivais	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.	.	.	,02	*	,04	,01
E.B 2,3 Martim de Freitas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	,01	,04	,03
EB1 da Conchada	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	,02	,06	,05	,12
EB1 de Santa Cruz	*	*	*	*	*	,04	,01	,08	.	.	.	.	,02	*	,03	*

Legenda: (a) - Média; (b) - Máximo; * - valor inferior a 0,001

Não foram detetados valores médios relevantes de O_3 , na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, quer nas salas de aula quer no ar ambiente. Todos os valores encontravam-se abaixo do valor de CMR. De referir no entanto que, na estação de outono/inverno, na zona envolvente exterior do Colégio Bissaya Barreto a concentração média encontrada era de 0,10ppm e na estação da primavera/verão a concentração média de O_3 no exterior junto à EB1 de Casconha e junto à EB 2,3 Rainha Santa Isabel, era de 0,09ppm.

Relativamente a este parâmetro, seguiu-se a mesma metodologia que para o CH_2O , ou seja, optou-se por não fazer apresentação gráfica dado os valores encontrados serem pouco expressivos.

6.2.1.8. Concentração de NO_2

Apesar de não existirem valores de referência na legislação Portuguesa de QAI para o NO_2 , entendemos fazer a sua avaliação. Podemos observar no quadro 21, os valores de concentração média de NO_2 e os valores de concentração máxima (ambos em ppm) encontrados em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano.

Quadro 21: Concentração média e máxima de NO₂ por estação do ano

	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	NO ₂ (a) outono/inverno	NO ₂ (a) primavera/verão	NO ₂ (b) outono/inverno	NO ₂ (b) primavera/verão	NO ₂ (a) outono/inverno	NO ₂ (a) primavera/verão	NO ₂ (b) outono/inverno	NO ₂ (b) primavera/verão	NO ₂ (a) outono/inverno	NO ₂ (a) primavera/verão	NO ₂ (b) outono/inverno	NO ₂ (b) primavera/verão	NO ₂ (a) outono/inverno	NO ₂ (a) primavera/verão	NO ₂ (b) outono/inverno	NO ₂ (b) primavera/verão
Colégio Bom Jesus - Cernache	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 da Póvoa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Almas de Freire	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de São Martinho do Bispo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de São João do Campo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de São Martinho de Árvore	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Vera Cruz
EB1 de Vila Verde
EB1 de Antuzede	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	*	*	*	*
EB 2,3 S. Silvestre	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 Norton de Matos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 da Quinta das Flores	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Vendas de Ceira	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Torres do Mondego	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Almaguês	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Castelo Viegas	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Casais	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Ribeira de Frades	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Ameal	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Taveiro	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Arzila	*	*	*	*	*	*	*
EB1 da Palheira	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Casconha	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Almedina	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de São Bartolomeu	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Antanho	*	*	*	*
EB1 de Dianteiro	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Solum	*	*	*	*
EB 2,3 Eugénio de Castro	*	*	*	*	*
Colégio Rainha Santa Isabel	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Colégio São José	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Colégio Bissaya Barreto	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Colégio João de Deus I	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Colégio João de Deus II	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Brasfemes	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Pedrulha	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Eiras	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Adémia	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Lordemão	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Trouxemil	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Vil de Matos	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Vilela	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Souselas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Botão	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Santa Apolónia	*	*	*	*
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	*	*	*	*	*
EB1 de Olivais	*	*	*	*
E.B 2,3 Martim de Freitas	*	*	*	*	*
EB1 da Conchada	*	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Santa Cruz	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Legenda: (a) - Média; (b) – Máximo; * - valor inferior a 0,001

Face aos resultados obtidos, quer no interior das salas de aula quer no ambiente, e porque não foram detetados valores relevantes de NO₂, nem no outono/inverno nem na primavera/verão, decidiu-se não apresentar os dados graficamente.

6.2.1.9. Concentração de SO₂

Tal como para o NO₂, para o SO₂ também não existe valor de referência, pois este parâmetro também não faz parte dos parâmetros de qualidade do ar interior. Podemos observar, no quadro 22, os valores de

concentração média SO₂ e os valores de concentração máxima (ambos em ppm) avaliados em cada um dos locais monitorizados, nas diferentes estações do ano.

Quadro 22: Concentração média e máxima de SO₂ por estação do ano

	Local da medição															
	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	SO ₂ (a) outono/inverno	SO ₂ (a) primavera/verão	SO ₂ (b) outono/inverno	SO ₂ (b) primavera/verão	SO ₂ (a) outono/inverno	SO ₂ (a) primavera/verão	SO ₂ (b) outono/inverno	SO ₂ (b) primavera/verão	SO ₂ (a) outono/inverno	SO ₂ (a) primavera/verão	SO ₂ (b) outono/inverno	SO ₂ (b) primavera/verão	SO ₂ (a) outono/inverno	SO ₂ (a) primavera/verão	SO ₂ (b) outono/inverno	SO ₂ (b) primavera/verão
Colégio Bom Jesus - Cernache	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 da Póvoa	,10	*	,20	*	,05	*	,10	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Almas de Freire	,05	*	,10	*	,05	*	,10	*	.	.	.	.	*	*	,10	*
EB1 de São Martinho do Bispo	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de São João do Campo	,05	*	,10	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de S. Martinho de Árvore	*	*	*	*	,05	*	,10	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Antuzede	,05	,05	,10	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	.	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 Norton de Matos	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 da Quinta das Flores	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Vendas de Ceira	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Torres do Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Almalaguês	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Castelo Viegas	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Casais	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Ribeira de Frades	*	,10	*	,10	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Casconha	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Almedina	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de São Bartolomeu	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Antanhol	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Dianteiro	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Solum	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB 2,3 Eugénio de Castro	.	.	.	.	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
Colégio Rainha Santa Isabel	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
Colégio São José	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
Colégio Bissaya Barreto	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
Colégio João de Deus I	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
Colégio João de Deus II	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Pedrulha	*	,20	*	,40	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Eiras	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Adémia	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Lordemão	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Vilela	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Souselas	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*	*	*	*	*
EB1 de Santa Apolónia	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	.	.	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Olivais	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*	*
E.B 2,3 Martim de Freitas	.	.	.	.	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 da Conchada	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*
EB1 de Santa Cruz	*	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*

Legenda: (a) - Média; (b) – Máximo; * - valor inferior a 0,001

Tendo em consideração a opção tomada para o NO₂, também para o SO₂ e porque também não foram detetados valores relevantes, nem no interior das salas de aula nem no ar ambiente, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, optou-se por não apresentar os dados graficamente.

6.2.1.10. Análise da concentração média dos poluentes nas salas de aula por estação do ano

Nesta fase exploratória dos parâmetros analíticos ambientais emparelhamos os mesmos parâmetros entre dois momentos, outono/inverno e primavera/verão (estações do ano), nos espaços interiores das respetivas instituições de ensino. Vejamos o quadro seguinte.

Quadro 23: Concentração média dos poluentes atmosféricos nas salas de aula em função da estação do ano

Salas de aula (n= 82)	M ± DP	Diferença Média
Valor Médio CO - outono/inverno	0,42 ± 0,53*	0,28
Valor Médio CO - primavera/verão	0,14 ± 0,13	
Valor Médio CO ₂ - outono/inverno	1578,16 ± 712,49*	425,36
Valor Médio CO ₂ - primavera/verão	1152,80 ± 595,41	
Valor Médio PM _{2,5} - outono/inverno	0,08 ± 0,04	-,007
Valor Médio PM _{2,5} - primavera/verão	0,09 ± 0,03	
Valor Médio PM ₁₀ - outono/inverno	0,12 ± 0,05	,006
Valor Médio PM ₁₀ - primavera/verão	0,11 ± 0,03	
Valor Médio O ₃ - outono/inverno	0,002 ± 0,006	,001
Valor Médio O ₃ - primavera/verão	0,0009 ± 0,004	
Valor Médio COVs - outono/inverno	97,82 ± 73,72	7,31
Valor Médio COVs - Primavera/verão	90,51 ± 65,66	
Valor Médio SO ₂ - outono/inverno	0,005 ± 0,02	,001
Valor Médio SO ₂ - primavera/verão	0,004 ± 0,03	
Valor Médio CH ₂ O - outono/inverno	0,01 ± 0,01*	-,01
Valor Médio CH ₂ O - primavera/verão	0,02 ± 0,02	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; *p<0,0001

Teste *t-Student* Amostras Emparelhadas; Teste T de Wilcoxon

Como podemos observar foi na combinação da estação de outono/inverno que se registaram valores médios de CO e CO₂ significativamente superiores (p<0,001) face à combinação da estação de primavera/verão, nos mesmos espaços de ensino. No que diz respeito ao parâmetro CO a redução entre as duas fases de avaliação foi de 0,28ppm. Ao nível do parâmetro analítico CO₂ a redução deste parâmetro na estação do ano primavera/verão foi de 425,36ppm. Em sentido inverso, registaram-se alterações médias estatisticamente significativas entre o outono/inverno face à primavera/verão no que diz respeito ao parâmetro analítico CH₂O. A 2ª fase de avaliação revelou estimativas médias significativamente superiores de CH₂O comparativamente à fase de outono/inverno. Este acréscimo de CH₂O foi de 0,0103ppm. Os restantes parâmetros apesar de não apresentarem alterações estatisticamente significativas entre os dois momentos de avaliação, podemos indicar que os parâmetros PM₁₀, O₃, COVs e SO₂ apresentaram uma redução entre outono/inverno para a primavera/verão.

Procurámos apresentar de forma mais específica as concentrações médias dos vários poluentes, verificadas em cada uma das salas de aula frequentadas pelos estudantes do 1 e 4º ano, bem como a concentração média verificada no exterior. Vejamos o quadro 24.

Quadro 24: Concentração média dos poluentes atmosféricos por local monitorizado (salas: 1º ano, 4º ano, 1º e 4º anos e exterior)

	Local da medição			
	1º ano (n=36) M ± DP	4º ano (n=35) M ± DP	1º e 4º ano juntos (n=11) M ± DP	Exterior (n=51) M ± DP
CO - outono/inverno	0,44 ± 0,627**	0,39 ± 0,445**	0,45 ± 0,433*	0,33 ± 0,329*
CO - primavera/verão	0,15 ± 0,107	0,15 ± 0,159	0,12 ± 0,075	0,21 ± 0,194
CO ₂ - outono/inverno	1575,17 ± 791,251**	1632,64 ± 707,493*	1414,64 ± 422,946**	425,16 ± 33,779***
CO ₂ - primavera/verão	1080,94 ± 642,457	1282,23 ± 602,939	976,18 ± 2,810	402,71 ± 27,091
PM _{2,5} - outono/inverno	0,09 ± 0,039	0,08 ± 0,031*	0,08 ± 0,034	0,07 ± 0,028**
PM _{2,5} - primavera/verão	0,09 ± 0,026	0,10 ± 0,025	0,07 ± 0,023	0,09 ± 0,028
PM ₁₀ - outono/inverno	0,13 ± 0,054	0,11 ± 0,040	0,11 ± 0,035	0,08 ± 0,033***
PM ₁₀ - primavera/verão	0,11 ± 0,026	0,11 ± 0,025	0,10 ± 0,024	0,12 ± 0,059
O ₃ - outono/inverno	0,00 ± 0,005*	0,00 ± 0,008	0,00 ± 0,000	1,29 ± 8,956
O ₃ - primavera/verão	0,00 ± 0,001	0,00 ± 0,007	0,00 ± 0,004	0,03 ± 0,024
COVs - outono/inverno	97,85 ± 74,382	96,41 ± 73,818	102,23 ± 78,143	31,28 ± 73,567
COVs - primavera/verão	89,44 ± 68,258	92,46 ± 65,567	87,82 ± 63,043	45,27 ± 50,046
SO ₂ - outono/inverno	0,01 ± 0,022	0,00 ± 0,014	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,010
SO ₂ - primavera/verão	0,01 ± 0,037	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,000	0,00 ± 0,014
CH ₂ O - outono/inverno	0,01 ± 0,016*	0,01 ± 0,009*	0,01 ± 0,008*	0,00 ± 0,003***
CH ₂ O - primavera/verão	0,02 ± 0,019	0,02 ± 0,014	0,02 ± 0,014	0,01 ± 0,008

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001

O parâmetro NO₃ não foi apresentado por não ter expressão quantitativa em nenhum dos espaços avaliados

Teste *t-Student* Amostras Emparelhadas; Teste T de Wilcoxon

Os poluentes atmosféricos que sofreram, de forma expressiva, uma variação entre as duas fases de avaliação nas estações do ano controladas em salas que eram frequentadas pelos estudantes do 1.º ano do ensino básico, foram ao nível do CO, CO₂, O₃ e CH₂O. Os parâmetros CO, CO₂, O₃ revelaram uma diminuição estatisticamente significativa na estação primavera/verão comparativamente à estação outono/inverno. De forma contrária ocorreu com o poluente CH₂O, isto é, um agravamento deste na 1ª fase de avaliação face à 2ª fase de avaliação. Os restantes parâmetros apresentaram ligeiras alterações apesar de serem pouco expressivas. Também nas salas dos estudantes do 4.º ano registaram-se alterações significativas entre as estações do ano em relação a alguns poluentes atmosféricos e às partículas. Tanto os poluentes CO e CO₂, revelaram uma redução média significativa na estação primavera/verão face à estação precedente, no entanto o mesmo não acontecera ao nível das PM_{2,5} e do CH₂O. Estes dois últimos revelaram um agravamento médio na época de primavera/verão face à estação do outono/inverno. Os restantes parâmetros sofreram ligeiras variações apesar de serem pouco expressivas.

Quando controlamos os poluentes atmosféricos nos espaços exteriores das diferentes escolas em estudo por estação do ano constatamos que foram os parâmetros atmosféricos CO, CO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ e o CH₂O os que revelaram uma variação média significativa. Ao nível do CO e CO₂, estes registaram uma redução da estação do outono/inverno para a primavera/verão. Em sentido inverso, registou-se um agravamento das PM_{2,5}, PM₁₀ bem como do CH₂O na estação primavera/verão face à estação precedente. Ao avaliarmos as salas de aula frequentadas em conjunto pelos estudantes do 1.º e 4.º ano registaram-se variações significativas entre as duas épocas do ano em estudo. Estas variações centraram-se principalmente nos parâmetros CO, CO₂ e CH₂O. Os dois primeiros parâmetros revelaram uma diminuição significativa na primavera/verão face à estação precedente. Porém, quando avaliamos o poluente CH₂O este sofreu um agravamento em média, na estação primavera/verão comparativamente à estação precedente. Os restantes poluentes não apresentaram alterações significativas entre as duas estações do ano avaliadas.

Procurámos de seguida aplicar o design de análise (grupos emparelhados) já utilizado anteriormente, por estação do ano e por espaço de ensino (sala de aula) mas ajustado em função da localização das Instituições de Ensino. Vejamos os quadros seguintes:

Quadro 25: Concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores por estação do ano em função das escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas

Freguesia predominantemente Urbana (n= 57)	M ± DP	Diferença Média
Valor Médio CO - outono/inverno	0,28 ± 0,38*	0,14
Valor Médio CO - primavera/verão	0,14 ± 0,14	
Valor Médio CO ₂ - outono/inverno	1550,84 ± 750,62*	435,34
Valor Médio CO ₂ - primavera/verão	1115,50 ± 632,62	
Valor Médio PM _{2,5} - outono/inverno	0,08 ± 0,03**	-,01
Valor Médio PM _{2,5} - primavera/verão	0,10 ± 0,03	
Valor Médio PM ₁₀ - outono/inverno	0,11 ± 0,05	-,006
Valor Médio PM ₁₀ - primavera/verão	0,12 ± 0,02	
Valor Médio O ₃ - outono/inverno	0,002 ± 0,007	,002
Valor Médio O ₃ - primavera/verão	0,0009 ± 0,005	
Valor Médio COVs - outono/inverno	99,12 ± 76,46	16,46
Valor Médio COVs - primavera/verão	82,66 ± 68,42	
Valor Médio SO ₂ - outono/inverno	0,005 ± 0,02	,00
Valor Médio SO ₂ - primavera/verão	0,005 ± 0,03	
Valor Médio CH ₂ O - outono/inverno	0,006 ± 0,01**	-,01
Valor Médio CH ₂ O - primavera/verão	0,02 ± 0,02	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; *p<0,001; **p<0,0001
 Teste t-Student Amostras Emparelhadas; Teste T de Wilcoxon

Ambos os parâmetros, CO e CO₂ revelaram uma diminuição significativa da 1ª fase de avaliação para a 2ª fase de avaliação. Esta redução média para o CO foi de 0,14ppm e ao nível do CO₂ foi de 435,34ppm. No que diz respeito aos valores médios de PM_{2,5} e CH₂O os mesmos revelaram uma condição inversa face aos parâmetros de CO e CO₂. Foi na estação do ano outono/inverno que estes parâmetros revelaram estimativas médias significativamente superiores face à estação primavera/verão. Este excedente ao nível das PM_{2,5} na 1ª fase face à 2ª fase de avaliação foi de 0,016mg/m³ e para o CH₂O foi de 0,013ppm. Quanto aos parâmetros O₃ e COVs, apesar de não apresentarem alterações médias significativas entre os dois momentos de avaliação, estes revelaram uma tendência para a diminuição da 1ª fase para a 2ª fase. Em sentido inverso, mas não de forma significativa, foi ao nível das PM₁₀. Não podemos deixar de referir que o valor médio estimado de SO₂ quer no outono/inverno quer na primavera/verão foi relativamente semelhante, isto é, não sofreu qualquer alteração.

No que diz respeito aos parâmetros ambientais por estação do ano em função da localização das instituições de ensino em zona mediamente urbana, vejamos o quadro seguinte.

Quadro 26: Concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores por estação do ano em função das escolas localizadas em freguesias mediamente urbanas

Freguesia Mediamente Urbana (n= 23)	M ± DP	Diferença Média
Valor Médio CO - outono/inverno	0,69 ± 0,69**	,54
Valor Médio CO - primavera/verão	0,15 ± 0,10	
Valor Médio CO ₂ - outono/inverno	1611,65 ± 636,82*	388,98
Valor Médio CO ₂ - primavera/verão	1222,66 ± 528,32	
Valor Médio PM _{2,5} - outono/inverno	0,10 ± 0,04*	,02
Valor Médio PM _{2,5} - primavera/verão	0,08 ± 0,02	
Valor Médio PM ₁₀ - outono/inverno	0,14 ± 0,04***	,03
Valor Médio PM ₁₀ - primavera/verão	0,09 ± 0,03	
Valor Médio O ₃ - outono/inverno	0,001 ± 0,003	,0003
Valor Médio O ₃ - primavera/verão	0,0007 ± 0,002	
Valor Médio COVs - outono/inverno	89,60 ± 68,91	-13,02
Valor Médio COVs - primavera/verão	102,63 ± 56,59	
Valor Médio SO ₂ - outono/inverno	0,006 ± 0,01	,004
Valor Médio SO ₂ - primavera/verão	0,002 ± 0,01	
Valor Médio CH ₂ O - outono/inverno	0,01 ± 0,01	-,003
Valor Médio CH ₂ O - primavera/verão	0,01 ± 0,01	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; *p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001
 Teste t-Student Amostras Emparelhadas; Teste T de Wilcoxon

Tendo em consideração as Instituições de Ensino localizadas na zona geográfica considerada mediamente urbana (23 salas de aula), os parâmetros ambientais que revelaram padrões de variação diferenciados em função das épocas do ano foram: CO, CO₂, PM_{2,5} e PM₁₀ (p< 0,05). Ao nível dos poluentes CO e CO₂ constatou-se uma redução média significativa da época outono/inverno para a primavera/verão, de 0,54ppm e de 388,98ppm respetivamente. No que diz respeito às PM_{2,5} e PM₁₀ também constatamos uma redução significativa da 1ª fase de avaliação (outono/inverno) para a estação primavera/verão. A redução em ambos os parâmetros foi de 0,02mg/m³ e 0,03mg/m³. Os restantes parâmetros não revelaram alteração entre os dois momentos de avaliação, no entanto, podemos indicar que os parâmetros O₃ e SO₂ revelaram uma redução média entre o outono/inverno para a estação primavera/verão. Em sentido inverso foi ao nível dos parâmetros COVs e CH₂O.

Por fim passamos a apresentar os parâmetros analíticos ambientais por estação do ano por espaço de ensino em relação às instituições localizadas em zonas predominantemente rurais. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 27: Concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores por estação do ano em função das escolas localizadas em freguesias predominantemente rurais

Freguesia Predominantemente Rural (n= 2)	M ± DP	Diferença Média
Valor Médio CO - outono/inverno	0,95 ± 0,21	,850
Valor Médio CO - primavera/verão	0,10 ± 0,00	
Valor Médio CO ₂ - outono/inverno	1941,50 ± 685,19	582,50
Valor Médio CO ₂ - primavera/verão	1359,00 ± 66,47	
Valor Médio PM _{2,5} - outono/inverno	0,09 ± 0,05	-,0055
Valor Médio PM _{2,5} - primavera/verão	0,10 ± 0,04	
Valor Médio PM ₁₀ - outono/inverno	0,11 ± 0,06	-,025
Valor Médio PM ₁₀ - primavera/verão	0,14 ± 0,02	
Valor Médio CH ₂ O - outono/inverno	0,01 ± 0,01	-,02
Valor Médio CH ₂ O - primavera/verão	0,03 ± 0,01	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão
 Teste T de Wilcoxon

Como podemos constatar não se registaram diferenças médias dos parâmetros ambientais por espaço de aula em função das estações do ano (p>0,05). Porém, as tendências de variação dos diferentes parâmetros foram: CO e CO₂ revelaram uma redução média da 1ª fase de avaliação para a 2ª fase (primavera/verão); no

que diz respeito às $PM_{2,5}$, PM_{10} e CH_2O revelaram um aumento da avaliação entre o outono/inverno para a estação primavera/verão. Os parâmetros O_3 , $COVs$, NO_2 e SO_2 não tiveram qualquer expressão nos espaços avaliados em função da estação do ano.

Após esta relação pretendemos avaliar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre as várias localizações geográficas das escolas. Vejamos os quadros seguintes:

Quadro 28: Concentração média dos poluentes atmosféricos nas salas de aula, no outono/inverno, em função das várias localizações das escolas

Poluentes	M ± DP	p-value
Valor Médio CO – Zona Predominantemente urbana	0,28 ± 0,38	
Valor Médio CO – Zona Mediamente urbana	0,69 ± 0,69	,003
Valor Médio CO – Zona predominantemente rural	0,95 ± 0,21	
Valor Médio CO_2 - Zona Predominantemente urbana	1550,84 ± 750,62	
Valor Médio CO_2 - Zona Mediamente urbana	1611,65 ± 636,82	,437
Valor Médio CO_2 - Zona predominantemente rural	1941,50 ± 685,19	
Valor Médio $PM_{2,5}$ - Zona Predominantemente urbana	0,08 ± 0,03	
Valor Médio $PM_{2,5}$ - Zona Mediamente urbana	0,10 ± 0,04	,063
Valor Médio $PM_{2,5}$ - Zona predominantemente rural	0,10 ± 0,04	
Valor Médio PM_{10} - Zona Predominantemente urbana	0,11 ± 0,05	
Valor Médio PM_{10} - Zona Mediamente urbana	0,14 ± 0,04	,024
Valor Médio PM_{10} - Zona predominantemente rural	0,11 ± 0,06	
Valor Médio O_3 - Zona Predominantemente urbana	0,002 ± 0,007	
Valor Médio O_3 - Zona Mediamente urbana	0,001 ± 0,003	,580
Valor Médio O_3 - Zona predominantemente rural	0,000 ± 0,000	
Valor Médio $COVs$ - Zona Predominantemente urbana	99,12 ± 76,46	
Valor Médio $COVs$ - Zona Mediamente urbana	89,60 ± 68,91	,234
Valor Médio $COVs$ - Zona predominantemente rural	160,00 ± 7,07	
Valor Médio SO_2 - Zona Predominantemente urbana	0,005 ± 0,02	
Valor Médio SO_2 - Zona Mediamente urbana	0,006 ± 0,01	,806
Valor Médio SO_2 - Zona predominantemente rural	0,000 ± 0,000	
Valor Médio CH_2O - Zona Predominantemente urbana	0,006 ± 0,01	
Valor Médio CH_2O - Zona Mediamente urbana	0,01 ± 0,01	,345
Valor Médio CH_2O - Zona predominantemente rural	0,01 ± 0,01	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão

Teste: Kruskal Wallis

Pela análise do quadro anterior podemos concluir que se verificaram diferenças estatisticamente significativas relativamente ao CO ($p < 0,05$). Constatámos que a concentração média da zona predominantemente rural é significativamente superior à concentração encontrada nas outras duas zonas. Verificámos também diferenças estatisticamente significativas nas PM_{10} ($p < 0,05$). A concentração verificada na zona mediamente urbana é significativamente superior à concentração encontrada nas escolas localizadas em zonas predominantemente urbana ou rural.

No que concerne à estação da primavera/verão, vejamos o quadro 29.

Quadro 29: Concentração média dos poluentes atmosféricos nas salas de aula, na primavera/verão, em função das várias localizações das escolas

Poluentes	M ± DP	p-value
Valor Médio CO – Zona Predominantemente urbana	0,14 ± 0,14	
Valor Médio CO – Zona Mediamente urbana	0,15 ± 0,10	,675
Valor Médio CO – Zona predominantemente rural	0,10 ± 0,00	
Valor Médio CO ₂ - Zona Predominantemente urbana	1115,50 ± 632,62	
Valor Médio CO ₂ - Zona Mediamente urbana	1222,66 ± 528,32	,203
Valor Médio CO ₂ - Zona predominantemente rural	1359,00 ± 66,47	
Valor Médio PM _{2,5} - Zona Predominantemente urbana	0,10 ± 0,03	
Valor Médio PM _{2,5} - Zona Mediamente urbana	0,08 ± 0,02	,003
Valor Médio PM _{2,5} - Zona predominantemente rural	0,10 ± 0,04	
Valor Médio PM ₁₀ - Zona Predominantemente urbana	0,12 ± 0,02	
Valor Médio PM ₁₀ - Zona Mediamente urbana	0,09 ± 0,03	,003
Valor Médio PM ₁₀ - Zona predominantemente rural	0,14 ± 0,02	
Valor Médio O ₃ - Zona Predominantemente urbana	0,0009 ± 0,005	
Valor Médio O ₃ - Zona Mediamente urbana	0,0007 ± 0,002	,852
Valor Médio O ₃ - Zona predominantemente rural	0,000 ± 0,000	
Valor Médio COVs - Zona Predominantemente urbana	82,66 ± 68,42	
Valor Médio COVs - Zona Mediamente urbana	102,62 ± 56,59	,055
Valor Médio COVs - Zona predominantemente rural	165,00 ± 7,07	
Valor Médio SO ₂ - Zona Predominantemente urbana	0,005 ± 0,03	
Valor Médio SO ₂ - Zona Mediamente urbana	0,002 ± 0,01	,958
Valor Médio SO ₂ - Zona predominantemente rural	0,000 ± 0,000	
Valor Médio CH ₂ O - Zona Predominantemente urbana	0,02 ± 0,02	
Valor Médio CH ₂ O - Zona Mediamente urbana	0,01 ± 0,01	,220
Valor Médio CH ₂ O - Zona predominantemente rural	0,03 ± 0,01	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão

Teste: Kruskal Wallis

Pela análise do quadro 29 podemos concluir que se verificaram diferenças estatisticamente significativas relativamente às PM_{2,5} ($p < 0,05$). Constatámos que a concentração média da zona mediamente urbana foi significativamente mais baixa do que a concentração encontrada nas outras duas zonas. Verificámos novamente, diferenças estatisticamente significativas nas PM₁₀. A concentração verificada na zona predominantemente rural foi significativamente superior à concentração encontrada nas escolas localizadas em zonas predominantemente ou mediamente urbanas. Verificámos, ainda, diferenças estatisticamente significativas nos COVs. As escolas localizadas em zonas predominantemente rurais revelaram valores significativamente superiores relativamente às escolas localizadas em outras zonas.

Procurámos de seguida avaliar a variação média dos poluentes atmosféricos nos espaços interiores das escolas por estações do ano (emparelhamento) em função dos agrupamentos de escolas. Vejamos o quadro seguinte.

Quadro 30: Concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores por estação do ano em função do agrupamento de escolas

Agrupamentos de Escolas		Poluentes Atmosféricos													
		CO - o/i	CO - p/v	CO ₂ - o/i	CO ₂ - p/v	PM _{2,5} - o/i	PM _{2,5} - p/v	PM ₁₀ - o/i	PM ₁₀ - p/v	COVs - o/i	COVs - p/v	CH ₂ O - o/i	CH ₂ O - p/v	SO ₂ - o/i	SO ₂ - p/v
Silva Gaio	M	,09	,33	1230,15	819,77	,08	,10	,12	,13	50,96	50,15	,004*	,01	,00	,01
	DP	,09	,37	843,85	559,53	,03	,03	,04	,03	63,99	40,75	,005	,01	,000	,028
Inês de Castro	M	,65	,18	1254,50*	819,22	,10	,08	,12*	,09	58,83	68,11	,00	,01	,03*	,00
	DP	,42	,09	717,65	376,40	,03	,02	,03	,03	39,63	64,76	,01	,01	,035	,000
Rainha Santa Isabel	M	,58***	,14	1152,87*	923,73	,08**	,11	,11	,13	85,52	89,90	,01	,02	,00	,01
	DP	,34	,06	764,85	577,62	,03	,03	,04	,02	85,21	62,53	,01	,01	,000	,037
São Silvestre	M	1,01**	,23	1017,68	934,59	,12**	,07	,14**	,11	60,53	74,26	,01	,00	,01	,00
	DP	,59	,12	736,59	576,75	,04	,02	,05	,10	63,69	72,10	,01	,01	,020	,012
Alice Gouveia	M	,22	,17	1686,67	967,33	,08	,08	,12	,10	76,83*	53,50	,00	,01	,00	,00
	DP	,22	,09	1524,43	863,01	,05	,02	,09	,01	62,41	65,86	,00	,01	,000	,000
Ceira	M	,05	,15	1169,91	820,36	,07	,08	,09	,10	44,95*	105,73	,01*	,03	,00	,00
	DP	,04	,11	755,52	606,82	,01	,02	,02	,03	43,23	90,71	,01	,03	,000	,000
Martim de Freitas	M	,06	,18	1059,35	591,60	,06**	,12	,08**	,12	147,50	47,50	,00*	,01	,00	,00
	DP	,07	,10	655,83	214,35	,02	,01	,01	,01	135,02	57,94	,01	,01	,000	,000
Taveiro	M	,10	,10	779,71	778,08	,07	,08	,10	,10	14,75	44,08	,00*	,02	,00	,01
	DP	,11	,06	418,80	497,00	,02	,02	,04	,02	20,01	50,49	,01	,02	,000	,029
Colégios Privados	M	,32	,13	1232,50	1048,67	,06**	,08	,08	,10	101,00	85,42	,01	,01	,01	,00
	DP	,45	,15	899,97	882,68	,01	,01	,03	,02	92,36	49,65	,02	,02	,016	,000
Total	M	,40	,17	1145,18	877,67	,08	,09	,11	,11	73,11	73,41	,01	,01	,00	,00
	DP	,47	,16	796,33	602,73	,03	,03	,05	,04	81,16	63,44	,01	,02	,016	,022

Legenda: o/i= outono/inverno; p/v= primavera/verão; M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001
 Teste *t-Student* Amostras Emparelhadas; Teste T de Wilcoxon

No que diz respeito às alterações do parâmetro CO da estação de outono/inverno para a de primavera/verão, por agrupamentos, verificámos que foi nas escolas pertencentes ao agrupamento Rainha Santa Isabel e São Silvestre que se verificaram diferenças estatisticamente significativas. Constatou-se uma redução significativa deste poluente especialmente na 2ª fase de avaliação. Os restantes agrupamentos, quanto ao parâmetro em estudo, não revelaram variações médias significativas. Quanto ao parâmetro CO₂ os agrupamentos Inês de Castro e Rainha Santa Isabel revelaram alterações (diminuição) significativas da estação outono/inverno para primavera/verão. Os restantes agrupamentos revelaram uma diminuição apesar de não ser de forma expressiva (p>0,05). Quando avaliamos a variação média das PM_{2,5} foram os agrupamentos Rainha Santa Isabel, Martim de Freitas e os Colégios Privados que revelaram valores de PM_{2,5} significativamente superiores na época primavera/verão comparativamente ao outono/inverno. No entanto, o agrupamento São Silvestre foi o que, em média, registou uma redução significativa deste parâmetro na primavera/verão face ao outono/inverno. Relativamente às PM₁₀, foram os agrupamentos das escolas Inês de Castro e São Silvestre que reduziram de forma significativa a concentração média de PM₁₀ na estação de primavera/verão face ao outono/inverno. Em sentido inverso e de forma significativa, o agrupamento das escolas Martim de Freitas apresentou valores médios neste parâmetro em níveis superiores na primavera/verão face à estação de outono/inverno. No que respeita aos COVs foram os agrupamentos Alice Gouveia e Ceira os que revelaram maior variação deste parâmetro entre outono/inverno e primavera/verão. O agrupamento de escolas Alice Gouveia apresentou uma redução significativa na primavera/verão face à estação precedente, e numa situação inversa ocorrera nas escolas do agrupamento de Ceira.

Quanto ao parâmetro CH₂O foi nos agrupamentos Silva Gaio, Ceira, Martim de Freitas e Taveiro que os valores médios estimados foram significativamente superiores na estação primavera/verão

comparativamente à estação precedente. Por fim, quanto ao parâmetro SO_2 foi o agrupamento Inês de Castro que, em média, os valores estimados sofreram uma redução significativa na estação primavera/verão face à estação precedente.

6.2.1.11. Análise da concentração média dos poluentes atmosféricos no exterior por estação do ano

Nesta fase exploratória dos parâmetros analíticos ambientais emparelhamos os mesmos parâmetros entre dois momentos, outono/inverno e primavera/verão, nos espaços exteriores das diferentes instituições de ensino. Vejamos os quadros seguintes.

Quadro 31: Concentração média dos poluentes atmosféricos no exterior em função do outono/inverno

Poluentes	M \pm DP	p-value
Valor Médio CO – Zona Predominantemente urbana	0,28 \pm 0,30	
Valor Médio CO – Zona Mediamente urbana	0,40 \pm 0,37	,349
Valor Médio CO – Zona predominantemente rural	0,60 \pm 0,07	
Valor Médio CO_2 - Zona Predominantemente urbana	426,36 \pm 37,98	
Valor Médio CO_2 - Zona Mediamente urbana	425,26 \pm 25,46	,640
Valor Médio CO_2 - Zona predominantemente rural	405,00 \pm 33,23	
Valor Médio $\text{PM}_{2,5}$ - Zona Predominantemente urbana	0,06 \pm 0,02	
Valor Médio $\text{PM}_{2,5}$ - Zona Mediamente urbana	0,07 \pm 0,03	,827
Valor Médio $\text{PM}_{2,5}$ - Zona predominantemente rural	0,08 \pm 0,03	
Valor Médio PM_{10} - Zona Predominantemente urbana	0,08 \pm 0,02	
Valor Médio PM_{10} - Zona Mediamente urbana	0,09 \pm 0,04	,615
Valor Médio PM_{10} - Zona predominantemente rural	0,09 \pm 0,05	
Valor Médio O_3 - Zona Predominantemente urbana	0,04 \pm 0,08	
Valor Médio O_3 - Zona Mediamente urbana	0,07 \pm 0,15	,429
Valor Médio O_3 - Zona predominantemente rural	0,02 \pm 0,003	
Valor Médio COVs - Zona Predominantemente urbana	45,78 \pm 89,33	
Valor Médio COVs - Zona Mediamente urbana	7,68 \pm 17,78	,086
Valor Médio COVs - Zona predominantemente rural	0,000 \pm 0,000	
Valor Médio SO_2 - Zona Predominantemente urbana	0,003 \pm 0,012	
Valor Médio SO_2 - Zona Mediamente urbana	0,000 \pm 0,000	,546
Valor Médio SO_2 - Zona predominantemente rural	0,000 \pm 0,000	
Valor Médio CH_2O - Zona Predominantemente urbana	0,0009 \pm 0,003	
Valor Médio CH_2O - Zona Mediamente urbana	0,000 \pm 0,000	,546
Valor Médio CH_2O - Zona predominantemente rural	0,000 \pm 0,000	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão
 Teste: Kruskal Wallis

Pela análise do quadro anterior podemos concluir que não se verificaram diferenças significativas ($p > 0,05$). No entanto, relativamente ao CO_2 , COVs, SO_2 e CH_2O , foi nas zonas consideradas predominantemente urbanas que se verificaram concentrações médias mais elevadas. O CO e as $\text{PM}_{2,5}$ apresentaram valores de concentração mais elevadas nas zonas designadas por predominantemente rural. As PM_{10} possuíram maiores concentrações médias nas zonas mediamente urbanas e predominantemente rurais e por último o O_3 apresentou maiores concentrações médias nas zonas mediamente urbanas.

No que concerne à estação da primavera/verão, vejamos o quadro 32.

Quadro 32: Concentração média dos poluentes atmosféricos no exterior em função da primavera/verão

Poluentes	M ± DP	p-value
Valor Médio CO – Zona Predominantemente urbana	0,21 ± 0,22	
Valor Médio CO – Zona Mediamente urbana	0,19 ± 0,15	,868
Valor Médio CO – Zona predominantemente rural	0,20 ± 0,00	
Valor Médio CO ₂ - Zona Predominantemente urbana	399,37 ± 25,88	
Valor Médio CO ₂ - Zona Mediamente urbana	409,41 ± 30,33	,692
Valor Médio CO ₂ - Zona predominantemente rural	399,00 ± 7,07	
Valor Médio PM _{2,5} - Zona Predominantemente urbana	0,10 ± 0,02	
Valor Médio PM _{2,5} - Zona Mediamente urbana	0,08 ± 0,02	,013
Valor Médio PM _{2,5} - Zona predominantemente rural	0,11 ± 0,03	
Valor Médio PM ₁₀ - Zona Predominantemente urbana	0,11 ± 0,02	
Valor Médio PM ₁₀ - Zona Mediamente urbana	0,12 ± 0,09	,041
Valor Médio PM ₁₀ - Zona predominantemente rural	0,14 ± 0,02	
Valor Médio O ₃ - Zona Predominantemente urbana	0,026 ± 0,02	
Valor Médio O ₃ - Zona Mediamente urbana	0,030 ± 0,02	,641
Valor Médio O ₃ - Zona predominantemente rural	0,034 ± 0,009	
Valor Médio COVs - Zona Predominantemente urbana	58,94 ± 52,81	
Valor Médio COVs - Zona Mediamente urbana	23,11 ± 37,55	,047
Valor Médio COVs - Zona predominantemente rural	15,00 ± 7,07	
Valor Médio SO ₂ - Zona Predominantemente urbana	0,003 ± 0,017	
Valor Médio SO ₂ - Zona Mediamente urbana	0,000 ± 0,000	,743
Valor Médio SO ₂ - Zona predominantemente rural	0,000 ± 0,000	
Valor Médio CH ₂ O - Zona Predominantemente urbana	0,006 ± 0,009	
Valor Médio CH ₂ O - Zona Mediamente urbana	0,002 ± 0,004	,023
Valor Médio CH ₂ O - Zona predominantemente rural	0,02 ± 0,000	

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão
 Teste: Kruskal Wallis

Pela análise do quadro anterior podemos concluir que se verificaram diferenças estatisticamente significativas relativamente às PM_{2,5} (p<0,05). Constatámos que a concentração média verificada no exterior das escolas localizadas em zonas predominantemente rurais é significativamente mais elevada do que a concentração média encontrada nas outras duas zonas. Verificámos também diferenças estatisticamente significativas nas PM₁₀ e no CH₂O. A concentração, quer de PM₁₀, quer de CH₂O, verificada na zona predominantemente rural é significativamente superior à concentração estimada nas escolas localizadas em zonas predominantemente ou mediamente urbanas. Verificámos ainda diferenças estatisticamente significativas nos COVs. As escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas revelaram valores significativamente superiores relativamente às escolas localizadas noutras zonas.

6.2.1.12. Análise da concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores e exteriores em função da estação do ano e do Agrupamento Escolar

Procurámos de seguida avaliar a variação dos poluentes atmosféricos por espaços (salas de aula e exterior) e por estação do ano em função do agrupamento de escolas. No quadro 33 podemos observar essa distribuição em função do agrupamento de escolas Silva Gaio, Inês de Castro, Rainha Santa Isabel e São Silvestre.

Quadro 33: Concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores e exteriores em função da estação do ano e do agrupamento de escolas de Silva Gaio, Inês de Castro, Rainha Santa Isabel e São Silvestre

		Agrupamento de Escolas							
		Silva Gaio		Inês de Castro		Rainha Santa Isabel		São Silvestre	
		Sala de aula (n=7)	exterior (n=5)	Sala de aula (n=6)	exterior (n=3)	Sala de aula (n=18)	exterior (n=12)	Sala de aula (n=10)	exterior (n=7)
CO - outono/inverno	M	,09	,08	,62	,70	,64	,48	1,19	,75
	DP	,098	,084	,489	,300	,349	,305	,713	,200
CO - primavera/verão	M	,27	,42	,16	,22	,12	,17	,18*	,31
	DP	,271	,517	,038	,161	,060	,062	,079	,137
CO ₂ - outono/inverno	M	1743,25**	409,20	1663,75**	436,00	1642,00***	419,17	1436,65**	419,14
	DP	661,936	21,356	469,874	28,054	603,334	30,627	700,599	7,814
CO ₂ - primavera/verão	M	1080,00*	403,40	1033,00**	391,67	1271,44***	402,17	1293,80***	421,43
	DP	578,636	33,709	249,317	3,215	498,881	18,896	492,657	26,387
PM _{2,5} - outono/inverno	M	,09	,07	,10	,10	,09	,07	,13	,10
	DP	,030	,033	,027	,031	,031	,022	,042	,044
PM _{2,5} - primavera/verão	M	,09	,10	,09	,07	,11	,12	,07	,07
	DP	,026	,028	,027	,020	,029	,029	,018	,021
PM ₁₀ - outono/inverno	M	,14*	,09	,13	,10	,12	,09	,16*	,10
	DP	,036	,040	,022	,036	,045	,033	,040	,051
PM ₁₀ - primavera/verão	M	,13	,13	,10	,06	,13	,13	,09	,14
	DP	,030	,027	,019	,034	,023	,019	,016	,151
O ₃ - outono/inverno	M	,0002**	,03	,00	,17	,00013***	,02	,00	9,19
	DP	,005	,016	,000	,280	,005	,014	,002	24,170
O ₃ - primavera/verão	M	,00	,04	,00	,03	,0001**	,03	,0017**	,04
	DP	,001	,032	,000	,024	,000	,027	,004	,025
SO ₂ - outono/inverno	M	,00	,00	,04	,02	,00	,00	,02	,00
	DP	,000	,000	,038	,029	,000	,000	,024	,000
SO ₂ - primavera/verão	M	,00	,02	,00	,00	,01	,00	,01	,00
	DP	,000	,045	,000	,000	,047	,000	,016	,000
COVs - outono/inverno	M	81,56*	2,00	65,58	45,33	140,17***	3,54	92,75**	14,50
	DP	65,013	4,472	44,329	31,001	66,582	8,425	62,901	26,094
COVs - primavera/verão	M	51,63	47,80	64,17	76,00	100,17	74,50	121,60***	6,64
	DP	41,338	44,488	64,142	79,674	68,821	50,572	55,742	11,499
CH ₂ O - outono/inverno	M	,00	,00	,01	,00	,01**	,00	,01*	,00
	DP	,005	,000	,008	,006	,016	,000	,009	,000
CH ₂ O - primavera/verão	M	,02*	,002	,01	,00	,02*	,01	,01*	,00
	DP	,011	,004	,008	,000	,012	,010	,007	,000

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001.

Teste *t-Student* Amostras Independentes; Teste Wilcoxon-Mann-Whitney.

No que diz respeito ao parâmetro CO em função do local, constatou-se a presença de diferenças médias significativas exclusivamente no agrupamento de São Silvestre. Os valores médios na primavera/verão foram significativamente superiores nos espaços abertos face aos espaços fechados (salas de aula). Quanto ao parâmetro CO₂, em todos os agrupamento os valores médios foram sempre mais elevados em locais fechados (salas de aula) face aos espaços abertos (exterior) quer seja na estação outono/inverno quer seja na estação da primavera/verão. O teor das PM₁₀ foi significativamente superior em locais fechados no agrupamento Silva Gaio face aos locais abertos especialmente no outono/inverno. Esta tendência foi semelhante no agrupamento São Silvestre. Ao nível do parâmetro O₃, tanto nos agrupamentos Silva Gaio como na Rainha Santa Isabel, na estação outono/inverno, os espaços abertos foram os locais que revelaram valores médios estatisticamente superiores face aos locais fechados. Esta tendência também foi semelhante na estação primavera/verão nos agrupamento Rainha Santa Isabel e São Silvestre. O poluente COVs revelou significativamente valores médios mais elevados no outono/inverno nas salas de aula face ao exterior nos agrupamentos Silva Gaio, Rainha Santa Isabel e São Silvestre. Na primavera/verão, só o agrupamento São Silvestre, revelou em média valores significativamente superiores nas salas de aula face ao exterior. Por fim, no que diz respeito ao poluente CH₂O este foi significativamente superior em locais fechados face aos locais abertos nos agrupamentos Silva Gaio, Rainha Santa Isabel e São Silvestre.

Vejamos o quadro seguinte quanto à variação média dos poluentes ambientais nos agrupamentos de Alice Gouveia, Ceira e Eugénio de Castro:

Quadro 34: Concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores e exteriores em função da estação do ano e do agrupamento de escolas Alice Gouveia, Ceira e Eugénio de Castro

		Agrupamento de Escolas					
		Alice Gouveia		Ceira		Eugénio de Castro	
		Sala de aula (n=4)	Exterior (n=2)	Sala de aula (n=7)	Exterior (n=4)	Sala de aula (n=4)	Exterior (n=3)
CO - outono/inverno	M	,20	,25	,04	,06	,05	,08
	DP	,268	,141	,024	,063	,071	,104
CO - primavera/verão	M	,15	,20	,12**	,20	,08	,08
	DP	,108	,000	,095	,122	,065	,104
CO ₂ - outono/inverno	M	2317,50	425,00	1583,71	445,75	1343,13	475,67
	DP	1510,218	41,012	633,877	18,764	857,362	85,944
CO ₂ - primavera/verão	M	1254,50	393,00	1053,00	413,25	828,25	389,33
	DP	954,692	5,657	662,142	57,378	330,930	12,858
PM _{2,5} - outono/inverno	M	,09	,06	,07	,06	,07	,05
	DP	,058	,010	,018	,006	,013	,009
PM _{2,5} - primavera/verão	M	,08	,08	,08	,08	,10	,10
	DP	,016	,022	,022	,011	,025	,026
PM ₁₀ - outono/inverno	M	,15	,07	,10	,08	,09	,07
	DP	,098	,030	,026	,021	,040	,025
PM ₁₀ - primavera/verão	M	,09	,10	,11	,09	,12	,13
	DP	,008	,011	,027	,023	,015	,024
O ₃ - outono/inverno	M	,00	,01	,01**	,03	,01	,03
	DP	,005	,007	,014	,013	,013	,019
O ₃ - primavera/verão	M	,00**	,02	,00	,03	,00	,02
	DP	,000	,006	,000	,026	,002	,024
SO ₂ - outono/inverno	M	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	DP	,000	,000	,000	,000	,000	,000
SO ₂ - primavera/verão	M	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	DP	,000	,000	,000	,000	,000	,000
COVs - outono/inverno	M	72,75	85,00	70,64**	,00	71,25	40,00
	DP	46,457	113,137	31,582	,000	82,298	40,000
COVs - primavera/verão	M	42,75	75,00	156,57**	16,75	110,25	13,33
	DP	54,926	106,066	72,924	14,221	78,262	23,094
CH ₂ O - outono/inverno	M	,00	,00	,01	,00	,00	,00
	DP	,005	,000	,011	,000	,005	,000
CH ₂ O - primavera/verão	M	,01	,01	,04*	,01	,02	,01
	DP	,015	,007	,027	,010	,014	,006

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001
 Teste *t-Student* Amostras Independentes; Teste Wilcoxon-Mann-Whitney

Registaram-se diferenças médias de CO nas escolas do agrupamento de Ceira, na estação primavera/verão, em locais abertos face aos fechados. Também ao nível dos parâmetros O₃, COVs e CH₂O as escolas do agrupamento de Ceira registaram alterações médias significativas destes parâmetros, em especial o O₃ onde revelou ser superior no exterior face às salas de aula, na estação de outono/inverno. Também na estação de outono/inverno e de primavera/verão, os valores de COVs foram significativamente superiores em locais fechados face aos espaços abertos. No que diz respeito ao poluente CH₂O, as escolas do agrupamento de Ceira revelaram valores médios significativamente superiores nas salas de aula face ao exterior. Não podemos deixar de referir que as escolas do agrupamento Alice Gouveia também registaram um aumento médio significativo de O₃ na primavera/verão em especial no exterior face aos espaços fechados (salas de aula).

O quadro seguinte resume a variação média dos poluentes ambientais dos dois últimos agrupamentos de escolas do Concelho de Coimbra, Martim de Freitas, Taveiro e dos Colégios Privados.

Quadro 35: Concentração média dos poluentes atmosféricos em espaços interiores e exteriores em função da estação do ano e do agrupamento de escolas de Martim de Freitas, Taveiro e Colégios Privados

		Agrupamento de Escolas					
		Martim de Freitas		Taveiro		Colégios Privados	
		Sala de aula (n=6)	Sxterior (n=4)	Sala de aula (n=7)	Exterior (n=5)	Sala de aula (n=12)	Exterior (n=6)
CO - outono/inverno	M	,06	,05	,09	,10	,35	,26
	DP	,074	,071	,110	,127	,513	,309
CO - primavera/verão	M	,17	,19	,09	,11	,11	,17
	DP	,137	,025	,053	,082	,152	,140
CO ₂ - outono/inverno	M	1484,08**	422,25	1049,86**	401,50	1631,38**	434,75
	DP	481,552	43,293	342,310	6,736	854,766	30,357
CO ₂ - primavera/verão	M	718,50**	401,25	1059,29*	384,40	1370,00*	406,00
	DP	182,797	40,285	481,000	10,691	930,553	23,307
PM _{2,5} - outono/inverno	M	,06	,06	,08*	,05	,06	,06
	DP	,023	,018	,025	,014	,016	,014
PM _{2,5} - primavera/verão	M	,12	,12	,08	,08	,08	,09
	DP	,007	,006	,017	,017	,013	,013
PM ₁₀ - outono/inverno	M	,08	,07	,12*	,07	,09	,06
	DP	,013	,017	,041	,021	,036	,014
PM ₁₀ - primavera/verão	M	,12	,12	,10	,10	,09*	,10
	DP	,006	,005	,019	,018	,022	,014
O ₃ - outono/inverno	M	,0004***	,02	,0023***	,04	,00179*	,04
	DP	,001	,004	,006	,012	,003	,031
O ₃ - primavera/verão	M	,01	,02	,00021*	,03	,00	,01
	DP	,016	,029	,001	,007	,002	,014
SO ₂ - outono/inverno	M	,00	,00	,00	,00	,00	,01
	DP	,000	,000	,000	,000	,014	,020
SO ₂ - primavera/verão	M	,00	,00	,01	,00	,00	,00
	DP	,000	,000	,038	,000	,000	,000
COVs - outono/inverno	M	137,50	162,50	24,14*	1,60	121,71	59,58
	DP	105,534	188,746	21,876	3,578	91,874	85,706
COVs - primavera/verão	M	56,67	33,75	61,86	19,20	93,67	68,92
	DP	63,061	54,981	57,118	28,119	50,321	48,188
CH ₂ O - outono/inverno	M	,01	,00	,00	,00	,01*	,00
	DP	,008	,000	,004	,009	,021	,000
CH ₂ O - primavera/verão	M	,02*	,01	,03	,01	,02	,0033
	DP	,005	,006	,016	,014	,018	,005

Legenda: M= Média; DP= Desvio Padrão; * p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0001

Teste t-Student Amostras Independentes; Teste Wilcoxon-Mann-Whitney

Constatámos variações médias de CO₂ significativamente superiores nos espaços fechados face aos espaços abertos. No que diz respeito às partículas foi no agrupamento de Taveiro e nos Colégios Privados que se registaram alterações significativas entre os espaços. Quanto às PM_{2,5} e PM₁₀ nas escolas de Taveiro o teor foi significativamente superior em espaços fechados em especial no outono/inverno. Ao nível dos colégios privados o poluente PM₁₀ foi significativamente superior em locais abertos, nomeadamente na primavera/verão. Quanto aos valores do poluente O₃ estes foram sempre, em média, significativamente superiores no outono/inverno em locais abertos. Só na estação primavera/verão é que as escolas do agrupamento de Taveiro registaram valores de O₃ significativamente superiores nos espaços abertos face aos espaços fechados. O agrupamento de Taveiro revelou no outono/inverno valores significativamente superiores de COVs, nos espaços fechados. O CH₂O sofreu uma variação significativa no agrupamento Martim de Freitas e nos Colégios Privados onde os valores foram superiores, em média, nos locais fechados.

6.2.2. Avaliação da temperatura, humidade relativa e velocidade do ar nas salas de aula e exterior

Nas tabelas e nos gráficos que se seguem, os dados são apresentados por parâmetro. Os valores apresentados referem-se ao valor médio dos períodos de amostragem, ao valor máximo, e o respetivo valor de referência.

6.2.2.1. Temperatura do ar

As condições ambientais de conforto de referência, de acordo com o DL nº 80/2006, de 4 de abril, são uma temperatura do ar de 20°C para a estação de aquecimento e uma temperatura do ar de 25°C e 50% de humidade relativa para a estação de arrefecimento. Os resultados abaixo apresentados, quer no quadro 36, quer nos gráficos 50 a 57, referem-se aos resultados da temperatura do ar no interior das salas de aula e no ar ambiente.

Quadro 36: Valores médios e máximos de temperatura do ar por estação do ano

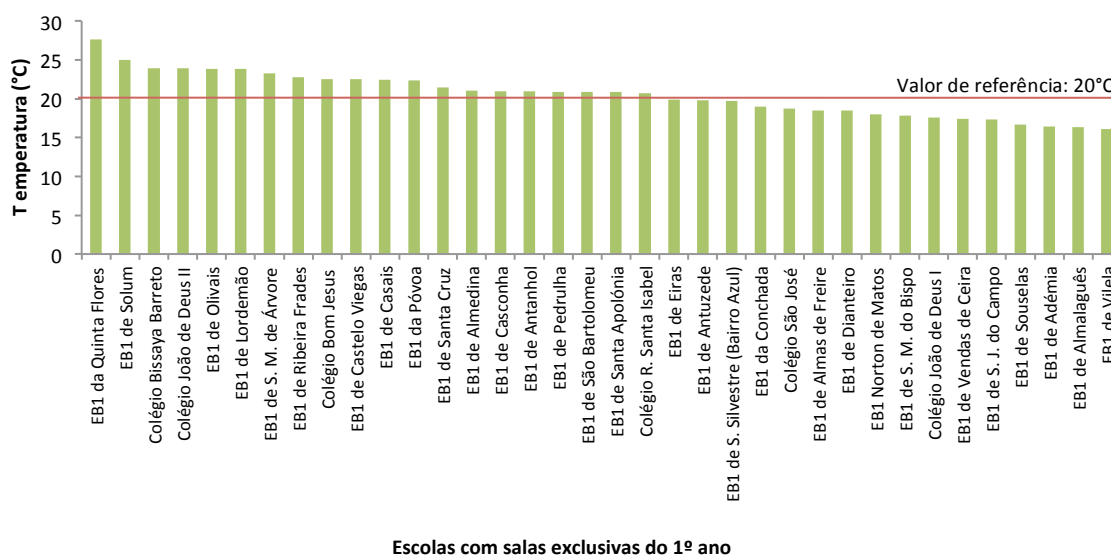
Escola	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	T - Média Outono/ Inverno	T - Média Primavera/ Verão	T - Máxima Outono/ Inverno	T - Máxima Primavera/ Verão	T - Média Outono/ Inverno	T - Média Primavera/ Verão	T - Máxima Outono/ Inverno	T - Máxima Primavera/ Verão	T - Média Outono/ Inverno	T - Média Primavera/ Verão	T - Máxima Outono/ Inverno	T - Máxima Primavera/ Verão	T - Média Outono/ Inverno	T - Média Primavera/ Verão	T - Máxima Outono/ Inverno	T - Máxima Primavera/ Verão
Colégio Bom Jesus	22,50	26,0	23,8	28,5	22,0	23,8	22,5	23,9	.	.	.	.	16,50	28,2	17,2	30,1
EB1 da Póvoa	22,35	22,2	22,7	22,4	22,2	21,6	22,8	21,8	.	.	.	.	18,35	18,2	19,3	19,4
EB1 de Almas de Freire	18,45	23,0	18,7	24,3	19,7	23,2	20,1	23,4	.	.	.	.	22,75	19,9	27,2	20,8
EB1 de S. M. do Bispo	17,80	22,8	18,4	23,7	17,8	24,0	18,1	26,8	.	.	.	.	17,15	19,1	18,0	21,0
EB1 de S. J. do Campo	17,35	26,4	17,9	26,7	17,5	26,1	18,3	26,4	.	.	.	.	17,45	28,8	17,9	29,3
EB1 de S. M. de Árvore	23,25	28,0	23,7	28,6	21,4	23,8	22,2	25,8	.	.	.	.	20,20	24,3	22,3	25,3
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	19,05	23,1	20,4	23,8	19,70	25,1	21,7	27,9
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	20,45	23,6	22,7	25,3	14,35	21,0	15,3	21,6
EB1 de Antuzede	19,80	21,5	20,0	22,7	20,85	22,2	21,0	22,4	.	.	.	.	17,60	21,4	18,1	22,1
EB1 de Bairro Azul	19,70	22,4	21,4	23,0	.	.	.	.	.	.	.	.	15,50	19,5	16,2	20,5
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	.	17,9	21,9	18,0	22,4	.	.	.	.	17,75	22,6	18,6	24,2
EB1 Norton de Matos	17,95	25,8	18,7	26,2	18,6	26,7	18,9	27,1	.	.	.	.	13,05	20,3	14,0	21,5
EB1 da Quinta Flores	27,65	26,2	28,2	27,1	27,3	27,3	28,5	27,8	.	.	.	.	19,40	19,4	20,3	20,3
EB1 de Vendas de Ceira	17,40	25,8	19,6	26,2	19,4	26,5	19,7	27,4	.	.	.	.	13,00	29,0	13,4	30,8
EB1 de Torres Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	18,1	26,6	18,7	29,4	14,30	26,0	16,2	26,3
EB1 de Almalaguês	16,35	26,0	16,5	26,3	14,65	26,5	15,1	26,6	.	.	.	.	15,00	25,4	15,4	25,6
EB1 de Castelo Viegas	22,50	26,1	23,1	26,2	20,3	26,5	22,4	26,7	.	.	.	.	15,35	25,4	16,8	25,9
EB1 de Casais	22,45	25,4	23,5	25,9	20,45	26,2	22,5	26,3	.	.	.	.	12,65	22,6	14,3	24,3
EB1 de Ribeira Frades	22,80	26,3	26,7	26,8	17,85	27,0	19,1	28,9	.	.	.	.	24,20	27,4	26,7	28,4
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	18,1	23,5	18,3	25,1	14,15	21,1	14,7	21,3
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	19,85	25,3	20,1	26,9	18,20	27,7	18,6	28,1
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	19,7	25,7	20,2	26,1	14,75	22,3	16,4	22,9
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	20,95	23,3	22,8	23,5	27,90	20,6	33,7	20,9
EB1 de Casconha	20,95	25,1	23,1	26,3	23,5	26,0	27,4	26,2	.	.	.	.	15,75	25,6	16,6	26,6
EB1 de Almedina	21,05	24,5	21,3	25,4	21,95	26,3	22,9	26,6	.	.	.	.	19,45	28,0	20,8	30,3
EB1 de São Bartolomeu	20,85	27,2	21,9	27,5	20,2	27,7	20,2	28,5	.	.	.	.	24,05	34,1	25,8	35,3
EB1 de Antanol	20,95	23,8	23,1	24,2	.	.	.	.	.	.	.	.	9,20	22,7	9,7	23,1
EB1 de Dianteiro	18,45	24,5	19,0	25,0	19,1	24,9	20,4	25,3	.	.	.	.	13,85	22,3	15,0	23,1
EB1 de Solum	25,00	24,8	25,6	25,4	.	.	.	.	.	.	.	.	26,30	21,2	26,3	21,5
E.B 2,3 E. de Castro	.	.	.	.	24,95	23,1	26,4	23,9	.	.	.	.	26,50	22,4	27,4	23,4
Colégio R. Santa Isabel	20,70	23,2	20,9	23,8	23,35	24,2	24,1	24,4	.	.	.	.	20,30	23,2	21,2	24,2
Colégio São José	18,70	27,0	19,0	29,7	20,20	27,0	20,3	27,9	.	.	.	.	16,10	32,8	17,1	35,2
Colégio Bissaya Barreto	23,95	24,3	24,3	24,6	22,10	30,2	22,7	34,8	.	.	.	.	17,80	32,0	19,0	32,7
Colégio João de Deus I	17,60	26,5	17,8	27,7	20,15	27,9	20,5	28,1	.	.	.	.	15,65	26,0	17,2	26,9
Colégio João de Deus II	23,90	24,7	24,5	25,6	25,35	25,1	26,8	25,1	.	.	.	.	24,40	22,4	25,9	22,7
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	18,95	25,0	19,3	25,4	18,75	19,9	20,1	20,2
EB1 de Pedrulha	20,90	24,0	22,1	24,2	21,95	25,7	23,7	32,4	.	.	.	.	11,30	25,2	12,8	27,3
EB1 de Eiras	19,85	23,1	21,3	25,7	21,55	24,2	25,3	24,9	.	.	.	.	13,80	25,8	15,6	26,2
EB1 de Adémia	16,40	22,0	16,8	22,8	14,15	20,9	14,6	22,0	.	.	.	.	11,00	30,7	11,6	33,6
EB1 de Lordemão	23,80	20,2	25,1	20,4	24,35	21,9	27,3	22,2	.	.	.	.	26,80	21,4	31,4	21,5
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	18,55	25,2	19,4	25,6	12,45	24,4	12,8	25,0
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	17,1	22,6	18,5	23,6	12,60	24,7	13,6	25,2
EB1 de Vilela	16,05	26,2	16,5	26,8	16,8	25,8	17,3	26,4	.	.	.	.	13,20	30,3	14,6	31,1
EB1 de Souselas	16,70	21,0	17,4	21,3	17,0	18,9	18,7	19,2	.	.	.	.	13,10	19,0	14,5	19,4
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	17,30	20,6	17,5	21,3	12,90	20,4	13,9	21,1
EB1 de Santa Apolónia	20,85	27,8	23,3	28,0	.	.	.	.	.	.	.	.	18,85	29,0	20,5	30,0
EB 2,3 Santa Apolónia	.	.	.	.	18,9	25,6	19,4	27,0	.	.	.	.	18,20	20,8	20,0	21,5
EB1 de Olivais	23,85	26,40	25,7	26,9	.	.	.	.	.	.	.	.	17,80	24,9	19,0	27,6
EB 2,3 Martim Freitas	.	.	.	.	16,9	25,7	18,9	26,0	.	.	.	.	12,35	19,4	13,7	21,6
EB1 da Conchada	18,95	27,0	19,1	28,8	19,65	26,6	20,4	27,1	.	.	.	.	15,35	32,8	16,6	33,4
EB1 de Santa Cruz	21,45	23,7	21,7	24,4	21,8	24,5	22,0	24,9	.	.	.	.	20,80	21,8	21,1	22,7

Na estação do outono/inverno, verificámos que as temperaturas médias observadas do ar em sensivelmente 50% das salas de aula (n=40) encontravam-se abaixo do valor de referência mencionado no DL nº 80/2006, de 4 de abril, (20°C), verificando-se em algumas escolas valores abaixo dos 17°C, chegando mesmo a valores

de 14°C (sala do 4º ano da EB1 de Adémia). Na estação da primavera/verão, verificámos que das 82 salas avaliadas, a maioria (n=42) possuía valores médios da temperatura do ar acima do valor referenciado (25°C). Na sala do 4º ano do Colégio Bissaya Barreto, obtiveram-se valores médios de 30°C e na sala do 1º ano de EB1 de São Martinho da Árvore constatámos valores médios de 28°C. Registámos, no outono/inverno, um valor médio, no interior das salas de aula de 20°C e no exterior de 17°C. Na primavera/verão o valor médio da temperatura, quer no interior das salas de aula quer no exterior foi de 24°C.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da temperatura nas salas de aula do 1º ano.

Gráfico 50: Valor médio da temperatura em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)



Verificámos que existiam 20 salas de aula em que o valor médio da Tº foi superior ao valor de referência.

No gráfico 51, podemos observar o valor médio da temperatura nas salas de aula do 4º ano, na estação de outono/inverno.

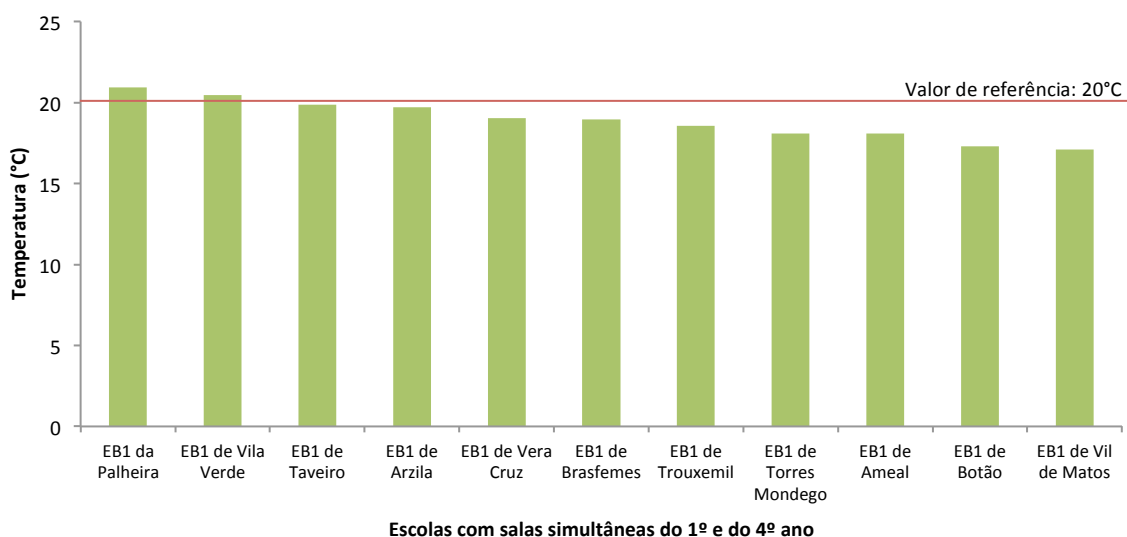
Gráfico 51: Valor médio da temperatura em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)



Podemos verificar que também existiam 20 salas de aula do 4º ano em que o valor médio da temperatura foi superior ao valor de referência.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da temperatura nas salas de aula onde eram lecionados o 1º e o 4º ano em conjunto, na estação de outono/inverno.

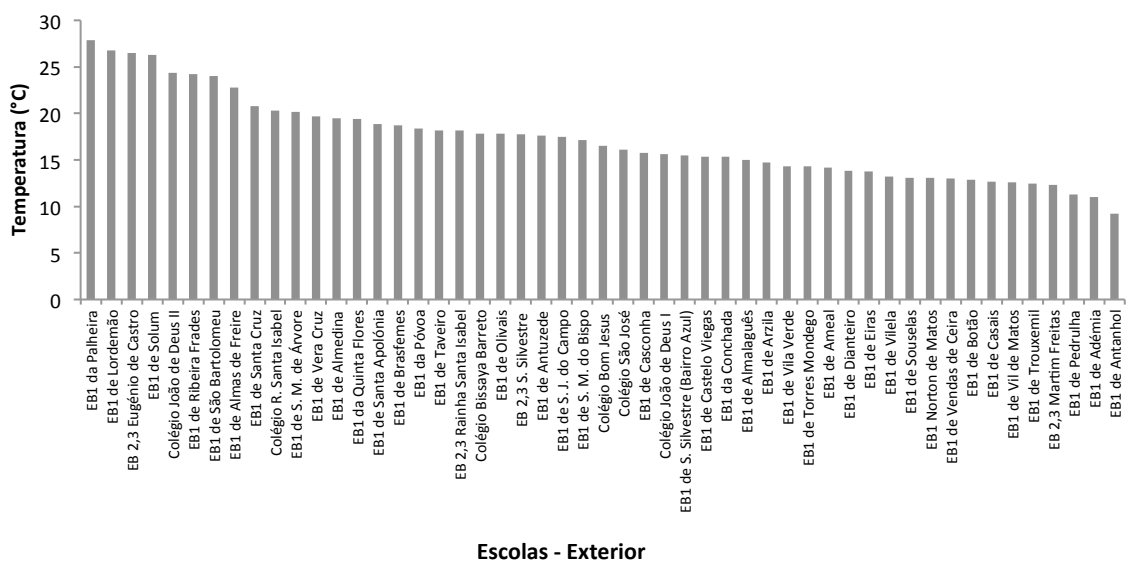
Gráfico 52: Valor médio da temperatura em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)



Pela análise do gráfico anterior, podemos verificar que a sala da EB1 de Palheira e a sala da EB1 de Vila Verde possuíam o valor médio da temperatura superior ao valor de referência.

No gráfico 53, podemos observar o valor médio da temperatura no exterior das escolas, na estação de outono/inverno.

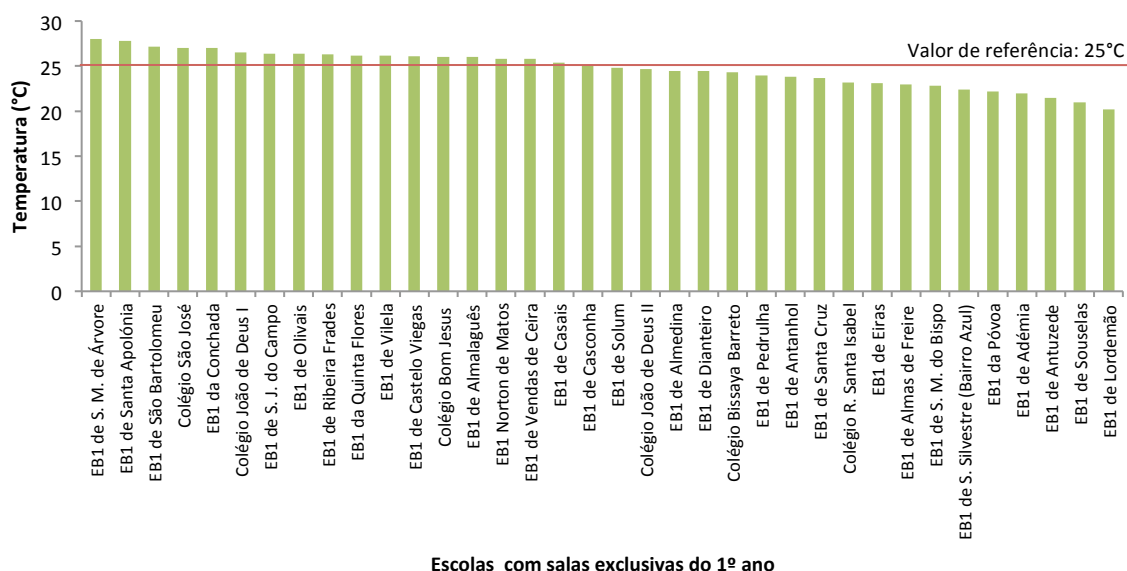
Gráfico 53: Valor médio da temperatura no exterior das escolas (outono/inverno)



Verificámos que, no outono/inverno, o valor médio no exterior das salas de aula foi inferior comparativamente com o valor médio verificado no interior das salas de aula.

No gráfico 54, podemos observar o valor médio da temperatura nas salas de aula do 1º ano, na estação de primavera/verão.

Gráfico 54: Valor médio da temperatura em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)

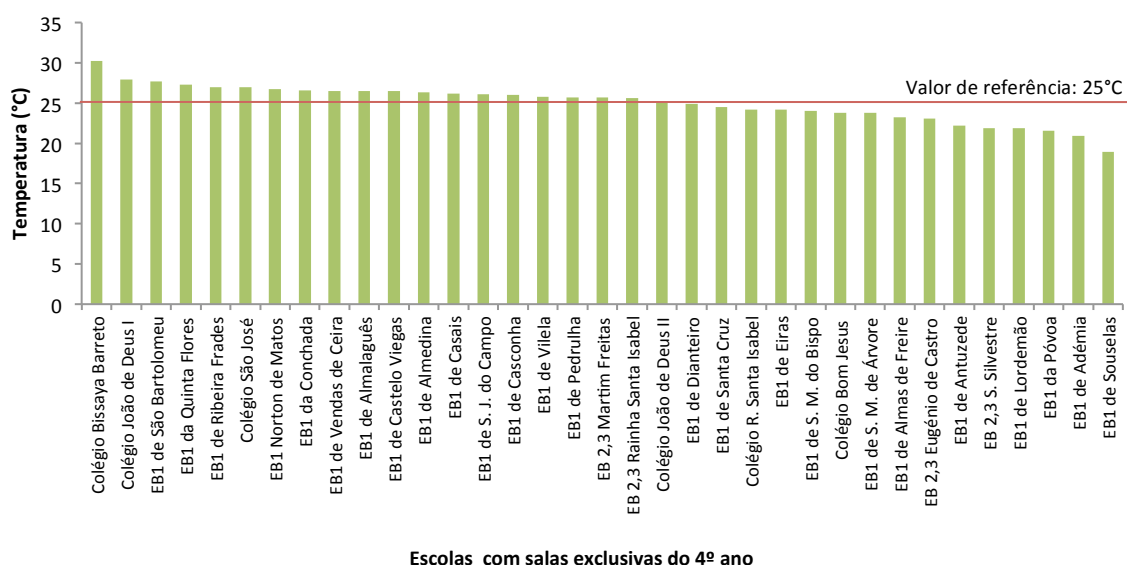


Escolas com salas exclusivas do 1º ano

Podemos verificar que existiam 18 salas de aula do 1º ano em que o valor médio da temperatura foi superior ao valor de referência.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da temperatura nas salas de aula do 4º ano, na estação de primavera/verão.

Gráfico 55: Valor médio da temperatura em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)

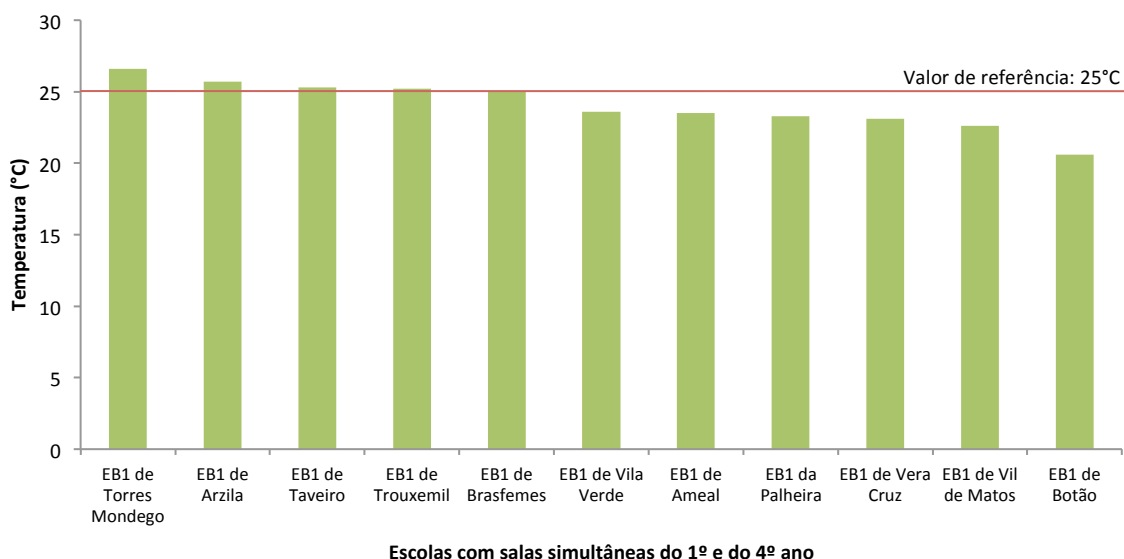


Escolas com salas exclusivas do 4º ano

Pela análise do quadro anterior podemos verificar que existiam 20 salas de aula do 4º ano em que o valor médio da temperatura foi superior ao valor de referência.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da temperatura nas restantes salas de aula, na estação de primavera/verão.

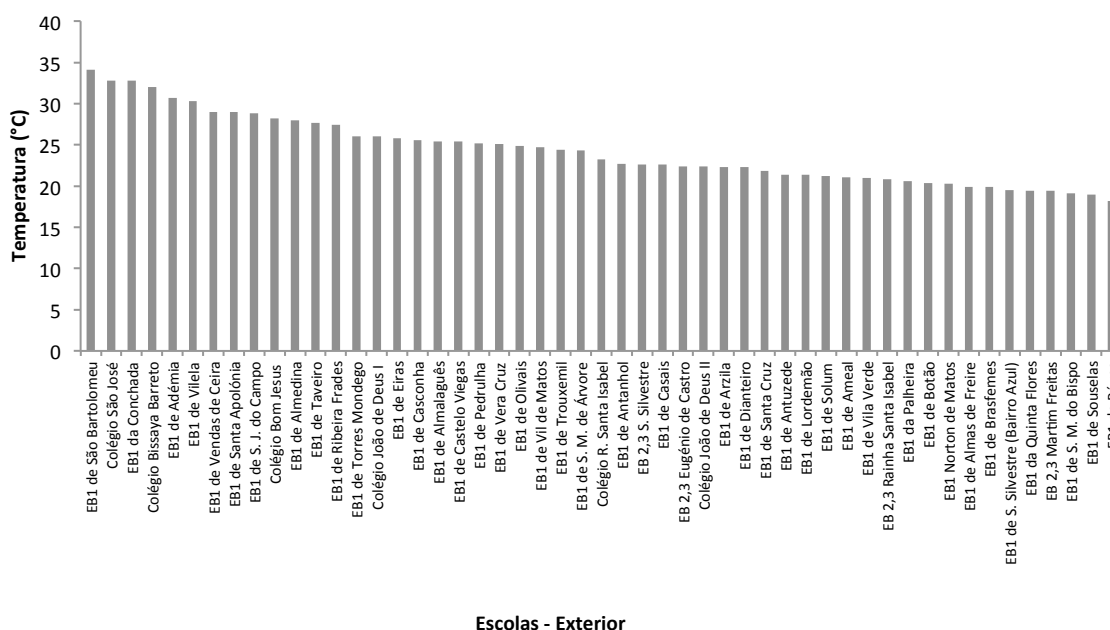
Gráfico 56: Valor médio da temperatura em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)



Podemos verificar que existiam 4 salas de aula em que o 1º e o 4º ano eram lecionados em conjunto, cujo valor médio da temperatura foi superior ao valor de referência.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da temperatura no exterior das escolas.

Gráfico 57: Valor médio da temperatura no exterior das escolas (primavera/verão)



Constatámos que na primavera/verão, o valor médio verificado no interior das salas de aula foi o mesmo que o estimado no ar ambiente.

6.2.2.2. Humidade relativa do ar

A ISO 7730, indica-nos que a humidade relativa do ar se deve situar entre os 30% e os 70%. Os resultados seguintes, quer no quadro 37, quer nos gráficos 58 a 65, referem-se aos resultados da humidade relativa no interior das salas de aula e no ar ambiente.

Quadro 37: Valores médios e máximos de humidade relativa do ar por estação do ano

Escola	1º ano				4º ano				1 e 4 anos juntos				Exterior			
	H-Média Outono/ Inverno	H-Média Primavera/ Verão	H-Máxima Outono/ Inverno	H-Máxima Primavera/ Verão	H-Média Outono/ Inverno	H-Média Primavera/ Verão	H-Máxima Outono/ Inverno	H-Máxima Primavera/ Verão	H-Média Outono/ Inverno	H-Média Primavera/ Verão	H-Máxima Outono/ Inverno	H-Máxima Primavera/ Verão	H-Média Outono/ Inverno	H-Média Primavera/ Verão	H-Máxima Outono/ Inverno	H-Máxima Primavera/ Verão
Colégio Bom Jesus	48,05	44,5	51,0	49,0	54,65	47,1	57,2	48,2	.	.	.	.	49,80	30,1	51,9	33,9
EB1 da Póvoa	51,10	50,8	53,9	53,7	42,60	57,8	44,1	59,3	.	.	.	.	43,80	52,7	47,3	55,7
EB1 Almas Freire	57,05	52,3	58,3	54,2	55,80	52,3	57,1	55,0	.	.	.	.	27,20	51,6	39,1	52,8
EB1 São M. do Bispo	60,80	49,3	63,5	50,0	60,25	45,6	63,8	48,1	.	.	.	.	43,90	45,4	46,0	48,3
EB1 S. João do Campo	70,50	56,7	71,9	58,1	70,50	58,4	73,3	59,7	.	.	.	.	42,25	32,1	43,7	34,7
EB1 S. Martinho da Árvore	40,30	47,0	41,7	48,8	64,20	64,4	68,4	66,9	.	.	.	.	37,20	49,7	42,8	55,0
EB1 de Vera Cruz	.	.	.	.	.	.	.	.	54,40	52,9	59,5	53,9	40,85	34,8	49,6	43,8
EB1 de Vila Verde	.	.	.	.	.	.	.	.	51,95	50,7	59,4	52,9	66,95	48,9	77,0	50,2
EB1 de Antuzede	55,60	62,6	56,3	64,8	57,25	62,4	57,6	62,6	.	.	.	.	53,30	54,4	54,1	57,0
EB1 de Bairro Azul	67,25	58,8	72,9	59,9	.	.	.	.	.	.	.	.	66,70	50,6	69,3	52,8
EB 2,3 S. Silvestre	.	.	.	.	60,40	61,3	61,1	62,1	.	.	.	.	46,75	44,3	51,6	47,4
EB1 de Norton Matos	56,05	60,4	57,0	63,6	59,25	56,9	61,0	61,1	.	.	.	.	53,80	68,5	59,3	72,9
EB1 Quinta Flores	46,70	38,0	54,0	39,2	35,15	40,6	38,7	42,0	.	.	.	.	39,40	39,4	41,3	41,3
EB1 Vendas Ceira	82,00	69,3	89,8	71,4	67,50	63,6	68,3	64,6	.	.	.	.	77,80	50,5	81,4	58,4
EB1 Torres do Mondego	.	.	.	.	.	.	.	.	67,00	53,2	69,8	55,8	70,90	51,3	78,7	51,7
EB1 de Almalaguês	39,55	61,2	41,5	63,3	38,35	68,8	39,6	71,1	.	.	.	.	50,60	54,9	53,6	56,8
EB1 de Castelo Viegas	42,90	63,7	44,1	64,4	49,45	63,2	55,3	63,9	.	.	.	.	45,90	55,9	50,7	58,9
EB1 de Casais	41,20	58,7	43,2	60,6	43,55	62,3	47,4	64,0	.	.	.	.	35,80	59,4	43,6	64,2
EB1 de Ribeira Frades	33,30	67,7	43,0	68,7	27,60	55,1	29,7	56,8	.	.	.	.	14,85	50,7	17,4	54,4
EB1 de Ameal	.	.	.	.	.	.	.	.	58,30	48,2	58,9	50,4	49,05	40,8	51,8	41,9
EB1 de Taveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	46,85	47,4	48,5	49,0	29,70	35,2	33,5	36,2
EB1 de Arzila	.	.	.	.	.	.	.	.	59,10	50,3	60,6	51,8	45,25	39,6	50,8	40,4
EB1 da Palheira	.	.	.	.	.	.	.	.	39,80	55,3	46,9	55,7	11,95	48,9	18,5	49,6
EB1 de Casconha	34,30	43,7	37,7	44,6	39,60	52,0	49,3	53,1	.	.	.	.	26,50	49,3	29,8	51,8
EB1 de Almedina	44,80	58,4	46,6	59,9	54,80	59,0	63,7	62,3	.	.	.	.	44,30	46,5	48,3	59,2
EB1 S. Bartolomeu	57,15	61,9	61,0	63,1	62,80	55,0	63,2	57,0	.	.	.	.	27,65	35,9	33,9	49,2
EB1 de Antanhol	37,15	65,1	37,6	65,7	.	.	.	.	.	.	.	.	50,10	61,4	52,0	62,9
EB1 de Dianteiro	36,80	61,6	37,3	65,2	36,20	60,2	38,0	62,7	.	.	.	.	35,40	59,2	37,8	60,7
EB1 de Solum	44,45	32,9	49,4	35,0	.	.	.	.	.	.	.	.	23,55	33,6	31,6	34,3
E.B 2,3 Eugénio de Castro	.	.	.	.	35,05	57,3	40,6	59,1	.	.	.	.	20,65	55,5	22,1	57,7
Colégio R. S. Isabel	55,00	42,2	56,4	44,8	45,60	43,0	51,3	44,0	.	.	.	.	28,40	28,7	30,5	31,1
Colégio São José	54,75	56,0	57,4	60,8	61,65	61,8	62,5	67,5	.	.	.	.	49,60	33,5	52,7	46,3
Colégio Bissaya Barreto	62,30	49,4	64,1	49,9	53,60	46,3	60,1	48,9	.	.	.	.	44,25	32,9	48,3	49,2
Colégio João de Deus I	59,50	56,5	61,4	58,5	51,45	53,3	52,8	54,3	.	.	.	.	58,20	52,4	65,7	54,2
Colégio João de Deus II	30,80	58,6	33,3	59,8	37,10	61,1	43,1	61,8	.	.	.	.	23,05	58,2	25,6	60,8
EB1 de Brasfemes	.	.	.	.	.	.	.	.	62,40	67,9	63,2	71,4	22,20	81,4	26,6	82,2
EB1 de Pedrulha	50,50	54,5	55,3	55,6	53,95	46,5	59,8	52,1	.	.	.	.	68,65	34,5	84,4	36,2
EB1 de Eiras	56,85	54,1	60,7	56,3	59,35	61,2	77,4	62,2	.	.	.	.	64,00	42,0	72,8	45,7
EB1 de Adémia	65,60	58,4	68,0	63,4	75,90	63,3	77,3	65,2	.	.	.	.	65,30	23,4	71,5	38,3
EB1 de Lordemão	32,20	59,9	34,5	60,3	33,70	60,3	43,4	62,4	.	.	.	.	14,25	56,9	22,8	58,3
EB1 de Trouxemil	.	.	.	.	.	.	.	.	64,80	58,3	67,4	59,3	67,50	56,4	72,3	59,6
EB1 de Vil de Matos	.	.	.	.	.	.	.	.	86,30	63,1	99,8	64,7	53,35	54,8	57,4	56,5
EB1 de Vilela	67,05	58,9	69,4	59,6	74,50	67,7	75,6	69,3	.	.	.	.	69,95	43,3	77,3	46,6
EB1 de Souselas	73,75	61,6	77,9	63,3	77,60	60,5	85,7	63,6	.	.	.	.	73,45	54,0	80,9	54,9
EB1 de Botão	.	.	.	.	.	.	.	.	67,25	62,1	69,2	63,0	67,55	52,5	73,5	53,5
EB1 Santa Apolónia	41,25	59,7	49,1	60,9	.	.	.	.	.	.	.	.	23,75	50,5	28,3	58,4
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	.	.	.	.	49,45	40,6	52,2	41,3	.	.	.	.	34,30	45,6	38,6	47,5
EB1 de Olivais	57,90	54,4	65,5	55,5	.	.	.	.	.	.	.	.	57,95	54,8	65,2	58,5
EB 2,3 Martim de Freitas	.	.	.	.	86,00	59,4	96,9	60,3	.	.	.	.	82,25	76,6	90,8	82,0
EB1 da Conchada	60,75	61,8	62,3	63,6	58,00	61,3	60,2	62,2	.	.	.	.	49,85	32,7	53,0	39,8
EB1 de Santa Cruz	48,45	61,1	50,5	62,3	40,05	58,1	42,1	59,3	.	.	.	.	38,20	64,0	38,8	65,5

Verificámos que, quer na estação outono/inverno quer na estação da primavera/verão, de uma forma geral, os valores de humidade relativa do ar estavam compreendidos entre os limites inferior e o superior. No entanto, no outono/inverno, 9 salas de aula pertencentes às escolas EB 2,3 Martim de Freitas, EB1 de Vendas de Ceira, EB1 de Souselas, EB1 de Vilela, EB1 de Vil de Matos e EB1 de Adémia, apresentaram valores médios de humidade relativa acima dos 70%, chegando mesmo nalguns casos a ultrapassar os 86%.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da humidade relativa nas salas de aula do 1º ano.

Gráfico 58: Valor médio da humidade relativa em salas de aula do 1º ano (outono/inverno)

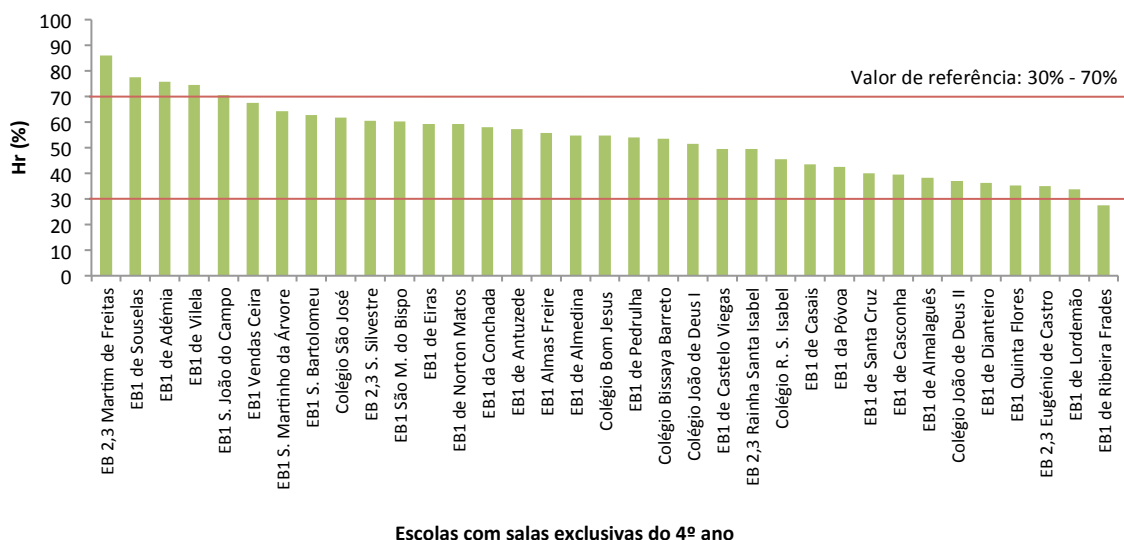


Escolas com salas exclusivas do 1º ano

Podemos constatar que existiam 3 salas de aula pertencentes ao 1º ano que apresentaram um valor médio da humidade relativa acima dos 70%. A escola EB1 de Vendas de Ceira apresentou um valor médio de 82%.

No gráfico 59, podemos observar o valor médio da humidade relativa nas salas de aula do 4º ano.

Gráfico 59: Valor médio da humidade relativa em salas de aula do 4º ano (outono/inverno)

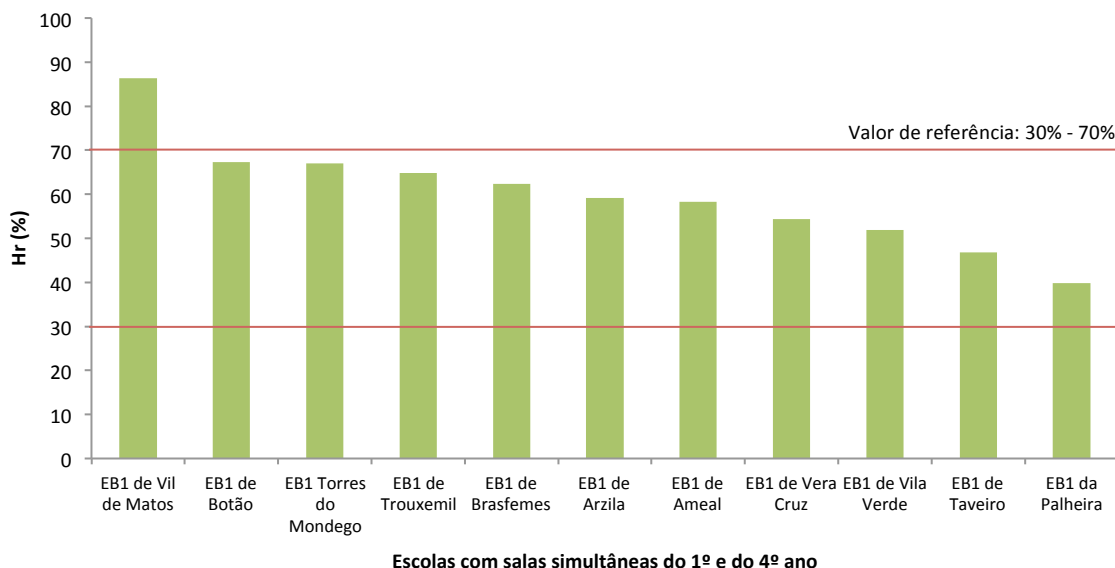


Escolas com salas exclusivas do 4º ano

Pela análise do gráfico anterior podemos constatar que existiam 5 salas de aula pertencentes ao 1º ano que apresentaram um valor médio da humidade relativa acima dos 70%, nomeadamente a EB 2,3 Martim de Freitas, a EB1 de Souselas, EB1 de Adémia, EB1 de Vilela e a EB1 de São João do Campo.

No gráfico seguinte, podemos analisar o valor médio da humidade relativa nas restantes salas de aula.

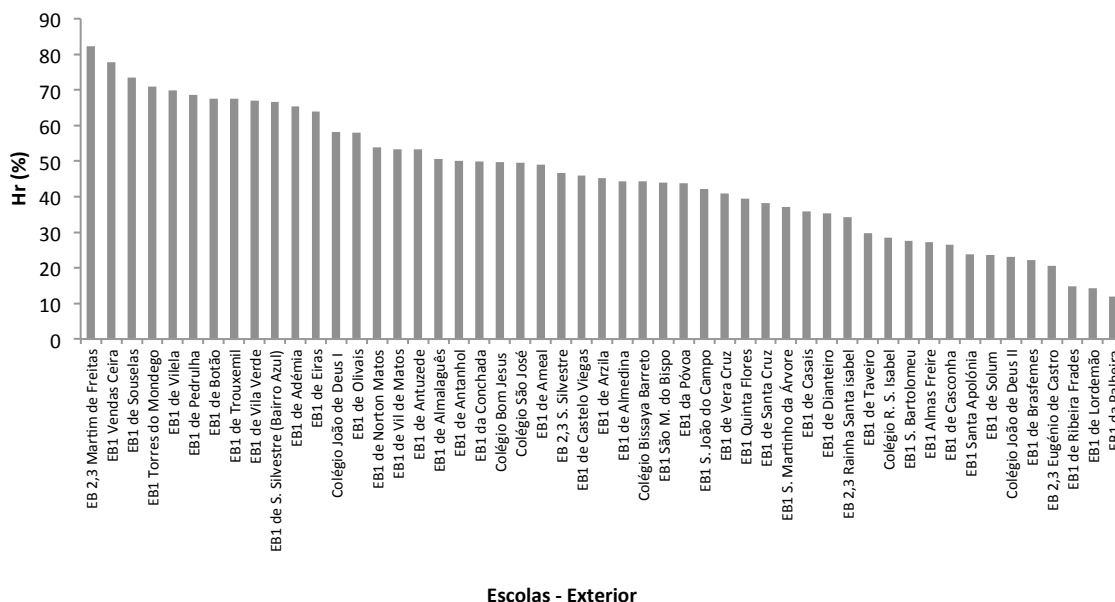
Gráfico 60: Valor médio da humidade relativa em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (outono/inverno)



Verificámos que apenas a sala da EB1 de Vil de Matos obteve um valor médio de humidade relativa acima de 70%.

No gráfico 61, podemos analisar o valor médio da humidade relativa no exterior das escolas.

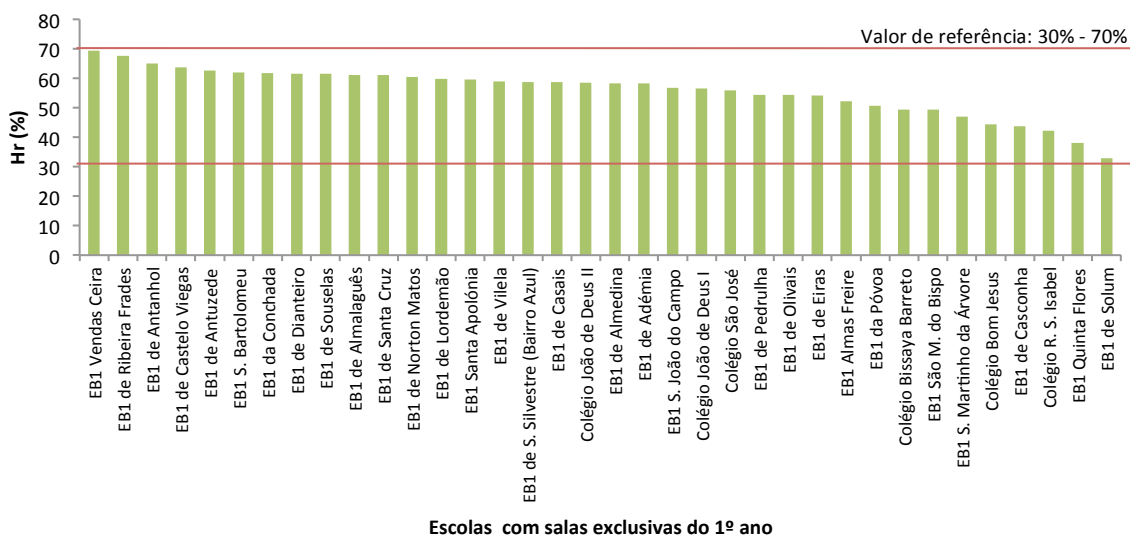
Gráfico 61: Valor médio da humidade relativa no exterior das escolas (outono/inverno)



Verificámos que os valores médios de humidade relativa do ar no exterior, no outono/inverno, se situavam entre os 11,95% e os 82,25%.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da humidade relativa nas salas de aula do 1º ano, na primavera/verão.

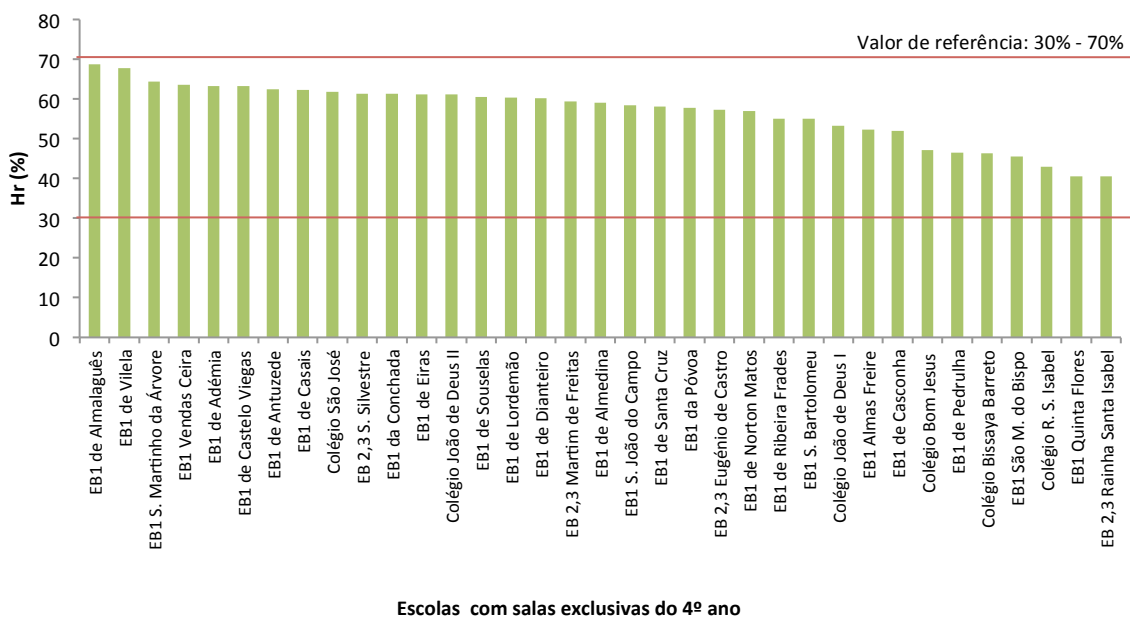
Gráfico 62: Valor médio da humidade relativa em salas de aula do 1º ano (primavera/verão)



Podemos constatar que todas as salas de aula do 1º ano de escolaridade se encontravam dentro dos valores de referência estipulados para a humidade relativa.

No gráfico 63, podemos observar o valor médio da humidade relativa nas salas de aula do 4º ano.

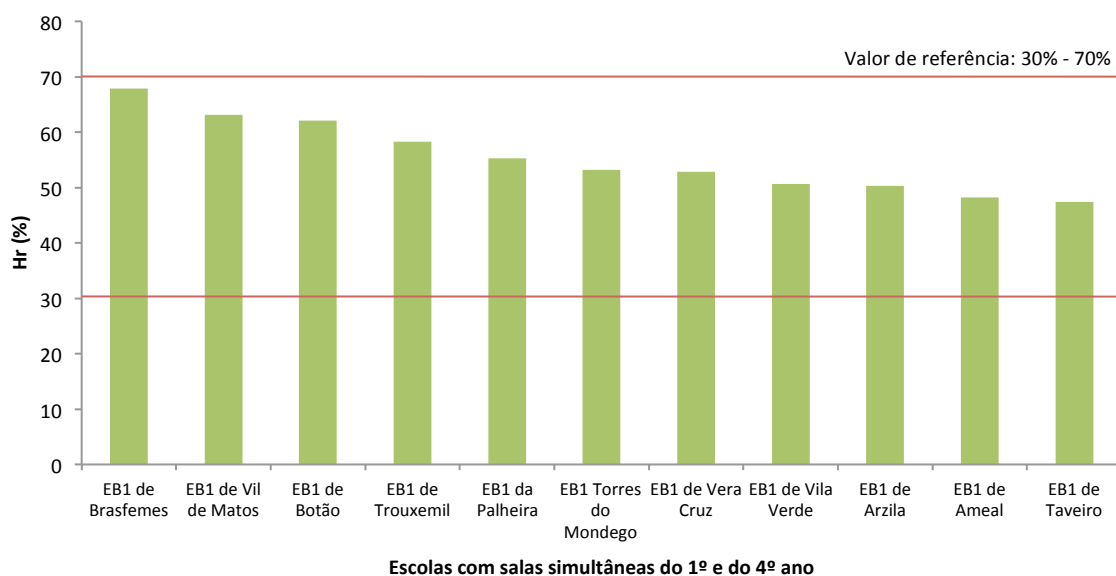
Gráfico 63: Valor médio da humidade relativa em salas de aula do 4º ano (primavera/verão)



Podemos constatar que também todas as salas de aula do 4º ano de escolaridade se encontravam dentro dos valores de referência estipulados para a humidade relativa.

No gráfico 64, podemos observar o valor médio da humidade relativa nas restantes salas de aula.

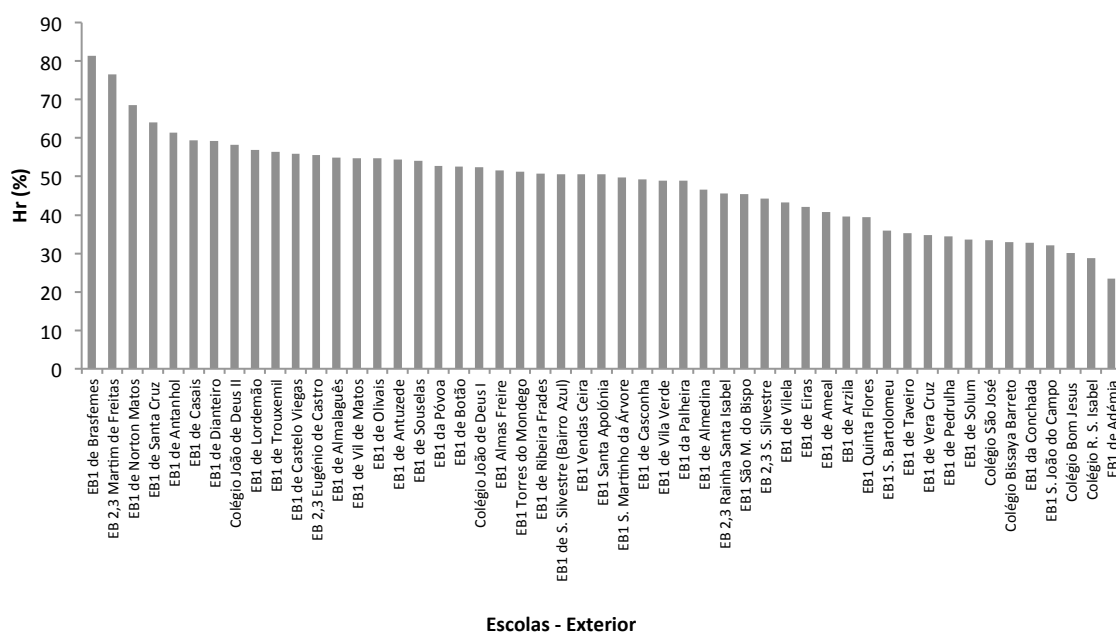
Gráfico 64: Valor médio da humidade relativa em salas de aula simultâneas do 1º e do 4º ano (primavera/verão)



Podemos observar no gráfico anterior que todas as salas de aula se encontravam dentro dos valores de referência estipulados para a humidade relativa.

No gráfico seguinte, podemos observar o valor médio da humidade relativa no exterior das escolas.

Gráfico 65: Valor médio da humidade relativa no exterior das escolas (primavera/verão)



Verificámos que os valores médios de humidade relativa do ar no exterior, no outono/inverno, se situavam entre os 23,40% e os 81,40%.

6.2.2.3. Velocidade do ar

Tendo em consideração o DL nº 79/2006, de 4 de abril, a velocidade do ar interior não deve exceder os 0,2m/s. Verificámos que no interior das salas de aula o valor médio da velocidade do ar foi <0,001m/s no outono/inverno e na primavera/verão. Relativamente ao valor médio no exterior este foi de 1,7m/s no outono/inverno e de 0,4m/s na primavera/verão. Dado os valores terem pouca expressividade, optámos por não os apresentar graficamente.

6.2.3. Análise da variação dos poluentes atmosféricos em função da temperatura e humidade relativa do ar

Nesta secção procurámos verificar a presença de variação dos poluentes atmosféricos em função da temperatura e humidade relativa do ar nos espaços de aula. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 38: Variação dos poluentes atmosféricos em função da temperatura e humidade relativa do ar na estação de outono/inverno

outono/inverno		CO	CO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	O ₃	COVs	SO ₂	CH ₂ O
Valor Médio Temperatura do ar	r	-,152	,063	-,077	,130	-,090	,098	,070	-,124
	p	,174	,573	,490	,243	,421	,379	,530	,266
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Mínimo Temperatura do ar	r	-,157	,069	-,082	,090	-,121	,064	,139	-,061
	p	,158	,535	,465	,422	,280	,565	,212	,586
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Máximo Temperatura do ar	r	-,133	,050	-,067	,153	-,056	,118	,006	-,168
	p	,233	,653	,552	,169	,616	,290	,955	,131
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Médio Humidade relativa do ar	r	,425	,433	,184	,065	-,210	,284	,074	,370
	p	<0,0001	<0,0001	,099	,559	,059	,010	,511	,001
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Mínimo Humidade relativa do ar	r	,393	,373	,169	,035	-,189	,207	,114	,377
	p	<0,0001	,001	,129	,755	,090	,062	,309	<0,0001
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Máximo Humidade relativa do ar	r	,432	,466	,187	,091	-,218	,342	,031	,343
	p	<0,0001	<0,0001	,092	,416	,049	,002	,783	,002
	N	82	82	82	82	82	82	82	82

Testes: Correlação linear de Pearson e Correlação ordinal de Spearman

Observou-se um padrão de correlação entre o valor médio de humidade relativa do ar no outono/inverno com os poluentes CO, CO₂, COVs e CH₂O. Verificámos que na presença de valores médios mais elevados de humidade também estiveram presentes nas salas de aula do 1º ciclo valores mais elevados de CO, CO₂, COVs e CH₂O. Padrão semelhante ocorreu também para valores mínimos e máximos de humidade relativa. No entanto, não se verificou um padrão de variação dos poluentes atmosféricos em função da temperatura do ar (salas de aula).

Também concretizámos a mesma estratégia de análise no quadro seguinte, mas para a estação da primavera/verão:

Quadro 39: Variação dos poluentes atmosféricos em função da temperatura e humidade relativa na estação de primavera/verão

primavera/verão		CO	CO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	O ₃	COVs	SO ₂	CH ₂ O
Valor Médio Temperatura do ar	r	,085	,047	-,115	-,022	-,038	,093	-,038	,201
	p	,448	,674	,305	,846	,737	,406	,732	,071
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Mínimo Temperatura do ar	r	,038	,033	-,113	-,066	-,035	,137	-,007	,185
	p	,735	,770	,313	,557	,754	,220	,949	,095
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Máximo Temperatura do ar	r	,132	,052	-,079	,004	-,052	,072	-,062	,130
	p	,237	,645	,481	,972	,645	,519	,579	,245
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Médio Humidade relativa do ar	r	,054	-,011	,141	,223	-,051	,313	,073	,466
	p	,631	,923	,208	,044	,651	,004	,514	<0,0001
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Mínimo Humidade relativa do ar	r	,017	-,025	,126	,209	-,019	,270	,086	,471
	p	,879	,825	,258	,060	,868	,014	,443	<0,0001
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Valor Máximo Humidade relativa do ar	r	,069	-,014	,147	,231	-,062	,299	,059	,454
	p	,541	,902	,187	,037	,583	,006	,599	<0,0001
	N	82	82	82	82	82	82	82	82

Testes de correlação linear de Pearson e correlação ordinal de Spearman

Nas salas de aula, relativamente à estação da primavera/verão, só se observaram padrões de variação entre a humidade relativa (média, mínimo e máximo) e o poluente atmosférico PM₁₀, COVs e CH₂O. Quando na presença de valores mais elevados de humidade relativa, estávamos também na presença de valores mais elevados de PM₁₀, COVs e CH₂O. Verificámos, ainda que os poluentes atmosféricos não revelaram um padrão de variação em função da temperatura do ar.

6.3. Avaliação da saúde das crianças

Nesta secção apresentam-se os resultados alusivos à percepção dos pais/encarregados de educação, relativa à saúde das crianças, obtidos através da análise ao questionário distribuído e preenchido por estes.

Apresenta-se ainda nesta secção os resultados obtidos com as espirometrias, nas duas campanhas experimentais (outono/inverno e primavera/verão), para a caracterização da saúde respiratória das crianças, explorando de forma exaustiva cada um dos exames por forma a facilitar a interpretação e discussão dos resultados.

6.3.1. Percepção de saúde

6.3.1.1. Avaliação do estado geral de saúde

Procurámos avaliar a percepção dos pais/encarregados de educação face ao estado geral de saúde dos seus filhos que frequentavam quer o 1º ano quer o 4º ano do ensino básico de escolas do concelho de Coimbra. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 40: Perceção do estado geral de saúde das crianças

Perceção de Saúde	n	f,%	F,%
• Muito Má	4	0,4	0,4
• Má	1	0,1	0,5
• Razoável	393	39,4	39,9
• Boa	364	36,5	76,4
• Muito Boa	231	23,2	99,6
• Não sabe/não responde	4	0,4	100,0
Total	997	100,0	

A maioria dos pais/encarregados de educação percecionou um estado geral de saúde dos seus filhos como boa a muito boa (59,7%). Porém, 39,1% considerou-a razoável e 0,4% classificou-a como muito má.

Após esta análise, e apesar dos resultados globais serem muito positivos relativamente à perceção do estado de saúde, pretendemos de seguida avaliar a perceção dos pais/encarregados de educação face aos sinais, sintomas e patologias dos seus filhos.

6.3.1.2. Avaliação de sinais, sintomas e patologias das crianças

Nesta secção, procurámos fazer uma análise dos sinais, sintomas e prevalência de determinadas patologias nas crianças do 1º ciclo de ensino básico, referidas pelos pais/encarregados de educação. Pretendemos, ainda, realizar uma caracterização dos hábitos tabágicos dos pais/encarregados de educação.

A distribuição dos sinais, sintomas e patologias identificados pelos pais/encarregados de educação dos estudantes do 1º e 4º ano de escolaridade, recolhida através de questionário, encontra-se ilustrada no quadro 41.

Quadro 41: Sinais, sintomas e patologias das crianças, em função do ano de escolaridade

Sinais / Sintomas / Patologias		1.º Ano de escolaridade			4.º Ano de escolaridade			total	
		n	% coluna	% linha	n	% coluna	% linha	n	% coluna
Asma	Não	451	89,3	50,2	448	87,2	49,8	899	88,2
	Sim	54	10,7	45,0	66	12,8	55,0	120	11,8
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Bronquite crónica	Não	495	98,0	49,6	502	97,7	50,4	997	97,8
	Sim	10	2,0	45,5	12	2,3	54,5	22	2,2
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Pieira/Assobios	Não	420	83,2	48,6	444	86,4	51,4	864	84,8
	Sim	85	16,8	54,8	70	13,6	45,2	155	15,2
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Crises de espirros	Não	382	75,6	50,3	377	73,3	49,7	759	74,5
	Sim	123	24,4	47,3	137	26,7	52,7	260	25,5
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Rinite alérgica	Não	426	84,4	51,0	409	79,6	49,0	835	81,9
	Sim	79	15,6	42,9	105	20,4	57,1	184	18,1
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Dificuldades respiratórias	Não	459	90,9	50,1	457	88,9	49,9	916	89,9
	Sim	46	9,1	44,7	57	11,1	55,3	103	10,1
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Stresse	Não	499	98,8	49,9	502	97,7	50,1	1001	98,2
	Sim	6	1,2	33,3	12	2,3	66,7	18	1,8
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Tonturas	Não	497	98,4	49,7	502	97,7	50,3	999	98,0
	Sim	8	1,6	40,0	12	2,3	60,0	20	2,0
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Irritabilidade	Não	487	96,4	49,9	489	95,1	50,1	976	95,8
	Sim	18	3,6	41,9	25	4,9	58,1	43	4,2
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Dores de cabeça	Não	472	93,5	50,4	465	90,5	49,6	937	92,0
	Sim	33	6,5	40,2	49	9,5	59,8	82	8,0
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Irritação das mucosas dos olhos	Não	483	95,6	49,8	486	94,6	50,2	969	95,1
	Sim	22	4,4	44,0	28	5,4	56,0	50	4,9
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Insónias	Não	486	96,2	49,7	492	95,7	50,3	978	96,0
	Sim	19	3,8	46,3	22	4,3	53,7	41	4,0
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Tosse seca	Não	421	83,4	49,2	434	84,4	50,8	855	83,9
	Sim	84	16,6	51,2	80	15,6	48,8	164	16,1
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0
Falta de concentração	Não	402	79,6	50,8	390	75,9	49,2	792	77,7
	Sim	103	20,4	45,4	124	24,1	54,6	227	22,3
	Total	505	100,0	49,6	514	100,0	50,4	1019	100,0

Os sinais, sintomas e patologias mais prevalentes que as crianças do 1º ano do ensino básico apresentaram foram: crise de espirros (24,4%), falta de concentração (20,4%), pieira e assobios (16,8%), tosse seca (16,6%), bem como rinite alérgica (15,6%). Quanto às crianças que frequentavam o 4º ano de escolaridade os sinais, sintomas e patologias mais prevalentes foram: crise de espirros (26,7%), falta de concentração (24,1%), rinite alérgica (20,4%), tosse seca (15,6%) e asma (12,8%).

Quando comparamos as crianças entre o 1º e o 4º ano de escolaridade, constatamos que, à exceção de pieira e assobios e tosse seca, as crianças que se encontravam no 4º ano apresentaram maior expressividade de

asma, bronquite crónica, crise de espirros, rinite alérgica, dificuldades respiratórias, stresse, tonturas, irritabilidade, dores de cabeça, irritação das mucosas dos olhos, insónias e falta de concentração.

Procurámos de seguida analisar a relação existente entre os hábitos tabágicos dos pais/encarregados de educação e os sinais, sintomas e patologias das crianças.

Quadro 42: Relação entre os sinais, sintomas e patologias dos estudantes e os hábitos tabágicos dos pais/encarregados de educação

Sinais, sintomas e patologias dos estudantes		Tabaco					
		Não		Sim		Total	
		n	% linha	n	% linha	n	% coluna
Asma	Não	577	64,4	319	35,6	896	88,19
	Sim	80	66,7	40	33,3	120	11,81
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
Bronquite crónica	Não	643	64,7	351	35,3	994	97,83
	Sim	14	63,6	8	36,4	22	2,17
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
Pieira e Assobios	Não	573	66,4	290	33,6	863	84,94
	Sim	84	54,9	69	45,1	153	15,06
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
Crises de espirros	Não	506	66,9	250	33,1	756	74,40
	Sim	151	58,1	109	41,9	260	25,60
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
stresse	Não	645	64,6	353	35,4	998	98,23
	Sim	12	66,7	6	33,3	18	1,77
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
rinite alérgica	Não	538	64,6	295	35,4	833	81,99
	Sim	119	65,0	64	35,0	183	18,01
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
tonturas	Não	644	64,7	352	35,3	996	98,03
	Sim	13	65,0	7	35,0	20	1,97
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
irritabilidade	Não	635	65,3	338	34,7	973	95,77
	Sim	22	51,2	21	48,8	43	4,23
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
dores de cabeça	Não	599	64,1	335	35,9	934	91,93
	Sim	58	70,7	24	29,3	82	8,07
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
irritação das mucosas dos olhos	Não	628	65,0	338	35,0	966	95,08
	Sim	29	58,0	21	42,0	50	4,92
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
Tosse seca	Não	559	65,6	293	34,4	852	83,86
	Sim	98	59,8	66	40,2	164	16,14
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
insónias	Não	627	64,3	348	35,7	975	95,96
	Sim	30	73,2	11	26,8	41	4,04
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
dificuldades respiratórias	Não	598	65,5	315	34,5	913	89,86
	Sim	59	57,3	44	42,7	103	10,14
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0
falta de concentração	Não	528	66,9	261	33,1	789	77,66
	Sim	129	56,8	98	43,2	227	22,34
	Total	657	64,7	359	35,3	1016	100,0

Podemos constatar que a maior frequência da presença de sinais, sintomas e patologias ocorriam nas crianças que possuíam pais não fumadores. Mas, no que se refere às doenças do foro respiratório, 33,3% dos pais/encarregados de educação que fumavam tinham filhos com asma e em proporção semelhante foi também indicada a presença de bronquite crónica e rinite alérgica. Quanto a pieira e assobios, 45% das crianças que tinham esta condição verificámos que os pais/encarregados de educação eram fumadores. Padrão semelhante na crise de espirros (41,9%), irritação das mucosas dos olhos (42%), tosse seca (40,2%) e dificuldades respiratórias (42,7%).

Depois dos resultados acima descritos, e de termos verificado que 361 pais/encarregados de educação eram fumadores, procurámos analisar quantos o faziam dentro da sua habitação. Apresentamos essa distribuição por escola, no quadro seguinte, de forma a conhecer a que escola pertenciam as crianças desses pais/encarregados de educação fumadores.

Quadro 43: Relação do número de estudantes de cada escola expostos ao fumo do tabaco em casa

Escolas	Tabaco - fumar em casa			
	Não		Sim	
	n	% linha	n	% linha
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	2	22,2	7	77,8
E.B 2,3 S.Silvestre	1	16,7	5	83,3
EB1 Norton de Matos	1	11,1	8	88,9
EB1 Quinta das Flores	0	,0	12	100,0
EB1 de Vendas de Ceira	0	,0	7	100,0
EB1 de Torres de Mondego	1	14,3	6	85,7
EB1 de Almalaguês	1	12,5	7	87,5
EB1 de Castelo Viegas	0	,0	3	100,0
EB1 de Casais	0	,0	7	100,0
EB1 de Ribeira de Frades	1	11,1	8	88,9
EB1 da Póvoa	1	50,0	1	50,0
EB1 do Ameal	2	33,3	4	66,7
EB1 de Taveiro	0	,0	3	100,0
EB1 de Arzila	0	,0	2	100,0
EB1 da Palheira	1	50,0	1	50,0
EB1 de Casconha	1	14,3	6	85,7
EB1 de Almedina	4	44,4	5	55,6
EB1 de São Bartolomeu	0	,0	1	100,0
EB1 de Antanhol	0	,0	1	100,0
EB1 de Dianteiro	0	,0	3	100,0
EB1 da Solum	13	41,9	18	58,1
EB1 de Almas de Freire	2	11,8	15	88,2
E.B 2,3 Eugénio de Castro	9	69,2	4	30,8
Colégio Rainha Santa	5	38,5	8	61,5
Colégio São José	0	,0	0	,0
Colégio Bissaya Barreto	15	62,5	9	37,5
Colégio João de Deus I	10	62,5	6	37,5
Colégio João de Deus II	3	13,6	19	86,4
EB1 de Brasfemes	3	50,0	3	50,0
EB1 da Pedrulha	1	25,0	3	75,0
EB1 de Eiras	0	,0	3	100,0
EB1 da Adémia	5	55,6	4	44,4
EB1 de São Martinho do Bispo	1	7,7	12	92,3
EB1 de Lordemão	3	42,9	4	57,1
EB1 de Trouxemil	2	66,7	1	33,3
EB1 de Vil de Matos	1	50,0	1	50,0
EB1 de Vilela	3	60,0	2	40,0
EB1 de Souselas	4	57,1	3	42,9
EB1 de Botão	0	,0	1	100,0
EB1 de Santa Apolónia	2	28,6	5	71,4
EB 2,3 Rainha Santa Isabel	1	20,0	4	80,0
EB1 dos Olivais	1	50,0	1	50,0
EB 2,3 Martim de Freitas	1	33,3	2	66,7
EB1 de São João do Campo	2	25,0	6	75,0
EB1 da Conchada	2	33,3	4	66,7
EB1 de Santa Cruz	3	75,0	1	25,0
EB1 de São Martinho da Árvore	1	16,7	5	83,3
EB1 de Vera Cruz	0	,0	0	,0
EB1 de Vila Verde	0	,0	1	100,0
EB1 de Antuzede	0	,0	4	100,0
Colégio Bom Jesus	0	,0	6	100,0
Total	109	30,2	252	69,8

Pela análise do quadro 43, podemos verificar que aproximadamente 70% (n=252) dos pais/encarregados de educação que afirmaram fumar o faziam dentro de casa.

De seguida, propusemos avaliar a relação existente entre os pais/encarregados de educação que fumavam dentro da habitação e os sinais, sintomas e patologias das crianças.

Quadro 44: Relação entre os sinais, sintomas e patologias das crianças e a exposição ao tabaco na sua habitação

Sinais, sintomas e patologias dos estudantes		Tabaco - fumar dentro da habitação					
		Não		Sim		Total	
		n	% linha	n	% linha	n	% coluna
Asma	Não	100	31,1	222	68,9	322	89,20
	Sim	9	23,1	30	76,9	39	10,80
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
Bronquite crónica	Não	109	30,9	244	69,1	353	97,79
	Sim	0	,0	8	100,0	8	2,21
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
Pieira e Assobios	Não	88	30,0	205	70,0	293	81,16
	Sim	21	30,9	47	69,1	68	18,84
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
Crises de espirros	Não	62	24,4	192	75,6	254	70,36
	Sim	47	43,9	60	56,1	107	29,64
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
rinite alérgica	Não	87	29,2	211	70,8	298	82,55
	Sim	22	34,9	41	65,1	63	17,45
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
stresse	Não	107	30,1	248	69,9	355	98,34
	Sim	2	33,3	4	66,7	6	1,66
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
tonturas	Não	108	30,5	246	69,5	354	98,06
	Sim	1	14,3	6	85,7	7	1,94
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
irritabilidade	Não	103	30,3	237	69,7	340	94,18
	Sim	6	28,6	15	71,4	21	5,82
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
dores de cabeça	Não	103	30,6	234	69,4	337	93,35
	Sim	6	25,0	18	75,0	24	6,65
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
irritação das mucosas dos olhos	Não	102	30,0	238	70,0	340	94,18
	Sim	7	33,3	14	66,7	21	5,82
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
Tosse seca	Não	78	26,4	217	73,6	295	81,72
	Sim	31	47,0	35	53,0	66	18,28
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
insónias	Não	106	30,3	244	69,7	350	96,95
	Sim	3	27,3	8	72,7	11	3,05
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
dificuldades respiratórias	Não	96	30,3	221	69,7	317	87,81
	Sim	13	29,5	31	70,5	44	12,19
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0
falta de concentração	Não	72	27,4	191	72,6	263	72,85
	Sim	37	37,8	61	62,2	98	27,15
	Total	109	30,2	252	69,8	361	100,0

Pela análise do quadro acima, podemos verificar que a maioria dos pais/encarregados de educação que fumavam dentro da habitação tinham crianças com asma (76,9%), bronquite crónica, pieira e assobios (69%),

crise de espirros (56%), rinite alérgica (65%), stresse (66,7%), tonturas (85,7%), irritabilidade (71,4%), dores de cabeça (75%), irritação das mucosas dos olhos (66,7%), tosse seca (53%), insónias (72,7%), dificuldades respiratórias (70,5%) e falta de concentração (62,2%).

6.3.2. Avaliação da função respiratória (espirometrias)

6.3.2.1. Quantificação dos parâmetros espirométricos

Um método comum de avaliação dos testes espirométricos é comparar os seus resultados com valores de referência antecipadamente estabelecidos, conseguidos de uma amostra estatisticamente representativa da população considerada normal. Para cada um dos parâmetros obtidos para a população, é possível calcular-se a média, o desvio-padrão e os coeficientes de variação intraindividual e interindividual, tendo em consideração a altura, idade, sexo e raça.

De acordo com vários autores e em conformidade com os critérios da *American Thoracic Society* (ATS), considerámos o nível percentual de 80%, com relação aos valores previstos para altura e sexo, como limite inferior da normalidade para os parâmetros: DEMA, CVF, VEMS e relação VEMS/CVF. Verificou-se que para o DEMM₂₅₋₇₅, DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₇₅ o limite inferior de 65% da média dos valores previstos é o percentual fixo mais apropriado para o uso em crianças (Rodrigues, *et al.*, 2002; Cortés *et al.*, 2008, Couto *et al.*, 2004).

Neste sentido, pretendemos avaliar os vários parâmetros espirométricos dos vários estudantes avaliados, por escolas, por sexo, por ano de escolaridade e pela localização da escola, durante o outono/inverno e durante a primavera/verão.

Nos Anexos 7 e 8, apresentamos uma caracterização dos parâmetros espirométricos das crianças, por escolas, na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão. Analisando o Anexo 7 (outono/inverno), constatámos que o valor espirométrico que se encontrava mais vezes anormal era a CVF. Verificámos que nas escolas: EB2,3 de S. Silvestre; EB1 Quinta das Flores; EB1 de Ribeira de Frades; EB1 de Ameal; EB1 de Taveiro; EB1 de Arzila; EB1 de Almas de Freire; Colégio Rainha Santa; Colégio São José; Colégio João de Deus I; EB1 de Brasfemes; EB1 de Eiras; EB1 de Adémia; EB1 de São Martinho do Bispo; EB1 de Lordemão; EB1 de Trouxemil; EB1 de Vil de Matos; EB1 de Souselas; EB2,3 Martim de Freitas e EB1 de São Martinho da Árvore, o valor de CVF das crianças era maioritariamente anormal. Relativamente ao VEMS, apenas na EB1 de Vil de Matos é que a percentagem de crianças com valores anormais (66,7%) era maior relativamente à percentagem de crianças com valores normais. No que concerne aos valores de VEMS/CVF, DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₇₅ na totalidade das escolas a percentagem de crianças com valores anormais foi sempre menor comparativamente com a percentagem de crianças com valores normais. Na EB1 S. Silvestre (Bairro Azul), EB1 de Almalaguês, EB1 de Casais, EB1 de Taveiro, EB1 de Arzila, EB1 de Almas de Freire, EB2,3 de Eugénio de Castro, Colégio São José, EB1 de Eiras, EB1 de Adémia, EB1 de São Martinho do Bispo, EB1 de Trouxemil, EB1 de Vil de Matos, EB1 de Souselas, EB2,3 Martim de Freitas, EB1 de Vila Verde e Colégio Bom Jesus, a maioria das crianças apresentou valores de DEMA anormais. Relativamente aos valores de DEMM₂₅₋₇₅,

apenas nas escolas EB1 Almas de Freire e no Colégio Bom Jesus é que os valores obtidos se encontravam maioritariamente anormais.

No Anexo 8 podemos verificar a distribuição dos parâmetros espirométricos das crianças pelas escolas, na estação da primavera/verão. Ao observarmos os resultados obtidos, constatámos que o parâmetro espirométrico que se encontrava mais vezes anormal, tal como na estação do outono/inverno, era a CVF. Verificámos que nas escolas: EB2,3 de S. Silvestre; EB1 de Taveiro; EB1 de Arzila; Colégio São José; Colégio João de Deus I; EB1 da Pedrulha, EB1 de Eiras, EB1 de São Martinho do Bispo e EB1 de Vil de Matos, o valor de CVF das crianças era maioritariamente anormal. Relativamente ao VEMS, apenas na EB1 de Vil de Matos, tal como na estação do outono/inverno, é que a percentagem de crianças com valores anormais (66,7%) era maior relativamente à percentagem de crianças com valores normais. No que concerne aos valores de VEMS/CVF, DEM₂₅, DEM₅₀, DEM₇₅ e DEMM₂₅₋₇₅, na totalidade das escolas a percentagem de crianças com valores anormais foi sempre menor comparativamente com a percentagem de crianças com valores normais. Na EB1 de Taveiro, EB1 de Eiras e EB1 de Trouxemil, a maioria das crianças apresentou valores de DEMA anormais.

Procurámos, de seguida fazer uma análise dos parâmetros espirométricos, por sexo na estação de outono/inverno. Vejamos o quadro 45:

Quadro 45: Distribuição dos parâmetros espirométricos dos estudantes, por sexo, na estação de outono/inverno

Parâmetros Espirométricos		Sexo				Total	X ² ;g;l;p
		Feminino		Masculino			
		n	% linha	n	% linha		
CVF	Anormal	217	47,2	243	52,8	460	0,489;1;0,484
	Normal	276	49,4	283	50,6	559	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
VEMS	Anormal	70	44,6	87	55,4	157	1,070;1;0,301
	Normal	423	49,1	439	50,9	862	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
VEMS/CVF	Anormal	1	10,0	9	90,0	10	5,957;1;0,015
	Normal	492	48,8	517	51,2	1009	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
DEMA	Anormal	235	50,1	234	49,9	469	1,036;1;0,309
	Normal	258	46,9	292	53,1	550	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
DEM ₂₅	Anormal	20	50,0	20	50,0	40	0,044;1;0,834
	Normal	473	48,3	506	51,7	979	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
DEM ₅₀	Anormal	13	34,2	25	65,8	38	3,174;1;0,075
	Normal	480	48,9	501	51,1	981	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
DEM ₇₅	Anormal	27	40,3	40	59,7	67	1,876;1;0,171
	Normal	466	48,9	486	51,1	952	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	12	50,0	12	50,0	24	1,036;1;0,309
	Normal	18	47,4	20	52,6	38	
	Total	30	48,4	32	51,6	62	

Teste X² da independência; Teste Exato de Fisher

Verificámos que existiam diferenças estatisticamente significativas para o parâmetro VEMS/CVF ($p=0,015$). Constatámos que 90% dos casos de estudantes com valores considerados anormais eram do sexo masculino. Apesar dos outros parâmetros espirométricos não alcançarem diferenças estatisticamente significativas observou-se que para os parâmetros CVF, VEMS, DEM_{50} e DEM_{75} os casos de estudantes com valores considerados anormais eram maioritariamente do sexo masculino. Relativamente ao valor de DEMA, foi nas crianças do sexo feminino que se verificou a maioria de casos com valores considerados anormais (50,1%). Nos valores obtidos de DEM_{25} e DEM_{25-75} , verificou-se uma igualdade, entre as crianças do sexo masculino e do sexo feminino, do número de casos de crianças com valores anormais.

Procurámos, de seguida fazer uma avaliação da distribuição dos parâmetros espirométricos, por sexo, na primavera/verão. Vejamos o quadro 46:

Quadro 46: Distribuição dos parâmetros espirométricos dos estudantes, por sexo, na estação de primavera/verão

Parâmetros Espirométricos		Sexo				Total	χ^2 ;gl;p
		Feminino		Masculino			
		n	% linha	n	% linha		
CVF	Anormal	174	43,6	225	56,4	399	5,979;1;0,014
	Normal	319	51,5	301	48,5	620	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
VEMS	Anormal	43	39,4	66	60,6	109	3,898;1;0,048
	Normal	450	49,5	460	50,5	910	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
VEMS/CVF	Anormal	0	,0	10	100,0	10	9,466;1;0,002
	Normal	493	48,9	516	51,1	1009	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
DEMA	Anormal	154	47,4	171	52,6	325	0,190;1;0,663
	Normal	339	48,8	355	51,2	694	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	
DEM_{25}	Anormal	6	40,0	9	60,0	15	0,615;1;0,433
	Normal	487	50,2	483	49,8	970	
	Total	493	50,1	492	49,9	985	
DEM_{50}	Anormal	13	38,2	21	61,8	34	1,450;1;0,229
	Normal	480	48,7	505	51,3	985	
	Total	493	48,4	526	51,6	1019	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher

Verificámos um padrão de associação entre os parâmetros CVF ($p=0,014$), VEMS ($p=0,048$) e VEMS/CVF ($p=0,002$), por sexo. Constatámos que a maior percentagem dos casos de estudantes com valores considerados anormais eram do sexo masculino comparativamente ao o sexo feminino. Apesar dos outros parâmetros espirométricos não alcançarem diferenças estatisticamente significativas observou-se que para os parâmetros DEMA, DEM_{25} e DEM_{50} os casos de estudantes com valores considerados anormais são maioritariamente do sexo masculino. Não se verificaram valores considerados anormais nos parâmetros DEM_{75} e DEM_{25-75} .

Procurámos, também fazer uma análise dos parâmetros espirométricos, por ano de escolaridade das crianças, na estação de outono/inverno. Vejamos o quadro 47:

Quadro 47: Distribuição dos parâmetros espirométricos, por ano de escolaridade das crianças, no outono/inverno

Parâmetros Espirométricos		Ano de Escolaridade				Total	χ^2 ;gl;p
		1.º Ano		4.º Ano			
		n	% linha	n	% linha		
CVF	Anormal	212	46,1	248	53,9	460	4,042;1;0,044
	Normal	293	52,4	266	47,6	559	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
VEMS	Anormal	69	43,9	88	56,1	157	2,336;1;0,126
	Normal	436	50,6	426	49,4	862	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
VEMS/CVF	Anormal	6	60,0	4	40,0	10	0,440;1;0,507
	Normal	499	49,5	510	50,5	1009	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
DEMA	Anormal	217	46,3	252	53,7	469	3,762;1;0,052
	Normal	288	52,4	262	47,6	550	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
DEM ₂₅	Anormal	17	42,5	23	57,5	40	0,830;1;0,362
	Normal	488	49,8	491	50,2	979	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
DEM ₅₀	Anormal	20	52,6	18	47,4	38	0,149;1;0,699
	Normal	485	49,4	496	50,6	981	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
DEM ₇₅	Anormal	40	59,7	27	40,3	67	2,952;1;0,086
	Normal	465	48,8	487	51,2	952	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	13	54,2	11	45,8	24	2,388;1;0,122
	Normal	20	52,6	18	47,4	38	
	Total	33	53,2	29	46,8	62	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher

Também constatamos um padrão de associação significativo entre os parâmetros CVF e DEMA, por ano de escolaridade. Foram os estudantes do 4º ano de escolaridade que maioritariamente tem os valores de CVF anormais (53,9%) e também de DEMA (53,7%), face aos alunos do 1º ano de escolaridade.

Não se verificaram padrões de associação significativos para os outros parâmetros espirométricos, no entanto, verificámos que relativamente ao valor de VEMS e de DEM₂₅, foram as crianças do 4º ano de escolaridade que apresentaram maior percentagem de valores anormais. Contrariamente, para os valores VEMS/CVF, DEM₅₀, DEM₇₅ e DEMM₂₅₋₇₅, foram as crianças do 1º ano de escolaridade que obtiveram maior percentagem de valores anormais.

No quadro 48 podemos verificar a mesma distribuição mas na estação da primavera/verão.

Quadro 48: Distribuição dos parâmetros espirométricos, por ano de escolaridade das crianças, na primavera/verão

Parâmetros Espirométricos		Ano de Escolaridade				Total	X ² ;g;p
		1.º Ano		4.º Ano			
		n	% linha	n	% linha		
CVF	Anormal	184	46,1	215	53,9	399	3,110;1;0,078
	Normal	321	51,8	299	48,2	620	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
VEMS	Anormal	55	50,5	54	49,5	109	0,040;1;0,842
	Normal	450	49,5	460	50,5	910	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
VEMS/CVF	Anormal	8	80,0	2	20,0	10	3,744;1;0,053
	Normal	497	49,3	512	50,7	1009	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
DEMA	Anormal	155	47,7	170	52,3	325	0,665;1;0,415
	Normal	350	50,4	344	49,6	694	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	
DEM ₂₅	Anormal	7	46,7	8	53,3	15	0,040;1;0,841
	Normal	478	49,3	492	50,7	970	
	Total	485	49,2	500	50,8	985	
DEM ₅₀	Anormal	17	50,0	17	50,0	34	0,003;1;0,958
	Normal	488	49,5	497	50,5	985	
	Total	505	49,6	514	50,4	1019	

Teste x² da independência; Teste Exato de Fisher

Constatámos também um padrão de associação entre o parâmetro VEMS/CVF, por ano de escolaridade na estação da primavera/verão. Foram os estudantes do 1º ano de escolaridade que maioritariamente tinham os valores de VEMS/CVF anormais (80,0%).

Porém, não se verificaram outros padrões de associação para os restantes parâmetros espirométricos, no entanto, verificámos que relativamente ao valor de CVF, DEM_A e de DEM₂₅, foram as crianças do 4º ano de escolaridade que apresentaram maior percentagem de valores anormais. Contrariamente, para o VEMS, foram as crianças do 1º ano de escolaridade que obtiveram maior percentagem de valores anormais.

No quadro seguinte, apresentamos uma caracterização dos parâmetros espirométricos dos estudantes, por localização das escolas (escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, mediantemente urbanas e predominantemente rurais), na estação outono/inverno.

Quadro 49: Distribuição dos parâmetros espirométricos dos estudantes, por localização das escolas, no outono/inverno

Parâmetros Espirométricos		Localização da Escola por Freguesia						Total	n	X ² ;g;p
		Predominantemente Urbana		Mediamente Urbana		Predominantemente Rural				
		n	% linha	n	% linha	n	% linha			
CVF	Anormal	349	75,9	106	23,0	5	1,1	460	4,849;2;0,089	
	Normal	393	70,3	162	29,0	4	,7	559		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
VEMS	Anormal	120	76,4	35	22,3	2	1,3	157	1,787;2;0,409	
	Normal	622	72,2	233	27,0	7	,8	862		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
VEMS/CVF	Anormal	8	80,0	2	20,0	0	,0	10	0,313;2;0,855	
	Normal	734	72,7	266	26,4	9	,9	1009		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEMA	Anormal	341	72,7	125	26,7	3	,6	469	0,626;2;0,731	
	Normal	401	72,9	143	26,0	6	1,1	550		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEM ₂₅	Anormal	28	70,0	11	27,5	1	2,5	40	1,300;2;0,522	
	Normal	714	72,9	257	26,3	8	,8	979		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEM ₅₀	Anormal	26	68,4	10	26,3	2	5,3	38	8,678;2;0,013	
	Normal	716	73,0	258	26,3	7	,7	981		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEM ₇₅	Anormal	48	71,6	17	25,4	2	3,0	67	3,624;2;0,163	
	Normal	694	72,9	251	26,4	7	,7	952		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	6	54,5	5	45,5	0	,0	11	2,159;2;0,340	
	Normal	736	73,0	263	26,1	9	,9	1008		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		

Teste χ^2 da independência

Com a análise do quadro 49, constatamos que existe um padrão de associação significativo entre o parâmetro DEM₅₀, por localização geográfica da escola. Foram os estudantes que frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas que tinham uma maior percentagem de valores considerados anormais (68,4%), comparativamente às crianças de freguesias mediamente urbanas e predominantemente rurais.

Apesar de não se verificarem diferenças estatisticamente significativas para os outros parâmetros espirométricos, constatámos que, maioritariamente, são as crianças que frequentavam escolas localizadas em meio predominantemente urbano que apresentaram piores resultados relativamente às crianças que frequentavam escolas em meio mediamente urbano ou predominantemente rural.

No quadro seguinte, apresentamos uma caracterização dos parâmetros espirométricos, por localização das escolas (escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, mediamente urbanas e predominantemente rurais), na estação da primavera/verão.

Quadro 50: Distribuição dos parâmetros espirométricos dos estudantes, por localização das escolas, na primavera/verão

Parâmetros Espirométricos		Localização da Escola por Freguesia						Total	n	X ² ;gl;p
		Predominantemente Urbana		Mediamente Urbana		Predominantemente Rural				
		n	% linha	n	% linha	n	% linha			
CVF	Anormal	300	75,2	94	23,6	5	1,3	399	3,396;2;0,183	
	Normal	442	71,3	174	28,1	4	,6	620		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
VEMS	Anormal	85	78,0	22	20,2	2	1,8	109	3,435;2;0,180	
	Normal	657	72,2	246	27,0	7	,8	910		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
VEMS/CVF	Anormal	6	60,0	4	40,0	0	,0	10	1,038;2;0,595	
	Normal	736	72,9	264	26,2	9	,9	1009		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEMA	Anormal	239	73,5	85	26,2	1	,3	325	1,820;2;0,401	
	Normal	503	72,5	183	26,4	8	1,2	694		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEM ₂₅	Anormal	14	93,3	1	6,7	0	,0	15	3,061;2;0,216	
	Normal	711	73,3	250	25,8	9	,9	970		
	Total	725	73,6	251	25,5	9	,9	985		
DEM ₅₀	Anormal	29	85,3	4	11,8	1	2,9	34	5,264;2;0,036	
	Normal	713	72,4	264	26,8	8	,8	985		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEM ₇₅	Anormal	0	,0	0	,0	0	,0	0		
	Normal	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
DEMM ₅₋₇₅	Anormal	0	,0	0	,0	0	,0	0		
	Normal	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		
	Total	742	72,8	268	26,3	9	,9	1019		

Teste χ^2 da independência

Com a análise do quadro 50, observamos um padrão de associação significativo, tal como na estação de outono/inverno, para o parâmetro DEM₅₀, por área geográfica. Foram os estudantes que frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas que tinham uma maior percentagem de valores considerados anormais (85,3%), face aos estudantes que frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente rurais ou mediamente urbanas.

Apesar de não se verificarem diferenças estatisticamente significativas para os restantes parâmetros espirométricos, constatámos que, maioritariamente, são as crianças que frequentavam escolas localizadas em meio predominantemente urbano que apresentaram piores resultados relativamente às crianças que frequentavam escolas em meio mediamente urbano ou predominantemente rural.

6.3.2.2. Avaliação fisiopatológica dos parâmetros espirométricos

Depois desta análise qualitativa, decidimos apresentar de forma quantitativa, nos quadros seguintes, os valores de cada um dos parâmetros espirométricos obtidos nas crianças estudadas. No quadro 51, podemos verificar as médias, desvio-padrão, mínimo e máximo dos parâmetros espirométricos, por sexo, no outono/inverno.

Quadro 51: Médias, desvio-padrão, mínimo e máximo das percentagens dos parâmetros espirométricos, por sexo, no outono/inverno

Parâmetros Espirométricos	Sexo										Teste;g|p-value
	Feminino					Masculino					
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	
CVF	81,44	10,62	81,60	28,90	114,00	80,10	10,20	80,55	43,80	115,00	2,044;1017;0,041
VEMS	91,60	11,56	91,90	31,70	122,00	90,73	11,41	90,85	49,10	123,00	1,205;1017;0,228
VEMS/CVF	96,98	4,13	99,00	79,00	100,00	95,37	5,62	97,40	69,60	118,00	-4,791;<0,0001
DEMA	80,47	14,01	80,80	27,40	137,00	82,67	14,50	81,45	30,90	133,00	-2,455;1017;0,014
DEM ₂₅	86,22	15,52	85,80	30,10	148,00	87,89	16,51	87,40	29,10	140,00	-1,659;1017;0,097
DEM ₅₀	94,59	19,43	95,40	29,20	185,00	92,33	20,12	91,45	29,00	162,00	1,824;1017;0,068
DEM ₇₅	103,90	27,87	104,00	25,40	232,00	100,13	29,81	98,35	30,70	203,00	2,087;1017;0,037
DEMM ₂₅₋₇₅	87,57	21,44	86,10	49,30	127,00	89,43	20,16	86,90	57,80	130,00	-0,353;60;0,725

Teste *t-Student* Amostras Independentes; Teste Wilcoxon Mann-Whitney

Constatámos que existiam diferenças estatisticamente significativas para os parâmetros CVF, VEMS/CVF, DEM₂₅ e DEM₇₅, por sexo. As crianças do sexo feminino, para todos estes parâmetros, com exceção do DEM₂₅, apresentaram valores percentuais médios mais elevados comparativamente às crianças do sexo masculino. Apesar não existir diferenças estatisticamente significativas, relativamente ao VEMS e DEM₅₀, foram as crianças do sexo feminino que apresentaram valores percentuais médios mais elevados, contrariamente aos valores de DEM₂₅ e DEMM₂₅₋₇₅, em que se verificou que foram os estudantes do sexo masculino que obtiveram valores percentuais médios mais elevados.

No quadro 52, podemos verificar as médias, desvio-padrão, mínimo e máximo dos parâmetros espirométricos, por sexo, na estação de primavera/verão.

Quadro 52: Médias, desvio-padrão, mínimo e máximo das percentagens dos parâmetros espirométricos, pelo sexo, na primavera/verão

Parâmetros Espirométricos	Sexo										Teste;g|p-value
	Feminino					Masculino					
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	
CVF	83,26	9,57	82,80	45,60	113,00	81,43	9,95	81,45	41,80	109,00	2,991;1017;0,003
VEMS	94,25	10,74	93,80	53,70	127,00	92,81	11,10	93,40	50,20	127,00	2,090;1017;0,037
VEMS/CVF	97,49	3,74	99,60	81,40	103,00	95,97	5,41	98,30	70,10	110,00	-4,268;<0,0001
DEMA	87,10	14,06	87,00	52,50	143,00	86,79	14,11	86,65	40,10	125,00	0,351;1017;0,726
DEM ₂₅	92,31	14,96	92,20	41,60	135,00	92,33	16,98	91,20	45,20	152,00	-0,020;967,104;0,984
DEM ₅₀	96,91	19,41	95,70	36,20	156,00	96,61	21,04	95,55	47,00	183,00	0,238;1017;0,813
DEM ₇₅	105,14	28,36	103,00	14,00	215,00	106,64	29,03	105,00	35,30	202,00	-0,832;1016;0,406
DEMM ₂₅₋₇₅	100,20	36,49	100,20	74,40	126,00	85,87	8,14	87,60	77,00	93,00	-0,289;0,773

Teste *t-Student* Amostras Independentes; Teste Wilcoxon Mann-Whitney

Constatámos que existiam diferenças estatisticamente significativas para os parâmetros CVF, VEMS e VEMS/CVF, por sexo, na primavera/verão. As crianças do sexo feminino, para todos estes parâmetros, apresentaram valores percentuais médios mais elevados comparativamente às crianças do sexo masculino. Apesar não existir diferenças estatisticamente significativas, relativamente ao DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₂₅₋₇₅, foram as crianças do sexo feminino que apresentaram valores percentuais médios mais elevados,

contrariamente aos valores de DEM₂₅ e DEM₇₅, em que se verificou que foram os estudantes do sexo masculino que obtiveram valores percentuais médios mais elevados.

Procurámos, também fazer uma análise das médias, desvio-padrão, mínimo e máximo dos parâmetros espirométricos, por ano de escolaridade das crianças, no outono/inverno. Vejamos o quadro 53:

Quadro 53: Médias, desvio-padrão, mínimo e máximo das percentagens dos parâmetros espirométricos, por ano de escolaridade, no outono/inverno

Parâmetros Espirométricos	Ano de Escolaridade										Teste:gl;p-value
	1.º Ano					4.º Ano					
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	
CVF	81,27	10,62	81,60	28,90	115,00	80,24	10,20	80,25	43,80	106,00	1,584;1017;0,113
VEMS	91,59	11,49	91,40	31,70	122,00	90,73	11,47	91,25	49,10	123,00	1,197;1017;0,232
VEMS/CVF	96,11	5,24	98,30	75,10	118,00	96,19	4,79	98,00	69,60	100,00	-0,383;0,702
DEMA	82,35	13,87	81,80	27,40	137,00	80,87	14,69	80,35	30,90	127,00	1,654;1017;0,098
DEM ₂₅	87,68	15,69	87,50	30,10	148,00	86,49	16,40	86,05	29,10	135,00	1189;1017;0,235
DEM ₅₀	93,99	20,31	93,40	29,20	185,00	92,87	19,31	91,80	29,00	162,00	0,896;1017;0,370
DEM ₇₅	102,51	30,13	102,00	25,40	232,00	101,41	27,73	100,00	30,70	203,00	0,605;1006,835;0,545
DEMM ₂₅₋₇₅	87,95	21,74	90,10	49,30	127,00	89,19	19,68	84,10	56,00	130,00	-0,235;60;0,816

Teste *t-Student* Amostras Independentes; Teste Wilcoxon Mann-Whitney

Como podemos constatar não se observaram diferenças significativas de cada parâmetro espirométrico por ano de escolaridade, no entanto, verificámos que para os parâmetros espirométricos CVF, VEMS, DEMA, DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₇₅, foram os estudantes do 1º ano que possuíam em média valores percentuais mais elevados. Relativamente ao VEMS/CVF e DEMM₂₅₋₇₅, foram os estudantes do 4º ano de escolaridade que em média tinham obtido valores percentuais mais elevados.

Relativamente à primavera/verão, vejamos o quadro 54:

Quadro 54: Médias, desvio-padrão, mínimo e máximo das percentagens dos parâmetros espirométricos, por ano de escolaridade, na primavera/verão

Parâmetros Espirométricos	Ano de Escolaridade										Teste:gl;p-value
	1.º Ano					4.º Ano					
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	
CVF	82,78	9,50	82,50	54,60	113,00	81,85	10,09	81,65	41,80	109,00	1,518;1017;0,129
VEMS	93,88	10,99	94,00	54,50	127,00	93,14	10,89	92,95	50,20	127,00	1,084;1017;0,278
VEMS/CVF	96,55	5,01	98,80	70,10	110,00	96,86	4,45	99,20	76,20	105,00	-4,268;<0,0001
DEMA	87,46	14,29	87,60	51,00	143,00	86,42	13,86	86,50	40,10	130,00	1,182;1017;0,238
DEM ₂₅	92,00	15,43	91,50	45,20	152,00	92,63	16,53	91,60	41,60	150,00	-0,624;981,548;0,533
DEM ₅₀	96,34	19,97	94,70	39,90	183,00	97,16	20,56	96,35	36,20	181,00	-0,439;0,661
DEM ₇₅	105,98	28,16	105,00	35,30	189,00	105,85	29,25	103,00	14,00	215,00	0,071;1016;0,943
DEMM ₂₅₋₇₅	93,31	16,31	89,90	72,70	127,00	91,31	17,22	84,10	72,00	130,00	-0,289;0,773

Teste *t-Student* Amostras Independentes; Teste Wilcoxon Mann-Whitney

Constatámos que existiam diferenças estatisticamente significativas para o parâmetro VEMS/CVF, entre os alunos do 1º e do 4º ano de escolaridade. As crianças do 4º ano de escolaridade, apresentaram valores percentuais médios mais elevados comparativamente às crianças que frequentavam o 1º ano. Verificámos

que não existiam diferenças estatisticamente significativas para os outros parâmetros espirométricos, no entanto, constatámos que para os parâmetros espirométricos CVF, VEMS, DEMA, DEM₇₅ e DEM₂₅₋₇₅, foram os estudantes do 1º ano que possuíam em média valores percentuais mais elevados. Relativamente ao DEM₂₅ e DEM₅₀, foram os estudantes do 4º ano de escolaridade que em média tinham obtido valores percentuais mais elevados.

Procurámos, também fazer uma análise de distribuição das médias, desvio-padrão, mínimo e máximo dos parâmetros espirométricos, por localização das escolas, tendo em consideração a tipologia da freguesia em que estas se encontravam, no outono/inverno (Anexo 9).

Relativamente ao valor de CVF, as diferenças foram significativas entre as crianças que frequentam escolas de freguesias predominantemente urbanas comparativamente às crianças que frequentam escolas em freguesias mediantemente urbanas ($p < 0,05$). As crianças que frequentam escolas em freguesias mediantemente urbanas revelaram valores de CVF superiores, em média, comparativamente às crianças que estudavam em escolas predominantemente urbanas. No entanto, não se registaram diferenças médias de CVF entre crianças que estudavam em escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas quer em escolas localizadas em freguesias rurais ($p > 0,05$), bem como entre crianças que frequentavam escolas localizadas em freguesias mediantemente urbanas comparativamente às crianças que estudavam em escolas rurais ($p > 0,05$). Com recurso ao teste de comparações múltiplas não paramétrico Conover, verificámos que, relativamente ao valor de VEMS/CVF ocorreram diferenças significativas entre as crianças que estudavam em escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas comparativamente às crianças que estudavam em escolas das freguesias mediantemente urbanas ($p < 0,05$), onde as crianças das escolas das freguesias predominantemente urbanas apresentaram valores de VEMS/CVF superior face às crianças das escolas localizadas em freguesias mediantemente urbanas. Apesar de não existirem diferenças estatisticamente significativas, verificámos que para os parâmetros VEMS, DEMA, DEM₂₅, as crianças que estudavam em escolas mediantemente urbanas apresentavam valores percentuais médios mais elevados comparativamente às crianças que estudavam em escolas localizadas em meio predominantemente urbano ou rural. E constatámos ainda, que para os parâmetros DEM₅₀, DEM₇₅, DEM₂₅₋₇₅, foram as crianças que estudavam em escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas as que em média possuíam valores percentuais mais elevados.

Relativamente à estação da primavera/verão os resultados encontram-se apresentados no Anexo 10.

Com recurso ao teste de comparação múltipla, as crianças que frequentavam escolas de freguesias mediantemente urbanas apresentaram valores percentuais médios de CVF significativamente superiores face às crianças que frequentavam escolas em meio predominantemente urbano. Não se registaram diferenças médias de CVF entre crianças que frequentavam escolas em meio urbano comparativamente às crianças que frequentavam escolas em meio rural ($p > 0,05$) e entre os valores percentuais de CVF das crianças que frequentavam escolas em freguesias mediantemente urbanas e em meio rural ($p > 0,05$). Apesar de não existirem diferenças estatisticamente significativas, verificámos que para os parâmetros VEMS, DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₇₅, as crianças que estudavam em escolas mediantemente urbanas apresentavam valores percentuais médios mais elevados comparativamente às crianças que estudavam em escolas localizadas em meio predominantemente

urbano ou rural. E constatámos ainda, que para os parâmetros VEMS/CVF e DEMA, foram as crianças que estudavam em escolas localizadas em freguesias predominantemente rurais as que em média possuíam valores percentuais mais elevados.

Podemos constar no Anexo 11, ao analisar a variação da média dos parâmetros espirométricos medidos na primeira fase (outono/inverno) e os parâmetros espirométricos na segunda fase (primavera/verão), através da comparação das respetivas médias estimadas, que todos os parâmetros apresentaram valores estatisticamente significativos à exceção do $DEMM_{25-75}$.

Verificou-se em todos os parâmetros espirométricos um aumento das respetivas médias entre as diferentes estações do ano, isto é, os parâmetros espirométricos apresentaram valores percentuais mais elevados na primavera/verão, comparativamente à estação precedente. Esta variação foi manifestamente superior em quase todas as crianças em estudo.

No quadro seguinte, quadro 55, podemos analisar a variação da média dos parâmetros espirométricos medidos na primeira fase (outono/inverno) e os parâmetros espirométricos na segunda fase (primavera/verão), através da comparação das respetivas médias estimadas, ajustadas à localização da escola.

Quadro 55: Evolução das percentagens dos parâmetros espirométricos da 1ª fase para a 2ª fase

Tipologia da Freguesia	Parâmetros Espirométricos	Média	Desvio Padrão	diferença	2ª fase < 1ª fase	2ª fase > 1ª fase	2ª fase = 1ª fase	T	gl	p-value
Freguesia Predominantemente Rural	CVF - outono/inverno (9)	76,5300	11,05934							
	CVF – primavera/verão (9)	82,8800	9,77887	-6,35	1	8	0	-2,575	8	0,030
	VEMS/CVF - outono/inverno (9)	94,7500	6,89738							
	VEMS/CVF – primavera/verão (9)	94,3800	5,59956	0,37	5	3	1	0,479	8	0,643
	VEMS- outono/inverno (9)	85,0000	10,48109							
	VEMS– primavera/verão (9)	91,4900	10,69854	-6,49	2	7	0	-2,587	8	0,029
	DEMA- outono/inverno (9)	78,5000	11,77002							
	DEMA– primavera/verão (9)	81,9300	10,44244	-3,43	3	6	0	-2,061	8	0,069
	DEM ₂₅ - outono/inverno (9)	79,5500	11,45011							
	DEM ₂₅ – primavera/verão (9)	84,9400	13,99494	-5,39	2	7	0	-2,754	8	0,022
	DEM ₅₀ - outono/inverno (9)	83,5600	19,06563							
DEM ₅₀ – primavera/verão (9)	90,1100	19,95765	-6,55	2	7	0	-2,099	8	0,065	
DEM ₇₅ - outono/inverno (9)	87,9600	33,68175								
DEM ₇₅ – primavera/verão (9)	92,0300	29,85971	-4,07	6	3	0	-0,457	8	0,659	
Freguesia Predominantemente Urbana	CVF- outono/inverno (742)	80,0661	10,51131							
	CVF– primavera/verão (742)	81,8099	9,90827	-1,74	298	440	4	-7,201	741	<0,0001
	VEMS/CVF - outono/inverno (742)	96,5553	4,83498							
	VEMS/CVF – primavera/verão (742)	97,0908	4,44025	-0,54	201	305	236	-3,886	741	<0,0001
	VEMS- outono/inverno (742)	90,7093	11,64629							
	VEMS– primavera/verão (742)	93,2748	11,12562	-2,57	254	472	16	-9,811	741	<0,0001
	DEMA- outono/inverno (742)	81,6439	14,35008							
	DEMA– primavera/verão (742)	87,5853	14,48955	-5,94	191	544	7	-15,405	741	<0,0001
	DEM ₂₅ - outono/inverno (742)	87,2298	16,00374							
	DEM ₂₅ – primavera/verão (742)	93,0303	16,19278	-5,80	221	516	5	-14,041	741	<0,0001
	DEM ₅₀ - outono/inverno (742)	94,0350	20,00115							
	DEM ₅₀ – primavera/verão (742)	97,6849	20,49380	-3,65	293	434	14	-7,277	741	<0,0001
	DEM ₇₅ - outono/inverno (741)	103,4091	29,01880							
	DEM ₇₅ – primavera/verão (741)	107,6496	28,44238	-4,24	300	433	8	-4,772	740	<0,0001
DEMM _{25,75} - outono/inverno (4)	80,3000	5,62968								
DEMM _{25,75} – primavera/verão (4)	92,6000	23,73689	-12,3	2	2	0	-1,262		0,296	
Freguesia Mediamente Urbana	CVF- outono/inverno (268)	82,7903	9,87531							
	CVF– primavera/verão (268)	83,6896	9,41751	-0,89	124	141	3	-2,263	267	0,024
	VEMS/CVF - outono/inverno (268)	95,0828	5,28380							
	VEMS/CVF – primavera/verão (268)	95,7250	5,31310	-0,64	94	131	43	-2,404	267	0,017
	VEMS- outono/inverno (268)	92,6097	10,91749							
	VEMS– primavera/verão (268)	94,2250	10,43512	-1,62	104	156	8	-3,943	267	<0,0001
	DEMA- outono/inverno (268)	81,6160	14,28340							
	DEMA– primavera/verão (268)	85,3358	12,85968	-3,72	83	185	0	-6,414	267	<0,0001
	DEM ₂₅ - outono/inverno (268)	86,9425	16,31596							
	DEM ₂₅ – primavera/verão (268)	90,4914	14,85466	-3,55	90	177	1	-5,706	267	<0,0001
	DEM ₅₀ - outono/inverno (268)	92,1071	19,20956							
DEM ₅₀ – primavera/verão (268)	94,4437	19,45293	-2,34	120	145	3	-3,337	267	0,001	
DEM ₇₅ - outono/inverno (268)	98,5299	28,21388								
DEM ₇₅ – primavera/verão (268)	101,6291	28,89769	-3,10	116	150	2	-2,190	267	0,029	

Legenda: < - quando os valores da 2ª fase eram inferiores ao da 1ª fase; > - quando os valores da 2ª fase eram superiores à 1ª fase; = - quando os valores da 1ª fase e da 2ª fase permanecem iguais

Testes: t-Student para amostras emparelhadas e T de Wilcoxon

Nas escolas localizadas em zonas predominantemente rurais verificaram-se diferenças estatisticamente significativas ao nível do parâmetro espirométrico CVF, VEMS e DEM₂₅. Na 2ª fase os valores aumentaram significativamente.

Apesar de não existir diferenças estatisticamente significativas ao nível do parâmetro espirométrico VEMS/CVF, DEMA, DEM₅₀ e DEM₇₅ verificou-se sempre um aumento dos valores percentuais do

outono/inverno para a estação da primavera/verão, com exceção do valor de VEMS/CVF que foi ligeiramente mais elevado na estação de outono/inverno relativamente à primavera/verão.

Relativamente aos valores percentuais encontrados nas crianças que estudavam nas escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas, verificou-se que existiam diferenças estatisticamente significativas em todos os parâmetros, com exceção do $DEMM_{25-75}$. Constatámos que todos os valores dos vários parâmetros espirométricos foram mais elevados na 2ª fase (primavera/verão), mesmo o $DEMM_{25-75}$.

Os valores percentuais dos parâmetros espirométricos das crianças que estudavam em escolas situadas em zonas mediamente urbanas revelaram ser significativamente diferentes. Na estação da primavera/verão todos os valores percentuais encontrados revelaram ser mais elevados do que os valores percentuais encontrados na estação outono/inverno.

6.3.2.3. Avaliação dos padrões espirométricos

Procedemos também à classificação das crianças de acordo com os seus padrões espirométricos, Normal, Distúrbio Ventilatório Obstrutivo, Distúrbio Ventilatório Restritivo e Distúrbio Ventilatório Misto. Assim, e no âmbito desta classificação, nos quadros seguintes, pretendemos avaliar os vários padrões espirométricos, por escolas, por sexo, por ano de escolaridade e pela localização da escola, durante o outono/inverno e a primavera/verão.

No quadro do Anexo 12 apresentamos uma caracterização do padrão espirométrico das crianças distribuídas por escolas, na estação de outono/inverno. Verificámos que das 1019 crianças, na primeira avaliação (outono/inverno), 549 apresentaram um padrão espirométrico normal (53,9%), 457 possuíam distúrbio ventilatório restritivo (44,8%), e apenas 13 crianças apresentaram distúrbio Ventilatório obstrutivo (1,3%). De referir, ainda que nenhuma criança apresentou distúrbio ventilatório misto.

As escolas que possuíam uma maior percentagem de crianças com distúrbio ventilatório restritivo foram: EB1 de Trouxemil (72,7%), Colégio São José (68,8%), EB1 de Adémia e EB1 de Vil de Matos (66,7%), EB1 de Eiras (63,6%), EB1 do Ameal (62,5%), EB2,3 de S. Silvestre e EB1 de Brasfemes (61,1%), EB1 de São Martinho do Bispo (60,5%), EB1 de Arzila, EB1 de Pedrulha e EB1 de Lordemão (57,1%), EB1 de Taveiro (55,6%), EB1 de Souselas e EB1 de São Martinho da Árvore (54,5%), Colégio João de Deus I (54,3%), EB1 de Ribeira de Frades (53,6%), EB1 de Almas de Freire (52,6%), Colégio Rainha Santa (51,4%) e EB1 Quinta das Flores (51,2%).

Constatámos ainda que foi nas escolas de EB1 da Póvoa, EB1 de Almas de Freire, EB1 de Brasfemes, EB1 de Trouxemil, EB1 de São João do Campo, EB1 de Santa Cruz e nos Colégio Bissaya Barreto e Colégio Bom Jesus que se encontraram crianças com distúrbio ventilatório obstrutivo.

No quadro do Anexo 13 apresentamos uma caracterização do padrão espirométrico das crianças distribuídas por escolas, na estação de primavera/verão. Podemos verificar que das 1019 crianças, na segunda avaliação (primavera/verão) 612 apresentaram um padrão espirométrico normal (60,1%), 397 possuíam distúrbio ventilatório restritivo (39%), e apenas 10 crianças apresentaram distúrbio Ventilatório obstrutivo (1%). De

referir, ainda, que tal como na primeira fase, também nesta não se encontrou nenhuma criança com distúrbio ventilatório misto. As escolas que possuíam uma maior percentagem de crianças com distúrbio ventilatório restritivo foram: EB1 de Vil de Matos (100%), EB1 de Arzila (71,4%), EB1 de São Martinho do Bispo (57,9%), Colégio João de Deus I e EB1 de Pedrulha (57,1%), Colégio São José (56,3%), EB2,3 de S. Silvestre e EB1 de Taveiro (55,6%) e EB1 de Eiras (54,5%). Constatámos ainda que foi nas escolas de EB1 de São Bartolomeu, EB1 de Almedina, EB1 de Casconha, EB1 de Ribeira de Frades, EB1 Quinta das Flores, EB1 de Brasfemes, EB1 de São João do Campo e nos Colégio Bissaya Barreto e Colégio Bom Jesus que se encontraram crianças com distúrbio ventilatório obstrutivo.

O quadro seguinte apresenta uma caracterização do padrão espirométrico das crianças distribuídas por sexo, na estação de outono/inverno.

Quadro 56: Padrão espirométrico das crianças distribuídas por sexo, na estação de outono/inverno

Padrão espirométrico (outono/inverno)		Sexo		Total
		Feminino	Masculino	
Normal	n	269	280	549
	% linha	49,0	51,0	100,0
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	7	6	13
	% linha	54,0	46,0	100,0
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	217	240	457
	% linha	47,5	52,5	100,0
Total	n	493	526	1019
	% linha	48,4	51,6	100,0

Teste qui-quadrado da independência, $\chi^2=0,387$; gl=2; p=0,824

Não se verificou um padrão de associação entre o tipo de padrão espirométrico por sexo, no entanto, verificámos que, na estação de outono/inverno, dos 549 estudantes que tinham apresentado um padrão espirométrico normal 51% eram do sexo masculino (n=280). Dos que apresentaram distúrbios ventilatórios, 54% das crianças com distúrbio ventilatório obstrutivo eram do sexo feminino (n=7) e 52,5% das crianças com distúrbio ventilatório restritivo eram do sexo masculino (n=240).

O quadro 57 apresenta uma caracterização do padrão espirométrico das crianças distribuídas por sexo, na estação de primavera/verão.

Quadro 57: Padrão espirométrico das crianças distribuídas por sexo, na estação de primavera/verão

Padrão espirométrico (primavera/verão)		Sexo		Total
		Feminino	Masculino	
Normal	n	319	293	612
	% linha	52,1	47,9	100,0
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	0	10	10
	% linha	,0	100,0	100,0
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	174	223	397
	% linha	43,8	56,2	100,0
Total	n	493	526	1019
	% linha	48,4	51,6	100,0

Teste qui-quadrado da independência, $\chi^2=16,101$; gl=2; p<0,0001

Constatámos que existiram diferenças estatisticamente significativas, no padrão espirométrico das crianças distribuídas por sexo, na estação de primavera/verão, relativamente ao distúrbio ventilatório restritivo. Das 397 crianças com distúrbio ventilatório restritivo, 56,2% eram crianças do sexo masculino (n=223). No

entanto, constatámos um padrão semelhante de crianças de ambos os sexos com uma condição espirométrica normal e 10 crianças do sexo masculino com distúrbio ventilatório obstrutivo.

De seguida, procurámos analisar o padrão espirométrico das crianças distribuídas por ano de escolaridade, na estação de outono/inverno. Vejamos o quadro 58:

Quadro 58: Padrão espirométrico das crianças distribuídas por ano de escolaridade, na estação de outono/inverno

Padrão espirométrico (outono/inverno)		Ano de escolaridade		Total
		1.º Ano	4.º Ano	
Normal	n	283	266	549
	% linha	51,5	48,5	100,0
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	11	2	13
	% linha	85,0	15,0	100,0
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	211	246	457
	% linha	46,2	53,8	100,0
Total	n	505	514	1019
	% linha	49,6	50,4	100,0

Teste χ^2 da independência=9,359; gl=2; p=0,009

Constatámos um padrão significativo, ao nível do distúrbio ventilatório restritivo, em função do ano de escolaridade. Das 457 que apresentaram distúrbio ventilatório restritivo, 53,8% eram crianças do 4º ano de escolaridade (n=246). Relativamente aos restantes padrões espirométricos não se verificaram diferenças significativas, no entanto, das 549 crianças que apresentaram um padrão espirométrico normal, na primeira avaliação (outono/inverno), 51,5% eram crianças do 1º ano (n=283) e das 13 crianças que possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo 85% das crianças eram do 1º ano (n=11).

O quadro 59 apresenta uma caracterização do padrão espirométrico das crianças distribuídas por ano de escolaridade, na estação de primavera/verão.

Quadro 59: Padrão espirométrico das crianças distribuídas por ano de escolaridade, na estação de primavera/verão

Padrão espirométrico (primavera/verão)		Ano de escolaridade		Total
		1.º Ano	4.º Ano	
Normal	n	315	297	612
	% linha	51,5	48,5	100,0
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	8	2	10
	% linha	80,0	20,0	100,0
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	182	215	397
	% linha	45,8	54,2	100,0
Total	n	505	514	1019
	% linha	49,6	50,4	100,0

Teste χ^2 da independência=6,794; gl=2; p=0,033

Verificámos um padrão significativo entre distúrbio ventilatório restritivo e distúrbio ventilatório obstrutivo em função do ano de escolaridade. Das 397 que apresentaram distúrbio ventilatório restritivo, na estação de primavera/verão, 54,2% eram crianças do 4º ano de escolaridade (n=215). Das 10 crianças que possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo 80% crianças eram do 1º ano (n=8).

De seguida, procurámos analisar o padrão espirométrico das crianças distribuídas por localização da escola, na estação de outono/inverno. Vejamos o quadro 60:

Quadro 60: Padrão espirométrico das crianças distribuídas por localização da escola, na estação de outono/inverno

Padrão espirométrico (outono/inverno)		Localização da Escola por Freguesia			Total
		Predominantemente Urbana	Mediamente Urbana	Predominantemente Rural	
		Normal	n	390		155	4	549
	% linha	71,0	28,2	,7	100,0
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	6	7	0	13
	% linha	46,0	54,0	,0	100,0
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	346	106	5	457
	% linha	75,7	23,2	1,1	100,0
Total	n	742	268	9	1019
	% linha	72,8	26,3	,9	100,0

Teste χ^2 da independência=8,733; gl=4; p=0,068

Pela análise do quadro anterior concluímos que 742 crianças frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, 268 frequentavam escolas localizadas em freguesias mediamente urbanas e 9 frequentavam escolas em freguesias predominantemente rurais. Não se verificou nenhum padrão significativo dos resultados espirométricos das crianças distribuídas pelas diferentes localizações das escolas que frequentavam. Constatámos ainda que, dos 549 estudantes que apresentaram um padrão espirométrico normal, a maioria frequentava escolas localizadas em freguesias denominadas predominantemente urbanas (n=390). As crianças que apresentaram distúrbios ventilatórios obstrutivos (n=13) frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas (46%) ou mediamente urbanas (54%). Das 457 crianças que possuíam distúrbio ventilatório restritivo, a maioria, 75,7% frequentavam escolas situadas em freguesias predominantemente urbanas (n=346).

No quadro seguinte encontra-se apresentada a mesma análise mas para a estação de primavera/verão.

Quadro 61: Padrão espirométrico das crianças distribuídas por localização da escola, na estação de primavera/verão

Padrão espirométrico (primavera/verão)		Localização da Escola por Freguesia			Total
		Predominantemente Urbana	Mediamente Urbana	Predominantemente Rural	
		Normal	n	437		171	4	612
	% linha	71,4	27,9	,7	100,0
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	6	4	0	10
	% linha	60,0	40,0	,0	100,0
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	299	93	5	397
	% linha	75,3	23,4	1,3	100,0
Total	n	742	268	9	1019
	% linha	72,8	26,3	,9	100,0

Teste χ^2 da independência=4,411; gl=4; p=0,353

Na estação de primavera/verão também não se observou um padrão de associação entre o padrão espirométrico das crianças distribuídas pelas diferentes localizações da escola, no entanto, verificámos que, dos 612 estudantes que apresentaram um padrão espirométrico normal, a maioria frequentava escolas localizadas em freguesias denominadas predominantemente urbanas (n=437). As crianças que apresentaram distúrbios ventilatórios obstrutivos (n=10) frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas (60%) ou mediamente urbanas (40%). Das 457 crianças que possuíam distúrbio ventilatório restritivo, a maioria, 75,3% frequentavam escolas situadas em freguesias predominantemente urbanas (n=299).

Procurámos também fazer uma comparação entre o padrão espirométrico das crianças obtido na estação de outono/inverno com o padrão espirométrico obtido na estação da primavera/verão. Vejamos o quadro 62:

Quadro 62: Comparação do padrão espirométrico obtido na estação de outono/inverno com o padrão espirométrico obtido na primavera/verão

Padrão espirométrico (outono/inverno)		Padrão espirométrico (primavera/verão)			Total
		Distúrbio Ventilatório Restritivo	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	Normal	
Normal	n	60	5	484	549
	% linha	10,9%	,9%	88,2%	100,0%
	% Total	5,9%	,5%	47,5%	53,9%
	Residual ajustado	-19,8	-,2	19,8	
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	2	4	7	13
	% linha	15,4%	30,8%	53,8%	100,0%
	% Total	,2%	,4%	,7%	1,3%
	Residual ajustado	-1,8	11,0	-,5	
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	335	1	121	457
	% linha	73,3%	,2%	26,5%	100,0%
	% Total	32,9%	,1%	11,9%	44,8%
	Residual ajustado	20,3	-2,2	-19,7	
Total	n	397	10	612	1019
	% linha	39,0%	1,0%	60,1%	100,0%
	% Total	39,0%	1,0%	60,1%	100,0%

McNemar – Bowker test=21,225; gl=3; p<0,001

Verificámos que existiram alterações estatisticamente significativas quando comparámos o padrão espirométrico obtido na estação de outono/inverno com o padrão espirométrico obtido na primavera/verão. Registámos uma melhoria significativa dos valores obtidos na primavera/verão face aos valores obtidos na estação de outono/inverno, ou seja, o número de crianças com padrão normal passou de 549 para 612, o número de crianças com distúrbio ventilatório obstrutivo diminuiu de 13 para 10 e o número de crianças com distúrbio ventilatório restritivo diminuiu de 457 para 397.

Os dados acima descritos refletiram-se da seguinte forma: na avaliação de outono/inverno, existiam 549 crianças que apresentaram um padrão espirométrico normal, no entanto, verificámos que, após a segunda avaliação (primavera/verão), 60 dessas crianças passaram a apresentar um distúrbio ventilatório restritivo e 5 distúrbio ventilatório obstrutivo. Dos 13 estudantes que na primeira avaliação possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo, após a avaliação na estação de primavera/verão, 7 passaram a apresentar padrão espirométrico normal e 2 distúrbio ventilatório restritivo. Relativamente ao distúrbio ventilatório restritivo, na primeira avaliação, verificámos que existiam 457 crianças mas após a segunda avaliação 121 crianças passaram a apresentar um padrão espirométrico normal e 1 apresentou distúrbio ventilatório obstrutivo.

De seguida, no quadro 63, procurámos ainda avaliar na estação de outono/inverno, o padrão espirométrico das crianças do 4º ano de escolaridade que estudaram, sempre, desde o 1º ano até ao 4º ano de escolaridade na mesma escola.

Quadro 63: Padrão espirométrico das crianças do 4º ano de escolaridade, que estudaram sempre na mesma escola, na estação de outono/inverno

Padrão espirométrico		Estudaram na mesma escola durante os 4 anos		Total
		sim	não	
Normal	n	233	33	266
	% linha	87,6%	12,4%	100,0%
	% do Total	45,3%	6,4%	51,8%
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	2	0	2
	% linha	100,0%	0,0%	100,0%
	% do Total	0,4%	0,0%	0,4%
Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	211	35	246
	% linha	85,8%	14,2%	100,0%
	% do Total	41,1%	6,8%	47,9%
Total	n	446	68	514
	% linha	86,8%	13,2%	100,0%
	% do Total	86,8%	13,2%	100,0%

Teste χ^2 da independência=0,676; gl=2; p=0,713

Verificámos que, na estação de outono/inverno, dos 514 estudantes que frequentavam o 4º ano de escolaridade 446 frequentaram sempre a mesma escola desde o 1º ano do ciclo de ensino básico (86,8%).

Apesar de ausência de associação entre o padrão espirométrico e o facto de terem estudado na mesma escola durante os 4 anos, verificámos que, dos 266 estudantes que apresentaram padrão espirométrico normal, a maioria, 87,6% frequentou sempre a mesma escola. Os 2 estudantes que possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo, estudaram sempre na mesma escola e relativamente ao distúrbio ventilatório restritivo, 85,8% dos estudantes também estudaram sempre na mesma escola.

No quadro 64, fizemos a mesma avaliação do quadro anterior, mas relativa à estação de primavera/verão.

Quadro 64: Padrão espirométrico das crianças do 4º ano de escolaridade, que estudaram sempre na mesma escola, na estação de primavera/verão

Padrão espirométrico		Estudaram na mesma escola durante os 4 anos		Total
		sim	não	
Normal	Contagem	264	33	297
	%	88,9%	11,1%	100,0%
	% do Total	51,4%	6,4%	57,8%
Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	Contagem	1	1	2
	%	50,0%	50,0%	100,0%
	% do Total	0,2%	0,2%	0,4%
Distúrbio Ventilatório Restritivo	Contagem	181	34	215
	%	84,2%	15,8%	100,0%
	% do Total	35,2%	6,6%	41,8%
Total	Contagem	446	68	514
	%	86,8%	13,2%	100,0%
	% do Total	86,8%	13,2%	100,0%

Teste χ^2 da independência=4,768; gl=2; p=0,092

Também na primavera/verão, não se observou uma associação significativa entre o padrão espirométrico e o facto de estudarem na mesma escola. Verificámos que, dos 297 estudantes que apresentaram padrão espirométrico normal, a maioria, 88,9% frequentou sempre a mesma escola. Relativamente aos 2 estudantes que possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo, um estudou sempre na mesma escola. No que respeita aos estudantes que apresentaram distúrbio ventilatório restritivo, 84,2% também estudaram sempre na mesma escola.

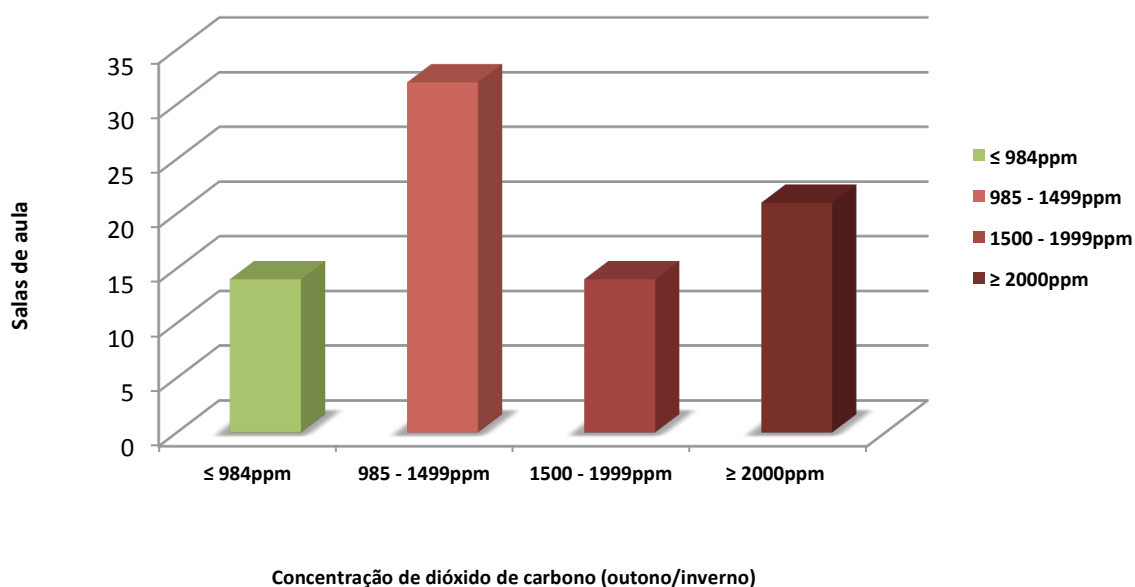
6.4. Avaliação da relação entre os poluentes atmosféricos superiores à concentração máxima de referência (DL 79/2006) e a saúde das crianças

6.4.1. Avaliação da relação entre o CO₂ e a saúde das crianças

Para avaliar a associação entre as características ambientais e a saúde nas crianças, optou-se por analisar de forma mais pormenorizada o CO₂, as PM₁₀, os COVs e o CH₂O, dado terem sido estes, de entre todos os parâmetros ambientais avaliados, os que apresentaram resultados mais significativos para a saúde das crianças. De realçar que dos parâmetros mencionados anteriormente, o CO₂ foi sem dúvida o parâmetro mais preocupante dado a maioria dos estudantes estarem expostos a valores acima da CMR.

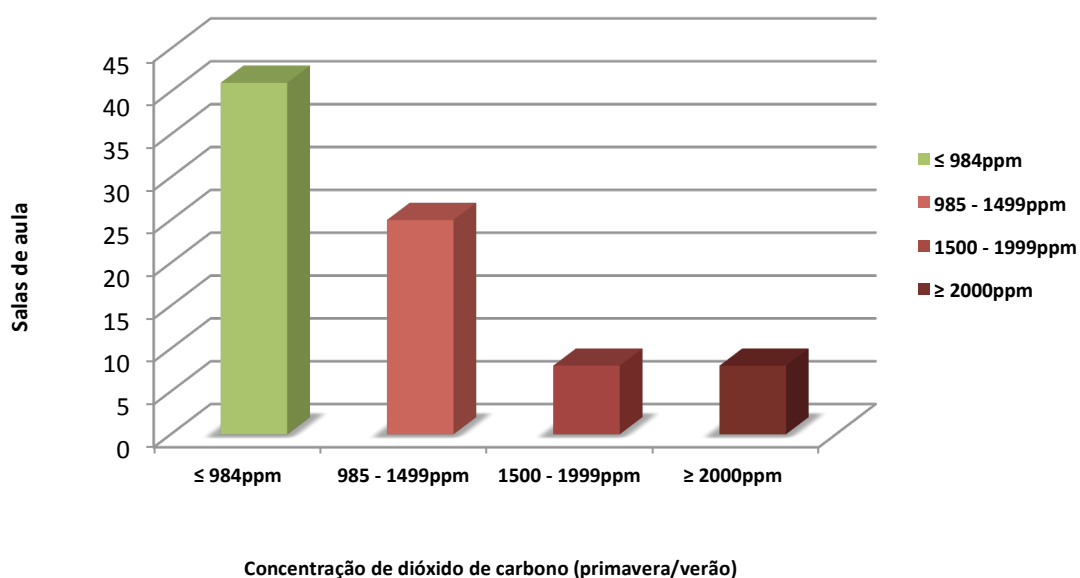
Nos gráficos 66 e 67 podemos analisar, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, a associação entre o valor de CO₂ e o número de salas de aula em que essa concentração foi superior à CMR.

Gráfico 66: Concentração de CO₂ nas salas de aula, na estação de outono/inverno



Pela análise do gráfico acima exposto, verificámos que das 82 salas de aula avaliadas na estação de outono/inverno, apenas 14 se encontravam abaixo da CMR. De facto, 68 salas de aula apresentaram concentrações de CO₂ acima da CMR legislada. Ao estratificarmos esta percentagem por gravidade, tal como Fraga *et al.* (2008) fizeram no seu estudo, ou seja, se consideramos que acima de 1999ppm os estudantes estão perante uma elevada exposição, de 1500 a 1999ppm existe uma média exposição e de 985 a 1499ppm menor exposição, constatou-se que os alunos de 32 salas de aula estavam expostos a valores de concentração de CO₂ entre 1000-1499ppm e os alunos de 21 salas de aula encontravam-se expostos a concentrações de CO₂ acima de 2000ppm (estavam perante uma elevada exposição).

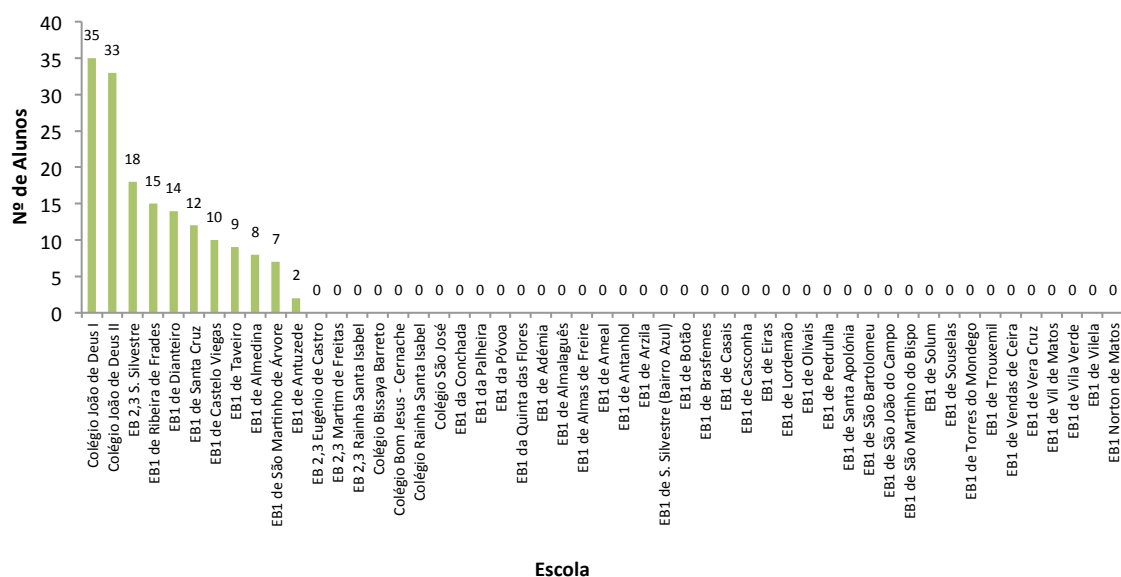
No gráfico 67 realizámos a mesma análise, mas para a primavera/verão.

Gráfico 67: Concentração de CO₂ nas salas de aula, na estação de primavera/verão

Relativamente à concentração de CO₂ nas salas de aula, na estação de primavera/verão, verificámos que das 82 salas de aula avaliadas, 41 (50%) apresentaram valores inferiores à CMR. Observou-se uma redução de frequência do número de salas (n=27) que ultrapassaram os valores recomendados face à estação de outono/inverno. Desta forma, verificou-se uma melhoria da estação de outono/inverno para a primavera/verão. Porém 16 salas de aula revelaram valores de CO₂ superiores a 1500ppm.

Perante o facto de terem sido observadas elevadas concentrações de CO₂ na maioria das instituições escolares, com valores de concentração média que excederam o limite de 984ppm contemplado na legislação portuguesa (tendo-se verificado valores máximos de 5320 ppm) e para continuar esta nossa análise, entendemos (e dado o conceito de risco estar associado a uma exposição e os efeitos adversos que daí resultam para a saúde), que deveríamos classificar o nível de CO₂ das instituições escolares em: ausência de risco, se o valor médio estimado fosse inferior à concentração máxima de referência do DL 79/2006, de 4 de abril, ou seja, ≤984ppm, e presença de risco, se os valores obtidos atingissem valores >984ppm. Desta forma, no gráfico 68 podemos verificar o número de estudantes não expostos a uma concentração média de CO₂ acima da CMR, na estação de outono/inverno, por escola.

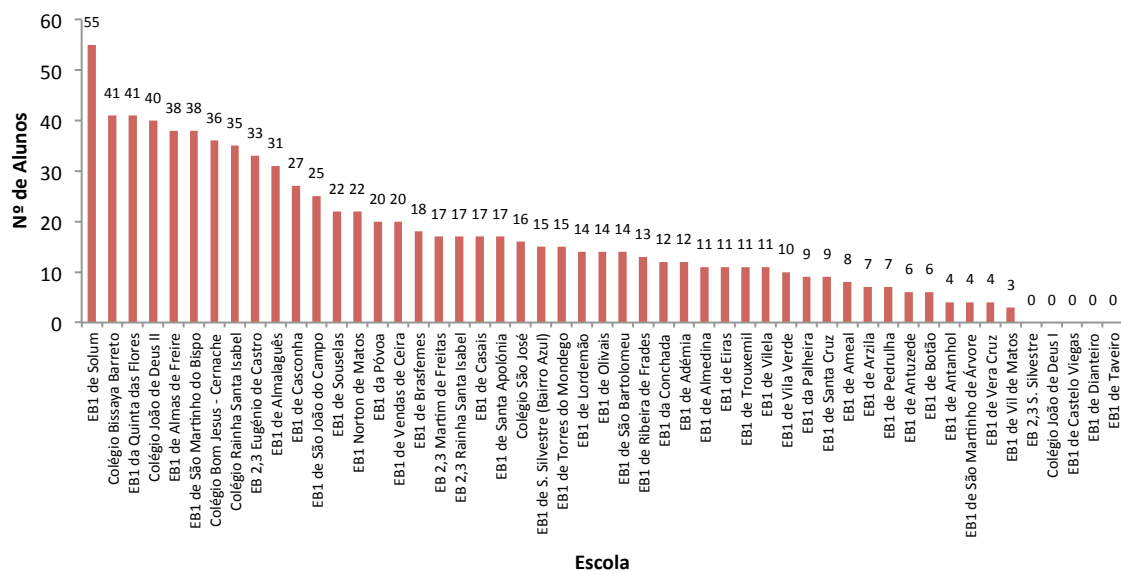
Gráfico 68: Estudantes, por escola, não expostos a uma concentração média de CO₂ acima da concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno



Podemos verificar, que apenas em 11 escolas avaliadas se encontravam alunos não expostos a valores de CO₂ superior à CMR.

No gráfico 69 podemos verificar o número de estudantes expostos a uma concentração média de CO₂ acima da CMR, na estação de outono/inverno, por escola.

Gráfico 69: Estudantes, por escola, expostos a uma concentração média de CO₂ acima da concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno

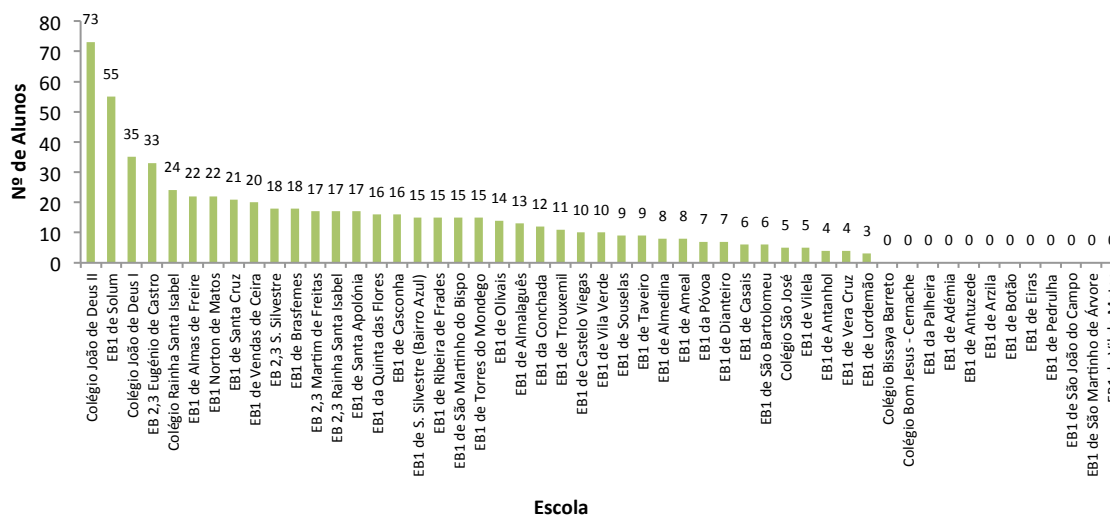


Podemos verificar com a análise do gráfico 69, relativamente à estação de outono/inverno, que as escolas em que se registaram mais estudantes expostos (n>30) foram: Colégio João de Deus II, EB1 da Solum, EB1 Quinta das Flores, Colégio Bissaya Barreto, EB1 de São Martinho do Bispo, EB1 de Almas de Freire, Colégio

Bom Jesus, Colégio Rainha Santa, EB 2,3 de Eugénio de Castro e EB1 de Almalaguês. Constatámos ainda que, nesta estação do ano, eram poucas as escolas que se encontravam com níveis de CO₂ aceitáveis.

Relativamente à estação de primavera/verão, os dados referentes aos alunos não expostos encontram-se ilustrados no gráfico 70.

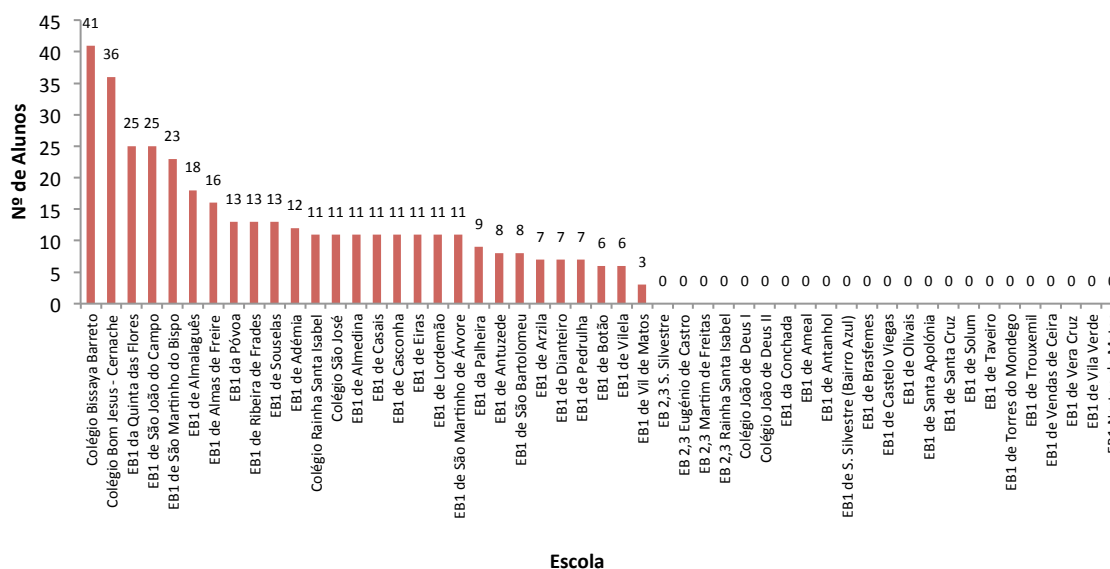
Gráfico 70: Estudantes, por escola, não expostos a concentração média superior ao legislado de CO₂ na estação de primavera/verão



Podemos verificar que, na primavera/verão, o número de escolas em que os alunos não se encontravam expostos a concentração média superior ao legislado de CO₂ aumentou relativamente ao outono/inverno.

No gráfico seguinte podemos verificar o número de estudantes expostos a uma concentração média de CO₂ acima da CMR, na primavera/verão, por escola.

Gráfico 71: Estudantes, por escola, expostos a concentração média superior ao legislado de CO₂ na estação de primavera/verão



Podemos verificar pela análise do gráfico anterior que os estudantes mais expostos se encontravam nos Colégios Bissaya Barreto e Bom Jesus seguido da EB1 de São João do Campo e EB1 de Quinta das Flores. Depois da análise anterior, pretendemos avaliar a evolução da exposição ao CO₂ da 1ª fase para a 2ª fase (entre estações do ano). Vejamos o quadro 65.

Quadro 65: Evolução da 1ª fase para a 2ª fase, da exposição dos estudantes a uma concentração média de CO₂ superior à CMR

CO ₂ - outono/ inverno		CO ₂ - primavera/verão		Total
		Não Expostos	Expostos	
Expostos	n	488	368	856
	% linha	57,0%	43,0%	100,0%
	% Total	47,9%	36,1%	84,0%
Não Expostos	n	147	16	163
	% linha	90,2%	9,8%	100,0%
	% Total	14,4%	1,6%	16,0%
Total	n	635	384	1019
	% linha	62,3%	37,7%	100,0%
	% Total	62,3%	37,7%	100,0%

Teste McNemar-Bower; p-value<0,0001

Verificámos uma mudança significativa da alteração do risco de exposição ($p < 0,0001$) entre as duas fases de avaliação (outono/inverno e primavera/verão). Das 856 (84%) crianças que inicialmente, na estação de outono/inverno, estiveram expostos a elevados níveis de CO₂ veio a verificar-se uma redução significativa quanto ao número de crianças que continuavam expostos (37,7%). No entanto, das 163 crianças que, na estação de outono/inverno, não estavam expostos (16%), 9,8% passaram a estar expostos a níveis elevados de CO₂.

Seguidamente pretendemos analisar qual a relação entre a presença ou ausência de risco de CO₂ nas diferentes estações do ano e o tipo de zona onde se inserem as escolas.

Quadro 66: Presença ou ausência de risco de CO₂ nas diferentes estações e o tipo de zona onde se inserem as escolas

Tipologia da Freguesia			primavera/verão		Total
			outono/inverno	Não Expostos		Expostos
Freguesia Predominantemente Urbana	Expostos	n	375	230	605
		% linha	62,0%	38,0%	100,0%
		% coluna	74,4%	97,0%	81,6%
	Não Expostos	% Total	50,6%	31,0%	81,6%
		n	129	7	136
		% linha	94,9%	5,1%	100,0%
	Teste McNemar-Bower; p-value<0,0001	% coluna	25,6%	3,0%	18,4%
		% Total	17,4%	,9%	18,4%
		Total	n	504	237	741
% linha		68,0%	32,0%	100,0%	
Freguesia Mediamente Urbana	Expostos	% coluna	100,0%	100,0%	100,0%
		% Total	68,0%	32,0%	100,0%
		n	112	129	241
	Não Expostos	% linha	46,5%	53,5%	100,0%
		% coluna	86,2%	93,5%	89,9%
		% Total	41,8%	48,1%	89,9%
	Teste McNemar-Bower; p-value<0,0001	n	18	9	27
		% linha	66,7%	33,3%	100,0%
		% coluna	13,8%	6,5%	10,1%
% Total		6,7%	3,4%	10,1%	
Total	n	130	138	268	
% linha	48,5%	51,5%	100,0%		
% coluna	100,0%	100,0%	100,0%		
% Total	48,5%	51,5%	100,0%		

Verificámos alterações estatisticamente significativas ($p < 0,0001$) da frequência de exposição das crianças entre as estações do ano em função da localização da escola (área geográfica). Nas escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, no outono/inverno, estavam em risco de exposição 81,6% das crianças. Na primavera/verão, verificou-se uma diminuição significativa de crianças expostas a valores de CO₂ acima da CMR. Relativamente às escolas localizadas em zonas consideradas mediamente urbanas, verificou-se também uma diminuição significativa do número de crianças em presença de risco na estação de outono/inverno para a estação da primavera/verão. Quanto ao meio rural não foi possível calcular uma estimativa de alteração do risco pela reduzida dimensão da amostra e porque aqueles que evidenciaram condição de risco no outono/inverno mantiveram a mesma condição na estação de primavera/verão.

Dado a concentração de CO₂ ser mais relevante e preocupante na estação de outono/inverno, procurámos, no quadro seguinte, avaliar a relação entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças em função da exposição a uma concentração de CO₂ acima da CMR.

Quadro 67: Relação entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças expostas a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência na estação de outono/inverno

Sinais, sintomas e patologias respiratórias		Dióxido de Carbono						χ^2 ; gl;p Risco; IC95%
		Expostos		Não Expostos		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Asma	Sim	100	11,7	20	12,3	120	11,8	0,046;1;0,831 OR:0,946 [0,567;1,579]
	Não	756	88,3	143	87,7	899	88,2	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Bronquite Crónica	Sim	18	2,1	4	2,5	22	2,2	0,080;1;0,777 OR:0,854 [0,285;2,556]
	Não	838	97,9	159	97,5	997	97,8	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Pieira e Assobios	Sim	133	15,5	22	13,5	155	15,2	0,442;1;0,506 OR:1,179 [0,725;1,917]
	Não	723	84,5	141	86,5	864	84,8	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Crise de Espirros	Sim	223	26,1	37	22,7	260	25,5	0,810;1;0,368 OR:1,200 [0,807;1,784]
	Não	633	73,9	126	77,3	759	74,5	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Rinite Alérgica	Sim	160	18,7	24	14,7	184	18,1	1,457;1;0,227 OR:1,331 [0,835;2,122]
	Não	696	81,3	139	85,3	835	81,9	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Tosse seca	Sim	141	16,5	23	14,1	164	16,1	0,565;1;0,452 OR:1,200 [0,745;1,933]
	Não	715	83,5	140	85,9	855	83,9	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Dificuldades Respiratórias	Sim	85	9,9	18	11,0	103	10,1	0,187;1;0,666 OR:0,888 [0,518;1,522]
	Não	771	90,1	145	89,0	916	89,9	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Não se verificou uma associação significativa entre a presença de asma e a exposição a valores de CO₂ considerados de risco para as crianças ($p>0,831$). No entanto, 11,8% correspondeu à prevalência de asma face às 1019 crianças em estudo. A patologia bronquite crónica ocorreu em 2,2% ($n=22$) face à população em estudo porém não se verificou uma associação significativa entre a presença desta patologia e a exposição a valores de CO₂ de risco em salas de aula durante o outono/inverno ($p>0,05$). Também, quanto aos sintomas de pieira e assobios a prevalência foi de 15,2% ($n=155$) face à totalidade da população mas não se verificou um padrão de ocorrência entre estes sintomas ($p>0,05$). Apesar de não se observar uma associação entre a crise de espirros e a exposição a valores de CO₂ de risco para as crianças do 1º ciclo de ensino básico ($p>0,05$), verificámos que das 856 crianças expostas a salas consideradas de risco de CO₂, 26,1% sofriam destes sintomas. No que diz respeito à rinite alérgica, tosse seca e dificuldades respiratórias não se observou uma associação significativa entre estes sintomas e a exposição a salas com presença e ausência de risco face ao CO₂ ($p>0,05$), no entanto, 184 crianças (18,1%) sofriam de rinite, 164 crianças (16,1%) de tosse seca e 103 crianças (10,1%) tinham dificuldades respiratórias face à totalidade das crianças controladas em função de cada sintoma.

No quadro 68, procurámos avaliar a relação entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças expostas a uma concentração média superior ao legislado de CO₂ na estação de primavera/verão.

Quadro 68: Relação entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças expostas a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência na estação de primavera/verão

Sinais, sintomas e patologias respiratórias		Presença de Risco		Dióxido de Carbono Ausência de Risco		Total		χ^2 ;gl;p Risco;IC95%
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Asma	Sim	56	14,6	64	10,1	120	11,8	4,674;1;0,031 OR:1,523 [1,038;2,235]
	Não	328	85,4	571	89,9	899	88,2	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Bronquite Crónica	Sim	9	2,3	13	2,0	22	2,2	0,1;1;0,752 OR:1,148 [0,486;2,712]
	Não	375	97,7	622	98,0	997	97,8	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Pieira e Assobios	Sim	67	17,4	88	13,9	155	15,2	2,391;1;0,122 OR:1,314 [0,929;1,858]
	Não	317	82,6	547	86,1	864	84,8	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Crise de Espirros	Sim	104	27,1	156	24,6	260	25,5	0,797;1;0,372 OR:1,140 [0,855;1,522]
	Não	280	72,9	479	75,4	759	74,5	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Rinite Alérgica	Sim	74	19,3	110	17,3	184	18,1	0,614;1;0,433 OR:1,139 [0,822;1,579]
	Não	310	80,7	525	82,7	835	81,9	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Tosse seca	Sim	72	18,8	92	14,5	164	16,1	3,219;1;0,073 OR:1,362 [0,971;1,910]
	Não	312	81,3	543	85,5	855	83,9	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Dificuldades Respiratórias	Sim	46	12,0	57	9,0	103	10,1	2,375;1;0,123 OR:1,380 [0,915;2,082]
	Não	338	88,0	578	91,0	916	89,9	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Verificou-se uma associação significativa entre a presença de asma e a exposição a valores de CO₂ classificados como risco para a saúde ($p=0,031$). Das 120 crianças que sofriam desta patologia, 46,7% revelaram estar expostos a salas de aulas com valores de CO₂ desadequados.

Constatámos que a bronquite crónica ocorreu em 2,2 % ($n=22$) face à população em estudo, no entanto, não se verificou uma associação significativa entre a presença desta patologia e a exposição a valores de CO₂ de risco em salas de aula durante a primavera/verão ($p>0,05$). Relativamente à pieira e assobios a prevalência foi de 15,2% ($n=155$) face à totalidade da população, porém também não se verificou um padrão de ocorrência entre estes sintomas ($p>0,05$). Apesar de não se observar uma associação entre a crise de espirros e a exposição a valores de CO₂ de risco para as crianças do 1º ciclo de ensino básico ($p>0,05$), verificámos que das 384 crianças expostas a salas com risco de CO₂ elevado (presença de risco) 27,1% sofriam destes sintomas. Relativamente à rinite alérgica, tosse seca e dificuldades respiratórias não se observaram associações significativas entre estes sintomas e a exposição a salas com presença e ausência de risco face ao CO₂ ($p>0,05$). De realçar, no entanto, que 184 crianças (18,1%) sofriam de rinite, 164 crianças (16,1%) de tosse seca e 103 crianças (10,1%) tinham dificuldades respiratórias face à totalidade das crianças controladas em função de cada sintoma.

Não se verificou significância entre a presença de pieira e assobios, crise de espirros, rinite alérgica e tosse seca e a exposição a valores de CO₂ classificados como risco para a saúde ($p>0,05$). No entanto, verificámos que das crianças expostas 27,1% possuíam pieira e assobios, 19,3% sofriam de rinite alérgica e 18,8% tinham tosse seca.

Procurámos de seguida compreender a distribuição de outros sinais e sintomas não respiratórios, em função das salas de aula classificadas com presença ou ausência de risco de CO₂ durante a estação outono/inverno. Vejamos o quadro seguinte.

Quadro 69: Relação entre os sinais, sintomas das crianças expostas a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência na estação de outono/inverno

Outros Sinais e sintomas		Dióxido de Carbono - Outono/ Inverno						χ^2 ;gI;p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Stresse	Sim	14	1,6	4	2,5	18	1,8	0,529;1;0,467 OR:0,661 [0,215; 2,034]
	Não	842	98,4	159	97,5	1001	98,2	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Tonturas	Sim	17	2,0	3	1,8	20	2,0	0,015;1; 0,902 OR:1,081 [0,313;3,730]
	Não	839	98,0	160	98,2	999	98,0	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Irritabilidade	Sim	40	4,7	3	1,8	43	4,2	2,718;1;0,099 OR: 2,614 [0,799;8,554]
	Não	816	95,3	160	98,2	976	95,8	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Dores de Cabeça	Sim	70	8,2	12	7,4	82	8,0	0,123;1;0,726 OR:1,121 [0,593;2,118]
	Não	786	91,8	151	92,6	937	92,0	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Irritação das Mucosas dos olhos	Sim	42	4,9	8	4,9	50	4,9	0,0001;1;0,999 OR:1,000 [0,460;2,171]
	Não	814	95,1	155	95,1	969	95,1	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Insónias	Sim	33	3,9	8	4,9	41	4,0	0,393;1;0,531 OR:0,777 [0,352;1,714]
	Não	823	96,1	155	95,1	978	96,0	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
Falta de Concentração	Sim	206	24,1	21	12,9	227	22,3	9,888;1;0,002 OR:2,143 [1,320;3,478]
	Não	650	75,9	142	87,1	792	77,7	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Segundo a informação apresentada pelos progenitores quanto à presença de outros sinais e sintomas, verificámos que 1,8% (n=18) dos 1019 estudantes em estudo revelaram um estado de stresse, apesar de não se verificar uma associação entre este sintoma e a exposição a espaços de aula classificados com presença de risco ($p>0,05$). Quanto às tonturas, irritabilidade, dores de cabeça, irritação das mucosas dos olhos e insónias não apresentaram um padrão de associação entre a presença destes sintomas e a exposição de salas com presença de risco ($p>0,05$). No entanto, a prevalência de tonturas face à totalidade da população em estudo foi de 2,0%, de irritabilidade foi de 4,2%, dores de cabeça 8%, irritação das mucosas dos olhos 4,9% e insónias 4,0%. Constatou-se que existiam diferenças significativas relativamente à falta de concentração em função do tipo de exposição ($p=0,002$). O risco das crianças estarem expostas a valores de CO₂>984ppm e ter falta de concentração foi 2,143 vezes maior do que em crianças não expostas. Verificámos ainda, que 90,75% das crianças que sofriam deste sintoma estavam expostos (risco) a este poluente. A prevalência deste sinal/sintoma ocorreu em 227 crianças (22,3%) face à totalidade das crianças em estudo (1019).

Relativamente à estação da primavera/verão, vejamos o quadro seguinte.

Quadro 70: Relação entre outros sinais e sintomas das crianças expostas a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão

Outros Sinais e sintomas		Presença de Risco		CO ₂ - primavera/verão Ausência de Risco		Total		χ ² ;gl;p Risco;IC95%
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Stresse	Sim	10	2,6	8	1,3	18	1,8	2,492;1;0,114 OR:2,096 [0,820; 5,356]
	Não	374	97,4	627	98,7	1001	98,2	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Tonturas	Sim	13	3,4	7	1,1	20	2,0	0,482;1;0,011 OR:3,144 [1,243; 7,950]
	Não	371	96,6	628	98,9	999	98,0	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Irritabilidade	Sim	19	4,9	24	3,8	43	4,2	0,808;1;0,369 OR:1,325 [0,716; 2,453]
	Não	365	95,1	611	96,2	976	95,8	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Dores de Cabeça	Sim	43	11,2	39	6,1	82	8,0	8,267;1;0,004 OR:1,927 [1,225; 3,032]
	Não	341	88,8	596	93,9	937	92,0	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Irritação das Mucosas dos olhos	Sim	21	5,5	29	4,6	50	4,9	0,417;1;0,518 OR:1,209 [0,679; 2,152]
	Não	363	94,5	606	95,4	969	95,1	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Insónias	Sim	21	5,5	20	3,1	41	4,0	3,333;1;0,068 OR:1,779 [0,951; 3,327]
	Não	363	94,5	615	96,9	978	96,0	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
Falta de Concentração	Sim	95	24,7	132	20,8	227	22,3	2,159;1;0,142 OR:1,253 [0,927; 1,692]
	Não	289	75,3	503	79,2	792	77,7	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Constatámos que, dos 1019 estudantes 384 estavam em presença de risco o que nos indica que existiu uma diminuição em relação à estação de outono/inverno. Verificámos ainda que existiu um padrão de associação entre a presença de tonturas e dores de cabeça e a exposição em sala de aula com presença de risco ($p < 0,05$). Apesar de nos outros sinais e sintomas não se ter verificado uma associação significativa, é de realçar a falta de concentração manifestada pelos 227 estudantes (48,81%).

De seguida, procurámos avaliar a associação entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno e primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexos 14 e 15).

Verificámos que as crianças que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural não apresentaram um padrão significativo entre sinais, sintomas e patologias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto ao CO₂. No entanto, podemos constatar que as crianças que se encontravam no 1º ano de escolaridade não possuíam asma, bronquite crónica, pieira e assobios, tosse seca e dificuldades respiratórias, apesar de estarem expostos a valores de CO₂ > 984 ppm. Porém as crianças que apresentaram ter crises de espirros e rinite alérgica estavam expostas a valores de CO₂ > 984 ppm. Todas as crianças do 4º ano que estudavam em escolas de freguesias rurais estavam expostas a valores de CO₂ > 984 ppm e uma grande parte delas sofria de sinais, sintomas e patologias respiratórias. Procurámos de seguida avaliar se a presença/ausência de sintomas/patologias poderia estar associada à exposição (risco) nas salas de aula das escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas quer em crianças do 1º quer do 4º ano de escolaridade. Não se verificou um padrão de associação significativo ($p > 0,05$) entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças, quer do 1º quer do 4º ano, na presença de salas em risco (CO₂ > 984 ppm) comparativamente aos não expostos (CO₂ < 984 ppm). No entanto a proporção de crianças no 1º ano que estavam expostas a valores de CO₂ > 984 ppm nas salas de aula e que apresentavam sinais, sintomas e patologias respiratórias consistiu em 27,4% crise de espirros, 18,1% tosse seca, pieira e

assobios e 14,5% rinite alérgica. Com menor expressão relativa nestas crianças quanto às doenças respiratórias foi a bronquite crónica (1,7%) seguida da asma e dificuldades respiratórias (8,0%). Quanto às crianças do 4º ano na presença de salas em risco 28,1% sofria de crise de espirros rinite alérgica (20,2%), tosse seca (14,5%) e 10,7% de asma. A menor proporção de crianças deste ano com patologia e que estavam expostas foi ao nível da bronquite crónica (1,9%). Por fim nas crianças que estudavam em escolas geograficamente localizadas em freguesias mediantemente urbanas não se verificou um padrão de associação significativo ($p>0,05$) entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e entre a sua exposição ou não exposição. Porém ao nível do 1º ano, a frequência relativa de crianças que estavam expostas a salas com risco, 18,8% sofriam de rinite alérgica, crise de espirros (17,2%), pieira e assobios (16,4%) e dificuldades respiratórias e asma (11,7%). Quanto às crianças do 4º ano a maior frequência relativa entre a exposição a salas em risco e a presença de sintomas/patologias foram, crise de espirros (25,7%), rinite alérgica (23,9%), asma e pieira e assobios (18,6%) (Anexo 14).

Relativamente à primavera/verão (Anexo 15), verificámos que as crianças que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural, não apresentaram um padrão significativo entre sinais, sintomas e patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto ao poluente CO₂, com exceção das crianças do 1º ano que possuíam rinite alérgica. Podemos verificar que as crianças do 1º ano de escolaridade, tal como na 1ª fase de avaliação, não possuíam asma, bronquite crónica, pieira e assobios, tosse seca e dificuldades respiratórias, apesar de estarem expostos a valores de CO₂>984ppm (presença de risco). Todas as crianças do 4º ano que estudavam em escolas de freguesias rurais estavam expostas a valores de CO₂>984ppm e uma grande parte delas sofria de sintomas/patologias respiratórias. Verificou-se um padrão de associação significativo ($p<0,05$) nas crianças do 1º ano de escolaridade, das salas de aula das escolas predominantemente urbanas, com pieira e assobios, crise de espirros e tosse seca, na presença de salas em risco (CO₂>984ppm) comparativamente às não expostas (CO₂≤984ppm). Nas crianças do 4º ano com asma e pieira e assobios também se verificou a existência de diferenças estatisticamente significativas, na presença de salas em risco (CO₂>984ppm) comparativamente aos não expostos (CO₂≤984ppm). Por fim nas crianças que estudavam em escolas geograficamente localizadas em freguesias mediantemente urbanas não se verificou um padrão de associação significativo ($p>0,05$) entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e entre a sua exposição ou não exposição. Porém, ao nível do 1º ano, a frequência relativa às crianças que estavam expostas a salas com risco, 19,2% sofriam de rinite alérgica, crise de espirros, 17,9% tosse seca, pieira e assobios. Quanto às crianças do 4º ano a maior frequência relativa entre a exposição a salas em risco e a presença de sintomas/patologias foram: rinite alérgica com 23,3%, crise de espirros 21,7%, asma e tosse seca com 16,7%.

Avaliámos também a associação entre outros sinais e sintomas e a exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexo 16). Procurámos estabelecer a relação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios face à exposição/não exposição ao CO₂ em salas de aula de 1º e 4º ano de escolaridade em função da localização da escola por freguesia. Verificámos que os estudantes do 1º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias rurais não apresentavam

um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórias e a exposição em salas de aula com valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$. Apenas um estudante apresentou ter dores de cabeça perante valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$. Ao nível do 4º ano, os sinais e sintomas que estavam presentes nas crianças expostas foram: falta de concentração (80%) e insónias (20%).

Nas escolas das freguesias predominantemente urbanas os estudantes do 1º ano revelaram um padrão de associação estatisticamente significativo entre a falta de concentração e a exposição a salas classificadas com elevado risco ($p < 0,001$) e que a oportunidade de ter falta de concentração face à exposição a valores mais elevados de CO_2 (presença de risco) foi de 4,581 vezes superior em relação às crianças não expostas (salas sem risco). Porém, quanto aos restantes sinais e sintomas não se verificou um padrão de associação significativo ($p > 0,05$). Quanto às crianças do 4º ano também não revelaram ter um padrão de associação entre sinais/sintomas e a exposição ou não a valores críticos de CO_2 significativos ($p > 0,05$). No entanto verificámos que das crianças que sofriam de irritabilidade 5,4% estavam expostas a valores $> 984 \text{ ppm}$ de CO_2 , 9,1% tinham dores de cabeça, falta de concentração (25,2%), irritação das mucosas dos olhos (4,4%) e insónias (3,2%). Quanto às crianças que frequentavam as escolas das freguesias mediamente urbanas verificámos também que não existia um padrão de associação entre a presença de determinados sinais e sintomas não respiratórios quer em crianças do 1º ano quer em crianças do 4º ano e a exposição a salas de aula com valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$ ($p > 0,05$). Porém ao nível dos estudantes do 1º ano os sintomas mais prevalentes associados à exposição de valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$ foram: falta de concentração (19,5%), irritabilidade (6,3%), insónias (5,5%) e dores de cabeça, irritação das mucosas dos olhos ($> 3\%$). Padrão relativamente semelhante foi observado nos estudantes do 4º ano de escolaridade.

Na 2ª fase de avaliação (Anexo 17), verificámos que os estudantes do 1º e 4º ano de escolaridade que estudavam em escolas localizadas nas freguesias rurais não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios e a exposição em salas de aula com valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$. Continuamos a verificar que apenas um estudante apresentou ter dores de cabeça perante valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$. Ao nível do 4º ano, os sinais/sintomas das crianças que estavam presentes em salas com valores acima da CMR de CO_2 , foram: falta de concentração (80%) e insónias (20%). Nas escolas das freguesias predominantemente urbanas os estudantes do 1º ano não revelaram um padrão de associação estatisticamente significativo entre os sintomas e a exposição a valores mais elevados de CO_2 (presença de risco). Quanto às crianças do 4º ano com tonturas, dores de cabeça e irritação das mucosas dos olhos revelaram existir diferenças estatisticamente significativas. Porém quanto aos restantes sinais e sintomas não se verificou um padrão de associação significativo ($p > 0,05$). Quanto às crianças que frequentavam as escolas das freguesias mediamente urbanas verificámos que não existia um padrão de associação entre a presença de determinados sinais e sintomas não respiratórios quer em crianças do 1º ano quer em crianças do 4º ano e a exposição a salas de aula com valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$ ($p > 0,05$). Porém ao nível dos estudantes do 1º ano os sinais e sintomas mais prevalentes associados à exposição de valores de $\text{CO}_2 > 984 \text{ ppm}$ foi a falta de concentração com 15,4%. Nos estudantes do 4º ano de escolaridade os sintomas mais prevalentes foram a falta de concentração, 21,7% e dores de cabeça com 13,3%.

No quadro 71 procurou-se avaliar a relação entre os parâmetros espirométricos e a exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno.

Quadro 71: Relação entre os parâmetros espirométricos dos estudantes e a exposição ao CO₂, na estação de outono/inverno

Parâmetros espirométricos		Dióxido de Carbono - Outono/Inverno						χ^2 ; gl; p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	391	45,7	69	42,3	460	45,1	0,619; 1; 0,431 1,146 [0,817-1,607]
	Normal	465	54,3	94	57,7	559	54,9	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	7	,8	3	1,8	10	1,0	1,474; 1; 0,225 0,440 [0,113-1,718]
	Normal	849	99,2	160	98,2	1009	99,0	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	139	16,2	18	11,0	157	15,4	2,836; 1; 0,092 1,562 [0,926-2,633]
	Normal	717	83,8	145	89,0	862	84,6	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	396	46,3	73	44,8	469	46,0	0,120; 1; 0,729 1,061 [0,758-1,486]
	Normal	460	53,7	90	55,2	550	54,0	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	35	4,1	5	3,1	40	3,9	0,379; 1; 0,538 1,347 [0,520-3,429]
	Normal	821	95,9	158	96,9	979	96,1	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	32	3,7	6	3,7	38	3,7	0,001; 1; 0,972 1,016 [0,418-2,471]
	Normal	824	96,3	157	96,3	981	96,3	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
DEM ₇₅	Anormal	56	6,5	11	6,7	67	6,6	0,009; 1; 0,922 0,967 [0,495-1,889]
	Normal	800	93,5	152	93,3	952	93,4	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	9	1,1	2	1,2	11	1,1	0,040; 1; 0,842 0,855 [0,183-3,996]
	Normal	847	98,9	161	98,8	1008	98,9	
	Total	856	100,0	163	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Constatámos a ausência de relação entre os resultados estimados ao nível dos parâmetros espirométricos e a exposição a valores de CO₂ considerados de risco ($p > 0,05$). No entanto, verificámos que nas 856 crianças expostas a valores de CO₂ considerados de risco registaram-se percentagens mais elevadas de crianças com parâmetros anormais, nomeadamente: 45,7% ($n=391$) apresentava o CVF anormal, 46,3% ($n=396$) possuía o DEMA anormal e 139 crianças (16,2%) apresentavam o VEMS anormal.

No quadro seguinte fizemos a mesma análise, porém para a estação da primavera/verão.

Quadro 72: Relação entre os parâmetros espirométricos dos estudantes e a exposição ao CO₂, na estação da primavera/verão

		Dióxido de Carbono - Primavera/Verão						χ^2 ; gl; p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	151	39,3	248	39,1	399	39,2	0,007; 1; 0,932 1,011 [0,780-1,311]
	Normal	233	60,7	387	60,9	620	60,8	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	3	,8	7	1,1	10	1,0	0,254; 1; 0,614 0,706 [0,182-2,748]
	Normal	381	99,2	628	98,9	1009	99,0	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	35	9,1	74	11,7	109	10,7	1,615; 1; 0,204 0,760 [0,498-1,161]
	Normal	349	90,9	561	88,3	910	89,3	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	120	31,3	205	32,3	325	31,9	0,118; 1; 0,732 0,953 [0,726-1,252]
	Normal	264	68,8	430	67,7	694	68,1	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	5	1,4	10	1,6	15	1,5	0,111; 1; 0,739 0,832 [0,282-2,455]
	Normal	364	98,6	606	98,4	970	98,5	
	Total	369	100,0	616	100,0	985	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	10	2,6	24	3,8	34	3,3	1,025; 1; 0,311 0,681 [0,322-1,439]
	Normal	374	97,4	611	96,2	985	96,7	
	Total	384	100,0	635	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Na 2ª fase de avaliação, também não se verificou um padrão de associação entre os parâmetros espirométricos e a exposição ao CO₂ em salas de aula. Verificámos que, as crianças em presença de risco baixaram 44% e passaram a ser 384 crianças. Nestas existiam percentagens elevadas de crianças com parâmetros anormais, nomeadamente: 39,3% (n=151) apresentava o CVF anormal e 31,3% (n=120) possuía o DEMA anormal. Nesta fase as percentagens são, no entanto, semelhantes entre os dois grupos de crianças (presença e ausência de risco).

No quadro 73 apresentamos a média das percentagens dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência (1ª fase).

Quadro 73: Média dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno

		CO ₂ – outono/inverno		
		Presença de Risco	Ausência de Risco	t; gl; p
CVF	Média	80,83	80,30	0,594; 1017; 0,553
	Desvio Padrão	10,56	9,67	
VEMS/CVF	Média	95,98	97,06	-2,845; 256,193; 0,005
	Desvio Padrão	5,12	4,33	
VEMS	Média	91,05	91,72	-0,686; 1017; 0,493
	Desvio Padrão	11,68	10,40	
DEMA	Média	81,23	83,56	-1,903; 1017; 0,057
	Desvio Padrão	14,43	13,46	
DEM ₂₅	Média	86,57	89,73	-2,303; 1017; 0,021
	Desvio Padrão	16,24	14,78	
DEM ₅₀	Média	92,90	96,20	-2,160; 252,538; 0,032
	Desvio Padrão	20,20	17,41	
DEM ₇₅	Média	100,98	107,07	-2,471; 1017; 0,014
	Desvio Padrão	28,92	28,51	
DEMM ₂₅₋₇₅	Média	88,17	99,30	-0,747; 60; 0,458
	Desvio Padrão	20,88	5,23	

Teste: T-Student para amostras independentes

Verificou-se que existiam diferenças médias estatisticamente significativas ao nível dos parâmetros espirométricos VEMS/CVF, DEMA, DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₇₅. Constatámos que as crianças que não estão expostas a valores de CO₂ acima da CMR possuem estes valores espirométricos mais elevados relativamente às crianças que estão expostas. Apesar de não existir diferenças estatisticamente significativas ao nível do CVF, VEMS e do DEMM₂₅₋₇₅, verificámos a mesma tendência dos outros parâmetros com exceção do CVF.

No quadro abaixo apresentamos a média dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência, na 2ª fase de avaliação.

Quadro 74: Média dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos a uma concentração média de CO₂ superior à concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão

		CO ₂ – primavera/verão		
		Presença de Risco	Ausência de Risco	t; gl; p
CVF	Média	81,86	82,59	-1,154; 1017; 0,249
	Desvio Padrão	9,55	9,96	
VEMS/CVF	Média	96,14	97,05	-2,860; 718,549; 0,004
	Desvio Padrão	5,14	4,44	
VEMS	Média	92,59	94,06	-2,094; 1017; 0,036
	Desvio Padrão	10,89	10,95	
DEMA	Média	85,70	87,68	-2,179; 1017; 0,030
	Desvio Padrão	13,58	14,33	
DEM ₂₅	Média	90,98	93,07	-2,036; 1017; 0,042
	Desvio Padrão	15,37	16,13	
DEM ₅₀	Média	95,58	97,47	-1,447; 1017; 0,148
	Desvio Padrão	20,37	20,18	
DEM ₇₅	Média	103,76	107,21	-1,860; 1016; 0,063
	Desvio Padrão	29,24	28,32	
DEMM ₂₅₋₇₅	Média	.	91,60	
	Desvio Padrão	.	20,68	

Teste: T-Student para amostras independentes

Verificou-se que existiam diferenças médias estatisticamente significativas ao nível dos parâmetros espirométricos VEMS/CVF, VEMS, DEMA e DEM₂₅. Constatámos que as crianças que não estavam expostas a valores de CO₂ acima da CMR possuíam estes valores espirométricos mais elevados relativamente às crianças que estavam expostas. Apesar de não existirem diferenças significativas ao nível dos outros parâmetros espirométricos, verificámos a mesma tendência, ou seja, quando as crianças estavam expostas a valores de CO₂ acima da CMR os valores destes parâmetros espirométricos foram sempre mais baixos que nas crianças em ausência de risco.

No quadro 75 procurou-se encontrar diferenças entre os padrões espirométricos e a exposição ao CO₂, na estação de outono/inverno.

Quadro 75: Relação entre os padrões espirométricos dos estudantes e a exposição ao CO₂, na estação de outono/inverno

			Padrão espirométrico			Total
			Normal	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	Distúrbio Ventilatório Restritivo	
Dióxido de Carbono outono/inverno	Presença de Risco	n	461	13	382	856
		% linha	53,9%	1,5%	44,6%	100,0%
		% Coluna	84,0%	100,0%	83,6%	84,0%
		% Total	45,2%	1,3%	37,5%	84,0%
	Ausência de Risco	n	88	0	75	163
		% linha	54,0%	,0%	46,0%	100,0%
		% Coluna	16,0%	,0%	16,4%	16,0%
		% Total	8,6%	,0%	7,4%	16,0%
Total		n	549	13	457	1019
		% linha	53,9%	1,3%	44,8%	100,0%
		% Coluna	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% Total	53,9%	1,3%	44,8%	100,0%

Teste χ^2 da independência=2,535; gl=2; p=0,282

Na 1ª fase de avaliação, não se verificou associação significativa ($p=0,282$). No entanto, verificámos que a maioria das crianças possuía um padrão espirométrico normal o que no caso das 856 crianças em presença de risco, significa 53,9% com padrão espirométrico normal, porém 382 (44,6%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 13 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo. No quadro seguinte fizemos a mesma análise para a 2ª fase de avaliação.

Quadro 76: Relação entre os padrões espirométricos dos estudantes e a exposição ao CO₂, na estação da primavera/verão

			Padrão espirométrico			Total
			Normal	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	Distúrbio Ventilatório Restritivo	
Dióxido de Carbono primavera/verão	Presença de Risco	n	218	7	159	384
		% linha	56,8%	1,8%	41,4%	100,0%
		% Coluna	35,6%	70,0%	40,1%	37,7%
		% Total	21,4%	,7%	15,6%	37,7%
	Ausência de Risco	n	394	3	238	635
		% linha	62,0%	,5%	37,5%	100,0%
		% Coluna	64,4%	30,0%	59,9%	62,3%
		% Total	38,7%	,3%	23,4%	62,3%
Total		n	612	10	397	1019
		% linha	60,1%	1,0%	39,0%	100,0%
		% Coluna	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% Total	60,1%	1,0%	39,0%	100,0%

Teste χ^2 da independência=6,503; gl=2; p=0,039

Nesta 2ª fase de avaliação, verificou-se uma associação significativa ($p<0,05$). Constatámos que das 384 crianças em presença de risco a maioria possuía um padrão espirométrico normal (56,8%), porém 159 (41,4%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 7 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo. Destaque para o facto de a percentagem de crianças com padrão normal ser maior no grupo de ausência de risco.

6.4.2. Avaliação da relação entre as PM₁₀ e a saúde das crianças

Tal como referido anteriormente as PM₁₀ constituíram outro dos parâmetros ambientais analisados que também apresentou valores acima da CMR, no entanto, com menor expressividade, ainda assim

preocupante para a saúde das crianças. Assim, no quadro seguinte, pretendemos avaliar a evolução da exposição e a não exposição ao risco das PM₁₀ da 1ª fase para a 2ª fase.

Quadro 77: Evolução da 1ª fase para a 2ª fase, da exposição dos estudantes a uma concentração média de PM₁₀ superior

			PM ₁₀ – primavera/verão		Total
			Ausência de Risco	Presença de Risco	
PM ₁₀ – outono/inverno	Presença de Risco	n	145	73	218
		% linha	66,5%	33,5%	100,0%
		% Total	14,2%	7,2%	21,4%
	Ausência de Risco	n	760	41	801
		% linha	94,9%	5,1%	100,0%
		% Total	74,6%	4,0%	78,6%
Total		n	905	114	1019
		% linha	88,8%	11,2%	100,0%
		% Total	88,8%	11,2%	100,0%

Teste McNemar-Bower; p-value<0,0001

Verificou-se que dos 218 estudantes inicialmente expostos a valores de PM₁₀ considerados de risco, na estação de outono/inverno, apenas 11,2% é que mantiveram o mesmo padrão na estação de primavera/verão. Por outro lado, das 218 crianças expostas a concentrações de risco de PM₁₀ na 1ª fase 145 (66,5%) passaram a não estar expostas na 2ª fase. Também podemos verificar que das 801 (78,6%) que não estavam expostas a valores acima da CMR das PM₁₀, no outono/inverno só 41 (5,1%) estudantes é que ficaram expostos a níveis elevados na primavera/verão. Seguidamente pretendemos analisar qual a relação entre a presença ou ausência de risco de PM₁₀ nas diferentes estações do ano e o tipo de zona onde se inserem as escolas.

Quadro 78: Relação entre a presença das PM₁₀ nas diferentes estações e o tipo de zona onde se inserem as escolas

			PM ₁₀ – primavera/verão		Total
			Ausência de Risco	Presença de Risco	
Tipologia da Freguesia	Presença de Risco	n	87	40	127
		% linha	68,5%	31,5%	100,0%
		% Total	11,7%	5,4%	17,1%
	Ausência de Risco	n	573	41	614
		% linha	93,3%	6,7%	100,0%
		% Total	77,3%	5,5%	82,9%
	Total	n	660	81	741
		% linha	89,1%	10,9%	100,0%
		% Total	89,1%	10,9%	100,0%
Freguesia Predominantemente Urbana	Presença de Risco	n	58	27	85
		% linha	68,2%	31,8%	100,0%
		% Total	21,6%	10,1%	31,7%
	Ausência de Risco	n	183	0	183
		% linha	100,0%	,0%	100,0%
		% Total	68,3%	,0%	68,3%
	Total	n	241	27	268
		% linha	89,9%	10,1%	100,0%
		% Total	89,9%	10,1%	100,0%

Teste McNemar-Bower

Verificámos que existiam alterações significativas ($p < 0,0001$) dos estudantes expostos a PM_{10} que frequentavam escolas localizadas em freguesias mediantemente e predominantemente urbanas, nas diferentes estações do ano. Das 127 crianças que estudavam em escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas revelaram estar expostas durante o outono/inverno (68,3%) a valores de PM_{10} acima da CMR e deixaram de estar durante a primavera/verão. No entanto, as 614 crianças que durante o outono/Inverno não estiveram expostas a PM_{10} , 6,7% destas passaram a frequentar salas de aula de risco elevado a PM_{10} . No que diz respeito aos alunos que frequentavam escolas integradas em zonas consideradas mediantemente urbanas, ocorreu um padrão semelhante face às crianças de escolas integradas em freguesias predominantemente urbanas, à exceção da condição de ausência de risco, isto é, das 183 crianças que durante o outono/inverno não estiveram expostas a PM_{10} mantiveram a mesma condição na estação de primavera/verão. Apesar de não existirem diferenças estatisticamente significativas nas escolas localizadas em freguesias predominantemente rurais, e do baixo número de estudantes a estudar nestas escolas, verificámos que o número de crianças que se encontravam expostas no outono/inverno permaneceram expostas na primavera/verão (60%).

No quadro 79 podemos analisar a estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias respiratórias dos estudantes.

Quadro 79: Estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias respiratórias dos estudantes expostas a uma concentração média de PM_{10} acima da concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno

Sinais, sintomas e patologias respiratórias		PM_{10}				Total	χ^2 ; gI; p	Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco				
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Asma	Sim	34	16,5	86	10,7	120	11,8	3,895;1;0,048
	Não	184	83,5	715	89,3	899	88,2	OR:1,536
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	[1,001;2,359]
Bronquite Crónica	Sim	8	2,7	14	2,0	22	2,2	p=0,076
	Não	210	97,3	787	98,0	997	97,8	OR:2,141
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	[0,887;5,173]
Pieira e Assobios	Sim	34	16,5	121	14,9	155	15,2	0,032;1;0,858
	Não	184	83,5	680	85,1	864	84,8	OR:1,038
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	[0,687;1,571]
Crise de Espirros	Sim	56	28,2	204	24,9	260	25,5	0,004;1;0,947
	Não	162	71,8	597	75,1	759	74,5	OR:1,012
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	[0,718;1,425]
Rinite Alérgica	Sim	43	21,3	141	17,3	184	18,1	0,521;1;0,470
	Não	175	78,7	660	82,7	835	81,9	OR:1,150
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	[0,787;1,682]
Tosse seca	Sim	36	17,6	128	15,8	164	16,1	0,036;1;0,849
	Não	182	82,4	673	84,2	855	83,9	OR:1,040
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	[0,694;1,558]
Dificuldades Respiratórias	Sim	26	12,2	77	9,6	103	10,1	1,010;1;0,315
	Não	192	87,8	724	90,4	916	89,9	OR:1,273
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	[0,794;2,042]

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Verificou-se uma associação significativa entre a patologia asma e a exposição às PM_{10} em salas de aula. Verificámos que, das crianças não expostas, a maioria (89,3%) não apresentou patologia, no entanto, não deixamos de destacar que das 218 crianças expostas, 16,5% eram portadoras de asma. Apesar de não se ter verificado um padrão de associação significativo entre a exposição e os outros sinais, sintomas e patologias respiratórias, é importante referir que, relativamente aos estudantes expostos, 28,2% apresentou crise de espirros, 21,3% possuía rinite alérgica, 17,6% tinha tosse seca, 16,5% tinha pieira e assobios, 12,2%

apresentou dificuldades respiratórias e 2,7% possuía bronquite crónica. Relativamente à estação da primavera/verão, vejamos o quadro seguinte.

Quadro 80: Estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias respiratórias dos estudantes expostas a uma concentração média de PM₁₀ acima da concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão

Sinais, sintomas e patologias respiratórias		PM ₁₀				Total	χ ² ; gl; p Risco; IC95%
		Presença de Risco n % coluna	Ausência de Risco n % coluna	n	% coluna		
Asma	Sim	17	17,1	103	11,3	120	1,215;1;0,270
	Não	97	82,9	802	88,7	899	OR:1,365
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	[0,784;2,376]
Bronquite Crónica	Sim	4	1,2	18	2,2	22	p=0,225
	Não	110	98,8	887	97,8	997	OR:1,792
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	[0,596;5,391]
Pieira e Assobios	Sim	17	17,1	138	15,0	155	0,009;1;0,925
	Não	97	82,9	767	85,0	864	OR:0,974
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	[0,564;1,682]
Crise de Espirros	Sim	31	34,1	229	24,8	260	0,190;1;0,663
	Não	83	65,9	676	75,2	759	OR:1,103
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	[0,711;1,710]
Rinite Alérgica	Sim	15	14,6	169	18,4	184	2,082;1;0,149
	Não	99	85,4	736	81,6	835	OR:0,660
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	[0,374;1,165]
Tosse seca	Sim	21	22,0	143	15,6	164	0,514;1;0,473
	Não	93	78,0	762	84,4	855	OR:1,203
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	[0,725;1,996]
Dificuldades Respiratórias	Sim	9	7,3	94	10,4	103	0,692;1;0,405
	Não	105	92,7	811	89,6	916	OR:0,740
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	[0,362;1,509]

Teste χ² da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Na estação de primavera/verão, não se verificou uma associação significativa entre a presença e a ausência de sinais, sintomas e patologias respiratórias face à exposição a valores de PM₁₀ acima da CMR (p>0,05). Verificámos que das 114 crianças expostas a salas de aula, com concentração média de PM₁₀ acima da CMR, 34,1% apresentou crise de espirros, 22% tinha tosse seca, 17,1% possuía asma, pieira e assobios, 14,6% possuía rinite alérgica, 7,3% apresentou dificuldades respiratórias e 1,2% possuía bronquite crónica. Procurámos de seguida compreender qual a estimativa de risco de sinais e sintomas não respiratórios dos estudantes expostos a uma concentração média de PM₁₀ acima da concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno (Quadro 81).

Quadro 81: Estimativa de risco de sinais e sintomas não respiratórios dos estudantes expostas a uma concentração média de PM₁₀ acima da concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno

Outros sinais e sintomas não respiratórios		Presença de Risco		Ausência de Risco		PM ₁₀ - outono/ inverno		χ ² ;gl;p Risco; IC95%
		n	% coluna	n	% coluna	Total n	% coluna	
Stresse	Sim	6	2,8	12	1,5	18	1,8	0,243 OR:1,861 [0,690; 5,16]
	Não	212	97,2	789	98,5	1001	98,2	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
Tonturas	Sim	7	3,2	13	1,6	20	2,0	0,164 OR:2,011 [0,792;5,103]
	Não	211	96,8	788	98,4	999	98,0	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
Irritabilidade	Sim	7	3,2	36	4,5	43	4,2	0,698;1;0,403 OR: 0,705 [0,309;1,607]
	Não	211	96,8	765	95,5	976	95,8	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
Dores de Cabeça	Sim	18	8,3	64	8,0	82	8,0	0,016;1;0,898 OR:1,036 [0,600;1,789]
	Não	200	91,7	737	92,0	937	92,0	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
Irritação das Mucosas dos olhos	Sim	13	6,0	37	4,6	50	4,9	0,663;1;0,415 OR:1,309 [0,683;2,509]
	Não	205	94,0	764	95,4	969	95,1	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
Insónias	Sim	12	5,5	29	3,6	41	4,0	1,575;1;0,209 OR:1,551 [0,778;3,092]
	Não	206	94,5	772	96,4	978	96,0	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
Falta de Concentração	Sim	54	24,8	173	21,6	227	22,3	0,996;1;0,318 OR:1,195 [0,842;1,697]
	Não	164	75,2	628	78,4	792	77,7	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	

Teste x² da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Segundo os resultados apresentados anteriormente não se verificou um padrão de associação entre sinais e sintomas não respiratórios e o tipo de exposição a PM₁₀ durante a estação de outono/inverno (p>0,05). De todos os sinais e sintomas respiratórios dos estudantes expostos, realça-se a falta de concentração (24,8%).

A seguir, no quadro 82, apresentamos a estimativa de risco de sinais e sintomas não respiratórios dos estudantes expostos a uma concentração média de PM₁₀ acima da concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão.

Quadro 82: Estimativa de risco de sinais e sintomas não respiratórios dos estudantes expostas a uma concentração média de PM₁₀ acima da concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão

Outros sinais e sintomas não respiratórios		Presença de Risco		Ausência de Risco		PM ₁₀ - primavera/verão		χ ² ;gl;p Risco; IC95%
		n	% coluna	n	% coluna	Total n	% coluna	
Stresse	Sim	1	,9	17	1,9	18	1,8	p=0,711 OR:0,462 [0,061; 3,507]
	Não	113	99,1	888	98,1	1001	98,2	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
Tonturas	Sim	0	,0	20	2,2	20	2,0	p=0,154
	Não	114	100,0	885	97,8	999	98,0	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
Irritabilidade	Sim	2	1,8	41	4,5	43	4,2	p=0,218 OR: 0,357 [0,090;1,577]
	Não	112	98,2	864	95,5	976	95,8	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
Dores de Cabeça	Sim	8	7,0	74	8,2	82	8,0	0,184;1;0,668 OR:0,848 [0,398;1,807]
	Não	106	93,0	831	91,8	937	92,0	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
Irritação das Mucosas dos olhos	Sim	5	4,4	45	5,0	50	4,9	0,075;1;0,785 OR:0,877 [0,341;2,256]
	Não	109	95,6	860	95,0	969	95,1	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
Insónias	Sim	2	1,8	39	4,3	41	4,0	p=0,307 OR:0,397 [0,094;1,665]
	Não	112	98,2	866	95,7	978	96,0	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
Falta de Concentração	Sim	25	21,9	202	22,3	227	22,3	0,009;1;0,925 OR:0,978 [0,611;1,565]
	Não	89	78,1	703	77,7	792	77,7	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	

Teste x² da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Verificámos que não existiu um padrão de associação entre a presença de outros sinais ou sintomas considerados não respiratórios e a exposição a concentrações de PM_{10} consideradas de risco ($p>0,05$). Podemos afirmar que a frequência de estudantes com determinados sinais e sintomas revelaram o mesmo padrão na estação de primavera/verão comparativamente à estação precedente.

De seguida, procurámos avaliar a associação entre os sinais, sintomas e patologias e a exposição ao PM_{10} na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexos 18 e 19). No outono/inverno, verificámos que os estudantes que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural não apresentaram um padrão significativo entre sinais, sintomas e patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto às PM_{10} . No entanto, podemos constatar que as crianças que se encontravam no 1º ano de escolaridade não possuíam asma, bronquite crónica, pieira e assobios, tosse seca e dificuldades respiratórias, mas, também não estavam expostas a valores de PM_{10} acima do legislado. Porém dos 4 estudantes do 4º ano em presença de risco, verificámos que a prevalência de asma e de tosse seca foi de 50% e a prevalência de bronquite crónica, pieira e assobios, crise de espirros, rinite alérgica e dificuldades respiratórias foi de 25%. Relativamente aos estudantes que estudavam em escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, também não se verificou um padrão de associação ($p>0,05$) entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças, quer do 1º ano quer do 4º ano em função do tipo de exposição, com exceção aos estudantes do 1º ano relativamente à rinite alérgica ($p=0,028$) e aos alunos do 4º ano no que respeita às dificuldades respiratórias ($p=0,014$). No entanto, a proporção relativa de crianças no 1º ano que estavam expostas a valores de PM_{10} acima da CMR nas salas de aula e que apresentavam sinais, sintomas e patologias respiratórias consistiu em 32,7% crise de espirros, 20% pieira e assobios, 18,2% de tosse seca, 14,5% asma e rinite alérgica e 3,2% dificuldades respiratórias. Quanto às crianças do 4º ano expostas, 29,1% sofria de crise de espirros, rinite alérgica (21,8%), tosse seca (20,0%), dificuldades respiratórias (18,2%) e 14,5% de asma, pieira e assobios (16,4%). A menor proporção de crianças deste ano com patologia e que estavam expostas foi ao nível da bronquite crónica (1,8%). No que concerne às crianças que estudavam em escolas geograficamente localizadas em freguesias mediantemente urbanas não se verificou um padrão de associação ($p>0,05$) entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e o tipo de exposição. Porém ao nível do 1º ano a frequência relativa de crianças que estavam expostas, 27,3% sofriam de rinite alérgica, crise de espirros (25,0%), pieira e assobios, tosse seca e dificuldades respiratórias (13,6%), asma (15,9%) e bronquite crónica (4,5%). Quanto às crianças do 4º ano a maior frequência relativa entre a exposição a salas em risco e a presença de sinais, sintomas e patologias foram muito semelhantes às crianças do 1º ano. A maior prevalência foi a rinite alérgica (28,6), seguido de crise de espirros, pieira e assobios, asma, dificuldades respiratórias e tosse seca (Anexo 18).

Relativamente à primavera/verão, verificámos que as crianças que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural, não apresentaram um padrão significativo entre sinais, sintomas e patologias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto às PM_{10} . Podemos verificar que nenhuma das crianças do 1º ano de escolaridade se encontrava exposta a valores de PM_{10} acima da CMR, e

também não possuíam qualquer sinal, sintoma ou patologia respiratória, contrariamente aos estudantes do 4º ano. Não se verificou um padrão de associação ($p < 0,05$) nas crianças do 1º ano de escolaridade, das salas de aula das escolas predominantemente urbanas, em função do tipo de exposição. Em crianças do 4º ano com rinite alérgica, verificou-se uma associação significativa, face ao tipo de exposição. Relativamente às crianças que estudavam em escolas geograficamente localizadas em freguesias mediantemente urbanas não se verificou um padrão de associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias perante a presença ou ausência de exposição. Porém, as crianças do 1º ano e do 4º ano que estiveram expostos em salas classificadas com risco revelaram prevalências elevadas de rinite alérgica, asma e crise de espirros (Anexo 19).

Avaliámos também a associação entre outros sinais e sintomas não respiratórios e a exposição às PM_{10} na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Anexo 20 e Anexo 21). Verificámos, quer na estação de outono/inverno quer na estação de primavera/verão, que os estudantes do 1º e do 4º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias predominantemente rurais, mediantemente urbanas ou predominantemente urbanas não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais, sintomas ou patologias não respiratórias e a exposição a uma concentração média de PM_{10} acima da CMR. De realçar que nesta análise os sinais e sintomas que mais se destacaram, quer no 1º ano quer no 4º ano, independentemente da localização da freguesia, foram os relativos às dores de cabeça e à falta de concentração.

No quadro 83 procurou-se analisar a relação entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de PM_{10} acima da CMR e os parâmetros espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação.

Quadro 83: Relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de PM₁₀ acima da concentração máxima de referência e os parâmetros espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação

		PM ₁₀ – outono/inverno						χ^2 ;gl;p Risco;IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	95	43,6	365	45,6	460	45,1	0,274; 1; 0,601 0,923 [0,682-1,247]
	Normal	123	56,4	436	54,4	559	54,9	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	2	,9	8	1,0	10	1,0	0,012; 1; 0,914 0,918 [0,193-4,354]
	Normal	216	99,1	793	99,0	1009	99,0	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	40	18,3	117	14,6	157	15,4	1,841; 1; 0,175 1,314 [0,885-1,950]
	Normal	178	81,7	684	85,4	862	84,6	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	103	47,2	366	45,7	469	46,0	0,167; 1; 0,683 1,065 [0,789-1,437]
	Normal	115	52,8	435	54,3	550	54,0	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	5	2,3	35	4,4	40	3,9	1,958; 1; 0,162 0,514 [0,199-1,327]
	Normal	213	97,7	766	95,6	979	96,1	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	8	3,7	30	3,7	38	3,7	0,003; 1; 0,958 0,979 [0,442-2,167]
	Normal	210	96,3	771	96,3	981	96,3	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
DEM ₇₅	Anormal	16	7,3	51	6,4	67	6,6	0,264; 1; 0,608 1,165 [0,650-2,086]
	Normal	202	92,7	750	93,6	952	93,4	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	4	1,8	7	,9	11	1,1	1,482; 1; 0,223 2,120 [0,615-7,310]
	Normal	214	98,2	794	99,1	1008	98,9	
	Total	218	100,0	801	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Na estação de outono/inverno não se verificou nenhum padrão de associação entre os diferentes parâmetros espirométricos e o tipo de exposição às PM₁₀. No entanto, verificámos que das 218 crianças expostas a valores de PM₁₀ considerados de risco estavam presentes crianças com alterações dos parâmetros espirométricos elevados: 47,2% a nível do DEMA, 43,6% quanto à CVF e 18,3% do VEMS.

No quadro 84 fizemos a mesma análise na estação de primavera/verão.

Quadro 84: Relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de PM₁₀ acima da concentração máxima de referência e os parâmetros espirométricos apresentados, na 2ª fase de avaliação

		PM ₁₀ – primavera/verão						χ ² ;gl;p Risco;IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	44	38,6	355	39,2	399	39,2	0,017; 1; 0,897 0,974 [0,653- 1,453]
	Normal	70	61,4	550	60,8	620	60,8	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	0	,0	10	1,1	10	1,0	1,272; 1; 0,259
	Normal	114	100,0	895	98,9	1009	99,0	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	10	8,8	99	10,9	109	10,7	0,498; 1; 0,480 0,783 [0,396- 1,548]
	Normal	104	91,2	806	89,1	910	89,3	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	43	37,7	282	31,2	325	31,9	2,005; 1; 0,157 1,338 [0,893- 2,004]
	Normal	71	62,3	623	68,8	694	68,1	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	1	,9	14	1,6	15	1,5	0,288; 1; 0,591 0,576 [0,075- 4,425]
	Normal	107	99,1	863	98,4	970	98,5	
	Total	108	100,0	877	100,0	985	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	2	1,8	32	3,5	34	3,3	0,996; 1; 0,318 0,487 [0,115- 2,060]
	Normal	112	98,2	873	96,5	985	96,7	
	Total	114	100,0	905	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Na 2ª fase de avaliação, ou seja, na primavera/verão, também não se verificaram padrões de associação significativos entre a presença e ausência de alterações dos parâmetros espirométricos. No entanto, constatámos que das 114 crianças em presença de risco, existiam percentagens elevadas de crianças com parâmetros anormais, nomeadamente: 38,6% (n=44) apresentava o CVF anormal, 37,7% (n=43) possuía o DEMA anormal e 10 crianças (8,8%) apresentavam o VEMS anormal.

No quadro 85 apresentamos a média dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos e não expostos a uma concentração média de PM₁₀ superior à CMR, na estação de outono/inverno.

Quadro 85: Média dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos a uma concentração média de PM₁₀ superior à concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno

		PM ₁₀ – outono/inverno		
		Presença de Risco	Ausência de Risco	t; gl; p
CVF	Média	80,49	80,82	-0,404; 1017; 0,686
	Desvio Padrão	9,89	10,56	
VEMS/CVF	Média	95,70	96,27	-1,480; 1017; 0,139
	Desvio Padrão	5,08	5,00	
VEMS	Média	90,40	91,36	-1,088; 1017; 0,277
	Desvio Padrão	10,53	11,73	
DEMA	Média	80,55	81,89	-1,234; 1017; 0,217
	Desvio Padrão	12,85	14,66	
DEM ₂₅	Média	85,39	87,54	-1,754; 1017; 0,080
	Desvio Padrão	14,75	16,37	
DEM ₅₀	Média	92,26	93,74	-0,979; 1017; 0,328
	Desvio Padrão	18,91	20,05	
DEM ₇₅	Média	100,31	102,40	-0,944; 1017; 0,345
	Desvio Padrão	29,58	28,76	
DEMM ₂₅₋₇₅	Média	97,52	82,46	2,999; 60; 0,004
	Desvio Padrão	19,28	19,49	

Teste: T-Student para amostras independentes

Relativamente às PM₁₀, verificámos que existiam diferenças estatisticamente significativas ao nível do DEMM₂₅₋₇₅. Este parâmetro revelou estar significativamente aumentado quando as crianças estiveram expostas a valores de PM₁₀ acima da CMR. Apesar de não se observarem diferenças médias de parâmetros espirométricos em função do tipo de exposição a que as crianças se encontravam ($p > 0,05$), verificámos uma ligeira diminuição destes, perante a presença de salas classificadas com risco para a saúde das crianças.

No quadro seguinte apresentamos a média dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos a uma concentração média de PM₁₀ superior à concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão.

Quadro 86: Média dos parâmetros espirométricos dos estudantes expostos a uma concentração média de PM₁₀ superior à concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão

		PM ₁₀ – primavera/verão		
		Presença de Risco	Ausência de Risco	t; gl; p
CVF	Média	82,59	82,28	0,317; 1017; 0,751
	Desvio Padrão	9,29	9,87	
VEMS/CVF	Média	95,56	96,85	-2,178; 128,884; 0,031
	Desvio Padrão	6,13	4,51	
VEMS	Média	92,80	93,60	-0,736 1017; 0,462
	Desvio Padrão	10,75	10,97	
DEMA	Média	86,23	87,03	-0,570; 1017; 0,569
	Desvio Padrão	13,45	14,16	
DEM ₂₅	Média	90,24	92,54	-1,460; 1017; 0,145
	Desvio Padrão	15,47	15,91	
DEM ₅₀	Média	92,75	97,26	-2,246; 1017; 0,025
	Desvio Padrão	20,79	20,15	
DEM ₇₅	Média	97,51	106,97	-3,331; 1016; 0,001
	Desvio Padrão	27,46	28,70	
DEMM ₂₅₋₇₅	Média	.	91,60	
	Desvio Padrão	.	20,68	

Teste: T-Student para amostras independentes

Relativamente às PM_{10} , verificámos que existiam diferenças estatisticamente significativas ao nível do VEMS/CVF, DEM_{50} e DEM_{75} . Isto é, as crianças revelaram valores espirométricos significativamente mais diminuídos quando expostos a salas de aulas classificadas de risco comparativamente às crianças não expostas. Constatámos ainda que apesar de não haver diferenças estatisticamente significativas, com exceção do CVF, todos os outros parâmetros espirométricos, em função do tipo de exposição, apresentaram valores mais baixos quando as crianças estavam expostas.

No quadro 87 procurou-se analisar a relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de PM_{10} acima da CMR e os padrões espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação.

Quadro 87: Relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de PM_{10} acima da concentração máxima de referência e os padrões espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação

			PM ₁₀ - outono/inverno		Total
			Presença de risco	Ausência de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	126	423	549
		% linha	23,0	77,0	100,0
		% Coluna	57,8	52,8	53,9
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	2	11	13
		% linha	15,4	84,6	100,0
		% Coluna	0,9	1,4	1,3
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	90	367	457
		% linha	19,7	80,3	100,0
		% Coluna	41,3	45,8	44,8
Total	n	218	801	1019	
	% linha	21,4	78,6	100,0	
	% Coluna	100,0	100,0	100,0	

Teste χ^2 da independência=1,856; gl=2; p=0,395

Na 1ª fase de avaliação, verificámos que das 218 crianças expostas, a maioria revelou um padrão espirométrico normal (57,8%), no entanto, 90 estudantes (41,3%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. Porém, não se verificou um padrão de associação entre o tipo de padrão espirométrico e o tipo de exposição ($p>0,05$).

No quadro seguinte fizemos a mesma análise para a 2ª fase de avaliação.

Quadro 88: Relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de PM_{10} acima da concentração máxima de referência e os padrões espirométricos apresentados, na 2ª fase de avaliação

			PM ₁₀ - primavera/verão		Total
			Presença de risco	Ausência de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	70	542	612
		% linha	11,4	88,6	100,0
		% Coluna	61,4	59,9	60,1
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	2	8	10
		% linha	20,0	80,0	100,0
		% Coluna	1,8	0,9	1,0
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	42	355	397
		% linha	10,6	89,4	100,0
		% Coluna	36,8	39,2	39,0
Total	n	114	905	1019	
	% linha	11,2	88,8	100,0	
	% Coluna	100,0	100,0	100,0	

Teste χ^2 da independência=0,968; gl=2; p=0,616

Nesta 2ª fase de avaliação também não se verificou uma associação entre o padrão espirométrico das crianças em estudo em função da exposição ($p=616$). Porém, constatamos que dos 114 estudantes expostos a maioria possuía um padrão espirométrico normal (61,4%), e 42 estudantes (36,8%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo.

6.4.3. Avaliação da relação entre os COVs e a saúde das crianças

Para além do CO_2 e das PM_{10} , os COVs foram outro dos parâmetros ambientais analisados, dentro das salas de aula, que também apresentaram valores acima da CMR.

Assim, no quadro 89, pretendemos avaliar as diferenças verificadas da 1ª fase para a 2ª fase da exposição dos estudantes a uma concentração média de COVs superior à CMR.

Quadro 89: Evolução da 1ª fase para a 2ª fase, da exposição dos estudantes a uma concentração média de COVs superior à CMR

			COVs – primavera/verão		Total
			Ausência de Risco	Presença de Risco	
COVs - Outono Inverno	Presença de Risco	n	25	0	25
		% COVs – outono/inverno	100,0%	,0%	100,0%
		% COVs – primavera/verão	2,5%	,0%	2,5%
		% Total	2,5%	,0%	2,5%
	Ausência de Risco	n	976	18	994
		% COVs – outono/inverno	98,2%	1,8%	100,0%
		% COVs – primavera/verão	97,5%	100,0%	97,5%
		% Total	95,8%	1,8%	97,5%
Total	n	1001	18	1019	
	% COVs – outono/inverno	98,2%	1,8%	100,0%	
	% COVs – primavera/verão	100,0%	100,0%	100,0%	
	% Total	98,2%	1,8%	100,0%	

Teste McNemar-Bower; p-value=0,360

Não se verificou uma alteração significativa do risco de exposição/não exposição entre as diferentes estações do ano ($p>0,05$). No entanto, das 25 crianças que inicialmente estavam expostas a níveis elevados de COVs (outono/inverno) passaram a não estar expostos na estação de primavera/verão. Porém, 994 estudantes não expostos na 1ª fase de medição a valores de risco para a saúde 1,8% passaram a estar em risco.

Seguidamente, no quadro 90, pretendemos analisar qual a relação entre a presença ou ausência de risco dos COVs nas diferentes estações do ano e o tipo de zona onde se inserem as escolas.

Quadro 90: Relação entre a presença dos COVs nas diferentes estações e o tipo de zona onde se inserem as escolas

Tipologia da Freguesia			COVs- primavera/verão		Total	
			Ausência de Risco	Presença de Risco		
Freguesia Predominantemente Urbana Teste McNemar-Bower; p-value=0,360	COVs - outono/inverno	Presença de Risco	n	25	0	25
			% COVs – outono/inverno	100,0%	,0%	100,0%
			% COVs – primavera/verão	3,5%	,0%	3,4%
			% Total	3,4%	,0%	3,4%
	Ausência de Risco	n	698	18	716	
		% COVs - outono/inverno	97,5%	2,5%	100,0%	
		% COVs – primavera/verão	96,5%	100,0%	96,6%	
		% Total	94,2%	2,4%	96,6%	
	Total	n	723	18	741	
		% COVs - outono/inverno	97,6%	2,4%	100,0%	
		% COVs – primavera/verão	100,0%	100,0%	100,0%	
		% Total	97,6%	2,4%	100,0%	

Constatámos que as crianças expostas se encontravam todas a frequentar escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas, no entanto, a frequência de estudantes expostos a COVs na estação de primavera/verão não sofreu uma alteração significativamente face à estação de outono/inverno ($p=0,360$).

No quadro seguinte apresentamos a relação entre os diferentes sinais, sintomas e patologias respiratórias em função do tipo de exposição, na estação de outono/inverno.

Quadro 91: Estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias respiratórias dos estudantes expostos a uma concentração média de COVs acima da concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno

Sinais, sintomas e patologias respiratórias		COVs						χ^2 ;gl;p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Asma	Sim	1	3,7	119	12,0	120	11,8	p=0,186
	Não	24	96,3	875	88,0	899	88,2	OR:0,306
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	[0,041;2,285]
Bronquite Crónica	Sim	1	3,7	21	2,1	22	2,2	p=0,424
	Não	24	96,3	973	97,9	997	97,8	OR:1,931
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	[0,249;14,945]
Pieira e Assobios	Sim	5	18,5	150	15,1	155	15,2	p=0,328
	Não	20	81,5	844	84,9	864	84,8	OR:1,407
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	[0,520;3,806]
Crise de Espirros	Sim	8	29,6	252	25,4	260	25,5	0,567;1,0,451
	Não	17	70,4	742	74,6	759	74,5	OR:1,386
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	[0,591;3,25]
Rinite Alérgica	Sim	5	18,5	179	18,0	184	18,1	p=0,481
	Não	20	81,5	815	82,0	835	81,9	OR:1,138
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	[0,422;3,073]
Tosse seca	Sim	9	33,3	155	15,6	164	16,1	p=0,001
	Não	16	66,7	839	84,4	855	83,9	OR:4,872
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	[1,948;12,184]
Dificuldades Respiratórias	Sim	2	7,4	101	10,2	103	10,1	p=0,528
	Não	23	92,6	893	89,8	916	89,9	OR:0,769
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	[0,179;3,309]

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Verificou-se um padrão de associação entre o sintoma tosse seca e o tipo de exposição ($p<0,05$). Podemos afirmar que a ausência deste sintoma associou-se de forma significativa à não exposição a valores de COVs considerados de risco. Porém, das crianças que revelaram estar expostas, 33,3% sofria deste sintoma. Quanto aos restantes sinais, sintomas e patologias não se verificou qualquer padrão de associação em função do tipo de exposição. No entanto, é de realçar que 29,6% das crianças apresentaram crises de espirros,

18,5% destes também manifestaram pieira e assobios, quando estiveram expostos a salas com valores de COVs considerados de risco.

Relativamente à estação da primavera/verão, vejamos o quadro seguinte.

Quadro 92: Estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias respiratórias dos estudantes expostos a uma concentração média de COVs acima da concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão

Sinais, sintomas e patologias respiratórias		COVs				Total	χ^2 ; g; p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco				% coluna
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna
Asma	Sim	5	31,3	115	11,5	120	11,8
	Não	13	68,8	886	88,5	899	88,2
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0
Bronquite Crónica	Sim	0	,0	22	2,2	22	2,2
	Não	18	100,0	979	97,8	997	97,8
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0
Pieira e Assobios	Sim	3	18,8	152	15,2	155	15,2
	Não	15	81,3	849	84,8	864	84,8
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0
Crise de Espirros	Sim	5	31,3	255	25,4	260	25,5
	Não	13	68,8	746	74,6	759	74,5
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0
Rinite Alérgica	Sim	4	25,0	180	17,9	184	18,1
	Não	14	75,0	821	82,1	835	81,9
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0
Tosse seca	Sim	2	12,5	162	16,2	164	16,1
	Não	16	87,5	839	83,8	855	83,9
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0
Dificuldades Respiratórias	Sim	4	25,0	99	9,9	103	10,1
	Não	14	75,0	902	90,1	916	89,9
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Na primavera/verão, verificou-se uma associação significativa entre a presença de asma e a exposição em salas de aula com valores de COVs considerados de risco ($p < 0,05$). Isto é, verificámos que 31,3% dos estudantes expostos apresentavam asma. Relativamente aos outros sinais, sintomas e patologias não se observou um padrão de associação face ao tipo de exposição, no entanto, é importante mencionar que 31,3% dos estudantes expostos possuíam crise de espirros e 25% possuía rinite alérgica e dificuldades respiratórias.

Procurámos de seguida compreender a distribuição de outros sinais e sintomas não respiratórios, em função das salas de aula classificadas com presença ou ausência de risco aos COVs durante a estação outono/inverno (Quadro 93).

Quadro 93: Estimativa de risco de sinais e sintomas não respiratórias dos estudantes expostos a uma concentração média de COVs acima da concentração máxima de referência, na estação de outono/inverno

Outros sinais e sintomas não respiratórios		COVs - outono/ inverno						χ^2 ; gl:p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Stresse	Sim	0	,0	18	1,8	18	1,8	p=0,637
	Não	25	100,0	976	98,2	1001	98,2	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
Tonturas	Sim	0	,0	20	2,0	20	2,0	p=0,606
	Não	25	100,0	974	98,0	999	98,0	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
Irritabilidade	Sim	0	,0	43	4,3	43	4,2	p=0,621
	Não	25	100,0	951	95,7	976	95,8	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
Dores de Cabeça	Sim	1	4,0	81	8,1	82	8,0	p=0,714 OR:0,470 [0,063;3,517]
	Não	24	96,0	913	91,9	937	92,0	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
Irritação das mucosas dos olhos	Sim	0	,0	50	5,0	50	4,9	p=0,630
	Não	25	100,0	944	95,0	969	95,1	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
Insónias	Sim	0	,0	41	4,1	41	4,0	p=0,620
	Não	25	100,0	953	95,9	978	96,0	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
Falta de Concentração	Sim	7	28,0	220	22,1	227	22,3	0,485;1,0,486 OR:1,368 [0,564;3,318]
	Não	18	72,0	774	77,9	792	77,7	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Segundo a informação apresentada pelos progenitores quanto à presença de outros sinais e sintomas não respiratórios (stresse, tonturas, irritabilidade, dores de cabeça, irritação das mucosas dos olhos, insónias e falta de concentração), na estação de outono/Inverno, não se verificou uma associação entre estes sinais e sintomas e a exposição em salas de aula classificadas com presença de risco e ausência de risco. No entanto, é de realçar a existência de 227 estudantes (22,3%) que revelaram possuir falta de concentração, quando estavam expostos a valores elevados de COVs.

Procurámos de seguida compreender a distribuição de outros sintomas, não respiratórios, em função das salas de aula classificadas com presença ou ausência de risco de COVs durante a estação de primavera/verão. Vejamos o quadro seguinte.

Quadro 94: Estimativa de risco de sinais e sintomas não respiratórias dos estudantes expostos a uma concentração média de COVs acima da concentração máxima de referência, na estação de primavera/verão

Outros sinais e sintomas não respiratórios		COVs – primavera/verão						χ^2 ; gl:p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Stresse	Sim	1	5,6	17	1,7	18	1,8	p=0,276 OR:3,405 [0,428; 27,064]
	Não	17	94,4	984	98,3	1001	98,2	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
Tonturas	Sim	0	,0	20	2,0	20	2,0	p=0,698
	Não	18	100,0	981	98,0	999	98,0	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
Irritabilidade	Sim	2	11,1	41	4,1	43	4,2	p=0,174 OR: 2,927 [0,651;13,154]
	Não	16	88,9	960	95,9	976	95,8	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
Dores de Cabeça	Sim	3	16,7	79	7,9	82	8,0	p=0,171 OR:2,334 [0,662;8,235]
	Não	15	83,3	922	92,1	937	92,0	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
Irritação das Mucosas dos olhos	Sim	4	22,2	46	4,6	50	4,9	p=0,009 OR:5,932 [1,878;18,732]
	Não	14	77,8	955	95,4	969	95,1	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
Insónias	Sim	0	,0	41	4,1	41	4,0	p=0,474
	Não	18	100,0	960	95,9	978	96,0	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
Falta de Concentração	Sim	8	44,4	219	21,9	227	22,3	p=0,039 OR:2,857 [1,114;7,325]
	Não	10	55,6	782	78,1	792	77,7	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Não se observou um padrão de associação entre a presença de asma, tonturas, irritabilidade, dores de cabeça e insónias e a exposição em sala de aula com presença de risco ($p>0,05$), à exceção da presença de sintomas de irritação das mucosas dos olhos e falta de concentração ($p<0,05$).

De seguida, procurámos avaliar a associação entre os sinais, sintomas e patologias e a exposição aos COVs na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Anexos 22 e 23).

Relativamente à estação de outono/inverno, verificámos que os estudantes que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural, mediantemente ou predominantemente urbano não apresentaram um padrão de relação entre sinais, sintomas ou patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto aos COVs ($p>0,05$). Constatámos que os estudantes do 1º e 4º ano de escolaridade, de escolas em freguesias predominantemente urbanas expostos a valores de COVs acima da CMR, demonstraram valores prevalentes de dificuldades respiratórias na ordem dos 22,2% e 35,7% respetivamente.

Relativamente à estação de primavera/verão, verificámos também que os estudantes que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural e mediantemente urbano não apresentaram um padrão de relação entre sinais, sintomas ou patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto aos níveis de COVs. Relativamente aos estudantes que frequentavam escolas em freguesias predominantemente urbanas, verificámos uma associação significativa entre a rinite alérgica e a exposição em sala de aula com presença de risco ($p<0,05$), em estudantes do 4º ano. Constatámos que dos estudantes do 1º e 4º ano de escolaridade de escolas em freguesias predominantemente urbanas, expostos a valores de COVs acima da CMR, a maior prevalência verificada continuou a estar associada a dificuldades respiratórias.

Avaliámos também a associação entre outros sinais e sintomas, considerados não respiratórios e a exposição aos COVs na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexo 24 e Anexo 25). Verificámos que, quer na estação de outono/inverno quer na estação de primavera/verão, os estudantes do 1º e do 4º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias predominantemente rurais ou mediantemente urbanas não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais, sintomas ou patologias não respiratórias e a exposição em salas de aula com valores de COVs acima da CMR. No entanto, verificámos uma associação, na estação de primavera/verão, entre a presença de irritação das mucosas dos olhos ($p=0,001$) e a falta de concentração ($p=0,031$) e a exposição em salas de aula (4º ano) com valores de COVs acima da CMR. De realçar que os sinais e sintomas que mais se destacaram, quer no 1º ano quer no 4º ano, independentemente da localização da freguesia, foram os relativos às dores de cabeça e à falta de concentração.

No quadro 95 procurou-se avaliar a relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração de COVs acima da concentração máxima de referência e os parâmetros espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação, no outono/inverno.

Quadro 95: Relação entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de COVs acima da concentração máxima de referência e os parâmetros espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação

Parâmetros espirométricos		COVs – outono/inverno						χ^2 ;gI;p Risco;IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	15	60,0	445	44,8	460	45,1	2,285; 1; 0,131 1,851 [0,823-4,159]
	Normal	10	40,0	549	55,2	559	54,9	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	0	,0	10	1,0	10	1,0	0,254; 1; 0,614
	Normal	25	100,0	984	99,0	1009	99,0	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	6	24,0	151	15,2	157	15,4	1,452; 1; 0,228 1,763 [0,693-4,486]
	Normal	19	76,0	843	84,8	862	84,6	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	15	60,0	454	45,7	469	46,0	2,015; 1; 0,156 1,784 [0,794-4,010]
	Normal	10	40,0	540	54,3	550	54,0	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	5	20,0	35	3,5	40	3,9	17,560; 1; <0,0001 6,850 [2,430-19,311]
	Normal	20	80,0	959	96,5	979	96,1	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	2	8,0	36	3,6	38	3,7	1,302; 1; 0,254 2,314 [0,525-10,193]
	Normal	23	92,0	958	96,4	981	96,3	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
DEM ₇₅	Anormal	1	4,0	66	6,6	67	6,6	0,277; 1; 0,599 0,586 [0,078-4,398]
	Normal	24	96,0	928	93,4	952	93,4	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	0	,0	11	1,1	11	1,1	0,280; 1; 0,597
	Normal	25	100,0	983	98,9	1008	98,9	
	Total	25	100,0	994	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Na 1ª fase de avaliação, apenas se verificou uma associação significativa ao nível do parâmetro espirométrico DEM₂₅ ($p < 0,0001$), com o tipo de exposição a valores de COVs. Constatámos que das crianças expostas a valores de COVs acima da CMR, 20% ($n=5$) detinham valores de DEM₂₅ anormais. Nos restantes parâmetros espirométricos não se verificaram associações significativas, no entanto, constatámos que a percentagem de valores anormais nos diversos parâmetros das 25 crianças em presença de risco, era maior que nas não expostas a valores acima da CMR, exceto no DEM₂₅ e no DEMM₂₅₋₇₅. As crianças que revelaram estar expostas a valores de COVs considerados de risco e que manifestaram alterações espirométricas foram ao nível da CVF, DEMA (60%), VEMS (24%) e DEM₅₀ (8%) e DEM₇₅ (4%).

No quadro 96 fizemos a mesma análise na 2ª fase de avaliação.

Quadro 96: Relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de COVs acima da concentração máxima de referência e os parâmetros espirométricos apresentados, na 2ª fase de avaliação

Parâmetros espirométricos	COVs – primavera/verão							χ^2 ;gI;p Risco;IC95%
	Presença de Risco		Ausência de Risco		Total			
	n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna		
CVF	Anormal	9	50,0	390	39,0	399	39,2	0,904; 1; 0,342 1,567 [0,617-3,986]
	Normal	9	50,0	611	61,0	620	60,8	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	0	,0	10	1,0	10	1,0	0,182; 1; 0,670
	Normal	18	100,0	991	99,0	1009	99,0	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	2	11,1	107	10,7	109	10,7	0,003; 1; 0,954 1,044 [0,237-4,604]
	Normal	16	88,9	894	89,3	910	89,3	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	5	27,8	320	32,0	325	31,9	0,143; 1; 0,705 0,819 [0,289-2,316]
	Normal	13	72,2	681	68,0	694	68,1	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	0	,0	15	1,5	15	1,5	0,268; 1; 0,605
	Normal	17	100,0	953	98,5	970	98,5	
	Total	17	100,0	968	100,0	985	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	1	5,6	33	3,3	34	3,3	0,280; 1; 0,597 1,725 [0,223- 13,355]
	Normal	17	94,4	968	96,7	985	96,7	
	Total	18	100,0	1001	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Na 2ª fase de avaliação, não se verificou nenhum padrão significativo entre os diferentes parâmetros espirométricos em função da exposição ou não exposição a COVs. No entanto, constatámos que das 18 crianças em presença de risco (expostas), as mesmas apresentaram parâmetros anormais, nomeadamente: 50,0% (n=9) apresentava o CVF anormal, 27,8% (n=5) possuía o DEMA anormal, 11,1% apresentavam o VEMS anormal e 5,6% apresentava o DEM₅₀ anormal.

No quadro 97 apresentamos a média dos parâmetros espirométricos dos estudantes em função do tipo de exposição face a uma concentração média de COVs, na estação de outono/inverno.

Quadro 97: Média dos parâmetros espirométricos dos estudantes face ao tipo de exposição ao parâmetro COVs, na estação de outono/inverno

		COVs – outono/inverno		
		Presença de Risco	Ausência de Risco	t; gl; p
CVF	Média	81,61	80,73	0,418; 1017; 0,676
	Desvio Padrão	8,37	10,47	
VEMS/CVF	Média	92,72	96,24	-2,575; 24,642; 0,016
	Desvio Padrão	6,79	4,94	
VEMS	Média	89,24	91,20	-0,845; 1017; 0,398
	Desvio Padrão	10,34	11,51	
DEMA	Média	82,48	81,58	0,311; 1017; 0,756
	Desvio Padrão	13,29	14,33	
DEM ₂₅	Média	86,67	87,09	-0,128; 1017; 0,898
	Desvio Padrão	15,42	16,08	
DEM ₅₀	Média	86,47	93,60	-1,750; 1017; 0,075
	Desvio Padrão	21,61	19,74	
DEM ₇₅	Média	86,72	102,34	-2,673; 1017; 0,008
	Desvio Padrão	28,34	28,86	

Teste: T-Student para amostras independentes

Constatámos que existiam diferenças estatisticamente significativas ao nível do VEMS/CVF e do DEM₇₅. Estes dois valores estavam mais elevados quando as crianças não estavam expostas a valores de COVs superiores à CMR. Relativamente aos outros parâmetros espirométricos e apesar de não haver diferenças significativas, verificámos que no caso dos parâmetros de maior especificidade para a doença, nomeadamente, VEMS, DEM₂₅ e o DEM₅₀ estavam mais elevados quando as crianças se encontravam em ausência de risco, contrariamente aos valores de CVF e DEMA que perante a mesma situação (ausência de risco) estes se encontram mais baixos relativamente aos valores das crianças que estavam em presença de risco.

No quadro seguinte apresentamos a média dos parâmetros espirométricos dos estudantes em função do tipo de exposição a valores de COVs, na estação da primavera/verão.

Quadro 98: Média dos parâmetros espirométricos dos estudantes face ao tipo de exposição ao parâmetro COVs, na estação de primavera/verão

		COVs – primavera/verão		
		Presença de Risco	Ausência de Risco	t; gl; p
CVF	Média	81,13	82,34	-0,516; 1017; 0,606
	Desvio Padrão	9,72	9,81	
VEMS/CVF	Média	96,73	96,70	0,026; 1017; 0,980
	Desvio Padrão	4,60	4,74	
VEMS	Média	91,86	93,54	-0,646; 1017; 0,519
	Desvio Padrão	9,91	10,96	
DEMA	Média	81,62	87,03	-1,619; 1017; 0,106
	Desvio Padrão	16,35	14,02	
DEM ₂₅	Média	85,74	92,40	-1,767; 1017; 0,078
	Desvio Padrão	16,58	15,85	
DEM ₅₀	Média	93,67	96,81	-0,653; 1017; 0,514
	Desvio Padrão	18,28	20,30	
DEM ₇₅	Média	102,87	105,97	-0,453; 1016; 0,651
	Desvio Padrão	26,22	28,76	

Teste: T-Student para amostras independentes

Não se observaram diferenças médias significativas de cada um dos parâmetros espirométricos em função do tipo de exposição ao poluente COVs ($p > 0,05$). No entanto, não podemos deixar de referir que as crianças que estiveram expostas a valores de COVs superiores a CMR expressaram valores espirométricos relativamente inferiores comparativamente às crianças não expostas, à exceção do parâmetro VEMS/CVF.

No quadro 99 procurou-se avaliar a relação entre os padrões espirométricos das crianças e a exposição aos COVs, na estação de outono/inverno.

Quadro 99: Relação entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de COVs acima da concentração máxima de referência e os padrões espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação

			COVs- outono/inverno		Total
			Presença de risco	Ausência de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	14	535	549
		% linha	2,6	97,4	100,0
		% Coluna	56,0	53,8	53,9
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	1	12	13
		% linha	7,7	92,3	100,0
		% Coluna	4,0	1,2	1,3
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	10	447	457
		% linha	2,2	97,8	100,0
		% Coluna	40,0	45	44,8
Total	n	25	994	1019	
	% linha	2,5	97,5	100,0	
	% Coluna	100,0	100,0	100,0	

Teste χ^2 da independência=1,647; gl=2; p=0,439

Na 1ª fase de avaliação, não se verificou associação significativa ($p=0,439$), entre o padrão espirométrico e o tipo de exposição. No entanto, verificámos que dos 25 estudantes em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (56,0%), mas 10 estudantes (40,0%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo.

No quadro seguinte fizemos a mesma análise para a 2ª fase de avaliação.

Quadro 100: Relação entre o tipo de exposição dos estudantes a uma concentração de COVs e os padrões espirométricos apresentados, na 2ª fase de avaliação

			COVs- primavera/verão		Total
			Presença de risco	Ausência de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	12	600	612
		% linha	2,0	98,0	100,0
		% Coluna	66,7	59,9	60,1
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	0	10	10
		% linha	0,0	100,0	100,0
		% Coluna	0,0	1,0	1,0
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	6	391	397
		% linha	1,5	98,5	100,0
		% Coluna	33,3	39,1	39,0
Total		n	18	1001	1019
		% linha	1,8	98,2	100,0
		% Coluna	100,0	100,0	100,0

Teste χ^2 da independência=0,462; gl=2; p=0,794

Nesta 2ª fase de avaliação, não se verificou uma associação significativa. Porém, constatamos que das 18 crianças em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (66,7%) e 6 (33,3%) apresentaram distúrbio ventilatório restritivo.

6.4.4. Avaliação da relação entre o CH₂O e a saúde das crianças

Para além do CO₂, das PM₁₀, dos COVs o CH₂O foi outro dos parâmetros ambientais analisados, dentro das salas de aula, que também apresentou valores acima da CMR.

Assim, no quadro 101, apresentamos a estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças expostas a concentração de formaldeído superior à concentração máxima de referência na estação de primavera/verão, dado na estação de outono/inverno nenhum estudante ter estado exposto a valores de formaldeído acima da CMR.

Quadro 101: Estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças face ao tipo de exposição ao formaldeído, na estação de primavera/verão

Sinais, sintomas e patologias respiratórias		formaldeído						χ^2 ; gI:p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Asma	Sim	4	33,3	116	11,5	120	11,8	0,043
	Não	8	66,7	891	88,5	899	88,2	OR:3,841
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[1,139; 12,953]
Bronquite Crónica	Sim	0	,0	22	2,2	22	2,2	
	Não	12	100,0	985	97,8	997	97,8	0,768
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	
Pieira e Assobios	Sim	3	25,0	152	15,1	155	15,2	0,407
	Não	9	75,0	855	84,9	864	84,8	OR:1,875
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,502; 7,005]
Crise de Espirros	Sim	4	33,3	256	25,4	260	25,5	0,514
	Não	8	66,7	751	74,6	759	74,5	OR:1,467
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,438; 4,912]
Rinite Alérgica	Sim	3	25,0	181	18,0	184	18,1	0,463
	Não	9	75,0	826	82,0	835	81,9	OR:1,521
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,408; 5,675]
Tosse seca	Sim	2	16,7	162	16,1	164	16,1	0,599
	Não	10	83,3	845	83,9	855	83,9	OR:1,043
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,226; 4,806]
Dificuldades Respiratórias	Sim	3	25,0	100	9,9	103	10,1	0,113
	Não	9	75,0	907	90,1	916	89,9	OR:3,023
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,805; 11,350]

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Verificou-se um padrão de associação entre a patologia asma e o tipo de exposição ($p < 0,05$). O risco das crianças estarem expostas a valores de PM_{10} acima da CMR e ter asma foi de 3,841 vezes maior do que nas crianças não expostas. Verificámos ainda que não existiu um padrão de associação entre a presença de tonturas, irritabilidade, dores de cabeça e insónias e a exposição em sala de aula com presença de risco ($p > 0,05$).

De seguida apresentamos a relação entre sintomas/patologias não respiratórias das crianças e o tipo de exposição à concentração de formaldeído na estação de primavera/verão.

Quadro 102: Relação entre sinais e sintomas não respiratórios das crianças expostas a concentração máxima de referência do Formaldeído na estação de primavera/verão

Outros sinais e sintomas não respiratórios		Formaldeído – primavera/verão						χ^2 ; gI:p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
Stresse	Sim	1	8,3	17	1,7	18	1,8	$p=0,193$
	Não	11	91,7	990	98,3	1001	98,2	OR:5,294
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,647; 43,341]
Tonturas	Sim	0	,0	20	2,0	20	2,0	
	Não	12	100,0	987	98,0	999	98,0	$p=0,787$
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	
Irritabilidade	Sim	1	8,3	42	4,2	43	4,2	$p=0,406$
	Não	11	91,7	965	95,8	976	95,8	OR: 2,089
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,863;16,558]
Dores de Cabeça	Sim	1	8,3	81	8,0	82	8,0	$p=0,637$
	Não	11	91,7	926	92,0	937	92,0	OR:1,039
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,133;8,152]
Irritação das Mucosas dos olhos	Sim	1	8,3	49	4,9	50	4,9	$p=0,455$
	Não	11	91,7	958	95,1	969	95,1	OR:1,777
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,225;14,045]
Insónias	Sim	0	,0	41	4,1	41	4,0	
	Não	12	100,0	966	95,9	978	96,0	$p=0,609$
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	
Falta de Concentração	Sim	4	33,3	223	22,1	227	22,3	$p=0,316$
	Não	8	66,7	784	77,9	792	77,7	OR:1,758
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	[0,524;5,891]

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Pela análise do quadro anterior, constatámos que não existiu um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios e a exposição em salas de aulas classificadas com risco ($p>0,05$). No entanto, é de realçar nos estudantes expostos, que 33,3% destes apontaram ter dores de cabeça.

De seguida, procurámos avaliar a associação entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao formaldeído na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexo 26). Verificámos que os estudantes que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural e mediantemente urbano não apresentaram um padrão de associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto ao formaldeído. Relativamente aos estudantes que frequentavam escolas em freguesias predominantemente urbanas, verificámos uma associação significativa entre a asma e a exposição em sala de aula classificada com risco ($p<0,05$), nos estudantes do 1º ano. Avaliámos também a associação entre outros sinais e sintomas, considerados não respiratórios e a exposição ao formaldeído, na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Anexo 27). Verificámos que os estudantes do 1º e do 4º ano independentemente de estudarem em escolas localizadas nas freguesias predominantemente rurais ou urbanas ou mediantemente urbanas não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios e a exposição em salas de aula com valores de formaldeído acima da CMR.

No quadro 103 procurou-se avaliar a relação entre os parâmetros espirométricos e a exposição ao formaldeído apenas na 2ª fase de avaliação (primavera/verão), dado na 1ª fase não se terem verificado nenhuma sala com valores acima da CMR.

Quadro 103: Relação existente entre a exposição dos estudantes a uma concentração média de CH_2O acima da concentração máxima de referência e os parâmetros espirométricos apresentados, na 2ª fase de avaliação

Parâmetros espirométricos		formaldeído – primavera/verão						χ^2 ;gl;p Risco;IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	7	58,3	392	38,9	399	39,2	1,874; 1; 0,171 2,196 [0,692-6,969]
	Normal	5	41,7	615	61,1	620	60,8	
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	0	,0	10	1,0	10	1,0	0,120; 1; 0,729
	Normal	12	100,0	997	99,0	1009	99,0	
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	2	16,7	107	10,6	109	10,7	0,453; 1; 0,501 1,682 [0,364-7,779]
	Normal	10	83,3	900	89,4	910	89,3	
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	5	41,7	320	31,8	325	31,9	0,534; 1; 0,465 1,533 [0,483-4,869]
	Normal	7	58,3	687	68,2	694	68,1	
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	0	,0	15	1,5	15	1,5	0,172; 1; 0,678
	Normal	11	100,0	959	98,5	970	98,5	
	Total	11	100,0	974	100,0	985	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	0	,0	34	3,4	34	3,3	0,419; 1; 0,517
	Normal	12	100,0	973	96,6	985	96,7	
	Total	12	100,0	1007	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Não se verificaram associações significativas entre os parâmetros espirométricos em função da exposição ou não de CH₂O. No entanto, constatámos que nas 12 crianças expostas, observaram-se proporções elevadas de crianças com parâmetros anormais, nomeadamente: 58,3% (n=7) apresentava o CVF anormal, 41,7% (n=5) possuía o DEMA anormal e 2 crianças (16,7%) apresentavam o VEMS anormal.

No quadro 104 apresentamos a média dos parâmetros espirométricos em função do tipo de exposição a CH₂O superior à concentração máxima de referência, na estação da primavera/verão.

Quadro 104: Média dos parâmetros espirométricos dos estudantes face ao tipo de exposição à concentração de CH₂O, na estação de outono/inverno

		HCHO - primavera /verão		
		Presença de Risco	Ausência de Risco	t; gl; p
CVF	Média	76,74	82,38	-1,983; 1017; 0,048
	Desvio Padrão	7,92	9,81	
VEMS/CVF	Média	98,03	96,69	0,977; 1017; 0,329
	Desvio Padrão	3,66	4,75	
VEMS	Média	88,26	93,57	-1,673; 1017; 0,095
	Desvio Padrão	8,30	10,96	
DEMA	Média	77,13	87,06	-2,435; 1017; 0,015
	Desvio Padrão	17,05	14,01	
DEM ₂₅	Média	81,96	92,41	-2,271; 1017; 0,023
	Desvio Padrão	17,84	15,82	
DEM ₅₀	Média	91,33	96,82	-0,934; 1017; 0,350
	Desvio Padrão	19,59	20,27	
DEM ₇₅	Média	102,98	105,95	-0,356; 1016; 0,722
	Desvio Padrão	25,44	28,75	

Teste: T-Student para amostras independentes

Observaram-se diferenças médias de CVF, DEMA e DEM₂₅ em função do tipo de exposição ($p < 0,05$). As crianças do 1º ciclo que estiveram em salas de aula com valores de formaldeído superior à CMR apresentaram valores médios significativamente inferiores face a crianças não expostas.

No quadro 105 procurou-se encontrar diferenças entre os padrões espirométricos e a exposição ao Formaldeído na estação de primavera/verão.

Quadro 105: Relação da exposição ao Formaldeído e os padrões espirométricos, na estação de primavera/verão

Padrão espirométrico			Formaldeído - primavera/verão		Total
			Presença de risco	Ausência de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	7	605	612
		% linha	1,1	98,9	100,0
		% Coluna	58,3	60,1	60,1
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	0	10	10
		% linha	0,0	100,0	100,0
		% Coluna	0,0	1,0	1,0
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	5	392	397
		% linha	1,3	98,7	100,0
		% Coluna	41,7	38,9	39,0
Total		n	12	1007	1019
		% linha	1,2	98,8	100,0
		% Coluna	100,0	100,0	100,0

Teste χ^2 da independência=0,148; gl=2; p=0,929

Não se verificou associação significativa ($p=0,929$) entre o padrão espirométrico e o tipo de exposição ao formaldeído. Porém, constatámos que das 12 crianças expostas, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (58,3%), 5 (41,7%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo.

6.5. Avaliação da relação entre os poluentes atmosféricos acima do limiar de proteção (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro) e a saúde das crianças

Tendo em consideração que em dezembro de 2013 entrou em vigor a Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro que veio revogar o DL 79/2006, de 4 de abril, que serviu de sustentação a este trabalho de investigação, e que esta nova Portaria estabeleceu novos valores de concentração máxima de referência, agora denominados de limiar de proteção, entendeu-se nesta secção fazer uma nova análise utilizando os parâmetros mais preocupantes do ponto de vista dos resultados desta investigação. Existem valores de alguns parâmetros que se mantiveram nesta legislação, nomeadamente os COVs e o formaldeído, outros que baixaram, designadamente as PM_{10} , em que o valor passou de $0,15\text{mg}/\text{m}^3$ para $0,05\text{mg}/\text{m}^3$, e o CO, que passou de $12,5\text{mg}/\text{m}^3$ para $10\text{mg}/\text{m}^3$, existiu um que subiu de 984ppm para 1250ppm que foi o CO_2 , o ozono deixou de constar nos parâmetros a controlar de qualidade do ar interior e as $PM_{2,5}$ passaram a constar nesta Portaria, com um valor de limiar de proteção de $0,025\text{mg}/\text{m}^3$. Assim, a análise seguinte foi efetuada tendo em conta não só os resultados anteriormente apresentados, mais preocupantes para a saúde dos estudantes, mas também a alteração dos valores de limiar de proteção. Neste sentido, procedemos à análise do CO_2 , das PM_{10} e das $PM_{2,5}$.

6.5.1. Reavaliação da relação entre o CO_2 e a saúde das crianças

Conforme já descrito e analisado anteriormente, as crianças avaliadas estiveram expostas dentro das salas de aula a valores de CO_2 muito acima da denominada CMR. Este foi o parâmetro analisado mais preocupante, quer no outono/inverno quer na primavera/verão. Neste sentido, e porque o valor agora em vigor deixou de ser 984ppm para passar a ser de 1250ppm, apresentamos de seguida novos resultados para verificar se as alterações ocorridas na legislação revelaram ter impacte na classificação do tipo de risco de exposição.

No quadro 106, pretendemos avaliar a evolução da presença ou ausência de risco do CO_2 nas salas de aula, da 1ª fase para a 2ª fase, de acordo com os valores de limiar de proteção referidos na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro .

Quadro 106: Evolução da 1ª para a 2ª fase, face ao tipo de exposição dos estudantes a uma concentração de CO₂ (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

CO ₂ - outono/ inverno		CO ₂ - primavera/verão		Total
		Ausência de Risco	Presença de Risco	
Presença de Risco	n	437	235	672
	% linha	65,0%	35,0%	100,0%
	% coluna	61,0%	77,6%	65,9%
	% Total	42,9%	23,1%	65,9%
Ausência de Risco	n	279	68	347
	% linha	80,4%	19,6%	100,0%
	% coluna	39,0%	22,4%	34,1%
	% Total	27,4%	6,7%	34,1%
Total	n	716	303	1019
	% linha	70,3%	29,7%	100,0%
	% coluna	100,0%	100,0%	100,0%
	% Total	70,3%	29,7%	100,0%

Teste McNemar-Bower; p-value<0,0001

Existiram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,0001$) entre as duas fases de avaliação (outono/inverno e primavera/verão). Verificou-se que dos 1019 estudantes, 672 estavam expostos (65,9%) a valores acima do limiar de proteção ($> 1250\text{ppm}$) na estação de outono/inverno. Passaram a estar só expostos na estação de primavera/verão 303 crianças (29,7%). Ao compararmos este quadro com o quadro 68 cujos valores foram analisados tendo em consideração a anterior legislação, em que os valores da CMR para o CO₂ eram mais baixos do que os valores de limiar de proteção agora em vigor, constatámos que o número de estudantes expostos baixou de 856 para 672 no outono/inverno e na primavera/verão diminuiu de 384 para 303.

Seguidamente pretendemos analisar qual a relação entre o tipo de exposição ao CO₂ dentro das salas de aula, tendo em consideração as diferentes estações do ano e o tipo de zona onde se inserem as escolas (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro).

Quadro 107: Relação entre o tipo de exposição ao CO₂ nas diferentes estações e o tipo de zona onde se inserem as escolas (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

Tipologia da Freguesia			primavera/verão		Total
			outono/inverno	Ausência de Risco		Presença de Risco
Freguesia Predominantemente Urbana	Presença de Risco	n	326	148	474
		% linha	68,8%	31,2%	100,0%
		% coluna	58,8%	78,7%	63,9%
		% Total	43,9%	19,9%	63,9%
	Ausência de Risco	n	227	40	267
		% linha	85,1%	14,9%	100,0%
		% coluna	41,2%	21,3%	36,1%
		% Total	30,7%	5,4%	36,1%
	Total	n	553	188	741
		% linha	74,7%	25,3%	100,0%
Teste McNemar-Bower; p-value<0,0001	% Total	74,7%	25,3%	100,0%	
Freguesia Mediamente Urbana	Presença de Risco	n	111	81	192
		% linha	57,8%	42,2%	100,0%
		% coluna	69,8%	74,3%	71,6%
		% Total	41,4%	30,2%	71,6%
	Ausência de Risco	n	48	28	76
		% linha	63,2%	36,8%	100,0%
		% coluna	30,2%	25,7%	28,4%
		% Total	17,9%	10,4%	28,4%
	Total	n	159	109	268
		% linha	59,3%	40,7%	100,0%
Teste McNemar-Bower; p-value<0,0001	% Total	59,3%	40,7%	100,0%	
Freguesia Predominantemente Rural	Presença de Risco	n	0	6	6
		% linha	0,0%	100,0%	100,0%
		% coluna	0,0%	100,0%	66,7%
		% Total	0,0%	66,7%	66,7%
	Ausência de Risco	n	4	0	4
		% linha	100,0%	0,0%	100,0%
		% coluna	100,0%	0,0%	33,3%
		% Total	33,3%	0,0%	33,3%
	Total	n	4	6	10
		% linha	30%	60%	100,0%
Teste McNemar-Bower; p-value>0,05	% Total	30%	60%	100,0%	

Verificámos alterações estatisticamente significativas ($p < 0,0001$) da frequência de exposição dos estudantes, nas salas de aula, entre as estações do ano em função da frequência de escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas e mediamente urbanas. Nas escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, no outono/inverno, estavam em presença de risco 474 estudantes (63,9%) e na estação da primavera/verão verificou-se uma diminuição significativa de estudantes expostos, isto é, 188 (25,3%) é que revelaram estar em risco. No que diz respeito aos estudantes que frequentam escolas localizadas em zonas consideradas mediamente urbanas, verificámos que na 1ª fase estavam 192 estudantes expostos e na 2ª fase o número de alunos diminuiu para 109 casos expostos. Apesar de não existirem diferenças significativas nas escolas localizadas em zonas predominantemente rurais, verificámos que as crianças expostas no outono/inverno mantiveram a mesma condição de exposição durante a primavera/verão.

Ao fazermos uma comparação entre este quadro e o quadro 66 cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, verificámos que o número de estudantes expostos nas escolas localizadas em zonas

predominantemente urbanas baixou de 81,6% para 63,9% no outono/inverno e na primavera/verão diminuiu de 32,0% para 25,3%. Nas escolas localizadas em zonas mediantemente urbanas as alterações foram no outono/inverno de 89,9% para 71,6% e na primavera/verão foram de 51,5% para 40,7%. Relativamente às escolas localizadas em zonas predominantemente rurais as alterações não foram significativas.

De seguida, procurámos avaliar a associação entre os sinais, sintomas e patologias e a exposição ao CO₂ nas salas de aula, na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexos 28 e 29). Verificámos que as crianças que frequentavam as escolas pertencentes a freguesias denominadas predominantemente rurais, quer do 1º ano quer do 4º ano, não apresentaram um padrão significativo entre sinais, sintomas e patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto ao parâmetro CO₂, com exceção apenas para os estudantes que frequentavam o 4º ano que revelaram crises de espirros, rinite alérgica e dificuldades respiratórias. Procurámos de seguida avaliar se a presença/ausência de sinais, sintomas e patologias poderia estar associada à exposição (risco) nas salas de aula das escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas quer em crianças do 1º quer do 4º ano de escolaridade. Também não se verificou um padrão de associação significativo ($p>0,05$) entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças, quer do 1º quer do 4º ano, na presença de salas em risco (CO₂>984ppm) comparativamente aos não expostos (CO₂<984ppm), com exceção apenas dos estudantes do 1º ano com crises de espirros. A proporção relativa de crianças no 1º ano que estavam expostas a valores de CO₂>1250ppm nas salas de aula e que apresentaram sinais, sintomas e patologias respiratórias consistiu em 30,0% com crise de espirros, 19% com tosse seca e 18,6% com pieira e assobios. Com menor expressão relativa nestas crianças quanto às doenças respiratórias foi a bronquite crónica (0,8%) seguida das dificuldades respiratórias (7,3%) e da asma (8,5%). Quanto às crianças do 4º ano, na presença de salas em risco, 30,5% sofria de crise de espirros, rinite alérgica (19,5%), tosse seca (17,3%) e 12,8% de pieira e assobios. A menor proporção de crianças deste ano com patologia e que estavam expostos em salas de risco foi ao nível da bronquite crónica (2,7%) e dificuldades respiratórias com 8,4%. No que diz respeito às crianças que estudavam em escolas geograficamente localizadas em freguesias mediantemente urbanas não se verificou um padrão de associação significativo ($p>0,05$) entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e entre a sua exposição ou não exposição, com exceção apenas para os estudantes do 1º ano que possuíam asma. Porém, ao nível do 1º ano, a frequência relativa de crianças que estavam expostas a salas com risco, 22,7% sofriam de rinite alérgica, crise de espirros (21,6%), asma (17,5%), pieira e assobios (16,5%), tosse seca (15,5%), dificuldades respiratórias (14,4%) e bronquite crónica (3,1%). Quanto às crianças do 4º ano a maior frequência relativa entre a exposição a salas em risco e a presença de sintomas/patologias foram, crise de espirros (26,3%), rinite alérgica (23,2%), asma (17,9%) e pieira e assobios (16,8%) (Anexo 28).

Ao fazermos uma comparação entre este quadro, apresentado no Anexo 28 e o quadro do Anexo 14 cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, verificámos, tal como já mencionámos anteriormente, que o número de estudantes expostos reduziu significativamente (de 856 para 672 estudantes), e

consequentemente o número estudantes com sinais, sintomas e patologias respiratórias em presença de risco também diminuiu.

Relativamente à estação de primavera/verão, verificámos que as crianças que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural, na estação da primavera/verão, não apresentaram um padrão significativo entre sinais, sintomas e patologias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto ao parâmetro CO_2 , com exceção das crianças do 1º ano que possuíam crise de espirros e as do 4º ano que possuíam rinite alérgica, dificuldades respiratórias e crise de espirros. Podemos verificar que as crianças do 1º ano de escolaridade, que frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente rurais, não apresentaram qualquer sinal, sintoma ou patologia, apesar de estarem expostos a valores acima do limiar de proteção ($CO_2 > 1250$ ppm), no entanto, o mesmo não se verificou com os estudantes do 4º ano.

Relativamente aos estudantes que estudavam em escolas que pertenciam a freguesias predominantemente urbanas verificámos diferenças significativas nos estudantes do 1º ano que possuíam pieira e assobios, crise de espirros, rinite alérgica e tosse seca, e nos estudantes do 4º ano que apresentaram ter asma. No que diz respeito aos estudantes que estudavam em escolas pertencentes a freguesias mediantemente urbanas, não se verificaram diferenças significativas. Porém ao nível do 1º ano a frequência relativa de crianças que estavam expostas a salas com risco, 19,2% sofriam de rinite alérgica, crise de espirros, 17,9% tosse seca, pieira e assobios 15,4%, dificuldades asma 12,8% e dificuldades respiratórias 11,5%. Quanto às crianças do 4º ano a maior frequência relativa entre a exposição a salas em risco e a presença de sinais, sintomas e patologias foram, rinite alérgica com 23,3%, crise de espirros 21,7%, asma e tosse seca 16,7% (Anexo 29).

Ao compararmos o quadro do Anexo 29 (analisado tendo em consideração a nova legislação) com o quadro do Anexo 15, verificámos que a conclusão é semelhante à análise feita anteriormente, para a estação de outono/inverno, ou seja, o número de estudantes expostos baixou de 384 para 303, e por sua vez os estudantes com sinais, sintomas e patologias respiratórias na estação de primavera/verão em presença de risco diminuiu.

Avaliámos também a associação entre outros sinais e sintomas não respiratórios e a exposição ao CO_2 nas salas de aula, na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexo 30 e 31). Verificámos que os estudantes do 1º e do 4º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias rurais não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios e a exposição em salas de aula com valores de $CO_2 > 1250$ ppm. Nas escolas das freguesias predominantemente urbanas os estudantes do 1º e do 4º ano revelaram um padrão de associação estatisticamente significativo entre a falta de concentração e a exposição a salas classificadas com presença de risco ($CO_2 > 1250$ ppm). Porém quanto aos restantes sinais e sintomas não se verificou um padrão de associação significativo ($p > 0,05$). Quanto às crianças que frequentavam as escolas das freguesias mediantemente urbanas verificámos também não existir um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios quer em crianças do 1º ano quer em crianças do 4º ano e a exposição a salas de aula com valores de $CO_2 > 1250$ ppm ($p > 0,05$).

Ao fazermos uma comparação entre este quadro apresentado no Anexo 30 e o quadro do Anexo 16 cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, verificámos que, tal como o número de estudantes expostos diminuiu, também o número de estudantes com sinais e sintomas em presença de risco baixou.

Na 2ª fase de avaliação (estação primavera/verão), verificámos que os estudantes do 1º e 4º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias rurais não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios e a exposição em salas de aula com valores de $\text{CO}_2 > 1250\text{ppm}$. Nas escolas das freguesias predominantemente urbanas os estudantes do 1º ano não revelaram um padrão de associação estatisticamente significativo entre os sintomas e a exposição a valores mais elevados de CO_2 (presença de risco), com exceção dos estudantes que manifestaram possuir falta de concentração. Quanto às crianças do 4º ano com tonturas, dores de cabeça e irritação das mucosas dos olhos revelaram existir diferenças estatisticamente significativas. No entanto, quanto aos restantes sinais e sintomas não se verificou um padrão de associação significativo ($p > 0,05$). Quanto às crianças que frequentavam as escolas das freguesias mediamente urbanas verificámos não existir um padrão de associação entre a presença de determinados sinais e sintomas não respiratórios quer em crianças do 1º ano quer em crianças do 4º ano e a exposição a salas de aula com valores de $\text{CO}_2 > 1250\text{ppm}$ ($p > 0,05$). Porém ao nível dos estudantes do 1º e do 4º ano o sinal/sintoma mais prevalente, associado à exposição de valores de $\text{CO}_2 > 1250\text{ppm}$, foi a falta de concentração com 15,1% e 22,2% respetivamente.

Ao compararmos este quadro do Anexo 31 e o quadro do Anexo 17 cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, verificámos que, tal como o número de estudantes expostos diminuiu, também o número de estudantes com sinais e sintomas não respiratórios em presença de risco baixou.

No quadro 108 pretendemos verificar se existem diferenças entre os parâmetros espirométricos e a exposição ao CO_2 , nas salas de aula, na estação de outono/inverno, tendo em consideração a Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro.

Quadro 108: Relação existente entre o tipo de exposição dos estudantes a uma concentração de CO₂ acima do limiar de proteção e os parâmetros espirométricos apresentados, na 1ª fase de avaliação (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

		Dióxido de Carbono - Outono/Inverno						χ^2 ; gl; p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	302	44,9	158	45,5	460	45,1	0,032; 1; 0,857 1,024 (0,790-1,329)
	Normal	370	55,1	189	54,5	559	54,9	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	5	,7	5	1,4	10	1,0	1,144; 1; 0,285 1,950 (0,561-6,783)
	Normal	667	99,3	342	98,6	1009	99,0	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	107	15,9	50	14,4	157	15,4	0,402; 1; 0,526 0,889 (0,618-1,279)
	Normal	565	84,1	297	85,6	862	84,6	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	303	45,1	166	47,8	469	46,0	0,696; 1; 0,404 1,117 (0,861-1,448)
	Normal	369	54,9	181	52,2	550	54,0	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	33	4,9	7	2,0	40	3,9	5,080; 1; 0,024 2,508 (1,098-5,730)
	Normal	639	95,1	340	98,0	979	96,1	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	29	4,3	9	2,6	38	3,7	1,890; 1; 0,169 0,590 (0,276-1,262)
	Normal	643	95,7	338	97,4	981	96,3	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	
DEM ₇₅	Anormal	48	7,1	19	5,5	67	6,6	1,036; 1; 0,309 0,753 (0,435-1,302)
	Normal	624	92,9	328	94,5	952	93,4	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	9	1,3	2	,6	11	1,1	1,245; 1; 0,264 0,427 (0,092-1,187)
	Normal	663	98,7	345	99,4	1008	98,9	
	Total	672	100,0	347	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Não se verificaram associações significativas, na estação de outono/inverno, com exceção do parâmetro DEM₂₅ (p=0,024). O risco de uma criança revelar uma condição de DEM₂₅ anormal e ter estado exposta a valores superiores ao recomendado de CO₂, comparativamente às crianças não expostas foi 2,508 vezes mais. Verificamos que das 672 crianças expostas a valores considerados de risco quanto ao CO₂, 44,9% (n=302) apresentava o CVF anormal, 45,1% (n=303) possuía o DEMA anormal e 107 crianças (15,9%) apresentavam o VEMS anormal.

Ao compararmos este quadro com o quadro 73, cuja análise teve por base a legislação anterior, verificamos que os resultados são muito semelhantes. No quadro 76, apesar de não haver associação, os valores de CVF, DEMA e VEMS foram aqueles que também manifestaram a frequência de crianças com maiores valores anormais e muito próximos dos apresentados neste quadro.

No quadro seguinte fizemos a mesma análise na estação de primavera/verão.

Quadro 109: Relação da exposição ao CO₂ e os parâmetros espirométricos, na estação de primavera/verão (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

		Dióxido de Carbono - Primavera/Verão						χ^2 ; gl; p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	132	43,6	267	37,3	399	39,2	3,517; 1; 0,061 0,770 (0,586-1,012)
	Normal	171	56,4	449	62,7	620	60,8	
	Total	303	100,0	716	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	2	,7	8	1,1	10	1,0	0,458; 1; 0,489 1,701 (0,359-8,055)
	Normal	301	99,3	708	98,9	1009	99,0	
	Total	303	100,0	716	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	29	9,6	80	11,2	109	10,7	0,572; 1; 0,449 1,188 (0,759-1,860)
	Normal	274	90,4	636	88,8	910	89,3	
	Total	303	100,0	716	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	94	31,0	231	32,3	325	31,9	0,151; 1; 0,698 1,059 (0,793-1,415)
	Normal	209	69,0	485	67,7	694	68,1	
	Total	303	100,0	716	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	3	1,0	12	1,7	15	1,5	0,666; 1; 0,414 1,689 (0,473-6,031)
	Normal	288	99,0	682	98,3	970	98,5	
	Total	291	100,0	694	100,0	985	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	9	3,0	25	3,5	34	3,3	0,179; 1; 0,672 1,182 (0,545-2,563)
	Normal	294	97,0	691	96,5	985	96,7	
	Total	303	100,0	716	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Na 2ª fase de avaliação, não se verificou um padrão de associação significativo entre os diferentes parâmetros espirométricos em função do tipo de exposição. No entanto, verificamos que das 303 crianças expostas 43,6% (n=132) apresentava o CVF anormal e 31% (n=94) possuía também o DEMA anormal.

Quando comparamos estes resultados com os apresentados no quadro 74, que foram analisados à luz da legislação anterior, verificamos que os resultados são muito semelhantes. No quadro 74, os valores de CVF e DEMA foram aqueles que também manifestaram maiores valores anormais e muito próximos dos agora apresentados.

No quadro 110 procurou-se avaliar a relação entre os padrões espirométricos e o tipo de exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno, de acordo com a Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro.

Quadro 110: Relação da exposição ao CO₂ e os padrões espirométricos, na estação de outono/inverno (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

			Dióxido de Carbono - outono/inverno		
			Presença de risco	Ausência de risco	Total
Padrão Espirométrico	Normal	n	363	186	549
		% linha	66,1	33,9	100,0
		% Coluna	54,0	53,6	53,9
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	9	4	13
		% linha	69,2	30,8	100,0
		% Coluna	1,3	1,2	1,3
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	300	157	457
		% linha	65,6	34,4	100,0
		% Coluna	44,6	45,2	44,8
Total	n	672	347	1019	
	% linha	65,9	34,1	100,0	
	% Coluna	100,0%	100,0	100,0	

Teste χ^2 da independência=0,088; gl=2; p=0,957

Na 1ª fase de avaliação, não se verificou associação significativa entre o padrão espirométrico face ao tipo de exposição. No entanto, verificámos que dos 672 estudantes em presença de risco a maioria possuía um padrão espirométrico normal (54%) e 300 estudantes (44,6%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo.

Quando confrontamos os resultados do quadro anterior e os resultados do quadro 75, verificámos que, passamos de 461 estudantes com padrão espirométrico normal para 363 e dos 382 estudantes com distúrbio ventilatório restritivo passamos a ter 300 estudantes, tendo-se mantido o mesmo número de estudantes com distúrbio ventilatório obstrutivo.

No quadro seguinte fizemos a mesma análise para a 2ª fase de avaliação.

Quadro 111: Relação da exposição ao CO₂ e os padrões espirométricos, na estação de primavera/verão (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

			Dióxido de Carbono - primavera/verão		Total
			Presença de risco	Ausência de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	177	435	612
		% linha	28,9	71,1	100,0
		% Coluna	58,4	60,8	60,1
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	6	4	10
		% linha	60,0	40,0	100,0
		% Coluna	2,0	,6	1,0
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	120	277	397
		% linha	30,2	69,8	100,0
		% Coluna	39,6	38,7	39,0
Total		n	303	716	1019
		% linha	29,7	70,3	100,0
		% Coluna	100,0%	100,0	100,0

Teste χ^2 da independência=4,624; gl=2; p=0,099

Nesta 2ª fase de avaliação, também não se verificou uma associação significativa entre o padrão espirométrico face ao tipo de exposição. Constatámos que das 303 crianças em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (58,4%) e 120 (39,6%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. Mais uma vez, os resultados são muito semelhantes aos encontrados anteriormente (quadro 76), com base no DL anterior. Tínhamos 56,8% de estudantes com padrão espirométrico normal e neste quadro, tendo em consideração a nova legislação passamos a ter 58,4%. Relativamente aos estudantes com distúrbio ventilatório restritivo passamos de 41,4% para 39,6% e no que respeita aos estudantes com distúrbio ventilatório restritivo passamos de 0,7% para 2%.

6.5.2. Reavaliação da relação entre as PM₁₀ e a saúde das crianças

Tendo em consideração o valor da CMR mencionada no DL 79/2006, de 4 de abril, relativo às PM₁₀, 0,15 mg/m³, verificámos que existiam em algumas escolas estudantes expostos a valores superiores, atualmente com a nova legislação e sabendo que o valor de limiar de proteção diminuiu para 0,05 mg/m³ é expetável que mais estudantes estejam expostos.

Ao pretendermos avaliar a evolução da presença ou ausência de risco às PM₁₀ nas salas de aula, da 1ª fase para a 2ª fase, de acordo com os valores de limiar de proteção referidos na Portaria 353-A/2013, de 4 de

dezembro, verificámos que no outono/inverno dos 1019 estudantes avaliados, 984 (96,6%) estavam em presença de risco, ou seja, apenas 35 não estavam expostos, no entanto, quando analisámos na estação primavera/verão a totalidade dos estudantes passou a estar exposta a valores de PM_{10} acima do limiar de proteção ($0,05mg/m^3$).

Ao compararmos estes resultados com os que tínhamos obtido com a anterior legislação (Quadro 77), em que os valores da CMR para as PM_{10} eram mais elevados do que os valores de limiar de proteção agora em vigor ($0,15mg/m^3$), verificámos que o número de estudantes expostos aumentou de 218 para 984 no outono/inverno e na primavera/verão dos 73 passaram todos a estar expostos.

A seguir, procurámos analisar qual a relação entre a presença ou ausência de risco às PM_{10} dentro das salas de aula, nas diferentes estações do ano, e o tipo de zona onde se inserem as escolas (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro).

Quadro 112: Presença ou ausência de risco às PM_{10} nas diferentes estações e o tipo de zona onde se inserem as escolas (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

Tipologia da Freguesia	outono/inverno		primavera/verão		
			Presença de Risco	Total	
Freguesia Predominantemente Urbana	Presença de Risco	n	707	707	
		% linha	100,0%	100,0%	
		% coluna	95,4%	95,4%	
	Ausência de Risco	% Total	95,4%	95,4%	
		n	34	34	
		% linha	100,0%	100,0%	
	Total	% coluna	4,6%	4,6%	
		% Total	4,6%	4,6%	
		n	741	741	
		% linha	100,0%	100,0%	
Freguesia Mediamente Urbana	Presença de Risco	% coluna	100,0%	100,0%	
		% Total	100,0%	100,0%	
		n	268	268	
	Total	% linha	100,0%	100,0%	
		% coluna	100,0%	100,0%	
		% Total	100,0%	100,0%	
	Freguesia Predominantemente Rural	Presença de Risco	n	10	10
			% linha	100,0%	100,0%
			% coluna	100,0%	100,0%
		Total	% Total	100,0%	100,0%
n			10	10	
% linha			100,0%	100,0%	
Total		% coluna	100,0%	100,0%	
		% Total	100,0%	100,0%	

Nas escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, no outono/inverno, estavam em presença de risco 707 estudantes, e na estação da primavera/verão verificou-se que todos os estudantes que frequentavam escolas em freguesias predominantemente urbanas passaram a estar expostos ($n=741$). No

que diz respeito aos estudantes que frequentavam escolas localizadas em zonas consideradas mediamente urbanas ou escolas localizadas em freguesias predominantemente rurais, verificámos que quer na 1ª fase de avaliação quer na 2ª fase, todos os estudantes estavam expostos a valores superiores ao limiar de proteção ($PM_{2,5} > 0,025 \text{mg/m}^3$).

Ao fazermos uma comparação entre este quadro e o quadro 78, cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, verificámos que o número de estudantes expostos nas escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas aumentou de 127 estudantes expostos para 707, no outono/inverno, e na primavera/verão aumentou de 40 estudantes expostos para 741. Nas escolas localizadas em zonas mediamente urbanas as alterações foram, no outono/inverno, de 85 estudantes em presença de risco para 268 e na primavera/verão foram de 27 estudantes em presença de risco para 268. Relativamente às escolas localizadas em zonas predominantemente rurais as alterações foram de 6 estudantes expostos quer na estação de outono/inverno quer na estação de primavera/verão para 10 estudantes em presença de risco em ambas as estações em estudo.

De seguida, procurámos avaliar a associação entre os sinais, sintomas e patologias e a exposição às PM_{10} nas salas de aula, na estação de outono/inverno e primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexos 32 e 33).

Verificámos que as crianças que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural não apresentaram um padrão de associação significativo entre sinais, sintomas e patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto às PM_{10} . No entanto, podemos constatar que as crianças que se encontravam no 1º ano de escolaridade, expostos a valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$ (presença de risco), possuíam crise de espirros e rinite alérgica. Todas as crianças do 4º ano que estudavam em escolas de freguesias rurais estavam expostas a valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$ e sofriam de asma, bronquite crónica, pieira e assobios, crise de espirros, rinite alérgica, tosse seca e dificuldades respiratórias. Procurámos de seguida avaliar se a presença/ausência de sinais, sintomas e patologias respiratórias poderia estar associada à exposição (risco) nas salas de aula das escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas quer em crianças do 1º quer do 4º ano de escolaridade. Não se verificou um padrão de associação significativo ($p > 0,05$) entre os sinais, sintomas e patologias respiratórias das crianças, quer do 1º quer do 4º ano, na presença de salas em risco comparativamente aos não expostos. No entanto, a proporção de crianças no 1º ano que estavam expostas a valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$ nas salas de aula e que apresentaram sinais, sintomas e patologias respiratórias consistiu em 26,7% das crianças com crise de espirros, 17,7% presença de tosse seca, 17,4% com presença de pieira e assobios e 14,8% rinite alérgica. Com menor expressão relativa nestas crianças quanto às doenças respiratórias foi a asma (9,3%) e dificuldades respiratórias (8,4%), seguida da bronquite crónica (1,7%). Quanto às crianças do 4º ano, na presença de salas classificadas com risco, 27,9% sofria de crise de espirros, rinite alérgica (19,6%), tosse seca (15,5%) e 12,7% de pieira e assobios. A menor proporção de crianças deste ano com sinais, sintomas e patologias e que estavam expostos em salas de risco foi ao nível da asma (11%), dificuldades respiratórias (9,7%) e bronquite crónica (2,2%). Por fim nas crianças que estudavam em escolas geograficamente localizadas em freguesias mediamente urbanas

verificámos que todos os estudantes estavam expostos. Dos estudantes do 1º ano o sinal, sintoma ou patologia mais prevalente foi a rinite alérgica (19%), crise de espirros (18,2%), pieira e assobios (16,8%) e tosse seca (14,6%). Com menor expressividade foi a asma (13,1%), dificuldades respiratórias (11,7%), e bronquite crónica (2,9%). Dos estudantes do 4º ano o sintoma/patologia mais relevante foi a crise de espirros (25,2%), rinite alérgica (23,7%), pieira e assobios (17,6%) e tosse seca e asma (16,8%). Com menor expressividade as dificuldades respiratórias (15,3%) e bronquite crónica (2,3%) (Anexo 32).

Ao fazermos uma comparação entre o quadro apresentado no Anexo 32 e o quadro do Anexo 18 cuja análise foi realizada de acordo com o anterior DL em vigor, verificámos que, tal como o número de estudantes expostos aumentou, também o número de estudantes com sintomas/patologias respiratórias expostos aumentou.

Verificámos que na estação de primavera/verão todas os estudantes estavam em presença de risco. As crianças que frequentavam o 4º ano, independentemente da localização da escola, apresentaram maior número de sinais, sintomas ou patologias comparativamente com os estudantes que frequentavam o 1º ano de escolaridade (Anexo 33).

Ao compararmos o quadro do Anexo 33 e o quadro do Anexo 19 cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, constatámos, que todo os estudantes passaram a estar expostos a valores acima do limiar de proteção das PM_{10} , e por conseguinte o número de estudantes com sinais, sintomas e patologias respiratórias expostos também aumentou.

Avaliámos também a associação entre outros sinais e sintomas não respiratórios e a exposição às PM_{10} nas salas de aula, na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexo 34).

Verificámos que os estudantes do 1º e do 4º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias rurais não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios e a exposição em salas de aula com valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$. Apenas um estudante do 1º ano apresentou dores de cabeça quando exposto a valores de PM_{10} acima do limiar de proteção. Ao nível do 4º ano, os sinais e sintomas que se manifestaram nas crianças e que conjuntamente também estavam presentes em salas com valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$ foram: falta de concentração (80%) e insónias (20%).

Nas escolas das freguesias predominantemente urbanas os estudantes do 1º e do 4º ano não revelaram um padrão de associação estatisticamente significativo entre os sinais e sintomas não respiratórias e a exposição a salas classificadas com risco. No entanto verificámos que os estudantes que frequentavam o 4º ano de escolaridade apresentaram maior número de sinais e sintomas comparativamente aos estudantes do 1º ano de escolaridade.

Quanto aos estudantes que frequentavam as escolas das freguesias mediantemente urbanas verificámos também não se verificar um padrão de associação entre a presença de determinados sinais e sintomas não respiratórios quer em crianças do 1º ano quer em crianças do 4º ano e a exposição a salas de aula com valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$. Também com estes estudantes se verificou o mesmo que já se tinha registado

com estudantes de outras escolas e localizações, ou seja, os do 4º ano apresentaram maior número de sinais e sintomas relativamente aos do 1º ano (34).

Ao fazermos uma comparação entre este quadro do Anexo 34 e o quadro do Anexo 20 cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, verificámos que o número de estudantes expostos aumentou e consequentemente o número de estudantes com sinais e sintomas respiratórios em presença de risco aumentou.

Na 2ª fase de avaliação (estação primavera/verão), verificámos que independentemente da localidade da escola que frequentavam não se verificaram diferenças significativas entre a presença de sinais e sintomas não respiratórias e a exposição em salas de aula com valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$. Continuamos a verificar que os estudantes do 4º ano de escolaridade apresentavam maior número de sintomas/patologias comparativamente aos estudantes do 1º ano de escolaridade (Anexo 35).

Ao compararmos o quadro do Anexo 35 e o quadro do Anexo 21 cuja análise foi feita de acordo com o anterior DL em vigor, concluímos que os resultados são muito semelhantes aos da estação de outono/inverno, ou seja, o número de estudantes expostos aumentou e consequentemente o número de estudantes com sintomas/patologias respiratórias em presença de risco aumentou.

No quadro 113 procurámos avaliar se existiam diferenças entre os parâmetros espirométricos e a exposição às PM_{10} , nas salas de aula, na estação de outono/inverno.

Quadro 113: Relação da exposição às PM_{10} e os parâmetros espirométricos, na estação de outono/inverno (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

		PM ₁₀ - Outono/Inverno						χ ² ; gl; p Risco; IC95%
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	% coluna	n	% coluna	n	% coluna	
CVF	Anormal	445	45,2	15	42,9	460	45,1	0,076; 1; 0,782 1,101 (0,557-2,175)
	Normal	539	54,8	20	57,1	559	54,9	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	
VEMS/CVF	Anormal	8	,8	2	5,7	10	1,0	8,355; 1; 0,04 0,135 (0,028-0,662)
	Normal	976	99,2	33	94,3	1009	99,0	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	
VEMS	Anormal	152	15,4	5	14,3	157	15,4	0,035; 1; 0,852 1,096 (0,419-2,870)
	Normal	832	84,6	30	85,7	862	84,6	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	
DEMA	Anormal	455	46,2	14	40,0	469	46,0	0,530; 1; 0,467 1,290 (0,649-2,566)
	Normal	529	53,8	21	60,0	550	54,0	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	
DEM ₂₅	Anormal	39	4,0	1	2,9	40	3,9	0,110; 1; 0,741 1,403 (0,187-10,516)
	Normal	945	96,0	34	97,1	979	96,1	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	
DEM ₅₀	Anormal	36	3,7	2	5,7	38	3,7	0,398; 1; 0,528 0,627 (0,145-2,713)
	Normal	948	96,3	33	94,3	981	96,3	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	
DEM ₇₅	Anormal	63	6,4	4	11,4	67	6,6	1,390; 1; 0,238 0,530 (0,181-1,549)
	Normal	921	93,6	31	88,6	952	93,4	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	11	1,1	0	0,0	11	1,1	0,396; 1; 0,529
	Normal	973	98,9	35	100,0	1008	98,9	
	Total	984	100,0	35	100,0	1019	100,0	

Teste χ^2 da independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

Não se verificaram associações significativas entre os parâmetros espirométricos e a exposição em salas de aula com valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$ na estação de outono/inverno, com exceção para os valores de VEMS/CVF. Se compararmos estes resultados com os resultados apresentados no quadro 83 verificámos que as conclusões são muito semelhantes, verificando-se no entanto, um aumento do número de crianças com os valores anormais, quando expostos a valores de $PM_{10} > 0,05 \text{mg/m}^3$.

No quadro 114 fizemos a mesma análise para a estação da primavera/verão.

Quadro 114: Relação da exposição às PM_{10} nas salas de aula e os parâmetros espirométricos, na estação de primavera/verão (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

		PM ₁₀ – primavera/verão			
		Presença de Risco		Total	
		n	% coluna	n	% coluna
CVF	Anormal	399	39,2	399	39,2
	Normal	620	60,8	620	60,8
	Total	1019	100,0	1019	100,0
VEMS/CVF	Anormal	109	10,7	109	10,7
	Normal	910	89,3	910	89,3
	Total	1019	100,0	1019	100,0
VEMS	Anormal	10	1,0	10	1,0
	Normal	1009	99,0	1009	99,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEMA	Anormal	325	31,9	325	31,9
	Normal	694	68,1	694	68,1
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEM ₂₅	Anormal	15	1,5	15	1,5
	Normal	970	98,5	970	98,5
	Total	985	100,0	985	100,0
DEM ₅₀	Anormal	34	3,3	34	3,3
	Normal	985	96,7	985	96,7
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEM ₇₅	Anormal	0	0,0	0	0,0
	Normal	1019	100,0	1019	100,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	0	0,0	0	0,0
	Normal	1019	100,0	1019	100,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0

Na 2ª fase de avaliação, e tal como já referido anteriormente, todos os estudantes estavam expostos a valores de PM_{10} acima do limiar de proteção. Verificámos que os estudantes com parâmetros espirométricos anormais aumentaram de forma relevante, quando comparados com os valores obtidos ao abrigo da legislação anterior (quadro 84), onde existia um menor número de estudantes expostos.

No quadro 115 procurou-se encontrar diferenças entre os padrões espirométricos e a exposição às PM_{10} na estação de outono/inverno.

Quadro 115: Relação da exposição às PM₁₀ e os padrões espirométricos, na estação de outono/inverno (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

			PM ₁₀ - outono/inverno		Total
			Presença de risco	Ausência de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	533	16	549
		% linha	97,1	2,9	100,0
		% Coluna	54,2	45,7	53,9
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	13	0	13
		% linha	100,0	0,0	100,0
		% Coluna	1,3	0,0	1,3
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	438	19	457
		% linha	95,8	4,2	100,0
		% Coluna	44,5	54,3	44,8
Total	n	984	35	1019	
	% linha	96,6	3,4	100,0	
	% Coluna	100,0	100,0	100,0	

Teste χ^2 da independência=1,630; gl=2; p=0,443

Na 1ª fase de avaliação, não se verificou uma associação significativa ($p=0,443$) entre o padrão espirométrico e o tipo de exposição a PM₁₀. No entanto, verificamos que das 984 crianças em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (54,2%) e 438 (44,5%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. De realçar que os estudantes com parâmetros espirométricos anormais aumentaram de forma relevante, quando comparados com os valores obtidos ao abrigo da legislação anterior (quadro 87).

No quadro seguinte fizemos a mesma análise para a 2ª fase de avaliação.

Quadro 116: Relação da exposição às PM₁₀ e os padrões espirométricos, na estação de primavera/verão (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

			PM ₁₀ - primavera/verão		Total
			Presença de risco		
Padrão Espirométrico	Normal	n	612		612
		% linha	100,0		100,0
		% Coluna	60,1		60,1
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	10		10
		% linha	100,0		100,0
		% Coluna	1,0		1,0
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	397		397
		% linha	100,0		100,0
		% Coluna	39,0		39,0
Total	n	1019		1019	
	% linha	100,0		100,0	
	% Coluna	100,0		100,0	

Nesta 2ª fase de avaliação, constatámos que das 1019 crianças em presença de risco a maioria possuía um padrão espirométrico normal (60,1%) e 397 (39%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. Também neste caso, e quando comparamos estes resultados com os resultados anteriormente apresentados ao abrigo da anterior legislação, verificamos que os estudantes com parâmetros espirométricos anormais aumentaram de forma relevante (quadro 88).

6.5.3. Avaliação da relação entre as $PM_{2,5}$ e a saúde das crianças

Esta nova legislação (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro) introduziu valores de limiar de proteção para as $PM_{2,5}$. No DL 79/2006, de 4 de abril, não constava este parâmetro de avaliação da qualidade do ar interior, que curiosamente é referenciado por vários autores como sendo um dos mais perigosos para a saúde humana. Neste sentido, entendemos fazer nesta secção uma análise tendo em consideração os $0,025\text{mg}/\text{m}^3$ de limiar de proteção.

Ao pretendermos avaliar a evolução do tipo de exposição às $PM_{2,5}$ em salas de aula, da 1ª fase para a 2ª fase, de acordo com os valores de limiar de proteção referidos na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, verificámos que os 1019 estudantes quer na estação de outono/inverno quer na estação de primavera/verão se encontravam expostas a valores acima dos $0,025\text{mg}/\text{m}^3$.

A anterior legislação não contemplava valores para as $PM_{2,5}$ apenas para as PM_{10} , no entanto, e porque se entende que nas $PM_{2,5}$ estão incluídas as PM_{10} tínhamos apresentado resultados utilizando esse valor de referência, assim, ao compararmos com esta nova realidade, limiar de proteção, $0,025\text{mg}/\text{m}^3$, existiu um aumento exponencial de estudantes expostos. Isto é, no outono/inverno e na primavera/verão, com esta nova legislação, todos os alunos passaram a estar expostos a valores de $PM_{2,5}$ acima do limiar de proteção.

De seguida, procurámos avaliar a associação entre os sinais, sintomas e patologias e a exposição às $PM_{2,5}$ nas salas de aula, na estação de outono/inverno e primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da escola (Anexos 36 a 39). Verificámos que na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão todas os estudantes estavam em presença de risco. As crianças que frequentavam o 4º ano, independentemente da localização da escola, apresentaram maior número de sinais, sintomas ou patologias, comparativamente com os estudantes que frequentavam o 1º ano de escolaridade.

No quadro 117 procurámos avaliar se existiam diferenças entre os parâmetros espirométricos e a exposição às $PM_{2,5}$, nas salas de aula, na estação de outono/inverno.

Quadro 117: Relação da exposição às PM_{2,5} e os parâmetros espirométricos, na estação de outono/inverno (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

		PM _{2,5} - outono/inverno			
		Presença de Risco		Total	
		n	% coluna	n	% coluna
CVF	Anormal	460	45,1	460	45,1
	Normal	559	54,9	559	54,9
	Total	1019	100,0	1019	100,0
VEMS/CVF	Anormal	10	1,0	10	1,0
	Normal	1009	99,0	1009	99,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0
VEMS	Anormal	157	15,4	157	15,4
	Normal	862	84,6	862	84,6
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEMA	Anormal	469	46,0	469	46,0
	Normal	550	54,0	550	54,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEM _{25%}	Anormal	40	3,9	40	3,9
	Normal	979	96,1	979	96,1
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEM ₅₀	Anormal	38	3,7	38	3,7
	Normal	981	96,3	981	96,3
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEM ₇₅	Anormal	67	6,6	67	6,6
	Normal	952	93,4	952	93,4
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	11	1,1	11	1,1
	Normal	1008	98,9	1008	98,9
	Total	1019	100,0	1019	100,0

Verificámos que das 1019 crianças em presença de risco existiam percentagens elevadas de crianças com parâmetros anormais, nomeadamente: 45,1% (n=460) apresentava o CVF anormal, 46% (n=469) possuía o DEMA anormal e 157 crianças (15,4%) apresentavam o VEMS anormal.

No quadro 118 fizemos a mesma análise para a estação da primavera/verão.

Quadro 118: Relação da exposição às PM_{2,5} nas salas de aula e os parâmetros espirométricos, na estação de primavera/verão (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

		PM _{2,5} - primavera/verão			
		Presença de Risco		Total	
		n	% coluna	n	% coluna
CVF	Anormal	399	39,2	399	39,2
	Normal	620	60,8	620	60,8
	Total	1019	100,0	1019	100,0
VEMS/CVF	Anormal	109	10,7	109	10,7
	Normal	910	89,3	910	89,3
	Total	1019	100,0	1019	100,0
VEMS	Anormal	10	1,0	10	1,0
	Normal	1009	99,0	1009	99,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEMA	Anormal	325	31,9	325	31,9
	Normal	694	68,1	694	68,1
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEM ₂₅	Anormal	15	1,5	15	1,5
	Normal	970	98,5	970	98,5
	Total	985	100,0	985	100,0
DEM ₅₀	Anormal	34	3,3	34	3,3
	Normal	985	96,7	985	96,7
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEM ₇₅	Anormal	0	0,0	0	0,0
	Normal	1019	100,0	1019	100,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0
DEMM ₂₅₋₇₅	Anormal	0	0,0	0	0,0
	Normal	1019	100,0	1019	100,0
	Total	1019	100,0	1019	100,0

Constatamos que das 1019 crianças em presença de risco existiam percentagens elevadas de crianças com parâmetros anormais, nomeadamente: 39,2% (n=399) apresentava o CVF anormal, 31,9% (n=325) possuía o DEMA anormal.

No quadro 119 procurou-se encontrar diferenças entre os padrões espirométricos e a exposição às PM_{2,5} na estação de outono/inverno.

Quadro 119: Relação da exposição às PM_{2,5} e os padrões espirométricos, na estação de outono/inverno (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

			PM _{2,5} - outono/inverno	Total
			Presença de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	549	549
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	53,9	53,9
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	13	13
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	1,3	1,3
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	457	457
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	44,8	44,8
Total		n	1019	1019
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	100,0	100,0

Verificámos que das 1019 crianças em presença de risco a maioria possuía um padrão espirométrico normal (53,9%), porém 457 (44,8%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 13 possuía distúrbio ventilatório obstrutivo.

No quadro seguinte fizemos a mesma análise para a 2ª fase de avaliação.

Quadro 120: Relação da exposição às PM_{2,5} e os padrões espirométricos, na estação de primavera/verão (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro)

			PM _{2,5} - primavera/verão	Total
			Presença de risco	
Padrão Espirométrico	Normal	n	612	612
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	60,1	60,1
	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	n	10	10
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	1,0	1,0
	Distúrbio Ventilatório Restritivo	n	397	397
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	39,0	39,0
Total		n	1019	1019
		% linha	100,0	100,0
		% Coluna	100,0	100,0

Constatámos que das 1019 crianças em presença de risco a maioria possuía um padrão espirométrico normal (60,1%), porém 397 (39%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 10 possuía distúrbio ventilatório obstrutivo.

CAPÍTULO VII

DISCUSSÃO

Neste estudo pretendeu-se avaliar o impacto na saúde das crianças da exposição ao ar interior nas escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico do Concelho de Coimbra.

Embora os resultados se encontrem analisados por escola (e sala de aula), onde se encontram exploradas todas as situações relacionadas com a monitorização da qualidade do ar, o capítulo de discussão de resultados será organizado tendo em consideração a presença de risco para a saúde pública. Desta forma, pretende-se a simplificação da discussão de resultados e a comparação com investigações similares efetuadas em estabelecimentos escolares.

O capítulo discussão de resultados encontra-se estruturado em três secções.

Na primeira secção serão analisados e discutidos os resultados obtidos através das recolhas ambientais efetuadas nas escolas alvo de estudo, no interior das salas de aula e no exterior tendo em consideração o DL 79/2006 e DL 80/2006, de 4 de abril, fazendo, no entanto, uma comparação ao limiar de proteção consubstanciado na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, a vigorar desde dezembro de 2013.

Na segunda parte serão analisados e discutidos os resultados alusivos à perceção dos pais/encarregados de educação das crianças em estudo obtidos através da análise ao questionário distribuído, e também os resultados obtidos através das espirometrias realizadas às crianças.

Na terceira e ultima parte será efetuada uma análise exploratória entre os parâmetros ambientais que se encontravam acima da concentração máxima de referência de acordo com o DL 79/2006, de 4 de abril, e a saúde das crianças. Nesta parte analisaremos também os resultados ambientais mais preocupantes e que se encontravam acima do limiar de proteção referenciado na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro.

7.1. Monitorização da qualidade do ar

A inadequada QAI pode afetar negativamente a qualidade de vida dos ocupantes dos edifícios, influenciando o seu estado de saúde. As crianças passam grande parte do seu tempo nas escolas, constituindo um grupo de risco que pode apresentar vulnerabilidades quando exposto a um ambiente interior de menor qualidade. A QAI resulta não só da presença e intensidade das fontes de poluentes, como da ventilação dos locais e da qualidade do ar exterior.

Apesar da maioria dos parâmetros ambientais estarem abaixo da CMR, nesta investigação identificaram-se salas de aula com um ou vários parâmetros acima da concentração máxima de referência definida legalmente pelo DL 79/2006, de 4 de abril, designadamente o CO₂, as PM₁₀, os COVs e o CH₂O, evidenciando quer a existência de fontes emissoras quer problemas na renovação de ar.

Todos os outros parâmetros avaliados estiveram genericamente abaixo dos limites considerados e, na maioria dos casos, eram mesmo inferiores ao limite de deteção dos equipamentos.

7.1.1. Avaliação do CO₂

Nesta investigação, os resultados mais significativos, relevantes e preocupantes, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, referiram-se às concentrações de CO₂, as quais se encontravam, maioritariamente, acima da concentração máxima de referência (DL 79/2006). Dado que a única fonte de contaminação nas salas de aula estudadas com este gás era o metabolismo dos estudantes, o seu teor foi usado como indicador do grau de viciação do ambiente interior, possibilitando assim dar uma indicação sobre a QAI.

Verificámos que existiam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,0001$) entre as duas fases de avaliação (outono/inverno e primavera/verão). Os resultados encontrados na estação outono/inverno revelaram teores de CO₂ mais elevados relativamente à estação de primavera/verão. Verificámos que das 82 salas de aula monitorizadas, apenas 14 salas estavam abaixo da CMR. De realçar ainda, que 35 apresentaram concentrações médias de CO₂ acima dos 1500ppm, o que demonstra que nestas salas de aula os estudantes estavam expostos a uma média ou elevada exposição. Nesta fase de avaliação existiam 856 estudantes expostos a concentrações médias de CO₂ acima da CMR. Na 2ª fase de avaliação, verificámos que em 41 salas de aula as concentrações médias de CO₂, se encontravam abaixo da CMR. Verificou-se que 84% (n=856) das crianças em estudo estiveram inicialmente expostas a valores de risco de CO₂, no entanto, na 2ª fase de avaliação constatámos que esse valor diminuiu para 37,7% (n=384). Também Fernandes *et al.* (2009a), no seu estudo, cujo objetivo consistiu em caracterizar a QAI de salas de aula de escolas na cidade do Porto, encontraram elevadas concentrações de CO₂ em escolas, quer no inverno quer na primavera. Durante a primavera/verão, os autores verificaram um decréscimo dos valores de concentração de CO₂. Referem igualmente que o facto das salas de aula estarem normalmente “sobrelotadas” contribuiu para os elevados níveis de CO₂ encontrados.

Verificámos também que as concentrações médias de CO₂ no interior das salas de aula, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, eram muito superiores às concentrações médias encontradas no exterior. No estudo realizado por Fernandes *et al.* (2008), também se verificou uma concentração de CO₂ no exterior inferior às concentrações verificadas no interior das salas de aula. Observou-se que as salas onde era prática deixar as portas e janelas abertas durante as aulas eram as que apresentaram melhores valores, assim como as que tinham um número médio de estudantes reduzido (<10). Os resultados encontrados nesta investigação demonstram que é nas zonas urbanas (mediamente e predominantemente) que as concentrações médias de CO₂ no ambiente são mais elevadas, comparativamente com as concentrações

médias das zonas rurais. Vários estudos que compararam a poluição do ar interior e ambiente, em zonas rurais e urbanas, referem que as altas concentrações no exterior, se encontram nas cidades (Simoni *et al.*, 2004; Gallego *et al.*, 2008).

Tendo em consideração os novos valores de limiar da proteção, referidos na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, concluímos que o número de estudantes expostos ao CO₂ diminuiu quer na primeira fase de avaliação quer na segunda, no entanto, e uma vez que este parâmetro é o principal indicador das condições de renovação de ar em espaços fechados, verificou-se, face aos resultados obtidos, que existia uma deficiente renovação de ar no interior da generalidade das salas de aulas. A volumetria das salas, associada ao número de estudantes das salas, não permitia que o arejamento das salas durante os intervalos seja suficiente para baixar os níveis de CO₂ a valores aceitáveis. Algumas salas tinham as janelas abertas durante o decorrer das aulas, no entanto, esta prática nem sempre era possível devido à existência de ruído no exterior ou ainda quando as condições climatéricas no exterior, nomeadamente frio e chuva, não o permitiam. O arejamento durante a noite seria uma boa prática (exceto no período de frio), apesar dos responsáveis pelas escolas referirem que, por motivos de segurança, tal prática não era possível. Vários estudos recentes, alguns portugueses (Viegas *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2011; Pegas, 2012), têm revelado a existência de teores de CO₂ elevados em escolas devido à elevada densidade de ocupação e à insuficiente ventilação (Dijken *et al.*, 2006; Mumovic *et al.*, 2009; Borodinecs *et al.*, 2009; Al-Rashidi *et al.*, 2012).

Nesta investigação, certas salas chegaram a apresentar concentrações médias quatro vezes superiores à CMR, nomeadamente salas que não abriram as janelas no intervalo quer por estar frio no exterior quer por a sala estar num piso muito alto e existir o receio de quedas ou ainda devido ao ruído exterior como, por exemplo, do trânsito. De referir como exemplo, a escola EB1 de S. Bartolomeu, situada no centro da cidade de Coimbra, junto a uma via rodoviária muito movimentada, onde era de todo impossível abrir qualquer janela devido ao ruído e poluição exteriores. No estudo realizado por Cano *et al.* (2012), em que realizaram medições da QAI em dezanove escolas portuguesas de Lisboa e do Porto, durante a primavera de 2011, com o objetivo de caracterizar o ambiente interno, verificaram que existiam diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações médias de CO₂ nas escolas de Lisboa e do Porto. Constataram que 50% das salas de aula avaliadas estavam acima da CMR de CO₂. Verificaram também que as diferenças entre o CO₂ no interior e no exterior eram influenciadas pelo tipo de janela, o que influenciava os hábitos de ventilação, com diferenças superiores obtidas em salas de aula com janelas de batente, seguido por janelas de correr e janelas basculantes que eram mantidas habitualmente abertas. A permeabilidade da envolvente, interferindo com a ventilação dos compartimentos, pode influenciar a QAI. Viegas *et al.* (2012), observaram que compartimentos dotados de janelas de PVC apresentavam teores de CO₂ mais elevados que os compartimentos dotados de janelas de madeira. Neste estudo e apesar de não termos avaliado essa variável, constatámos que existiam muitas escolas, renovadas recentemente, que possuíam janelas de PVC.

Estes resultados levantam uma série de questões que deverão ser alvo de reflexão por parte dos governantes e de quem tem responsabilidades nesta área, nomeadamente com as últimas reestruturações efetuadas ao nível das escolas e dos agrupamentos. Ao criarem-se mega agrupamentos, e aumentando,

consequentemente o número de estudantes por sala, vai diminuir o número de turmas, o que nos leva a colocar a seguinte questão: Não estaremos a diminuir a QAI e consequentemente a diminuir a saúde das crianças?

Altos teores de CO₂ aparecem muitas vezes associados a altos teores de outros poluentes (Norback *et al.*, 2011; Pegas *et al.*, 2011). Neste estudo, e tal como já referimos anteriormente, para além do CO₂, algumas salas de aula apresentaram concentrações médias elevadas de poluentes, ultrapassando a CMR, nomeadamente os COVs, CH₂O e as partículas.

7.1.2. Avaliação das PM₁₀

Nos últimos anos, tem-se dado grande relevância à QAI nas escolas em todo o mundo. Com o objetivo de caraterizar o nível de poluição do ar e comparar as concentrações obtidas com a legislação em vigor, Lee e Chang (2000) investigaram a QAI exterior em cinco escolas de Hong Kong. Procederam à medição da Hr, T^º, CO₂, SO₂, NO, NO₂, PM₁₀, CH₂O e material microbiológico. Os autores destacaram as partículas e as concentrações de CO₂ como os compostos mais preocupantes. As concentrações de CO₂ excederam o valor limite estabelecido (1800mg/m³), o que aponta a ventilação como deficiente em todas as escolas. Quanto à concentração de PM₁₀, esta excedeu o valor de exposição máximo aconselhado, 1000µg/m³.

Também nesta investigação, o CO₂ e as PM₁₀ revelaram-se preocupantes para a saúde das crianças. Os resultados relativos às PM₁₀, demonstram que existiu um maior número de salas de aula com valores acima da CMR no outono/inverno (21 salas de aula) relativamente à primavera/verão (11 salas de aula), provavelmente devido a menores taxas de ventilação. Verificámos ainda que no outono/inverno a concentração média no interior das salas de aula era significativamente superior à concentração média no exterior. Neste sentido, provavelmente as fontes importantes de partículas são originadas no interior. Também no estudo realizado por Borrego *et al.* (2008), cujo objetivo essencial consistia em contribuir para a melhoria da qualidade de vida das populações abrangidas, mediante a avaliação do impacte da qualidade do ar na saúde das pessoas, os autores verificaram elevadas concentrações de partículas em especial no inverno e constataram ainda que os níveis no ar interior das escolas eram superiores aos observados no exterior, demonstrando a importância das fontes de emissão de partículas no interior e taxas de ventilação mais elevadas no verão. Os autores procederam ao estudo e análise da relação entre a qualidade do ar e a saúde respiratória das crianças em idade escolar da cidade de Viseu, através da medição e acompanhamento dos níveis de exposição à poluição atmosférica. Fromme *et al.* (2007) analisaram a QAI em 64 escolas da cidade de Munique e num distrito fora dos limites da cidade. Avaliaram a T^º, Hr e CO₂ e partículas, em 92 salas de aula no inverno e 75 no verão. As concentrações de CO₂ e de partículas no interior das salas de aulas revelaram ser mais elevadas no inverno, sensivelmente o dobro do verão. Os autores referem que o número elevado de estudantes face ao reduzido tamanho das salas de aula, associados à má ventilação, originaram um aumento das concentrações de partículas e de CO₂ no inverno. Realizaram ainda um outro estudo, em duas salas de aula localizadas a norte de Munique cujo objetivo foi caraterizar as propriedades químicas e

morfológicas das partículas nas salas de aula e no ambiente exterior. Verificaram que as concentrações de PM_{10} foram de $118,2\mu\text{g}/\text{m}^3$ no interior e de $24,2\mu\text{g}/\text{m}^3$ ao ar livre. Relativamente às $PM_{2,5}$ foram de $37,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $17\mu\text{g}/\text{m}^3$, no interior e exterior, respetivamente. Eles estimaram que 43% do $PM_{2,5}$ e 24% do PM_{10} eram de origem vegetal. Devido à composição das partículas na sala de aula, por exemplo, concentrações de cálcio, os autores sugerem que as principais fontes interiores serão o desgaste dos materiais de construção, giz e materiais de origem terrestre. Encontraram também elevadas concentrações de potássio e magnésio, facto que reforça a contribuição dos materiais de origem terrestre.

Verificámos ainda, que as salas de aula com pavimento de madeira revelaram valores mais elevados de PM_{10} , no outono/inverno e na primavera/verão. Estes valores foram estatisticamente significativos na 2ª fase de avaliação. No estudo realizado por Cano, M. *et al.* (2012), relativo à avaliação da qualidade do ar em 19 escolas (projeto ENVIRH), também os autores observaram uma associação estatisticamente significativa entre as concentrações de PM_{10} e do tipo de material de revestimento do piso, nomeadamente, piso de madeira/cortiça *versus* piso de mosaico; piso de madeira/cortiça *versus* piso de PVC e piso de mosaico *versus* piso de PVC, esta sem significância estatística. Observaram que um dos determinantes das concentrações de PM_{10} no interior estava, também, relacionado com o material de revestimento do piso. O piso de madeira é mais suscetível de constituir uma fonte interior de PM_{10} , provavelmente devido às fissuras existentes entre as tábuas, ou os tacos, o que faz com que a limpeza se torne mais difícil impedindo a sua remoção.

As elevadas concentrações de partículas, que foram detetadas no interior estão também, provavelmente, relacionadas com as atividades das crianças que transportam as partículas depositadas, para o ar. Almeida *et al.* (2011) e Pegas (2012), nos seus estudos, verificaram que as atividades das crianças contribuíram para o aumento das partículas em suspensão. Branis *et al.* (2005), estudaram em Praga, o efeito do ar exterior e da atividade humana nas concentrações de PM_{10} , $PM_{2,5}$ e $PM_{1,0}$, no interior. Esta avaliação foi realizada num período considerado meteorologicamente estável e sem elevada poluição, tendo os resultados confirmado que a atividade humana é um fator relevante para os níveis elevados de partículas no interior e que estas estão significativamente influenciadas pela concentração de partículas do ambiente exterior.

Outra justificação para as fontes interiores de PM_{10} , nas escolas em avaliação, poderá recair sobre a utilização de quadro de lousa e giz (88,3%). De facto é de realçar a quase inexistência de quadros com recurso a canetas, ou interativos. Cano, M. *et al.* (2012), também referem no seu estudo que uma das fontes interiores de PM_{10} , era o uso de giz na maioria das salas de aula avaliadas (90% das escolas avaliadas possuíam quadros de lousa).

Nesta investigação, encontrámos outras causas prováveis para explicar alguns dos resultados encontrados, nomeadamente o facto de a maioria das salas de aula possuírem e utilizarem grandes quantidades de papel acumulados nos armários e nas prateleiras e, também, o facto das salas de aula serem utilizadas como armazéns de imensos materiais e equipamentos e ainda, servirem para vários fins (várias funções ou atividades).

Verificámos ainda que a concentração média de PM_{10} , na estação de outono/inverno, nas salas de aula localizadas em zonas mediantemente urbanas era significativamente superior à concentração verificada nas escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas ou rurais. Na mesma estação do ano mas relativamente ao exterior, não se verificaram diferenças significativas. No entanto, os resultados sugerem que as escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas apresentavam valores ligeiramente inferiores às outras localizações. Apesar das fontes interiores terem grande relevância neste estudo, mas sabendo que os fenómenos meteorológicos são responsáveis pela disseminação e diluição da concentração dos poluentes do ar, constitui, um desafio a quantificação da diluição da mesma em função das condições meteorológicas. Esta afirmação leva-nos a pensar que, muitas vezes, a poluição gerada nos grandes centros urbanos e industriais se dissipa para zonas rurais distantes da fonte de poluentes. Uma reflexão mais atenta aos fenómenos meteorológicos e à influência exercida sobre os poluentes atmosféricos conduz-nos à conclusão de que as zonas que são afetadas pela poluição nem sempre se localizam junto das fontes emissoras de poluentes (Gomes, 2010).

Na estação de primavera/verão também verificámos que existiam diferenças estatisticamente significativas quer no interior das salas de aula quer no exterior. As escolas localizadas em zonas predominantemente rurais revelaram concentrações superiores face às outras localizações. Este resultado indica que as concentrações verificadas no interior poderão estar, também, associadas às concentrações verificadas no exterior das salas de aula, que poderá justificar-se pelo recurso regular, nestas zonas consideradas rurais, à queima de resíduos aquando da limpeza das terras de cultivo para as sementeiras (Borrego *et al.*, 2008), bem como aos incêndios verificados nesta altura do ano.

Se ao abrigo do DL 79/2006, de 4 de abril, existiam alguns alunos expostos a valores acima da CMR, que já eram preocupantes em termos de saúde, de acordo com os novos valores de limiar de proteção (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro), o aumento da exposição foi dramático, passámos para 984 estudantes expostos no outono/inverno e para 1019 (100% dos analisados) na primavera/verão. Esta alteração legislativa tem com certeza na sua base, as consequências, evidenciadas por inúmeros autores por todo o mundo, ou seja, os malefícios, que as PM_{10} provocam na saúde humana. Os resultados encontrados nesta investigação levam-nos a pensar que Portugal tem que refletir sobre as pressões do desenvolvimento económico e social que colocam em causa a saúde das pessoas. Será que vale a pena não investir no desenvolvimento de melhores condições nas escolas? Não é preferível atuar ao nível da prevenção da doença e promoção da saúde em vez de aumentarmos as despesas com a saúde, com o absentismo ao trabalho, etc.?

7.1.3. Avaliação das $PM_{2,5}$

Comparando os resultados das PM_{10} com os resultados das $PM_{2,5}$, verificámos que no interior das salas de aula e no exterior, as concentrações médias eram muito semelhantes, embora ligeiramente inferiores aos valores de PM_{10} . Constatámos também que as concentrações médias de $PM_{2,5}$ no exterior das salas de aula

são inferiores no outono/inverno comparativamente ao interior e ligeiramente superiores na primavera/verão. Esta variação verificada na concentração das partículas de diferentes tamanhos, de acordo com Estoková *et al.* (2010), pode dever-se a vários fatores. O número de estudantes, o seu comportamento, e a quantidade de fontes interiores de contaminação, provocam variações temporais e espaciais da distribuição das partículas. Também os processos húmidos de limpeza, lavagem e secagem elevam a humidade relativa, que pode originar variações na distribuição do tamanho das partículas.

Verificámos ainda que a concentração média de $PM_{2,5}$ na estação de outono/inverno, nas salas de aula localizadas em zonas predominantemente urbanas, era inferior à concentração verificada nas escolas localizadas em zonas mediantemente urbanas ou predominantemente rurais. Na mesma estação do ano mas relativamente ao exterior, não se verificaram diferenças significativas. No entanto, os resultados indicaram que as escolas localizadas em zonas predominantemente rurais apresentavam valores ligeiramente superiores às outras localizações. Uma das fontes a considerar neste caso, e porque a maioria destas escolas (principalmente as localizadas em zonas predominantemente rurais), recorria ao uso do aquecimento através de lenha, é a queima da madeira (na maioria dos casos oferecida pela Junta de Freguesia da zona). Também Borrego *et al.* (2008), no seu estudo, considerou como uma fonte importante de partículas, o uso recorrente e frequente da queima de madeira para aquecimento residencial das pessoas que habitavam as zonas rurais.

Importa mencionar que para este parâmetro a legislação portuguesa não apresentava valores de CMR, até dezembro de 2013. Este facto levou-nos a questionar, sendo as partículas em suspensão um dos principais poluentes em termos de efeitos na saúde humana – as $PM_{2,5}$ são partículas consideradas inaláveis – porque razão foram ignoradas na qualidade do ar interior, durante anos? O conhecimento e preocupação com tal facto deve convergir na colocação das questões de saúde, por se entender que qualquer dano causado no ambiente resulta em prejuízos, quer sejam diretos e/ou indiretos no homem. Sabe-se que a gravidade da influência das partículas está relacionada não só com a sua composição, mas também com a sua penetração e deposição no sistema respiratório humano. Perante este facto pergunta-se porque os responsáveis governamentais não revelaram preocupação em legislar as recomendações para este poluente atmosférico, para ambientes interiores, há mais tempo?

Tendo em consideração os resultados deste trabalho de investigação, e os valores mencionados na Portaria-353-A/2013, as conclusões são desastrosas! Todos os alunos estavam expostos a $PM_{2,5}$ acima do limiar de proteção, quer na 1ª fase quer na 2ª fase de avaliação. Questionamos como foi possível ignorar no controlo da QAI, durante décadas este poluente atmosférico que provoca efeitos nefastos na saúde das pessoas, principalmente das crianças?

É certo que muitas questões ainda necessitam de resposta por mais estudos que se façam, apesar de se saber que a poluição atmosférica é prejudicial à saúde humana e ser uma situação com fortes repercussões na população. A não inclusão deste parâmetro na legislação da QAI, e conseqüentemente a não realização da sua monitorização, poderá trazer graves conseqüências para a saúde humana.

7.1.4. Avaliação dos COVs

Verificámos que as concentrações médias de COVs encontravam-se, de uma forma geral, abaixo do valor de referência, apresentando no entanto valores significativos em termos de exposição individual. Quer no outono/inverno quer na primavera/verão, constatámos duas salas de aula (de escolas diferentes) com concentrações médias acima do valor referenciado.

Os estudantes avaliados neste estudo eram todos do 1º ciclo, e como é normal nestas idades, realizam ao longo da semana, atividades e tarefas com determinados materiais e produtos à base de compostos orgânicos voláteis, nomeadamente as colas, tintas, plasticinas, vernizes, entre outros, nas salas onde têm a sua atividade letiva normal. Assim, entendemos que são muitas as fontes de poluição, nomeadamente o uso de produtos de limpeza, fotocopiadoras, decoração, mobiliário e materiais de construção. No entanto, consideramos que muito provavelmente, as atividades de trabalhos manuais contribuíram para explicar alguns resultados obtidos neste estudo. Os compostos orgânicos podem ter uma origem diversificada, mas, indubitavelmente, as principais fontes dos COVs estão no interior das escolas, como por exemplo os produtos de construção, mobiliário e decoração, atividades de manutenção e as relacionadas com o lazer (Kim *et al.*, 2009; Casset, 2008). Também no estudo de Fernandes *et al.*, (2009a) foram encontrados valores de COVs acima da CMR em quatro salas de aula. A explicação para a fonte da contaminação incidiu sobre uma sala onde eram usados muitos solventes e colas em trabalhos manuais e, também, o facto da sala ter sido pintada recentemente.

Verificámos também que no interior os valores médios (outono/inverno e primavera/verão) foram sempre mais elevados dos que os encontrados no exterior das escolas. Fernandes *et al.* (2009a) também verificaram que as concentrações de COVs no interior geralmente excederam os níveis verificados no exterior. De facto, dos poluentes do ar interior, os mais característicos são os COVs. De acordo com Rumchev *et al.* (2004), as concentrações de COVs no ar interior podem ser cinco a dez vezes superior às encontradas no ar exterior. Face a esta situação, Proença *et al.*, (2010), propõem duas estratégias elementares: a ventilação dos espaços e o controlo das fontes.

Constatámos ainda que as concentrações de COVs era mais elevada no interior das salas de aula pertencentes a escolas localizadas em zonas predominantemente rurais, quer no outono/inverno quer na primavera/verão. No entanto, na estação de primavera/verão a diferença era significativa. Como neste estudo apenas duas escolas estavam localizadas em zonas predominantemente rurais e os valores encontrados no exterior foram inferiores, podemos deduzir que o resultado sugere que a fonte não seja o exterior, sendo a justificação mais provável as condições estruturais e funcionais das escolas em causa.

As escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas revelaram valores no exterior superiores relativamente às escolas localizadas noutras zonas. Essas diferenças, na estação de primavera/verão, foram significativas. Este facto pode ser explicado tendo em consideração que os COVs são hidrocarbonetos que resultam de atividades antropogénicas relacionadas com a queima de combustíveis, como, por exemplo, os processos industriais, os quais se localizam maioritariamente em zonas predominantemente urbanas.

7.1.5. Avaliação do CH₂O

Relativamente às concentrações de formaldeído, verificámos que na maioria das escolas, estas foram inferiores ao limite detetável pelo equipamento utilizado. No entanto, numa sala de aula (do 1º ano da EB1 de Vendas de Ceira), os valores da CMR foram ultrapassados, na estação de primavera/verão. Além desta, outras duas salas de aula, pertencentes ao Colégio Bissaya Barreto e à EB1 de Souselas, apresentaram valores com alguma expressividade em ambas as estações, apesar dos valores estarem abaixo da CMR. As concentrações medidas no interior das escolas foram superiores às concentrações exteriores. Resultado semelhante obtido por Borrego *et al.* (2008) no seu estudo. Na 2ª fase de avaliação (primavera/verão) as concentrações revelaram médias significativamente superiores de formaldeído comparativamente à fase de outono/inverno. Efetivamente, o formaldeído é uma substância que se difunde das superfícies, que quando sujeito a temperaturas mais elevadas origina um aumento da emissão deste composto. Os resultados obtidos, no que diz respeito ao formaldeído, contribuem para demonstrar que este poluente tem como principal fonte o interior, como por exemplo os solventes utilizados na fabricação de mobiliário e não o exterior. No estudo realizado por Cano, M. *et al.* (2012), verificaram que, tal como neste estudo, que as concentrações de formaldeído foram aceitáveis na maioria das salas de aula. Os autores constataram, também, que as concentrações médias de formaldeído estavam abaixo do limite de deteção.

Verificámos também que na estação de outono/inverno, as concentrações de formaldeído no interior das escolas eram inferiores nas localizadas em zonas predominantemente urbanas, mas sem significância. No exterior, verificámos que as escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas apresentaram concentrações ligeiramente superiores às verificadas em outras localizações. Na primavera/verão as concentrações no interior das escolas foram superiores, mas sem significância, nas situadas em zonas rurais. No exterior, verificámos que as escolas localizadas em zonas rurais apresentaram valores significativamente superiores às concentrações verificadas nas escolas localizadas em zonas predominantemente ou mediamente urbanas. Sofuoglu *et al.* (2011) analisaram na primavera, outono e inverno as concentrações de COVs e formaldeído em três salas de aula de escolas da Turquia e ao ar livre. Os autores identificaram o formaldeído como o poluente mais preocupante com elevados níveis de risco tóxico e cancerígeno.

É importante mencionar e realçar que o formaldeído é um composto volátil que é libertado a partir de uma variedade de fontes, incluindo materiais de edifícios, produtos de consumo e móveis. É classificado como carcinogéneo humano pela International Agency for Research on Cancer (IARC). Em 1981, foi realizada a primeira avaliação pela IARC, atualizada em 1982, 1987, 1995 e 2004, considerando-o como um agente cancerígeno do grupo 2A (provavelmente carcinogénico). Recentemente, em 2006, considera o formaldeído no Grupo 1 (agente carcinogénico) baseado na certeza de que a exposição a formaldeído é suscetível de causar cancro nasofaríngeo em humanos (Binetti, Costamagna e Marcello, 2006; Schulte *et al.*, 2006; IARC, 2006). Outros estudos referem uma provável associação entre a exposição a formaldeído e um aumento da mortalidade por leucemia (Coggon *et al.*, 2003; Hauptmann *et al.*, 2003). A exposição a níveis moderados de formaldeído pode causar uma série de sintomas irritantes, incluindo lesões temporárias dos olhos, do nariz, e da faringe (Pegas, 2012).

7.1.6. Avaliação do CO

Tal como já mencionámos, para além dos parâmetros ambientais analisados anteriormente, todos os outros parâmetros avaliados encontravam-se abaixo da CMR. Dentro destes, destacamos as concentrações médias do CO que estavam muito abaixo do valor de referência, quer no outono/inverno quer na primavera/verão.

Na estação de outono/inverno, constatámos que a concentração média verificada no interior das escolas situadas em zonas rurais foi significativamente superior às concentrações encontradas nas outras duas zonas. Provavelmente, porque em muitas escolas o aquecimento era feito com recurso a aquecedores elétricos, contrariamente às localizadas nas zonas rurais que recorriam ao uso das salamandras, que, frequentemente, apresentam problemas de extração de fumo. No estudo de Cano, M. *et al.* (2012) também não foram encontrados valores relevantes de CO, estando efetivamente muito abaixo do valor limite legislado. Chaloulakou e Mavroidis (2002) avaliaram a concentração de CO no interior de uma escola na Grécia e no exterior e detetaram concentrações baixas nas salas de aula.

7.1.7. Avaliação do O₃

De acordo com WHO (2010a), altas concentrações de O₃ podem causar problemas respiratórios, desencadear asma, reduzir a função pulmonar e causar doenças de longa duração. Neste estudo, as concentrações medidas de O₃ foram quase sempre inferiores ao nível de deteção. Não foram detetadas concentrações médias relevantes de O₃ na estação de outono/inverno ou na estação de primavera/verão, quer nas salas de aula quer no ar ambiente. Algumas salas apresentaram valores mais elevados perto do limite da CMR. Yontz (2003), descreve que poderá ser agravado devido à existência de equipamentos, como por exemplo, fotocopiadoras, impressoras a laser ou computadores que são responsáveis pela emissão deste poluente, quando presentes no interior de um espaço fechado. As diferenças verificadas entre as duas avaliações mostraram que estas são ligeiramente mais elevadas na 1ª fase de avaliação, contrariamente ao esperado, pois geralmente as concentrações de O₃ são mais elevadas nos períodos de verão do que no inverno. A 2ª fase de avaliação deste trabalho terminou em junho pelo que as altas temperaturas têm maior expressão nos meses seguintes e, por isso, estes resultados devem-se provavelmente a uma menor radiação solar e a temperaturas mais baixas, ainda que as diferenças não tenham sido significativas.

Apesar de não haver diferenças estatisticamente significativas verificámos que, quer na 1ª fase de avaliação quer na 2ª, as concentrações médias de O₃ no interior eram maiores nas escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas. Muito provavelmente estes resultados são atribuídos ao facto de nestas escolas, as salas de aula estarem mais bem apetrechadas de equipamento elétrico e eletrónico, como por exemplo, as fotocopiadoras e os computadores.

Relativamente às concentrações médias no exterior, no outono/inverno estas foram superiores nas escolas localizadas em zonas mediantemente urbanas enquanto que na primavera/verão estas foram mais elevadas nas escolas situadas em zonas predominantemente rurais. Estas concentrações deverão estar relacionadas com o

facto da reação de conversão de NO a NO₂, que ocorre junto das vias de tráfego, utilizando O₃, poderá também estar relacionado com o complexo mecanismo de formação do ozono. Assim se explica que nos pontos onde o tráfego é mais reduzido (zonas predominantemente rurais) a concentração de O₃ ser mais elevada.

Apesar de neste estudo não existirem concentrações médias de O₃ relevantes para a saúde das crianças, e de este poluente existir geralmente em maiores concentrações no exterior, coloca-se a questão do porquê deste parâmetro deixar de constar da lista de poluentes a avaliar na QAI. Trata-se de um poluente, que em conjunto com as partículas é apontado como dos mais perigosos para a saúde humana.

7.1.8. Avaliação do NO₂ e SO₂

O NO₂ é um poluente que está relacionado com as fontes de combustão. É um gás irritante e pode aumentar a suscetibilidade a infeções das vias aéreas e prejudicar a função pulmonar em populações expostas. Estudos experimentais, de exposição controlada de curta duração em humanos, indicaram pequenas alterações na função pulmonar em pessoas com asma (WHO, 2010a). A legislação portuguesa não estabelece qualquer concentração máxima de referência para o NO₂ e SO₂ em estabelecimentos públicos, no entanto, também não foram detetados na maioria das escolas valores quantificáveis de NO₂ e de SO₂. No exterior, os valores encontrados também foram muito baixos. Face a estes resultados podemos afirmar que estes dois poluentes não constituem um problema ambiental para as escolas do concelho de Coimbra. O SO₂ provém fundamentalmente da combustão de carvão e de combustíveis líquidos, bem como da queima de biomassa. O enxofre libertado por estes combustíveis durante a queima, combinado com o oxigénio do ar origina o SO₂. É sabido que em Coimbra são poucas ou com pouca expressividade as indústrias, refinarias e centrais térmicas. Associado a esta questão poderíamos ser levados a pensar que nas escolas que se situam junto às vias de tráfego, devido ao intenso tráfego que se faz sentir, as concentrações de SO₂ fossem bastante mais elevadas, mas tal não se verificou, uma vez que os combustíveis têm uma baixa concentração de enxofre.

7.1.9. Avaliação da temperatura, humidade relativa e velocidade do ar

A temperatura e a humidade relativa são também fatores importantes no que diz respeito aos níveis de conforto do ar interior. Podem também contribuir para o desenvolvimento e propagação de contaminantes microbiológicos, bactérias, fungos e ácaros, podendo afetar também a saúde humana. Mendell *et al.* (2002b) referem que quer a temperatura quer a humidade relativa provocam irritação das mucosas dos olhos.

Relativamente aos valores de temperatura, na estação do outono/inverno, verificámos que as temperaturas médias do ar observadas em sensivelmente 50% das salas de aula (n=40) encontravam-se abaixo do mencionado no DL n.º 80/2006, de 4 de abril, (20°C). De realçar que nalgumas escolas obtiveram-se valores abaixo dos 17°C, chegando mesmo a valores de 14,15°C (sala do 4.º ano da EB1 de Adémia). Todas as escolas

avaliadas possuíam aquecimento, no entanto, devido à idade, às próprias dimensões e às condições de isolamento das escolas, este não era eficiente.

Na 2ª fase de avaliação, constatámos que das 82 salas avaliadas, a maioria (n=42) possuía valores da temperatura do ar acima do valor referenciado (25°C), chegando até aos 30,2°C numa sala (sala do 4º ano do Colégio Bissaya Barreto). Verificámos, no outono/inverno, que a temperatura média no interior das salas de aula (20°C) foi mais elevada (como era expetável) do que a temperatura média verificada no exterior (17°C). Na primavera/verão a média, quer no interior quer no exterior foi a mesma (24°C). Estes resultados vão de encontro ao mencionado por Annesi-Maesano *et al.* (2012). Segundo o qual, que de uma forma geral a temperatura é mais alta no interior dos edifícios do que no exterior. Devido à temperatura exterior e devido ao facto de nenhuma das escolas avaliadas possuir sistema de arrefecimento, os valores de temperatura foram elevados no interior das salas de aula. Vários estudos mencionam diferentes valores de temperatura encontrados no interior das salas de aula. A temperatura máxima numa sala de aula sem ventilação mecânica foi de 29,5°C e foi observada por Zuraimi *et al.* (2007). A temperatura mínima observada numa sala de aula foi de 14,7°C (Zhao *et al.*, 2008). Tendo em consideração Annesi-Maeasno *et al.* (2012), outras temperaturas foram encontradas entre os 20°C e os 25°C. Realça-se o facto do nosso estudo ainda que de forma incipiente, alargar este intervalo, aumento da temperatura máxima detetada e diminuição da temperatura mínima.

De acordo com Spengler *et al.* (2000), a temperatura do ar é, eventualmente, o parâmetro principal para a definição do conforto térmico de um local, dado, na maioria das vezes, a percepção imediata da insatisfação estar diretamente relacionada com a dimensão em causa. É um fator que influencia o conforto térmico e, em conjunto com os outros parâmetros, é um fator chave no balanço energético humano, na sensação térmica, conforto, desconforto e percepção de qualidade do ar. Para o conforto térmico dos ocupantes, a uniformidade da temperatura nos espaços é um fator indispensável. Para além disso, temperaturas altas fazem com que o organismo não consiga dissipar o calor, conduzindo ao aumento da temperatura corporal, aumento do batimento cardíaco, sonolência e redução do desempenho. Por vezes, apesar da temperatura do ar se encontrar dentro da gama de conforto, a existência de fontes de calor radiante (superfícies muito quentes ou muito frias) podem levar a situações de desconforto para os indivíduos.

Relativamente à humidade relativa, verificámos que, quer na estação da primavera/verão quer na estação de outono/inverno, de uma forma geral os valores estão compreendidos entre os limites inferior e o superior referenciados na ISO 7730 (30%-70%). No entanto, no outono/inverno, 9 salas de aula pertencentes às escolas E.B 2,3 Martim de Freitas, EB1 de Vendas de Ceira, EB1 de Souselas, EB1 de Vilela, EB1 de Vil de Matos e EB1 de Adémia, apresentaram valores médios de humidade relativa acima dos 70%, chegando mesmo nalguns casos a ultrapassar os 86%. Este facto esteve relacionado com as condições climáticas que se verificaram nos dias em que foram realizadas estas medições (chuva intensa). A humidade relativa do ar ideal no ambiente interior é entre 30 e 50% (a ISO 7730 refere entre 30 e 70%), sendo que a maioria dos estudos encontrados referem valores de humidade relativa neste intervalo. No entanto, alguns estudos relataram percentagens excessiva, como Castro *et al.* (2009) e Zuraimi *et al.* (2007).

Situações de valores de humidade relativa elevada que não estejam associadas às condições exteriores (ex. dias de chuva), mas sim a focos interiores de humidade podem originar o desenvolvimento de microrganismos tais como fungos e bactérias. A humidade é o conteúdo de vapor de água presente no ar atmosférico e decorre da combinação de fenómenos de evaporação e condensação da água. Por sua vez, esses fenómenos relacionam-se com as variações da temperatura ambiente. Uma atenção particular deverá existir aquando da tentativa de corrigir um destes fatores dentro de um edifício, dado que poderá alterar o equilíbrio de outros. De facto, as fontes de humidade são inúmeras, por exemplo, as chuvas, os lagos, os rios, infiltrações pelas janelas, paredes, tetos defeituosos e a própria transpiração do corpo. A humidade relativa afeta significativamente o conforto e a saúde dos ocupantes, a QAI, a durabilidade do edifício e dos seus materiais e o consumo de energia (Ferreira, C., 2008). Neste sentido, é fundamental o controlo deste parâmetro dentro dos espaços habitáveis. Sabe-se que valores extremos de humidade relativa provocam desconforto nos ocupantes. Por outro lado, uma humidade relativa baixa tem sido associada à irritação das mucosas dos olhos e vias respiratórias superiores.

Observámos ainda, no outono/inverno, uma correlação entre o valor médio de humidade relativa com o CO, CO₂, COVs e CH₂O. Verificámos que na presença de valores médios mais elevados de humidade também estiveram presentes nas salas de aula concentrações mais elevadas de CO, CO₂, COVs e CH₂O. Na primavera/verão verificámos padrões de variação entre a humidade relativa e as PM₁₀, COVs e CH₂O. Na presença de valores mais elevados de humidade relativa, estávamos também na presença de valores mais elevados de PM₁₀, COVs e CH₂O. Estas concentrações são provavelmente devido à temperatura exterior mais baixa que induz os ocupantes a manterem as portas e janelas fechadas. Também no estudo de Cano M. *et al.* (2012), encontraram valores mais elevados de CO₂ em salas de aula de escolas do Porto comparativamente a escolas localizadas em Lisboa, e atribuíram como justificação a temperatura no exterior, mais fria, o que levava a que os ocupantes não abrissem as janelas.

De referir que quanto à velocidade do ar interior esta cumpria o considerado no DL nº 79/2006, ou seja nunca excedeu os 0,2m/s, nem no outono/inverno nem na primavera/verão.

7.1.10. Avaliação da ventilação

Face aos resultados encontrados no nosso estudo também devemos refletir sobre a ventilação nos espaços monitorizados. Um fator relevante a ser considerado é a localização das salas em fachadas diferentes do edifício, sendo a sua situação face ao vento dominante distinta, resultando em taxas de ventilação e consequente contribuição do ambiente exterior também distinta. Nenhuma das escolas possuía qualquer sistema de ventilação mecânica, sendo a ventilação assegurada de forma natural, através da abertura das janelas e das portas. A ventilação é um processo de renovação de ar que vem do exterior para o interior de um edifício. É um fator relevante na diluição de odores e limitação da concentração de CO₂ e de outros poluentes do ar, tais como poeiras, fumos e COVs (Bernardes, 2009).

A ventilação geral elimina o ar contaminado e substitui-o por ar novo. Este sistema não elimina completamente os agentes perigosos da atmosfera, limita-se a diminuir a sua concentração no ar a níveis que são considerados seguros. No entanto, os sistemas de ventilação, quando mal operados e sem manutenção adequada, tornam-se fontes potenciais de poluentes, principalmente de partículas e microrganismos (decorrentes da acumulação de humidade nesses sistemas). De acordo com Freitas, (2008), a eficácia de um sistema de ventilação geral decorre da velocidade de libertação do agente perigoso no ar, da quantidade de ar novo que entra e, da sua velocidade e, ainda, do modo como se elimina o ar contaminado.

A ventilação é uma das principais ferramentas no controlo da qualidade do ar, sendo considerada um dos principais fatores que interferem na QAI. Neste sentido, uma ventilação deficiente é muito prejudicial à saúde, dado afetar negativamente o controlo da humidade e prevenção da condensação. O sistema de ventilação pode constituir uma fonte de riscos para a saúde, como, por exemplo, no caso de crescimento de microrganismos e emissões de COVs causados pela acumulação de partículas nos sistemas de ventilação. Deste modo, a arquitetura e a orientação dos edifícios têm um papel determinante na eficácia de qualquer estratégia de ventilação (ANSI/ASHRAE, 2004). Shaughnessy *et al.* (2013) descobriram que perante uma melhor taxa de ventilação o desempenho dos alunos melhorava.

Recentemente foi feito um estudo focado na avaliação das taxas de ventilação em salas de aula na Finlândia e em Portugal com dois tipos diferentes de sistemas de ventilação, natural e mecânica, respetivamente. O uso de ventilação em muitos edifícios indicou um grave problema de QAI e reforçou a necessidade de intervenção para melhorar as taxas de ventilação nas salas de aula com ventilação natural. Verificaram que a ventilação afetava a poluição do ar de forma diferente (Castro *et al.*, 2013).

De facto, a ventilação é um factor muito importante na QAI, no entanto, também o é para conseguirmos um equilíbrio na eficiência energética. Este desafio nem sempre é fácil de gerir, se por um lado os espaços devem ser devidamente arejados e ventilados, por outro entende-se que devem ser construídos o mais estanque possível para assegurar o máximo de eficiência energética.

7.2. Avaliação da saúde das crianças

Para as crianças, os estabelecimentos de ensino representam o ambiente onde passam uma parte substancial do seu tempo (Branis *et al.*, 2005). Assim a QAI nas escolas assume um papel essencial, dado apresentar uma relação direta com a saúde e o desempenho dos estudantes (Mendell e Heath, 2005; Wichmann *et al.*, 2010; Zeiler *et al.*, 2005). Durante a exposição ou mesmo anos mais tarde, uma má qualidade do ar interior produz efeitos nocivos na saúde. A maioria dos poluentes a que as pessoas estão expostas dentro de edifícios constitui um fator adicional de risco no desenvolvimento de diversas patologias (Daisey *et al.*, 2003; Mendell, 2007; Simoni *et al.*, 2010; Singh e Jamal, 2012). Os efeitos imediatos incluem irritação nos olhos, nariz e garganta, rinite alérgica, sintomas de gripe, dores de cabeça, dificuldade de concentração, fadiga, pele seca ou comichão, dificuldade em respirar e náuseas, e ainda, sensação de mal

estar. Os sintomas de algumas doenças podem ser agravados pela exposição a poluentes (Daisey *et al.*, 2003; Mendell, 2007). Os efeitos de longo prazo incluem doenças respiratórias, doenças cardíacas e cancro, com a morbidade e mortalidade que lhe estão associadas (Bernstein *et al.*, 2008; Guieysse *et al.*, 2008; Jie *et al.*, 2011).

Desta forma, no presente estudo procurámos avaliar os efeitos da poluição do ar na saúde das crianças. Para tal, aplicámos um questionário aos pais/encarregados de educação relativo à percepção que têm da saúde dos seus educandos. Foram ainda efetuadas espirometrias a todas as crianças, com a finalidade de avaliar a sua função respiratória em dois momentos diferentes, no outono/inverno e na primavera/verão.

Constatámos que a maioria dos pais/encarregados de educação percecionou um estado geral de saúde dos seus filhos como boa a muito boa (59,7%). No entanto, 39,1% considerou-a razoável e 0,4% classificou-a como muito má.

Verificámos que a crise de espirros (24,4%), falta de concentração (20,4%), pieira e assobios (16,8%), tosse seca (16,6%), bem como rinite alérgica (15,6%), foram os sinais e sintomas mais percecionados pelos pais/encarregados de educação das crianças do 1º ano de escolaridade. Quanto às crianças que frequentavam o 4º ano de escolaridade, os sinais, sintomas e patologias mais prevalentes foram: crise de espirros (26,7%), falta de concentração (24,1%), rinite alérgica (20,4%), tosse seca (15,6%) e asma (12,8%). Também Sundell (2004), encontrou no seu estudo, resultados semelhantes. Igualmente, Fraga *et al.* (2008), que avaliaram a qualidade do ar em escolas do Porto, verificaram que o sintoma com maior prevalência foi a crise de espirros. Constataram, ainda, que piores indicadores da qualidade do ar interior estavam relacionados com a presença de sintomas respiratórios. Outros estudos realizados em estabelecimentos escolares obtiveram resultados semelhantes (Stranger *et al.*, 2008). Relativamente às doenças alérgicas é bem conhecido o efeito das múltiplas variáveis ambientais, enquanto condicionantes primárias, e enquanto agravantes dos diversos quadros clínicos, especialmente quando o aparelho respiratório se encontra debilitado (Kim *et al.*, 2009; Bernstein *et al.*, 2008). Nicolussi *et al.* (2014) realizaram um estudo sobre a prevalência de doenças respiratórias alérgicas em escolas com crianças de seis e sete anos, relacionadas com indicadores de poluição atmosférica. Verificaram que mesmo com níveis de poluentes abaixo dos permitidos pela legislação, a prevalência da asma, rinite e sintomas associados tendeu a ser maior em alunos de escolas onde o tráfego de veículos era mais intenso.

Neste estudo, e na secção anterior, relativa à monitorização da qualidade do ar, verificámos que vários parâmetros analisados se encontravam em algum momento acima do valor legislado, como o CO₂, as PM₁₀, os COVs, CH₂O, a Hr e Tº (e também as PM_{2,5}, ao abrigo da Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro), e verificámos ainda que a ventilação nas salas de aula era reduzida. Diversos outros estudos também verificaram elevadas concentrações destes parâmetros e a sua relação com os sinais, sintomas ou patologias encontradas. Várias podem ser as justificações para os resultados de saúde encontrados. Uma dessas justificações poderá recair sobre a reduzida ventilação nas salas de aula. Existem vários estudos que relacionam as reduzidas taxas de ventilação com vários problemas de saúde, alergias respiratórias e asma e sintomas devidos à síndrome do edifício doente (Daisey *et al.*, 2003; Fraga *et al.*, 2008; Godwin e Batterman,

2007; Yang *et al.*, 2009). A síndrome do edifício doente é uma situação que parece estar relacionada com o tempo de permanência num edifício, mas nenhuma causa específica ou doença podem ser identificadas. As queixas podem ser localizadas numa divisão específica ou podem ser disseminadas por todo o edifício. Os sintomas incluem dores de cabeça, olhos, nariz e irritação da garganta, tosse seca, pele seca ou comichão, tonturas e náuseas, dificuldade de concentração, fadiga e sensibilidade aos odores. A síndrome do edifício doente reduz o desempenho no trabalho e pode também diminuir a atenção (Daisey *et al.*, 2003; Li e Yang, 2004; Syazwan *et al.*, 2009).

Tendo em consideração a elevada concentração de CO₂ verificada na maioria das salas de aula, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, os sintomas e patologias verificadas neste estudo podem estar relacionados com essa concentração. Myhrvold *et al.* (1996) avaliaram 22 salas de aula em cinco escolas norueguesas. As escolas tinham sido renovadas com o objetivo de melhorar a QAI. Foram realizadas avaliações das concentrações de CO₂, antes e depois das renovações, e aplicaram a 550 estudantes um questionário de saúde e testes de desempenho. Estes investigadores encontraram uma correlação parcial significativa entre os sintomas de dores de cabeça, tonturas, cansaço, dificuldades de concentração, odor desagradável e altas concentrações de CO₂. Sintomas de saúde caracterizadas como, irritações das vias aéreas superiores, também foram mais frequentes com concentrações de CO₂ superiores. Com a aplicação do Teste de Desempenho aos estudantes, verificaram uma redução do mesmo quando expostos a altas concentrações de CO₂. No estudo de Fernandes *et al.* (2008), valores elevados de CO₂ em escolas estavam associados a pieira e a tosse em crianças. A pieira nas crianças estava associada ao facto de passarem muitas horas num ambiente fechado com elevada ocupação humana e, conseqüentemente níveis altos de dióxido de carbono e os episódios são agravados quando se constata concentrações elevadas de COVs e bactérias. Estas foram algumas das conclusões do projeto Ambiente e Saúde em Creches e Infantários (Projeto ENVIRH). Relativamente aos COVs, Fernandes *et al.*, (2008) observaram um aumento da estimativa de risco de sintomas de pieira nos últimos 12 meses, asma alguma vez na vida, e tosse noturna nas escolas com valores mais elevados de COVs, embora a associação não fosse significativa. Neste estudo, embora no geral sem associações estatisticamente significativas, as escolas com piores indicadores apresentaram maior prevalência de sintomas respiratórios.

Outro poluente que pode também ter contribuído para os resultados de saúde encontrados, são as partículas. Vários estudos afirmam que as partículas estão significativamente associadas com o aumento da mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares, o agravamento de alergias, a asma, a bronquite crónica, as infeções do trato respiratório e admissões a hospitais (Dockery *et al.*, 1993; Parnia *et al.*, 2002).

Nesta investigação, verificámos que 361 pais/encarregados de educação eram fumadores. No entanto, 30,2% não fumavam em casa, mas 69,8% fumavam no interior da habitação. Ao procurarmos verificar se existia uma relação entre os pais que fumavam dentro da habitação e sinais, sintomatologia ou patologia nas crianças, verificámos que entre as crianças com asma, (10,8% das estudadas), 76,9% viviam com pais/encarregados de educação que fumavam dentro da habitação, o mesmo acontecendo com 100% das que foram referenciadas como tendo bronquite crónica, pieira e assobios (69%), crise de espirros (56%),

rinite alérgica (65%), stresse (66,7%), tonturas (85,7%), irritabilidade (71,4%), dores de cabeça (75%), irritação das mucosas dos olhos (66,7%), tosse seca (53%), insónias (72,7%), dificuldades respiratórias (70,5%) e falta de concentração (62,2%). Vários estudos demonstraram que a exposição ao tabaco em ambientes internos resulta num aumento da morbidade para a bronquite, asma, etc. (Horak *et al.*, 2007; Kabir *et al.*, 2009). Os efeitos para a saúde da exposição passiva ao fumo do tabaco têm sido alvo de inúmeras investigações. Sabe-se que as crianças são particularmente suscetíveis, logo, o risco de desenvolvimento de doença alérgica das vias aéreas aumenta, designadamente da asma brônquica, e intensificando-se a gravidade da mesma (WHO, 2000a; Bernstein *et al.*, 2008; Morais-Almeida *et al.*, 2006). Vários autores referem que a presença de fumadores em casa está associada a um risco significativamente aumentado de infeções do trato respiratório inferior (Koch *et al.*, 2003; Bulkow *et al.*, 2002). Neste sentido, e face aos nossos resultados que são preocupantes do ponto de vista ambiental e de saúde, era desejável que, em casa, as crianças não estivessem expostas a valores elevados de contaminantes, incluindo a exposição ao fumo do tabaco.

Tendo em consideração que diversos estudos avaliam o efeito da poluição atmosférica recorrendo à espirometria em crianças, e relacionando a existência de uma associação negativa entre a exposição aos poluentes do ar e aos parâmetros ventilatórios das crianças, também nesta investigação pretendemos avaliar esta associação. Assim, e analisando os resultados das espirometrias efetuadas aos estudantes do 1º e do 4º ano de escolaridade das escolas em estudo, no outono/inverno, verificámos que existiam diferenças estatisticamente significativas para o parâmetro CVF e DEMA. Foram os estudantes do 4º ano de escolaridade quem maioritariamente tinha os valores de CVF anormais (53,9%) e também de DEMA (53,7%). Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas para os outros parâmetros espirométricos. Estes resultados podem estar relacionados com a idade das crianças concomitantemente com o facto destas eventualmente passarem mais tempo a brincar ao ar livre em locais em que a qualidade do ar não seja a melhor (junto de rodovias, indústrias, etc.).

Na 2ª fase de avaliação constatámos que existiam diferenças estatisticamente significativas para o parâmetro VEMS/CVF. Foram os estudantes do 1º ano de escolaridade quem maioritariamente tinha os valores de VEMS/CVF anormais (80,0%). Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas para os outros parâmetros espirométricos. Uma das razões para a obtenção destes resultados, a redução em parâmetros muito dependentes da colaboração, pode ter sido, eventualmente, a idade das crianças. Estas, possuem possivelmente menor capacidade de perceção da informação dada no momento das avaliações e, por isso, a colaboração também pode ter sido menor (Vinha, 2008).

Nesta investigação verificámos ainda, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, que na maioria dos parâmetros espirométricos os estudantes do sexo masculino obtiveram maiores percentagem de resultados anormais. Calderón Garcidueñas *et al.* (2003) referiu, relativamente aos danos pulmonares, que os meninos são mais afetados do que as meninas, uma observação provavelmente relacionada com o maior número de horas de exposição ao ar livre, em zonas de má qualidade.

Quando analisámos os parâmetros espirométricos, por localização das escolas, observámos que existiam diferenças estatisticamente significativas para o parâmetro DEM_{50} . São os estudantes que frequentam escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas quem têm uma maior percentagem de valores considerados anormais. Dado importante quando estamos na presença de um parâmetro pouco dependente da colaboração e que representa uma zona pulmonar mais sensível à presença de doença. Apesar de não se verificarem diferenças estatisticamente significativas para os outros parâmetros espirométricos, constatámos que, maioritariamente, são as crianças que frequentavam escolas localizadas em meio predominantemente urbano as que apresentavam piores valores relativamente às crianças que frequentavam escolas em meio mediantemente urbano ou predominantemente rural. Um estudo efetuado em Delhi, Índia, assume uma redução de 43,5% da função pulmonar das crianças que habitam zonas urbanas em comparação com 25,7% para o grupo que servia de controlo. Vários estudos epidemiológicos sobre a poluição do ar e função pulmonar das crianças revelam que viver em áreas de elevada poluição do ar está associada a menor função pulmonar (Dockery *et al.*, 2005). De facto, a poluição do ar nas zonas urbanas tem sido objeto de grandes debates na sociedade do séc. XXI. Nas cidades contemporâneas é evidente o impacte ambiental dos transportes na qualidade do ar. Os grandes centros urbanos continuam a crescer em tamanho e em população e a sustentabilidade global transforma-se em tema de debate. A urbanização acarreta, com muitas transformações da natureza a responsabilidade e tem o papel fundamental para minimizar todas as atividades que contribuem para a deterioração da qualidade do ar.

Neste estudo, analisámos a variação da média dos parâmetros espirométricos medidos na primeira fase, e os parâmetros espirométricos na segunda fase, através da comparação das respetivas médias estimadas. Neste sentido, constatámos que os valores de todos os parâmetros espirométricos aumentaram entre as diferentes estações do ano. Os parâmetros apresentaram valores mais elevados na primavera/verão comparativamente à estação precedente. Tendo em consideração os resultados referentes à qualidade do ar, estes resultados indicam que o aumento da poluição do ar conduz a uma diminuição da função respiratória. Existem vários estudos que avaliaram os impactes dos poluentes sobre a saúde das crianças e verificaram alterações da função respiratória em crianças expostas a poluentes. Na Áustria, num estudo em que acompanharam 975 crianças durante três anos, verificou-se uma associação entre a diminuição da função respiratória e o aumento de PM_{10} , SO_2 , NO_2 e O_3 (Horak *et al.*, 2002). Num outro estudo, efetuado numa área rural da Holanda, constatou-se uma diminuição da função respiratória pulmonar durante duas semanas após o aumento de SO_2 e material particulado, envolvendo 1000 crianças entre os seis e os dozes anos de idade (Brunekreef *et al.*, 1989). No Rio de Janeiro, foi realizado um estudo em que os autores pretendiam averiguar qual era a associação entre a exposição diária à poluição do ar e a função respiratória de crianças dos seis aos quinze anos. Verificaram que mesmo dentro de níveis aceitáveis na maior parte do período, a poluição atmosférica, principalmente devido às PM_{10} e ao NO_2 , estava associada à diminuição da função respiratória (Castro *et al.*, 2009).

Procedemos também à classificação das crianças de acordo com os seus padrões espirométricos, normal, distúrbio ventilatório obstrutivo, distúrbio ventilatório restritivo e distúrbio ventilatório misto.

Consequentemente, obtivemos na primeira fase: 549 crianças (53,9%) com padrão espirométrico normal, 457 (44,8%) com distúrbio ventilatório restritivo e 13 com distúrbio ventilatório obstrutivo. Na segunda fase, com padrão normal verificámos que existiam 612 estudantes (60,1%), 397 (39%) com distúrbio ventilatório restritivo e 10 (1%) com distúrbio ventilatório obstrutivo. De acordo com estes resultados, a condição de normalidade prevaleceu sobre os distúrbios, tal como Borrego *et al.* (2008) verificaram no seu estudo. Mais uma vez não podemos deixar de ressaltar que a grande percentagem de restritivos (diminuição da CVF) pode estar associada à menos boa colaboração das crianças na manobra de expiração forçada.

Na primeira fase de avaliação verificámos também, apesar de não existirem diferenças significativas, que dos 549 estudantes que tinham apresentado um padrão espirométrico normal, 51% eram do sexo masculino. Dos que apresentaram distúrbios ventilatórios, as crianças do sexo feminino possuíam maioritariamente (54%) distúrbio ventilatório obstrutivo (n=7) e 52,5% das crianças que apresentaram distúrbio ventilatório restritivo eram do sexo masculino (n=240). Ao analisarmos a distribuição do padrão espirométrico por ano de escolaridade, verificámos que existiram diferenças significativas ao nível do distúrbio ventilatório restritivo. É entre as crianças do 4º ano de escolaridade que a prevalência é maior (53,8%). Quando avaliámos os padrões espirométricos das crianças distribuídos pelas diferentes localizações das escolas, constatámos que, apesar de não existirem diferenças significativas, 741 crianças frequentavam escolas em freguesias predominantemente urbanas, 268 frequentavam escolas situadas em freguesias mediantemente urbanas e 10 frequentavam escolas em freguesias consideradas rurais. Siddique *et al.* (2010), referiram no seu estudo que as crianças que viviam em zonas urbanas apresentavam prevalência superior de alterações ventilatórias restritivas, obstrutivas e padrões combinados de ambos os distúrbios da fisiologia respiratória.

Na segunda fase de avaliação constatámos que existiam diferenças significativas no padrão espirométrico das crianças distribuídas pelo sexo. Das 397 crianças que tinham distúrbio ventilatório restritivo 56,2% eram do sexo masculino. Das 612 crianças com padrão normal 319 eram do sexo feminino (52,1%), e as 10 com distúrbio ventilatório obstrutivo eram todas do sexo masculino. Constatámos, também, diferenças significativas quando avaliámos os padrões espirométricos por ano de escolaridade. Das 10 crianças com distúrbio ventilatório obstrutivo, oito eram do 1º ano de escolaridade. Das 397 crianças com distúrbio ventilatório restritivo 54,2% eram do 4º ano de escolaridade. Quanto à distribuição dos padrões, por localização das escolas, verificámos não existirem diferenças significativas. No entanto, dos 612 estudantes com padrão normal, a maioria frequentava escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas (n=437), o que contraria o estudo de Siddique *et al.* (2010). As crianças que apresentaram distúrbios ventilatórios obstrutivos (n=10) frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas (60%) ou mediantemente urbanas (40%). Das 457 crianças que possuíam distúrbio ventilatório restritivo, a maioria, 75,3%, frequentavam escolas situadas em freguesias predominantemente urbanas (n=229). Verificámos ainda, que existiam diferenças significativas quando comparámos o padrão espirométrico obtido na estação de outono/inverno com o padrão espirométrico obtido na primavera/verão. Existiu uma melhoria significativa de valores obtidos na primavera/verão face aos valores obtidos na estação de outono/inverno, ou seja, o número de crianças com padrão normal passou de 549 para 612, o número de

crianças com distúrbio ventilatório obstrutivo diminuiu de 13 para 10 e o número de crianças com distúrbio ventilatório restritivo diminuiu de 457 para 397. Bakonyi *et al.* (2004), referiu que existe evidência de aumento dos distúrbios ventilatórios bem como das doenças associadas ao aparelho respiratório no inverno, porque é nesta estação que as temperaturas se encontram mais baixas. Souza (2007) verificou que o número de internamentos por agravamento de doenças do foro respiratório aumenta no inverno.

Ao analisarmos o padrão espirométrico das crianças do 4º ano de escolaridade, que estudaram sempre desde o 1º ano até ao presente na mesma escola (n=514), verificámos que, na primeira fase, apesar de não existir diferenças significativas, 2 estudantes, que possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo, estudaram sempre na mesma escola e relativamente aos estudantes que apresentaram distúrbio ventilatório restritivo, 85,8% também estudaram sempre na mesma escola. Na segunda fase de avaliação, e apesar de não se verificarem diferenças significativas, verificámos que 1 de 2 estudantes que possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo, estudou sempre na mesma escola, e relativamente aos estudantes que apresentaram distúrbio ventilatório restritivo, 84,2% estudaram sempre na mesma escola. Estes resultados apesar de não serem significativos mostram que a maioria dos alunos com distúrbios estudaram sempre na mesma escola o que nos leva a questionar se esse facto não será determinante nesse distúrbio.

7.3. Estudo da associação entre a qualidade do ar e a saúde das crianças

Mendell e Heath (2005), numa revisão da literatura, investigaram a possibilidade do ambiente interior da sala de aula afetar negativamente o desempenho académico. O objetivo mais relevante desta revisão foi avaliar dados científicos existentes sobre a ligação do desempenho académico dos estudantes à qualidade do ar interior. Vários estudos indicam, por um lado, que a humidade interior e os poluentes microbiológicos são potenciadores de asma, alergias e infeções respiratórias, e, por outro lado, que se relacionam com o baixo desempenho dos estudantes. Existe uma relação entre as taxas de ventilação baixas e os efeitos prejudiciais na saúde das crianças e adultos. A humidade e a ventilação inadequadas são problemas cada vez mais confirmados. Os resultados encontrados pelos autores demonstram que a QAI influencia negativamente o desempenho dos estudantes, principalmente através de efeitos na saúde.

Neste sentido, é premente avaliar a relação entre os poluentes atmosféricos que se encontraram neste estudo acima da concentração máxima de referência e a saúde das crianças.

Tendo em consideração que imediatamente antes da entrega deste trabalho de investigação foi publicada uma nova legislação nacional que alterou os valores da CMR, agora denominados limiar de proteção, de alguns parâmetros ambientais, entendemos fazer uma comparação nesta secção, entre os parâmetros ambientais que maior preocupação apresentaram em termos de resultados com os valores que foram alterados ao abrigo desta nova legislação (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro). Assim, e dado os valores de COVs e CH₂O se terem mantido fizemos uma abordagem para o CO₂ (a CMR passou de 985ppm para um

limiar de proteção de 1250ppm), $PM_{2,5}$ (agora incluído na QAI, com um limiar de proteção de $0,025\text{mg}/\text{m}^3$) e PM_{10} (com um limiar de proteção de $0,050\text{mg}/\text{m}^3$).

7.3.1. Associação entre o CO_2 e a saúde das crianças

Face aos resultados obtidos, e tendo em consideração o DL 79/2006, de 4 de abril, o CO_2 foi o poluente mais preocupante, já que foram observadas elevadas concentrações de CO_2 na maioria das escolas. Em face destes resultados, decidimos estratificar a concentração obtida por gravidade, ou seja, elevada exposição se $\geq 2000\text{ppm}$, média exposição de 1500ppm a 1999ppm , e menor exposição de 985ppm a 1499ppm . Optou-se por esta classificação dado terem-se verificado concentrações de CO_2 na quase totalidade das escolas, com valores médios que excederam o valor limite legislado. Estes resultados vão de encontro aos resultados obtidos por Fraga *et al.* (2008) que, no seu estudo, observaram concentrações elevadas de CO_2 em todas as escolas avaliadas da cidade do Porto.

Na primeira fase constatámos que 68 salas de aula possuíam concentrações acima do legislado e dessas, 21 uma elevada concentração, indicando assim, que nestas salas os estudantes estavam perante uma elevada exposição. Na segunda fase verificou-se uma melhoria dos valores, pois passámos de 68 salas de aula para 41 salas com concentrações acima da CMR e as salas de aula com elevada concentração passaram a ser 8 das 41.

No sentido de melhor compreensão destes valores, e tendo em consideração que o conceito de risco está associado à exposição e aos efeitos adversos que daí resultam para a saúde, optámos por classificar o nível de CO_2 verificado no interior das salas de aula em: ausência de risco, se o valor médio obtido fosse inferior à CMR, e presença de risco, se os valores obtidos atingissem valores $>984\text{ppm}$. Assim, verificámos que existiam diferenças significativas entre as duas fases de avaliação, ou seja, verificámos que 84% ($n=856$) das crianças em estudo estiveram inicialmente expostas a valores de risco de CO_2 (na estação de outono/inverno). No entanto, na estação da primavera/verão esse valor diminuiu para 37,7% ($n=384$). Constatámos também que existiam alterações significativas da frequência de exposição das crianças entre as estações do ano em função da escola que frequentavam. Nas escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, no outono/inverno, estavam em presença de risco 81,6% das crianças. Na primavera/verão verificou-se uma diminuição significativa das crianças expostas a valores de CO_2 acima da CMR, ou seja, presença de risco na ordem dos 31%. Relativamente às escolas localizadas em zonas consideradas mediamente urbanas verificou-se uma diminuição significativa do número de crianças em presença de risco na estação de outono/inverno (89,9%) para a estação da primavera/verão (48,1%). No Estudo de Fernandes *et al.* (2009a), os resultados obtidos, quer no outono/inverno quer na primavera, demonstraram que o principal problema das escolas estudadas era o baixo nível de ventilação, com a consequente elevada concentração de CO_2 , principalmente no inverno.

Tendo em consideração a concentração de CO_2 em ambas as estações do ano, procurámos avaliar a estimativa de risco de sinais, sintomas e patologias das crianças expostas a CMR de CO_2 e verificámos que existia uma associação significativa na primavera/verão, entre a presença e a ausência de asma e a exposição

a espaços de salas com presença e ausência de risco ($p=0,031$). Poucos são os estudos que investigaram a associação entre o CO_2 e a saúde. Simoni *et al.* (2010) referem a existência de uma associação entre os níveis de CO_2 e a asma. De realçar ainda que na primavera/verão, apesar de não se observar uma associação entre a crise de espirros, rinite alérgica, tosse seca e dificuldades respiratórias e a exposição a valores de CO_2 acima da CMR para as crianças do 1º ciclo de ensino básico ($p>0,05$), verificámos que das 384 crianças expostas, 27,1% sofriam de crise de espirros, 18,1% sofriam de rinite alérgica, 16,1% de tosse seca, 10,1% de dificuldades respiratórias. De acordo com Simoni *et al.* (2010), estudantes expostos a níveis de CO_2 superiores a 1000 ppm apresentaram um risco significativamente maior de tosse seca (OR 2,99, 95% CI 1,65-5,44) e rinite (OR 2,07, IC 95% 1,14-3,73). Kovesi *et al.* (2007) encontraram uma forte associação entre os níveis de CO_2 no interior e o risco de infeção do trato respiratório inferior nas crianças. Referem ainda, que a ventilação reduzida pode aumentar a transmissão da infeção.

Segundo a informação apresentada pelos progenitores, quanto à presença de outros sinais ou sintomas (não respiratórios) no outono/inverno, constatou-se, que a falta de concentração revelou estar associada em crianças expostas a salas de aula onde os valores de CO_2 eram superiores a 984ppm ($p=0,002$). A probabilidade de estar exposto a valores de $\text{CO}_2>984\text{ppm}$ e ter falta de concentração foi 2,143 vezes maior do que nas crianças não expostas. Na primavera/verão verificámos que existiu um padrão de associação entre a presença de tonturas e dores de cabeça e a exposição em salas de aula cuja concentração média estava acima da CMR. A prevalência deste sintoma ocorreu em 227 crianças (22,3%) face à totalidade das crianças em estudo (1019). Também Borrego *et al.* (2008) constataram que elevados teores de CO_2 em espaços escolares conduziam a uma diminuição da concentração por parte dos estudantes, podendo levar também ao aparecimento de sintomas e patologias como a asma, as alergias (rinite) e as dores de cabeça. Num estudo realizado por Satish *et al.* (2012) verificou-se que o aumento das concentrações de CO_2 no interior estavam associados a reduções estatisticamente significativas na tomada de decisão e na performance na escola. Em estudantes expostos a valores de CO_2 de 1000 ppm, comparados com 600 ppm, o desempenho foi significativamente diminuído em seis dos nove indicadores de tomada de decisão e na performance. Nos estudantes expostos a CO_2 de 2500ppm, em comparação com 600ppm, o desempenho foi significativamente reduzido em sete dos nove indicadores de desempenho. Mendell and Heath (2005) verificaram que altas concentrações interiores de CO_2 estavam associadas a menor pontuação num teste computadorizado de tempo de reação e sintomas neurológicos. Shendell *et al.* (2004b), associou altas concentrações de CO_2 ao absentismo. Annesi-Maesano *et al.* (2012), referiram que altas concentrações de CO_2 estavam associadas a dores de cabeça, tonturas, cansaço e incapacidade de concentração.

Na estação de outono/inverno verificámos que independentemente da localização das escolas, as crianças não apresentaram um padrão significativo ($p>0,05$) entre sinais, sintomas e patologias respiratórias nas salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto ao poluente CO_2 . No entanto, é de realçar o grande número de alunos que, quando expostos a valores de CO_2 apresentaram alguns sinais, sintomas ou patologias respiratórias. Relativamente à estação de primavera/verão, verificámos que as crianças que frequentavam as escolas de freguesias de meio rural não apresentaram um padrão significativo

entre sinais, sintomas ou patologias face às salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto ao poluente CO₂, com exceção das crianças do 1º ano que possuíam rinite alérgica. Todas as crianças do 4º ano que estudavam em escolas de freguesias rurais estavam expostas a valores de CO₂>984ppm e uma grande parte delas sofria de sinais, sintomas ou patologias respiratórias. Verificou-se um padrão de associação significativo ($p<0,05$) nas crianças do 1º ano de escolaridade, das salas de aula das escolas predominantemente urbanas, com pieira e assobios, crise de espirros e tosse, na presença de salas em risco (CO₂>984ppm) comparativamente aos não expostos (CO₂<984ppm). Nas crianças do 4º ano com asma e pieira e assobios também se verificaram diferenças estatisticamente significativas na presença de salas em risco (CO₂>984ppm) comparativamente aos não expostos (CO₂<984ppm). Por fim, nas crianças que estudavam em escolas geograficamente localizadas em freguesias mediamente urbanas não se verificou um padrão de associação significativo ($p>0,05$) entre sinais, sintomas ou patologias respiratórias e entre a sua exposição ou não exposição. No estudo de Fernandes *et al.* (2009a), verificou-se que valores de CO₂>2100ppm estavam associados a pieira e tosse noturna. Norback *et al.* (1995), no seu estudo realizado na Suécia, encontrou resultados semelhantes. Fraga *et al.* (2008) avaliaram a associação entre a QAI em escolas do Porto e a prevalência de sintomas alérgicos e respiratórios em adolescentes. Os resultados demonstraram que elevadas concentrações de CO₂ estavam associadas a maiores sintomas respiratórios. Viegas *et al.* (2012), verificaram uma associação do incremento do teor de CO₂ com a sibilância (sintoma de doença respiratória). Constataram, também, a existência de uma associação do teor de CO₂ com a pieira nos 12 meses anteriores.

Quando analisamos a relação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórias face à exposição/não exposição de valores de CO₂ em salas de aula de 1º e 4º ano de escolaridade em função da localização da escola por freguesia, verificámos que os estudantes do 1º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias rurais não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórios e a exposição em salas de aula com valores de CO₂>984ppm. Nas escolas das freguesias predominantemente urbanas os estudantes do 1º ano revelaram um padrão de associação estatisticamente significativo entre a falta de concentração e a exposição a salas com concentração de CO₂>984ppm ($p<0,001$) e que a probabilidade de ter falta de concentração face à exposição a valores mais elevados de CO₂ (presença de risco) foi de 4,581 vezes superior em relação às crianças não expostas (salas sem risco). Porém, quanto aos restantes sinais ou sintomas não se verificou um padrão de associação significativo ($p>0,05$). Quanto às crianças que frequentavam as escolas das freguesias mediamente urbanas verificámos também que não existia um padrão de associação entre a presença de determinados sintomas/patologias não respiratórios quer em crianças do 1º ano quer em crianças do 4º ano e a exposição a salas de aula com valores de CO₂>984ppm ($p>0,05$).

Nesta 2ª fase de avaliação (estação de primavera/verão), verificámos que os estudantes do 1º e 4º ano que estudavam em escolas localizadas nas freguesias rurais e mediamente urbanas não apresentavam um padrão de associação entre a presença de sinais e sintomas não respiratórias e a exposição em salas de aula com valores de CO₂>984ppm. Nas escolas das freguesias predominantemente urbanas os estudantes do 1º ano

não revelaram um padrão de associação estatisticamente significativo entre os sintomas e a exposição a valores mais elevados de CO₂ (presença de risco). Quanto às crianças do 4º ano com tonturas, dores de cabeça e irritação das mucosas dos olhos revelaram existir diferenças estatisticamente significativas. Vários autores referem que viver em áreas rurais está associado a uma diminuição da prevalência de sintomas respiratórios em relação às áreas urbanas (Naleway, 2004; Von Mutius e Radon, 2008).

Em 2003, Daisey *et al.*, numa revisão bibliográfica, compilaram informações sobre QAI, ventilação e problemas na saúde, em escolas. Estes autores indicaram que as concentrações de CO₂ sugerem uma ventilação inadequada, dando origem provavelmente a problemas na saúde para os estudantes e professores. Neste estudo, os problemas de saúde mais relatados depois da exposição a poluentes, foram a asma e alergias.

Procurámos também encontrar diferenças entre os parâmetros espirométricos e a exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno, no entanto não se verificaram associações significativas. Porém, verificámos que das 856 crianças em presença de risco, existiam percentagens elevadas de crianças com parâmetros alterados, nomeadamente: 45,7% (n=391) apresentavam a CVF alterada, 46,3% (n=396) possuíam o DEMA alterado e 139 crianças (16,2%) apresentavam o VEMS alterado. Na 2ª fase de avaliação, também não se verificaram associações significativas. No entanto, verificámos que, das 384 crianças em presença de risco, existiam percentagens elevadas de crianças com parâmetros alterados, nomeadamente: 39,3% (n=151) apresentavam a CVF alterada, 31,3% (n=120) possuíam o DEMA alterado. Na estação de outono/inverno, ao analisarmos se existia um aumento ou uma diminuição dos parâmetros espirométricos quando em presença de valores de CO₂ acima da CMR, verificámos que existiram diferenças médias estatisticamente significativas ao nível dos parâmetros VEMS/CVF, DEMA, DEM₂₅, DEM₅₀ e DEM₇₅. Os estudantes que não estavam expostos a valores de CO₂ acima da CMR possuíam valores espirométricos mais elevados relativamente aos estudantes expostos. Relativamente à estação de primavera/verão, verificámos diferenças médias estatisticamente significativas ao nível do VEMS/CVF, VEMS, DEMA e DEM₂₅. Constatámos que os estudantes que não estavam expostos a valores de CO₂ acima da CMR possuíam estes valores mais elevados comparativamente aos estudantes que estavam expostos. Para os outros parâmetros, e apesar de não existirem diferenças significativas, verificámos a mesma tendência.

Avaliámos se existiam diferenças entre os padrões espirométricos e a exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno. Na 1ª fase de avaliação, não se verificou associação significativa (p=0,282). No entanto, verificámos que das 856 crianças em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (53,9%), ainda que 382 (44,6%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 13 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo. Nesta 2ª fase de avaliação, verificou-se uma associação significativa (p<0,05). Constatámos que das 384 crianças em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (56,8%), porém, 159 (41,4%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 7 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo.

Os resultados acima obtidos, relativamente aos parâmetros e padrões espirométricos indicam que elevadas concentrações de CO₂ estão relacionadas com diminuição da função respiratória. Também Castro *et al.* (2009) verificaram que os níveis de CO₂ estavam associados à diminuição da função respiratória de crianças.

Ao analisarmos os resultados encontrados e relacionando-os com a nova legislação (Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro), verificámos que, como era exetável, dado o valor de limiar de proteção ter aumentado, o número de estudantes expostos baixou de 856 para 672 no outono/inverno e na primavera/verão diminuiu de 384 para 303 e, conseqüentemente, o número estudantes com sinais, sintomas e patologias respiratórias e não respiratórias em presença de risco diminuiu. Apesar do número de estudantes expostos ter diminuído, continuamos ainda perante valores bastante preocupantes. Verificámos que o número de estudantes expostos nas escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas baixou de 81,6% para 63,9% no outono/inverno e na primavera/verão diminuiu de 32,0% para 25,3%. Nas escolas localizadas em zonas mediamente urbanas as alterações foram, no outono/inverno, de 89,9% para 71,6% e, na primavera/verão, foram de 51,5% para 40,7%. Relativamente às escolas localizadas em zonas predominantemente rurais as alterações não foram significativas. Ao comparamos os parâmetros espirométricos, na estação de outono/inverno e na estação de primavera/verão, verificámos que os resultados são muito semelhantes. Na estação de outono/inverno, foram os valores de CVF, DEMA e VEMS aqueles que também manifestaram valores mais diminuídos e na primavera/verão foram os valores de CVF e DEMA. Quando confrontamos os resultados relativos aos padrões espirométricos, verificámos que na estação de outono/inverno, passamos de 461 estudantes expostos com padrão espirométrico normal para 363 e dos 382 estudantes expostos com distúrbio ventilatório restritivo passamos a ter 300 estudantes, de 13 estudantes expostos com distúrbio ventilatório obstrutivo passámos para 9. Na primavera/verão, tínhamos 56,8% de estudantes expostos com padrão espirométrico normal e passamos a ter 58,4%, relativamente aos estudantes expostos com distúrbio ventilatório restritivo passamos de 41,4% para 39,6% e no que respeita aos estudantes com distúrbio ventilatório obstrutivo passamos de 7 estudantes expostos para 6.

Em suma, e com a entrada em vigor da Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro que introduziu novos valores de limiar de proteção, ligeiramente mais elevados, verificámos que não existiram diferenças expressivas relativas aos resultados obtidos tendo em consideração o DL 79/2006, de 4 de abril. No entanto, consideramos que esta alteração de valores poderá colocar em causa a saúde humana. A norma ASHRAE 62 recomenda que o teor de CO₂ no ambiente interior não ultrapasse 700ppm acima do teor do ar exterior, para que não sejam detetados odores decorrentes do metabolismo humano. Em Portugal, no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios, o limite de 984ppm considerado no DL 79/2006, de 4 de abril, pressuponha que estivesse relacionado com este, no entanto, e com a publicação da Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, coloca-se a questão do porquê terem aumentado os valores do limiar de proteção para 1250ppm? Tal como já anteriormente referido, existem vários autores que relacionam alterações na saúde com elevadas concentrações de CO₂, então porquê ignorar a ciência e permitir que a saúde das pessoas, nomeadamente a dos mais vulneráveis esteja exposta diariamente a um maior risco?

7.3.2. Associação entre as partículas (PM₁₀ e PM_{2,5}) e a saúde das crianças

Um dos poluentes que se apresenta como sendo dos mais graves em termos de saúde pública, e que de acordo com a OMS afeta mais pessoas do que qualquer outro poluente, são as partículas atmosféricas em

suspensão. Estas, são identificadas de acordo com o seu diâmetro aerodinâmico, sendo que as $PM_{2,5}$ são mais perigosas, pois, quando inaladas, podem atingir as regiões periféricas dos bronquíolos e interferir com as trocas gasosas dentro dos pulmões (OMS, 2011).

De acordo com Slezakova *et al.* (2009), o tamanho das partículas é um parâmetro essencial, pois está diretamente relacionado com o sítio de deposição no sistema respiratório.

Vários estudos epidemiológicos mostram que existe uma associação entre a exposição de indivíduos a ambientes que contenham uma quantidade significativa de partículas e o aumento da mortalidade, especificamente para pessoas que apresentem doenças respiratórias ou cardiovasculares (Gilli *et al.*, 2007). De acordo com a OMS (2011), estima-se, em todo o mundo, que 8% das mortes se devam ao cancro do pulmão, 5% estão associadas a doenças cardiopulmonares e 3% se devam a infeções respiratórias.

Também no caso das PM_{10} optámos por classificar a concentração verificada no interior das salas de aula em: ausência de risco, se o valor médio obtido fosse inferior à CMR, e presença de risco, se os valores obtidos fossem superiores a $0,15\text{mg}/\text{m}^3$. Assim, verificámos que existiam diferenças significativas entre as duas fases de avaliação. Constatámos que 218 estudantes inicialmente estiveram expostos a valores de risco de PM_{10} (na estação de outono/inverno), no entanto, na estação da primavera/verão esse valor diminuiu para 114 estudantes, pois o número de salas de aula com valores acima da CMR diminuiu. Também Elbayoumi *et al.* (2013), ao analisarem a qualidade do ar interior em salas de aula do Médio Oriente, em diferentes estações do ano, verificaram que, durante o inverno, a concentração média de PM_{10} no interior das salas de aula, foi de 1,30 a 2,50 vezes maior do que na primavera. Borrego *et al.* (2008), ao caracterizarem a qualidade do ar interior de salas de aula de escolas na cidade do Porto, também constataram pela análise dos dados monitorizados que as concentrações de partículas no interior de salas de aula são inferiores no verão, comparativamente ao inverno.

Constatámos também que existiam alterações significativas da frequência de exposição das crianças entre as estações do ano em função da localização das escolas das freguesias predominantemente e mediantemente urbanas ($p < 0,0001$). Nas escolas localizadas em freguesias predominantemente urbanas, no outono/inverno, estavam em presença de risco 127 dos 741 estudantes que frequentavam escolas localizadas nestas freguesias e na primavera/verão esse número diminuiu para 40 estudantes. Relativamente aos 268 estudantes que estudavam em escolas pertencentes a freguesias mediantemente urbanas, verificámos que existiu uma diminuição do número de estudantes expostos do outono/inverno para a primavera/verão, ou seja, de 85 estudantes expostos na 1ª fase passámos para 27 na 2ª fase. No que diz respeito aos estudantes expostos das escolas localizadas em freguesias predominantemente rurais, verificámos que não existiram diferenças significativas. Porém, e apesar do número reduzido de estudantes a frequentarem estas escolas, é de referir que o número de estudantes expostos se manteve da 1ª para a 2ª fase. Nas zonas consideradas predominantemente urbanas existe um maior número de fatores que podem contribuir para estes resultados nomeadamente as rodovias, restaurantes, comércio, padarias, entre outros. Vieira (2011), no seu estudo relativo à caracterização de PM_{10} em ambiente interior de duas escolas do 1º Ciclo de Aveiro (uma localizada no centro da cidade e outra suburbana), verificou que a presença de restaurantes e padarias em

torno da escola do centro da cidade, bem como as emissões veiculadas, contribuíram para o material particulado presente nas salas de aula. Borrego *et al.* (2008) no seu estudo, cujo objetivo era analisar a relação entre a qualidade do ar e a saúde respiratória de crianças em idade escolar de Viseu, através da medição e acompanhamento dos níveis de exposição à poluição atmosférica, concluíram que as crianças urbanas estavam mais expostas à matéria particulada que as crianças da zona suburbana.

Tendo em consideração as diferentes estações do ano, apenas na estação de outono/inverno é que se verificou uma associação significativa entre a presença e a ausência de asma e a exposição às PM₁₀ em salas de aula com presença e ausência de risco ($p=0,026$). Também Annesi-Maesano *et al.* (2012) mencionam que as partículas estão associadas à asma. Os resultados encontrados nesta investigação poderão estar associados ao grande número de salas de aula que utilizavam quadro de lousa e giz (88,3%). No estudo de Lopes, M. *et al.* (2008), cujo objetivo consistiu em avaliar a relação entre a exposição a poluentes e a doença asmática, verificaram elevadas concentrações de partículas no interior das salas de aula, que os autores atribuíram como provável a utilização de giz. Verificámos ainda que existiam muitos estudantes expostos, os quais possuíam algum tipo de sinais, sintomas ou patologias respiratórias, destacando-se as crises de espirros, rinite alérgica, tosse seca, pieira e assobios. Segundo a informação apresentada pelos progenitores quanto à presença de outros sinais ou sintomas (não respiratórios), quer no outono/inverno, quer na primavera/verão, verificámos que, não existiu um padrão de associação entre a presença de sinais ou sintomas e a exposição de salas com presença de risco ($p>0,05$). No entanto, nos estudantes que se encontravam expostos a valores de PM₁₀ acima da CMR, verificámos que os sinais e sintomas que se destacavam eram: falta de concentração, dores de cabeça e irritação das mucosas dos olhos. Constatámos ainda, que os valores da 1ª fase para a 2ª diminuíram ligeiramente. Sousa *et al.* (2012) referem que poluentes como as partículas podem causar efeitos agudos como irritação na pele, olhos, nariz e garganta e vias aéreas superiores, bem como podem contribuir para a prevalência de doenças respiratórias crónicas, como asma. Simoni *et al.* (2010), menciona que altas concentrações de PM₁₀ estão associadas a tosse. Annesi-Maesano *et al.* (2013) referem que as partículas se encontram associadas à asma, bronquite e doenças pulmonares obstrutivas crónicas.

Na estação de outono/inverno e na de primavera/verão, verificámos que as crianças que frequentavam as escolas de freguesias de meio predominantemente rural ou mediamente urbanas não apresentaram um padrão significativo entre sinais, sintomas ou patologias respiratórias perante as salas de aulas que foram classificadas com presença/ausência de risco quanto às PM₁₀. Apenas se verificou associação significativa nos estudantes que frequentavam escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas do 1º ano com rinite alérgica (outono/inverno) e do 4º ano com dificuldades respiratórias (outono/inverno) e na primavera/verão com rinite alérgica. Constatámos também relativamente aos sinais, sintomas e patologias não respiratórias, independentemente da localização da escola, que não se verificou um padrão significativo entre a presença de sinais, sintomas ou patologias não respiratórias e a exposição em salas de aula com valores de PM₁₀ acima da CMR, quer na estação de outono/inverno quer na estação da primavera/verão, com exceção dos alunos do 4º ano que frequentavam escolas pertencentes a freguesias predominantemente urbanas. Relativamente ao stresse, tonturas e dores de cabeça. Janssen *et al.* (2002) demonstraram que as

admissões no hospital por doenças cardiovasculares, bronquite crónica e pneumonia estavam associadas às PM_{10} emitidas pelas rodovias e pela combustão de óleo. Hulin *et al.* (2011), demonstraram que a qualidade do ar interior era melhor em salas de aula pertencentes a zonas rurais do que em salas de aula localizadas em zonas urbanas, com concentrações até seis vezes mais baixas, nomeadamente de partículas. A alta prevalência de asma e alergias foi observada em crianças urbanas, cujas escolas tinham altas concentrações de partículas.

Quer na estação de outono/inverno quer na estação da primavera/verão, não se verificou uma associação significativa relativamente aos parâmetros espirométricos e a exposição a valores de PM_{10} acima da CMR. No entanto, é de realçar alguns dos valores obtidos pelos 218 estudantes expostos no outono/inverno. Desta, 103 estudantes possuíam o DEMA anormal, 95 possuíam a CVF anormal e 40 alterado o parâmetro VEMS. Na primavera/verão os valores dos estudantes expostos diminuíram, tendo-se destacado nesta fase de avaliação os três parâmetros espirométricos mencionados anteriormente. Na estação de outono/inverno, quando avaliámos se os valores médios espirométricos aumentaram ou diminuíram na presença de risco, verificámos que existiram diferenças significativas ao nível do $DEMM_{25-75}$. O seu valor diminuiu quando os estudantes estão expostos a valores de PM_{10} acima da CMR. Apesar de não existirem diferenças significativas todos os outros parâmetros espirométricos apresentaram valores mais baixos quando os estudantes estavam em presença de risco. Relativamente à estação de primavera/verão, verificámos que existiam diferenças significativas ao nível do VEMS/CVF, DEM_{50} e DEM_{75} . Verificámos que os valores se encontravam diminuídos quando os estudantes estavam expostos a valores de PM_{10} acima da CMR. Apesar de para os restantes parâmetros não se terem verificado diferenças significativas, de um modo geral verificámos a mesma tendência. Rojas-Martinez *et al.* (2007) demonstraram no seu estudo, realizado em crianças na cidade do México, que a exposição a PM_{10} estava associada significativamente a menores taxas de crescimento e de parâmetros como o VEMS e o CVF. Gauderman *et al.* (2002) realizaram um estudo longitudinal em crianças da Califórnia do Sul sobre a exposição a poluentes no ar exterior e a redução no crescimento normal dos parâmetros da função respiratória. Neste estudo a redução na taxa de evolução anual do VEMS e do $DEMM_{25-75}$ foi de 10%, tendo encontrado relação com a presença de PM_{10} , $PM_{2,5}$ e NO_2 . Castro *et al.* (2009) avaliaram um grupo de crianças dos 6 aos 15 anos de idade na cidade do Rio de Janeiro (usando uma zona identificada como tendo poluição elevada do ar, quer por complexos industriais quer por tráfego automóvel e com um raio de 2Km). Concluíram que as crianças expostas a aumentos dos níveis de PM_{10} e de NO_2 tinham diminuição dos valores da função respiratória. Jedrychowski *et al.* (1999) realizaram em Cracóvia, na Polónia, (utilizando 2 grupos geograficamente diferentes e com níveis de poluição do ar díspares), um estudo em crianças pré-adolescentes também com o objetivo de conhecer os efeitos dos poluentes atmosféricos na função respiratória. Como indicadores ambientais serviram-se das partículas em suspensão e do SO_2 , tendo concluído que as crianças residentes na área mais poluída, tinham um crescimento dos parâmetros da função respiratória mais lento que as crianças da zona menos poluída.

Quando transformamos os parâmetros espirométricos em padrões espirométricos, e apesar de não existir associação significativa ($p=0,395$), verificámos, na 1ª fase de avaliação, que das 218 crianças em presença de

risco, 90 estudantes (41,3%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 2 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo (0,9%). Nesta 2ª fase de avaliação, também não se verificou uma associação significativa ($p=616$). Constatámos que dos estudantes expostos, 42 estudantes (36,8%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 2 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo (1,8). Diversos estudos associam concentrações de partículas à diminuição da função respiratória. Guanabara (2011), comparou a função respiratória das crianças dos 6 aos 12 anos nas localidades de Atibaia e Cubatão no Brasil e encontrou evidência de que o risco de desenvolver doenças respiratórias aumenta com a maior exposição a doses de poluentes, nomeadamente o O_3 e PM_{10} . Gouveia *et al.* (2003), num estudo abrangente sobre “Poluição do ar e efeitos na saúde de duas grandes metrópoles brasileiras”, e tendo usado as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, encontraram um aumento dos internamentos por patologia respiratória nas crianças associados aos poluentes PM_{10} , CO e SO_2 . Brunekreef e Holgate (2002) referem que o material particulado está associado com a diminuição da função pulmonar em crianças e adultos asmáticos e o aumento da mortalidade respiratória na população em geral. Vários outros estudos também associaram elevadas concentrações de partículas com a diminuição da função respiratória das crianças (Gauderman *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2012).

Se no caso do CO_2 o valor do limiar de proteção é ligeiramente mais elevado tendo em consideração o DL 79/2006, de 4 de abril, no caso das PM_{10} o valor diminuiu bastante, o que nos leva a prever que o número de estudantes expostos aumente consideravelmente. Efetivamente, constatámos que o número de estudantes expostos aumentou significativamente de 218 para 984 no outono/inverno, e na primavera/verão dos 73 passaram todos a estar expostos.

Verificámos que o número de estudantes expostos nas escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas aumentou de 127 estudantes expostos para 706 no outono/inverno, e na primavera/verão aumentou de 40 estudantes expostos para 741. Nas escolas localizadas em zonas mediamente urbanas as alterações foram no outono/inverno de 85 estudantes em presença de risco para 268, e na primavera/verão foram de 27 estudantes em presença de risco para 268. Relativamente às escolas localizadas em zonas predominantemente rurais as alterações foram de 6 estudantes expostos, quer na estação de outono/inverno quer na estação de primavera/verão, e para 10 estudantes em presença de risco em ambas as estações em estudo. Quer no outono/inverno quer na primavera/verão, o número de estudantes expostos aumentou o que levou a que também o número de estudantes com sinais, sintomas ou patologias respiratórias e não respiratórias em presença de risco aumentasse. Relativamente aos parâmetros e padrões espirométricos com valores anormais verificámos um aumento do número de crianças com os valores anormais na estação de outono/inverno de forma ligeira e na estação da primavera/verão de forma muito relevante, quando expostos a valores de $PM_{10}>0,05mg/m^3$.

Verificámos que os estudantes com padrões espirométricos anormais, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, aumentaram de forma relevante, quando comparados com os valores obtidos ao abrigo da legislação anterior onde existia um menor número de estudantes expostos.

Em suma, com a introdução destes novos limiares de proteção para as PM_{10} , passou a existir uma maior e preocupante exposição dos alunos a concentrações médias de PM_{10} acima do limiar de proteção.

As $PM_{2,5}$ passaram a fazer parte da QAI com um limiar de proteção de $0,025\text{mg}/\text{m}^3$, com a entrada em vigor, em dezembro de 2013, da Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro. De facto, não se conseguia perceber esta inexistência de valores de concentração máxima de referência, sendo este parâmetro ambiental dos mais referenciados por vários autores como sendo um dos que mais consequências graves e nefastas acarreta para a saúde pública. Verificámos que os 1019 estudantes, quer na estação de outono/inverno quer na estação de primavera/verão, se encontravam expostos a valores acima dos $0,025\text{mg}/\text{m}^3$. Vários estudos demonstraram a presença de $PM_{2,5}$ em edifícios escolares (Zuraimi *et al.*, 2007; Annesi-Maesano *et al.*, 2012). Verificámos, também, que as crianças que frequentavam o 4º ano, independentemente da localização da escolas, apresentaram maior número de sinais, sintomas ou patologias, comparativamente com os estudantes que frequentavam o 1º ano de escolaridade. Vários estudos reportam uma forte associação entre as $PM_{2,5}$ e a tosse (Shima e Adachi, 2000; Jalaludin *et al.*, 2004).

No outono/inverno e na primavera/verão, verificámos que das 1019 crianças em presença de risco, existiam percentagens elevadas de crianças com parâmetros anormais, nomeadamente os valores de CVF, DEMA e VEMS. Relativamente ao padrão espirométrico, verificámos no outono/inverno que das 1019 crianças em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (53,9%). Porém, 457 (44,8%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 13 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo na primavera/verão, e a maioria também possuía um padrão espirométrico normal (60,1%). No entanto, 397 (39%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 10 possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo. Gauderman *et al.* (2002), associam as concentrações de $PM_{2,5}$ com a diminuição da função respiratória das crianças.

Estudos com animais têm demonstrado que ratos expostos a partículas de dimensões muito reduzidas apresentam nitidamente mais risco de inflamação pulmonar do que os ratos expostos a uma massa equivalente de partículas de maiores dimensões (Ferin *et al.*, 1992; Oberdorster *et al.*, 1995). A sugestão de que as partículas mais pequenas são mais prejudiciais para a função do pulmão é também baseada na descoberta de que as partículas finas contêm maiores concentrações de sulfatos e nitratos, compostos orgânicos, e metais de transição mais bio disponíveis do que as partículas grosseiras (Kodavanti *et al.*, 1997).

7.3.3. Associação entre os COVs e a saúde das crianças

Todos os estudantes expostos a COVs acima da CMR encontravam-se a frequentar escolas localizadas em zonas predominantemente urbanas. Verificámos, apesar de não haver associação significativa, que existiu uma tendência para a diminuição de concentrações da estação de outono/inverno ($n=25$) para a estação da primavera/verão ($n=18$).

No outono/inverno verificámos uma associação significativa entre a presença e a ausência de tosse seca e a exposição aos COVs em salas e aula com presença e ausência de risco ($p=0,028$). Son *et al.* (2003), referem que alguns sintomas associados à exposição a COVs são: cansaço, irritação do trato respiratório superior, dos olhos e pele, dores de cabeça, náuseas, perda de memória, visão turva, entre outros.

Constatamos ainda, apesar de não existir associação significativa que, dos estudantes expostos, 29,6% apresentaram crise de espirros, 18,5% apresentaram rinite alérgica e pieira e assobios, 7,4% possuíam dificuldades respiratórias e 3,7% sofriam de asma e bronquite crónica. Na primavera/verão verificámos uma associação significativa entre a presença e a ausência de asma e a presença e ausência de risco ($p < 0,05$). Também Annesi-Maesano *et al.* (2012), referem no seu estudo que os COVs estão associadas à asma.

Relativamente aos outros sintomas, verificámos que, apesar de não existir um padrão significativo, todas as crianças expostas possuíam algum tipo de sintoma, com exceção da bronquite crónica. Vários estudos referem que os COVs podem ser responsáveis por uma enorme variedade e gravidade de sintomas, em caso de exposições prolongadas, mesmo a concentrações baixas (Bernstein *et al.*, 2008; Casset, 2008; Kim *et al.*, 2009).

No que diz respeito aos sinais e sintomas não respiratórios na estação de outono/inverno não verificámos associação significativa, no entanto é de realçar a existência de 227 estudantes que revelaram possuir falta de concentração, 82 dores de cabeça e 50 irritação das mucosas dos olhos. Na primavera/verão verificámos uma associação significativa entre a presença de irritação das mucosas dos olhos e a falta de concentração e a exposição em sala de aula a valores de COVs acima da CMR ($p < 0,05$). De acordo com Casset (2008), a irritação da pele, das mucosas dos olhos e designadamente das vias aéreas, pode ser tida como agravamento da doença alérgica subjacente: várias vezes são referidas sensação de mal estar, náuseas, fadiga, sonolência e cefaleias. No estudo de Madureira *et al.* (2009) foram relacionados sintomas típicos da SBS (sintomas irritantes na garganta, nariz, olhos e pele; inflamação, etc.) com a exposição a COVs. Smedje *et al.* (1997) verificaram que altas concentrações de COVs estão associadas a doenças alérgicas e respiratórias, nomeadamente que o risco de asma aumenta 1.3 vezes para um acréscimo de mais de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ em presença de concentração elevada de COVs.

Verificámos ainda que, quer na estação de outono/inverno quer na estação de primavera/verão, os estudantes que frequentavam as escolas de freguesias predominantemente rurais e mediamente urbanas não apresentaram padrão significativo entre sinais, sintomas ou patologias respiratórias perante as salas de aula com presença e ausência de risco. Relativamente às escolas localizadas nas freguesias predominantemente urbanas, na estação de primavera/verão verificámos uma associação significativa entre a rinite alérgica e a exposição a valores de COVs acima da CMR. Bernstein *et al.* (2008), associaram altas concentrações de COVs com a asma e sintomas respiratórios relacionados.

Relativamente aos sinais e sintomas não respiratórios, dos estudantes que frequentavam escolas localizadas em freguesias predominantemente rural ou mediamente urbana, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, não verificámos uma associação significativa. No entanto, na primavera/verão verificámos uma associação significativa entre a presença de irritação das mucosas dos olhos ($p = 0,001$) e a falta de concentração ($p = 0,031$) e a exposição em salas de aula do 4º ano com valores acima da CMR. Smedje *et al.* (1996), realizaram um estudo em escolas da Suécia, e verificaram a existência de problemas com a QAI ao constatarem uma associação entre elevadas concentrações de COVs e a perda de desempenho dos estudantes.

A maioria destes estudos epidemiológicos acima mencionados foram conduzidos em áreas urbanas, e apenas alguns deles foram feitos em zonas rurais onde a poluição difere em intensidade e nas fontes. Além disso, viver em áreas rurais tem sido associado a uma diminuição da prevalência de sintomas respiratórios em relação às áreas urbanas (Naleway, 2004).

Relativamente aos parâmetros espirométricos, na estação de outono/inverno, verificámos uma associação significativa ao nível do parâmetro DEM_{25} ($p < 0,0001$). Verificámos que dos estudantes expostos a valores de COVs acima da CMR, 20% possuíam valores de DEM_{25} anormais. Quanto aos restantes parâmetros não se verificou qualquer diferença significativa, no entanto, dos estudantes expostos, 60% possuíam valores de CVF e de DEMA anormais e 24% dos estudantes apresentaram valores de VEMS anormais. Na primavera/verão não se verificou associação significativa, porém, verificaram-se percentagens elevadas de crianças expostas com parâmetros anormais, nomeadamente, 50% apresentavam a CVF anormal, 27,8% possuíam o DEMA anormal e 2 crianças apresentavam o VEMS anormal.

Na estação de outono/inverno, ao analisarmos se os valores dos parâmetros espirométricos aumentavam ou diminuía quando os estudantes se encontravam expostos, verificámos que existiam diferenças significativas ao nível do VEMS/CVF e do DEM_{75} . Estes valores encontravam-se mais elevados quando os estudantes não estavam expostos a valores de COVs acima da CMR. No que diz respeito aos outros valores, e apesar de não existirem diferenças significativas, verificámos que o VEMS, DEM_{25} e o DEM_{50} estavam mais elevados quando os estudantes estavam em presença de risco. Na estação de primavera/verão não se verificaram diferenças significativas.

No que diz respeito à relação do risco dos COVs e os padrões espirométricos quer no outono/inverno quer na primavera/verão, não se verificou associação significativa. No entanto, verificámos que dos 25 estudantes expostos na 1ª fase de avaliação, 40,0% possuíam distúrbio ventilatório restritivo e 4% possuíam distúrbio ventilatório obstrutivo, na primavera/verão, dos 18 estudantes expostos, 33,3% possuíam distúrbio ventilatório restritivo.

Estes resultados parecem-nos apontar para uma associação entre a exposição a COVs e a diminuição da função respiratória.

7.3.4. Associação entre o CH_2O e a saúde das crianças

Na estação de outono/inverno nenhum estudante esteve exposto a concentrações médias de formaldeído acima da CMR, no entanto, na primavera/verão verificámos que 12 estudantes se encontravam expostos. O formaldeído é bem conhecido pelos efeitos cancerígenos. Vários estudos referem a presença de formaldeído em escolas (Annesi-Maesano *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2005, 2007).

Constatamos uma associação significativa entre a presença de asma e a exposição em sala de aula com presença de risco ($p < 0,05$). Relativamente aos outros sinais, sintomas ou patologias não se verificou nenhuma associação significativa. Annesi-Maesano *et al.* (2012), também referem no seu estudo que o CH_2O está associado à asma. A American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health (2012), refere

que a exposição ao CH_2O provoca irritação na boca, garganta, nariz e olhos, piora os sintomas da asma e causa dores de cabeça e náuseas. A exposição aguda ao formaldeído pode causar irritação nos olhos, nariz, garganta e pele, ao passo que a exposição a longo prazo tem sido associada com certos tipos de cancro, bem como à asma (Daisey *et al.* 2003). Vários estudos referem que os sintomas respiratórios mais graves da exposição ao CH_2O , são as náuseas, vômitos, tosse, asma e edema pulmonar (Ritchie *et al.*, 1987; Collins *et al.*, 2004).

Verificámos também que os estudantes, que frequentavam escolas pertencentes a freguesias predominantemente rurais e predominantemente e mediamente urbanas, não apresentavam um padrão significativo entre sinais, sintomas ou patologias perante as salas de aula que foram classificadas com presença e ausência de risco quanto ao formaldeído. Apenas nos estudantes do 1º ano pertencentes a escolas de freguesias predominantemente urbanas é que se verificou uma associação significativa entre a asma e a exposição em salas de aula com presença de risco ($p < 0,05$). Maiores concentrações deste poluente foram associados com diminuição da permeabilidade nasal (Norback *et al.*, 2000) e com asma entre as crianças (Smedje e Norback, 2001). Em escolas francesas pertencentes a seis cidades, o CH_2O foi relacionado a um maior risco de rinite. Outros estudos referem que inflamação pulmonar, nasal, garganta, olhos, as irritações da pele, sintomas, cancro e SBS estão relacionados com a exposição ao CH_2O (Franklin *et al.*, 2000; Norback *et al.*, 2000). Elevadas concentrações de formaldeído foram relacionadas a um prejuízo significativo no desempenho mental de 627 estudantes de escolas Suecas (Smedje *et al.*, 1996). O CH_2O aumenta o risco de asma na infância e é suspeito de causar sensibilização alérgica em crianças (Rumchev *et al.*, 2002; McGwin *et al.*, 2010).

Na estação de primavera/verão não se verificaram diferenças significativas entre os parâmetros espirométricos em função da exposição ou não ao formaldeído. No entanto, constatamos que dos 12 estudantes expostos existiram percentagens elevadas de estudantes com valores anormais, nomeadamente: 58% apresentavam a CVF anormal, 41,7% possuíam o DEMA anormal e 16,7% apresentavam o VEMS anormal. Ao avaliarmos se os parâmetros diminuíram ou aumentaram na presença de risco, verificámos que existia diferenças significativas na CVF, DEMA e no DEM_{25} , ou seja, verificámos que quando os estudantes se encontravam expostos estes valores encontravam-se diminuídos relativamente aos que não estavam expostos. Apesar de não existirem diferenças significativas nos outros parâmetros, verificámos, de um modo geral, que a tendência foi a mesma. Quando avaliámos os padrões espirométricos dos estudantes expostos ou não expostos, na estação de primavera/verão, verificámos que não existiu uma associação significativa ($p=0,929$). Constatámos que das 12 crianças em presença de risco, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (58,3%), porém 5 (41,7%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. Zhao *et al.* (2008) verificaram que quando a exposição a CH_2O aumenta $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ estava associada a um maior risco de ataques noturnos de falta de ar em crianças. De acordo com Paustenbach *et al.* (1997), o formaldeído é um irritante bem reconhecida afetando múltiplos tecidos e provoca queda transitória da função pulmonar.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSÕES

O desenvolvimento económico e tecnológico encontra-se em crescimento exponencial no sentido de satisfazer as exigências da sociedade dos dias de hoje, resultando, no entanto, na diminuição e destruição dos recursos naturais, que causam consideráveis impactes ambientais com repercussões na saúde humana. O avanço científico e a preocupação com este assunto têm contribuído para uma crescente inclusão das questões da saúde nas políticas de ambiente, por se entender que qualquer prejuízo provocado no ambiente origina danos diretos e/ou indiretos no Homem.

Este estudo pretendeu contribuir para a concepção de espaços mais saudáveis e a consequente melhoria da qualidade de vida das crianças. A existência de uma boa qualidade do ar interior é essencial na manutenção da saúde da população como um todo, tornando-se especialmente importante no caso de grupos vulneráveis como é o caso das crianças, facto agravado pelo tempo que estas permanecem no interior dos edifícios. É neste âmbito que foi desenvolvido o trabalho desta tese, que se deseja que possa constituir um contributo de base científica para o conhecimento do binómio ambiente-saúde.

São diversificadas as origens dos contaminantes encontrados no interior de edifícios, nomeadamente, podem ter origem nos ocupantes e nas suas atividades, nos materiais de construção e decoração, e também, no ar exterior que entra no edifício. As condições termo-higrométricas também são importantes para garantir ambientes saudáveis, dado que para além de afetarem o conforto térmico, condicionam a emissão de poluentes químicos a partir das fontes de contaminação existentes (Déoux, 2001; Viegas, 2012). Uma deficiente qualidade do ar interior durante curtos períodos (horas) pode provocar incómodo, diminuição da atenção e diminuição da capacidade de aprendizagem, no entanto, uma exposição prolongada (dias e semanas) a poluentes do ar interior podem gerar graves problemas de saúde, nomeadamente doenças respiratórias ou alérgicas.

Em conclusão, detetámos escolas que apresentaram má QAI. Vários parâmetros ambientais ultrapassaram o legislado em termos de qualidade do ar interior, muito associada à não renovação do ar por manterem os edifícios fechados. Um conforto térmico deficiente promove a falta de ventilação, e desta forma, para impedir a entrada de ar frio mantêm-se janelas e portas fechadas.

Os resultados obtidos neste trabalho de investigação demonstraram que as escolas estudadas, na sua maioria, correspondem a edifícios que há muito tempo não são objeto de reabilitação, possuindo muitos anos de existência. Apresentam deficiências nos seus aspetos construtivos, falta de sistema de climatização e falta de ventilação mecânica ou mista, sendo a ventilação assegurada pela abertura de janelas ou portas. Em resultado desta situação, especialmente no outono/inverno foram medidos teores especialmente elevados

de CO₂ no ambiente interior, revelando claramente deficiências da QAI devido à insuficiente ventilação. De realçar também, o facto, de nas salas de aula se realizarem todo o tipo de atividade, recorrendo a material diversificado e diverso. Em suma, verificámos que vários parâmetros analisados se encontravam em algum momento acima do valor legislado, como foi o caso dos CO₂, das PM₁₀, dos COVs, do CH₂O, da Hr e da Tº (e também as PM_{2,5}, ao abrigo da Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro). Verificámos que a ventilação nas salas de aula era reduzida. No entanto, as concentrações do O₃, CO, NO₂ e SO₂ nunca ultrapassaram a CMR no interior das salas de aula.

Relativamente ao CO₂, no outono/inverno, verificámos que em 68 salas de aula a CMR foi ultrapassada, e na primavera/verão existiram 41 salas de aula com concentrações acima da CMR. Estes resultados preocupantes, evidenciaram que estavam expostos 856 alunos no outono/inverno e 384 alunos na primavera/verão. Constatámos que as concentrações no interior das salas de aula foram sempre mais elevadas do que as concentrações encontradas no exterior. Verificámos também que, no outono/inverno, as concentrações de CO₂ quer no interior das salas de aula quer no exterior eram maiores do que na primavera/verão. Nas salas de aula, as concentrações foram maiores em zonas predominantemente rurais, quer no outono/inverno quer na primavera/verão. Relativamente às concentrações verificadas no exterior, foram maiores em zonas predominantemente urbanas, no outono/inverno, e no que diz respeito à primavera/verão foram maiores em zonas mediantemente urbanas. Verificámos, na primavera/verão, associação entre a exposição ao CO₂ nas salas de aula acima da CMR e a presença de asma, tonturas e dores de cabeça, nas crianças. No outono/inverno, verificámos associação entre a exposição ao CO₂ nas salas de aula acima da CMR e a presença de falta de concentração. Existiram também associações, na primavera/verão, entre a exposição ao CO₂ acima da CMR nas salas de aula localizadas em zonas predominantemente urbanas e a presença de pieira e assobios, crise de espirros, tosse seca, nos alunos do 1º ano, e tonturas, dores de cabeça e irritação das mucosas dos olhos, nos alunos do 4º ano. No outono/inverno, verificámos associação entre a exposição ao CO₂ acima da CMR nas salas de aula localizadas em zonas predominantemente urbanas e a presença de falta de concentração nos alunos do 1º ano. No que concerne aos parâmetros espirométricos, e apesar de não existirem diferenças significativas, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, constatámos que as crianças que estavam expostas a concentrações de CO₂ acima da CMR possuíam todos os valores espirométricos mais reduzidos (com exceção da CVF, no outono/inverno) relativamente às crianças não expostas. Constatámos ainda, na primavera/verão, uma associação entre os padrões espirométricos dos estudantes e a exposição ao CO₂. Verificámos que das 384 crianças expostas, a maioria possuía um padrão espirométrico normal, porém 159 (41,4%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. Todos os resultados acima expostos relativos ao CO₂, foram analisados ao abrigo do DL 79/2006, de 4 de abril, no entanto, quando os analisámos com base na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, e porque os valores de proteção do limiar passaram de 984ppm para 1250ppm, estes apresentaram menores preocupações.

Relativamente às PM₁₀, no outono/inverno, verificámos que a CMR foi ultrapassada em 21 salas de aula, e na primavera/verão em 11 salas de aula. Estes resultados, indicaram que estavam expostos 218 alunos no

outono/inverno e 114 alunos na primavera/verão. Constatámos que as concentrações no interior das salas de aula foram mais elevadas do que as concentrações encontradas no exterior, no outono/inverno. Na primavera/verão verificámos o oposto. Verificámos também, que no outono/inverno as concentrações de PM_{10} no interior das salas de aula eram maiores do que na primavera/verão. Relativamente às concentrações encontradas no exterior, na primavera/verão, estas foram mais elevadas do que no outono/inverno. Nas salas de aula, no outono/inverno, as concentrações de PM_{10} foram mais elevadas em zonas mediamente urbanas, e na primavera/verão foram mais elevadas em zonas predominantemente rurais. Relativamente às concentrações verificadas no exterior, apresentaram valores menores em zonas predominantemente urbanas, no outono/inverno, e no que diz respeito à primavera/verão foram maiores em zonas predominantemente rurais. Verificámos que as salas de aula com pavimento de madeira revelaram concentrações médias mais elevadas de PM_{10} . Este resultado indica que devido às características do tipo de material de revestimento do piso existe uma maior dificuldade em efetuar a limpeza, provocando desta forma um acumular de poeiras entre o material. Estes resultados foram de encontro aos resultados do estudo de Cano M. *et al.* (2012). Verificámos, no outono/inverno, associação entre a exposição às PM_{10} nas salas de aula acima da CMR e a presença de asma nas crianças. Existiram também associações, na primavera/verão, entre a exposição às PM_{10} acima da CMR nas salas de aula localizadas em zonas predominantemente urbanas e a presença de rinite alérgica, nos alunos do 4º ano. No outono/inverno, verificámos associação entre a exposição às PM_{10} acima da CMR nas salas de aula localizadas em zonas predominantemente urbanas e a presença de rinite alérgica nos alunos do 1º ano, e dificuldades respiratórias nos alunos do 4º ano. No que concerne aos parâmetros espirométricos, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, constatámos que as crianças que estavam expostas a concentrações de PM_{10} acima da CMR possuíam todos os valores espirométricos mais reduzidos (com exceção do $DEMM_{25-75}$, no outono/inverno e da CVF na primavera/verão) relativamente às crianças não expostas. Constatámos ainda, apesar de não existirem associações entre os padrões espirométricos dos estudantes e a exposição às PM_{10} , que das 218 crianças em presença de risco, no outono/inverno, a maioria possuía um padrão espirométrico normal (57%), no entanto, 90 estudantes (41,3%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo e na 2ª fase de avaliação, das 114 crianças expostas, 61,4% possuía um padrão espirométrico normal, porém 36,8% (n=42) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. Todos estes resultados relativos às PM_{10} , foram analisados tendo em consideração o DL 79/2006, de 4 de abril, no entanto, quando os analisámos com base na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, e porque os valores de proteção do limiar passaram de $0,15\text{mg}/\text{m}^3$ para $0,05\text{mg}/\text{m}^3$, estes apresentaram maiores cuidados, ou seja, de 218 alunos expostos, no outono/inverno passaram a estar 984 crianças expostas e na primavera/verão todos os alunos passaram a estar expostos.

No que diz respeito aos COVs, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, verificámos que em 2 salas de aula a CMR foi ultrapassada. Estavam expostos 25 alunos no outono/inverno e 18 alunos na primavera/verão. Constatámos que as concentrações no interior das salas de aula foram mais elevadas do que as concentrações encontradas no exterior. Verificámos também, que no outono/inverno as concentrações de COVs no interior das salas de aula eram maiores do que na primavera/verão.

Relativamente às concentrações verificadas no exterior, verificámos o oposto. Nas salas de aula, as concentrações foram maiores em zonas predominantemente rurais, quer no outono/inverno quer na primavera/verão. Relativamente às concentrações verificadas no exterior, foram maiores em zonas predominantemente urbanas, no outono/inverno, e também na primavera/verão. Verificámos, na primavera/verão, associação entre a exposição aos COVs nas salas de aula acima da CMR e a presença de asma, irritação das mucosas dos olhos e falta de concentração, nas crianças. No outono/inverno, verificámos associação entre a exposição aos COVs nas salas de aula acima da CMR e a presença de tosse seca nas crianças. Verificámos também associações, na primavera/verão, entre a exposição aos COVs acima da CMR nas salas de aula localizadas em zonas predominantemente urbanas e a presença de rinite alérgica, irritação das mucosas dos olhos e falta de concentração, nos alunos do 4º ano. No que concerne aos parâmetros espirométricos, no outono/inverno, verificámos que existiam diferenças significativas ao nível do VEMS/CVF e do DEM₇₅. Estes dois valores estavam mais elevados quando as crianças não estavam expostas a COVs superiores à CMR. Relativamente à primavera/verão, constatámos que em nenhum dos parâmetros espirométricos existiam diferenças estatisticamente significativas, no entanto, verificámos que com exceção do VEMS/CVF todos os outros valores eram mais elevados nas crianças não expostas. Constatámos ainda, que não existiram diferenças significativas entre os padrões espirométricos dos estudantes e a exposição aos COVs. Verificámos que das 25 crianças expostas, a maioria possuía um padrão espirométrico normal, porém 10 crianças(40%) possuíam distúrbio ventilatório restritivo. De realçar que o valor de limiar de proteção ao abrigo da Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro se manteve comparativamente com o valor de CMR que constava no DL 79/2006.

No que concerne às PM_{2,5}, e tal como referido ao longo do trabalho, o DL 79/2006, de 4 de abril, não contemplava para estas, uma CMR, no entanto, foi feita uma análise tendo por base a CMR das PM₁₀ e os resultados verificados foram muito semelhantes aos encontrados para as PM₁₀. A Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro veio alterar esta questão e passou a ter como limiar de proteção para as PM_{2,5}, 0,025mg/m³. Neste sentido, concluímos que, quer no outono/inverno quer na primavera/verão, todos os alunos estavam expostos a valores de PM_{2,5} acima do limiar de proteção. No outono/inverno a concentração verificada no interior das salas de aula foi mais elevada do que no exterior. No entanto, na primavera/verão verificámos o oposto. Relativamente à concentração verificada no exterior esta foi mais elevada na primavera/verão face ao outono/inverno. Nas salas de aula, as concentrações foram maiores em zonas mediantemente urbanas e predominantemente rurais, no outono/inverno. Relativamente à primavera/verão, estas foram mais elevadas em zonas predominantemente urbanas e predominantemente rurais. No que concerne às concentrações verificadas no exterior, estas foram maiores em zonas predominantemente rurais, no outono/inverno, e também na primavera/verão.

Face ao acima exposto, verificou-se que as concentrações dos poluentes no ar interior das salas de aula foram superiores aos observados no exterior (com exceção das partículas e o CO, na primavera/verão), indicando a importância das fontes de emissões interiores. Diversos estudos revelaram que existem diferenças significativas entre os níveis de poluentes verificados no interior e no exterior. Apesar da

composição da atmosfera ser basicamente igual nos dois ambientes, tem-se verificado que os níveis de alguns poluentes são mais elevados no interior do que no exterior (Halek *et al.*, 2009; Lee e Chang, 2000; Pegas *et al.*, 2011). Constatámos ainda que, dos parâmetros que revelaram resultados preocupantes e acima do valor legislado, o CO₂, os COVs e o CH₂O apresentaram concentrações médias, no exterior, mais elevadas em zonas predominantemente urbanas, enquanto que as partículas PM₁₀ e PM_{2,5}, revelaram concentrações mais elevadas em zonas predominantemente rurais.

Verificámos que do outono/inverno para a primavera/verão o número de alunos expostos a poluentes diminuiu e também que existiram melhorias significativas do padrão espirométrico na primavera/verão face ao outono/inverno. Constatámos também associações entre alguns parâmetros ambientais e sinais, sintomas e patologias, bem como alterações na função respiratória nos estudantes. Atendendo aos diferentes tipos de sinais, sintomas e patologias relacionadas com a QAI, e de acordo com vários autores, sabe-se que a exposição contínua a poluentes contribui para o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, respiratórias, cancro do pulmão, entre outras. Verificámos que muitos dos pais/encarregados de educação, que fumavam dentro de casa, tinham filhos com vários sinais, sintomas e patologias, nomeadamente, asma (76,9%), dificuldades respiratórias (70,5%), bronquite crónica, pieira e assobios (69%), rinite alérgica (65%), crise de espirros (56%), tosse seca (53%).

Face aos resultados verificados neste trabalho torna-se premente encontrar e propor medidas mitigadoras e promover de estilos de vida saudáveis. Uma forma simples de diminuir a concentração de poluentes no interior dos edifícios tem sido avançada por vários autores. Efetivamente, vários estudos têm demonstrado que as plantas podem ser usadas para remover os poluentes do interior (Pegas *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2007). No estudo de Pegas *et al.*, (2012), realizado em Aveiro, os autores concluíram que após a colocação de seis vasos de plantas na sala de aula, se observa uma redução significativa de vários poluentes, nomeadamente de CO₂, COVs, PM₁₀. Esta é uma solução de custo reduzido e que diminui a exposição das crianças e dos professores a muitos compostos, contribuindo para melhorar ainda mais o seu desempenho, assiduidade e bem-estar.

É fundamental que as escolas procedam a algumas melhorias estruturais e funcionais, que realizem monitorizações contínuas, de forma a não exporem as crianças a situações de risco. É importante também melhorar os sistemas de renovação de ar, de modo a tornar esta renovação mais eficaz e eficiente. Deverá existir uma preocupação com uma adequada exposição solar, por forma a evitar o aparecimento de humidade. No entanto, tem que se modificar e alterar comportamentos e atitudes por parte dos ocupantes dos edifícios, realizando o simples hábito de abrir frequentemente as janelas.

Existe alguma legislação, fixada por cada país, aplicável aos edifícios. Porém, uma avaliação dos valores indica que estes não são todos determinados de acordo com os mesmos pressupostos, pois são muito variáveis. Atendendo à elevada percentagem de tempo passado nestes ambientes e a alteração dos poluentes encontrados nestes espaços, derivados dos materiais usados e a cada vez maior estancuidade dos edifícios, como solução a uma estratégia de economia energética, urge dar mais atenção ao ar interior, o que tem que

ser encarado cada vez mais como uma prioridade máxima. Mas este facto parece estar em causa em Portugal, se não vejamos:

- atualmente coloca-se a questão da reestruturação do parque escolar, funcionamento da rede de ensino, nomeadamente no aumento do número de estudantes por turma. Tendo em conta que o CO₂ resulta essencialmente do metabolismo biológico dos seres vivos, é conveniente que os decisores desta política percebam que se aumentarmos a lotação das salas aumentamos o CO₂ e, conseqüentemente, os problemas de saúde;
- O governo tem intenção de eliminar as questões de qualidade do ar interior na revisão da legislação. De facto, em agosto de 2013 saiu uma nova legislação revogando a anterior, que entrou em vigor no dia 1 dezembro desse ano, e ainda são muitas as expectativas e dúvidas existentes, pois ainda não saíram as regulamentações (portarias específicas ainda não definidas). É um retrocesso enorme do ponto de vista científico e da política pública, depois do estado de avanço a que Portugal chegou. E logo em 2013, “Ano Europeu do Ar”. Colocam-se várias questões: será que o governo está a ceder a lóbis? Será que haverá influência das imobiliárias e dos estabelecimentos hoteleiros e similares, que veem neste exercício custos de contexto que atrasam a entrada dos edifícios em funcionamento? Estudos falam da perda de dois milhões de anos de vida na Europa, o que equivale em Portugal à perda de 40 mil anos de qualidade de vida. Nos últimos anos tem-se assistido a uma renovação do parque escolar, que, nesta matéria, é um mau exemplo. Gastaram-se milhões a fazer escolas ultramodernas, com janelas fechadas e equipamentos de ar condicionado que depois não funcionam por falta de financiamento. E, desta forma, estão a transformar as salas de aula em autênticas “câmaras de gás”, devido às elevadas concentrações de dióxido de carbono.

Portugal foi pioneiro na definição das regras para garantir uma boa qualidade do ar dentro dos edifícios, públicos ou privados, mas parece-nos que vamos, com esta nova legislação, dar um enorme passo atrás. A revisão do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior, e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, que, na prática, eliminaram a obrigação de certificar e auditar periodicamente os edifícios, deixam de garantir que quem neles trabalha ou estuda respira um ar saudável.

Este retrocesso tem como argumento fácil a transposição da diretiva do Comportamento Energético dos Edifícios. Parece que se assume o exagero nas exigências, pretendendo com esta nova legislação optar por “eliminar” a lei da qualidade do ar interior em vez de corrigi-la. O governo está a negligenciar uma forma de combater um problema de saúde pública e de proteger o cidadão comum, especialmente o mais vulnerável.

É preciso intensificar esforços no desenvolvimento de metodologias dos fatores determinantes e condicionantes dos poluentes do ar que interferem na saúde humana, que poderão criar ferramentas eficazes no âmbito da saúde pública, contribuindo para a elaboração de políticas voltadas para a qualidade do ar. Da mesma forma é preciso estabelecer programas de controlo e prevenção das conseqüências para a saúde dos ocupantes destes ambientes.

O desenvolvimento de outros estudos sobre o impacto dos poluentes do ar sobre a saúde das populações deve ser estimulado, no sentido de contribuir com medidas adequadas e locais para o controle da poluição do ar.

BIBLIOGRAFIA

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2008). *Relatório do estado do ambiente 2007*. Disponível em www.apambiente.pt.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2009). *Qualidade do ar em espaços interiores: Um guia técnico*. Disponível em www.apambiente.pt.
- Al-Rashidi, K., Loveday, D., & Al-Mutawa, N. (2012). Impact of ventilation modes on carbon dioxide concentration levels in Kuwait classrooms. *Energy & Buildings*, 47, 540-549.
- Ali, H.H., Almomani, H.M., & Hindeich, M. (2009). Evaluating indoor environmental quality of public schools buildings in Jordan. *Indoor and Built Environment*, 18, 66-76.
- Allen, A.G., & Miguel, A.H. (1995). Indoor organic and inorganic pollutants: in-situ formation and dry deposition in southeastern Brazil. *Atmospheric Environment*, 29 (23), 3519-3526.
- Alley, E.R., Stevens, L. B., & Cleland, W. L. (1998). *Air quality control handbook*. New York, U.S.A.: McGrawHill.
- Almeida, S.M. (2004). *Composição e origem do aerossol atmosférico em Zona Urbano-Industrial* (Tese de doutoramento não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Almeida, A., Covas, A., Prates, L., & Fragoso, E. (2009). Internamento e mortalidade intra-hospitalar por asma em Portugal continental (2000-2007). *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 15 (3), 367-383.
- Almeida, S.M., Canha, N., Silva, A., Freitas, M.C., Pegas, P., Alves, C.,...Pio, C.A. (2010). Children exposure to air particulate matter in indoor of Lisbon primary schools. *Atmospheric Environment*. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.11.052.
- Almeida, S. M., Canha, N., Silva, A., Freitas, M. C., Pegas, P., Alves, C.,...Pio, C. A. (2011). Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools. *Atmospheric Environment*, 45, 7594-7599.
- Alvim-Ferraz, M.C., Sousa, S.I., Pereira, M.C., & Martins, F.G. (2006). Contribution of anthropogenic pollutants to the increase of tropospheric ozone levels in the Oporto metropolitan area, Portugal since the 19th century. *Environmental Pollution*, 140 (3), 516-524.
- American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health. (2012). Schools. In R. Etzel (Ed.), *Pediatric environmental health* (pp. 133-150). Elk Grove Village, USA: American Academy of Pediatrics.
- American Thoracic Society. (2000). What constitutes an adverse health effect of air pollution? *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 161, 665-673.
- Andersen, I., Lundqvist, G.R., & Molhave, L. (1975). Indoor air pollution due to chipboard used as a construction material. *Atmospheric Environment*, 9 (12), 1121-1127.
- Anderson, H.R., Spix, C., Medina, S., Schouten, J.P., Castellsague, J., Rossi, G.,...Katsouyanni, K. (1997). Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *European Respiratory Journal*, 10 (5), 1064-1071.
- Annesi-Maesano, I., Hulin, M., Lavaud, F., Raherison, C., Kopferschmitt, C., Blay, F.,...Caillaud, D. (2012). Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 cities study. *Thorax*, 67,

682-688.

- Annesi-Maesano, I., Baiz, N., Banerjee, S., Rudnai, P., & Rive, S. (2013). Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 16, 491-550.
- Apascaritei, M., Popescu, F., & Ionel, H. I. (2008). Air pollution level in urban region of Bucharest and in rural region. In *Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Sustainability in Science Engineering*, (pp. 330-335). Timisoara, Romania.
- Arbex, M.A., Pereira, L.A., Santos, U.P., & Braga, A.L. (2010). Síndrome do edifício doente. *Pneumologista Paulista*, 23(11), 31-40.
- Asher, M., Montefort, S., Bjorkstén, B., Lai, C., Strachan, D., Weiland, S., & Williams, H. (2006). Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys. *Lancet*, 368, 733-43.
- ASHRAE Standard 55–2004. (2004). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.
- ASHRAE Standard 62. (2001). *Ventilation for acceptable indoor air quality*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air- conditioning Engineers.
- Atkinson, R.W., Anderson, H.R., Sunyer, J., Ayres, J., Baccini, M., Vonk, J.M.,...Katsouyanni, K. (2001). Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 164 (10), 1860-1866.
- Avigo, J. D., Godoi, A.F., Janissek, P.R., Makarovska, Y., Krata, A., Potgieter-Vermaak, S.,...Godoi, R.H.(2008). Particulate matter analysis at elementary schools in Curitiba, Brazil. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391, 1459-1468.
- Baek, S., Kim, Y., & Perry, R. (1997). Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban area – indoor/outdoor relationships. *Atmospheric Environment*, 31 (4), 529-544.
- Bakonyi, S.M.C., Danni-Oliveira, I.M., Martins, L.C., & Braga, A. L. F. (2004). Air pollution and respiratory diseases among children in the city of Curitiba, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 695-700.
- Baldi, I., Tessier, J., Kauffmann, F., Jacqmin-Gadda, H., Nejjari, C., & Salamon, R. (1999). Prevalence of asthma and mean levels of air pollution: results from the French PAARC survey. *Pollution Atmospherique et Affections Respiratoires Chroniques. European Respiratory Journal*, 14 (1), 132-138.
- Bateson, T. F., & Schwartz, J. (2008). Children's Response to Air Pollutants. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 238-243.
- Bayer-Oglesby, L., Briggs, D., Hoek, G., Hoogh, K., Janssen, N., Sram, R., & Urbanus, J. (2004). *Air-pollution exposure assessment*. In *Airnet Work Group 1 – Exposure Assessment*. Rome, Italy.
- Bayer, C. W., Crow, S., & Fischer, J. (2000). *Causes of indoor air quality problems in schools. Summary of Scientific Research. USA: Energy Division Oak Ridge National Laboratory for the U. S. Department of Energy*.
- Beaglehole, R.; Bonita, R.; & Kjellstrom, T. (2003). *Basic epidemiology*. Geneva: World Health Organization.
- Beelen, R., Hoek, G., Van den Brandt, P.A., Goldbohm, R.A., Fischer, P., Schouten L.,...Brunekreef, B. (2008). Long-term exposure to traffic related air pollution and lung cancer risk. *Epidemiology*, 19, 702-710.

- Belanger, K., Gent, J.F., Triche, E.W., Bracken, M.B., & Leaderer, B.P. (2006). Association of indoor nitrogen dioxide exposure with respiratory symptoms in children with asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 173 (3), 297-303.
- Bernstein, J.A., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I.L., Fritz, P., Horner, E.,...Tarlo, S.M. (2008). The health effects of nonindustrial indoor air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121, 585-591.
- Binetti, R., Costamagna, F., & Marcello, I. (2006). Development of carcinogenicity classifications and evaluations: the case of formaldehyde. *Annali Istituto Superiore di Sanità*, 42(2), 132-143.
- Blondeau, P., Iordache, V., Poupard, O., Genin, D., & Allard, F. (2005). Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools. *Indoor Air*, 15, 2-12.
- Bluyssen, P.M. (2008). Management of the indoor environment: From a component related to an interactive top-down approach. *Indoor and Built Environment*, 17, 483-495.
- Bornehag, C.G., Sundell, J., & Sigsgaard, T. (2004). Dampness in buildings and health (DBH): Report from an ongoing epidemiological investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in Sweden. *Indoor Air*, 14 (7), 59-66.
- Borrego, C., Neuparth, N., Valente, J., Martins, P., Correia, I., Ferreira, J.,...Santos, J. (2007a). Avaliação da Exposição de crianças a poluentes atmosféricos e relação com marcadores de inflamação respiratória. In *9ª Conferência Nacional de Ambiente*. Aveiro, Portugal.
- Borrego, C., Neuparth, N., Carvalho, A.C., Carvalho, A., Miranda, A.I., Costa, A.M.,...Martins, V. (2008). *A Saúde e o Ar que respiramos - um caso de estudo em Portugal*. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Borrego, C., Costa, A.M., Valente, J., Lopes, M., & Miranda, A. I. (2009). Qualidade do ar nas zonas urbanas. *Indústria e Ambiente: Revista de Informação Técnica e Científica*, 54, 16-19.
- Borrego, C., Monteiro, A., Ferreira, J., Miranda, A.I., Costa, A.M., Carvalho, A.C., & Lopes, M. (2007b). Procedures for estimation of modelling uncertainty in air quality assessment. *Environment International*, 34(5), 613-620.
- Borrego, C., Tchepel, O., Costa, A.M., Martins, H., & Ferreira, J. (2007c). Urban population exposure to particulate air pollution induced by road transport. In C. Borrego & A. Norman (Eds.), *Air Pollution Modeling and its Application XVII* (pp. 267-276). New York, U.S.A.: Springer US.
- Braga, A.L., Conceição, G.M, Pereira, L.A., Kishi, H.S., Pereira, J.C., Andrade, M.F.,...Latore, M.R. (1999). Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. *Journal of Environmental Medicine*, 1(2), 95-102.
- Braga, A.L., Saldiva, P.H., Pereira, L.A., Menezes, J.J., Conceição, G.M., Lin, C.A.,...Dockery, D.W. (2001). Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. *Pediatric Pulmonology*, 31(2), 106-113.
- Branis, M., Rezáčová, P. & Damasová, M. (2005). The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁ in a classroom. *Environmental Research*, 99, 143-149.
- Brasseur, G. P., Orlando, J. J., & Tyndall, G. S. (Eds.). (1999). *Atmospheric Chemistry and Global Change*. New York, U.S.A.: Oxford University Press.
- Braun-Fahrlander, C., Vuille, J.C., Sennhauser, F.H., Neu, U., Kunzle, T., Grize, L.,...Wuthrich, B. (1997). Respiratory health and long term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. SCARPOL team. Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptom with respect to Pollution, Climate and pollen. *American Journal of Respiratory*

- and Critical Care Medicine*, 155(3), 1042-1049.
- Britigan, N., Alshawa, A., & Nizkorodov, S.A. (2006). Quantification of ozone levels in indoor environments generated by ionization and ozonolysis air purifiers. *Journal of Air and Waste Management Association*, 56, 601-610.
- Bruce, N., Perez-Padilla, R., & Albalak, R. (2000). Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1078–1092.
- Brunekreef, B., & Forsberg, B. (2005). Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. Review article. *European Respiratory Journal*, 26, 309-318.
- Brunekreef, B., & Holgate, S.T. (2002). Air pollution and health. *The Lancet*, 360 (9341), 1233-1242.
- Brunekreef, B., Beelen, R., Hoek, G., Schouten, L., Bausch-Goldbohm, S., Fischer,...Van den Brandt, P. (2009). Effects of long term exposure to traffic related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study (*Research Report Health Effects Institute n.º 139*). Boston, U.S.A.: Health Effects Institute.
- Bulkow, L.R., Singleton, R.J., Karron, R.A., Harrison, L.H. & Alaska RSV Study Group (2002). Risk factors for severe respiratory syncytial virus infection among Alaska native children. *Pediatrics*, 109(2), 210-216.
- Burke, J., Zufall, M., & Ozkaynak, H. (2001). A population exposure model for particulate matter: case study results for PM_{2.5} in Philadelphia, PA. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 11, 470-489.
- Burnett, R. T., Dales, R. E., Brook, J. R., Raizenne, M. E., & Krewski, D. (1997). Association between ambient carbon monoxide levels and hospitalizations for congestive heart failure in the elderly in 10 Canadian cities. *Epidemiology*, 8 (2), 162-167.
- Burr, M.L., Karani, G., Davies, B., Holmes, B., & Williams, K. (2004). Effects on respiratory health of a reduction in air pollution from vehicle exhaust emissions. *Occupational and Environmental Medicine*, 61(3), 212–218.
- Cabral, F., Veiga, R., Carreira, A., Fernández, A., Gomes, A. L., Cabral, A.,...Roxo, M. (2005). *Higiene, segurança, saúde e prevenção de acidentes de trabalho*. [S.l.] : Verlag Dashofer.
- Calderón-Garcidueñas, L., Mora-Tiscareño, A., Fordham, L.A., Valencia-Salazar, G., Chung, C.J., Rodriguez-Alcaraz, A.,...Hazucha, M. J.(2003). Respiratory damage in children exposed to urban pollution. *Pediatric Pulmonology*, 36(2), 148-161.
- Canha, N., Freitas, M.C., Almeida, S.M., Almeida, M., Ribeiro, M., Galinha, C., & Wolterbeek, H.Th. (2010). Indoor school environment: easy and low cost to assess inorganic pollutants. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 286 (2), 495-500.
- Cano, M., Nogueira, S., Papoila, A., Aguiar, F., Martins, P., Marques, J.,...Neuparth, N. (2012). Indoor air quality in portuguese children day care centers – ENVIRH Project. In *Second International Conference on Building Energy and Environment*, (pp.414-421). Boulder, Colorado, USA: University of Colorado.
- Carrer, P., Kotzias, D., Rameckers, E., Seppanen, O., van Bronswijk, J., & Viegi, G. (2002). *THADE project - Towards healthy air in dwellings in Europe*. European Federation of Allergy and Airways Disease Patients and Associations.
- Câmara Municipal de Coimbra & Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. (2008). *Carta Educativa do Município de Coimbra relativa ao período 2008-2015*. Disponível em <http://www.cm-coimbra.pt/>.
- Carvalho, A.C. (2006). *A qualidade do ar e as alterações climáticas em Portugal* (Tese de Doutoramento não publicada).

Universidade de Aveiro, Portugal.

- Carvalho, R., Coelho, D., Ferreira, C., & Nunes, T. (2009). *A Monitorização da qualidade do ar interior (QAI) em Portugal - Estudo comparativo de metodologias de amostragem e medição de QAI*. Disponível em <http://lowcarbonretrofitting.files.wordpress.com/2012/09/indoor-air-quality-study-of-sampling-methods-in-portugal.pdf>
- Casset, A., & Blay, F. de (2008). Effets sur la santé des composés organiques volatils de l'habitat. *Revue des Maladies Respiratoires*, 25 (4), 475-85.
- Castro, H. de, Gouveia, N., & Escamilla-Cejudo, J. (2003). Questões Metodológicas para a Investigação dos Efeitos da Poluição do Ar na Saúde. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 6 (2), 135-149.
- Castro, H., Cunha, M., Mendonça, G., Junger, W., Cunha-Cruz, J., & Leon, A. de (2009). Effect of air pollution on lung function in schoolchildren in Rio de Janeiro, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 43 (1), 26-34.
- Cerdeira, R., Gouveia, C., Garcia, J.M., IrRadiare, & Coelho, L. (2004, novembro). Modelação numérica aplicada ao estudo do impacte da poluição atmosférica de Setúbal nas reservas naturais. In *4^{as} Jornadas Politécnicas de Engenharia Mecânica, Automóvel, Organização e Gestão Industrial, Energia e Ambiente*. Porto, Portugal.
- Chaloulakou, A., & Mavroidis, I. (2002). Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school. Evaluation of an indoor air quality model. *Atmospheric Environment*, 36 (11), 1769–1781.
- Chau, C., Tu, E., Chan, D., & Burnett, J. (2002). Estimating the total exposure to air pollutants for different population age groups in Hong Kong. *Environment International*, 27 (8), 617-630.
- Chen, L., Jennison, B., Yang, W., & Omaye, S. (2000). Elementary school absenteeism and air pollution. *Inhalation Toxicology*, 12 (11), 997-1016.
- Chew, G. L., Correa, J. C., & Perzanowski, M. S. (2005). Mouse and cockroach allergens in the dust and air in northeastern United States inner-city public high schools. *Indoor Air*, 15 (4), 228–234.
- Chiesa, A., Westphal, M., & Akerman, M. (2008). Doenças respiratórias agudas: Um estudo das desigualdades em saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 24(1), 55-69. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2008000100006>
- Coelho, L., Garcia, J., Gouveia, C., Cerdeira, R., & Louro, C. (2006). Analysis of respirable particles reduction in school classrooms. In *HB 2006 Healthy Buildings*, (pp. 217-222). Lisboa, Portugal: International Society of Indoor Air Quality and Climate.
- Coelho, L., Garcia, J., Gouveia, C., Cerdeira, R., & Louro, C. (2005). Estudo da influência da indústria e do tráfego na qualidade do ar na cidade do Barreiro. In *Acta do 4.º Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Mecânica da Ordem dos Engenheiros*. Lisboa, Portugal: Ordem dos Engenheiros.
- Coggon, D., Harris E.C., Poole, J., & Palmer, K.T. (2003). Extended follow-up of a cohort of British chemical workers exposed to formaldehyde. *Journal of the National Cancer Institute*, 95 (21), 1608-1615.
- Collins, J. J., & Lineker, G. A. (2004). A review and meta-analysis of formaldehyde exposure and leukemia. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 40 (2), 81-91.
- COM (2001) 245 final de 4 de maio (2001). *Comunicação da Comissão Europeia. Programa Ar Limpo para a Europa (CAFE): Para uma Estratégia Temática em Matéria de Qualidade do Ar*. Comissão Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- COM (2001) 31 final de 24 de janeiro (2001). *Comunicação da Comissão Europeia ao Conselho, ao Parlamento Europeu,*

- ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões sobre o 6º Programa de Ação da Comunidade Europeia em matéria de ambiente "Ambiente 2010: o nosso futuro, a nossa escolha". Comissão Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- COM (2003) 338 final de 11 de junho (2003). *Comunicação da Comissão Europeia ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu. Uma estratégia europeia de ambiente e saúde*. Comissão Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- COM (2004) 416 final de 9 de junho (2004). *Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu e ao Comité Económico e Social Europeu - Plano de Ação Europeu "Ambiente e Saúde"*. Comissão Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- COM (2004) 60 final de 11 de fevereiro (2004). *Comunicação da Comissão Europeia ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Para uma Estratégia Temática sobre Ambiente Urbano*. Comissão Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- COM (2005) 446 final de 21 de setembro (2005). *Thematic Strategy on Air Pollution. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament*. Commission of the European Communities. Brussel, Belgium. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu>.
- Cortés, L.S., Barroso, N.C., & Bover, C.R. (2008). Exploración funcional respiratória. *Protocolos Diagnóstico Terapéuticos de la AEP: Neumología*, 41-70.
- Couto, A., & Ferreira, J.M.R. (2004). *Estudo funcional respiratório. Bases fisiológicas e aplicação na prática clínica*. Lidel, edições técnicas, Lda.
- Cullen, M.R. (1987). The worker with multiple chemical sensitivities: an overview. *Occupational Medicine*, 2(4), 655-661.
- Curtis, L., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E. & Pan, Y. (2006). Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*, 32(6), 815-30. doi: 10.1016/j.envint.03.012.
- Daisey, J.M., Angell, W.J. & Apte, M.G. (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air*, 13(1) 53-64.
- Decreto-Lei n.º 352/90 de 9 de novembro (1990). Estabelece o regime de proteção e controlo da qualidade do ar. *Diário da República n.º 259 - I Série*. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 273/98 de 2 de setembro (1998). Estabelece as regras a que fica sujeita a incineração de resíduos perigosos por forma a prevenir ou reduzir ao mínimo os efeitos negativos no ambiente, em especial a poluição do ar, do solo e das águas superficiais e subterrâneas, bem como os riscos para a saúde pública, resultantes da incineração de resíduos perigosos, e transpõe para direito interno as disposições constantes da Diretiva n.º 94/67/CE, de 16 de dezembro. *Diário da República n.º 202 - I Série A*. Ministério do Ambiente. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 276/99 de 23 de julho (1999). Transpõe para ordem jurídica nacional a Diretiva 96/62/CE, de 27 de setembro, relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente. *Diário da República n.º 170 - I Série A*. Ministério do Ambiente. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 432/99 de 25 de outubro (1999). Estabelece os limites de emissões de poluentes gasosos e de partículas e os processos de homologação dos motores a instalar em máquinas móveis não rodoviárias, contribuindo para o correto funcionamento do mercado interno e protegendo simultaneamente a saúde humana e o ambiente. *Diário da República n.º 249 - I Série A*. Ministério do Ambiente. Lisboa, Portugal.

- Decreto-Lei n.º 78/2004, de 3 de abril (2004). Estabelece o regime da prevenção e controlo das emissões de poluentes para a atmosfera. *Diário da República n.º 80 - I Série A*. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril (2006). Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. *Diário da República n.º 67 - I Série A*. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril (2006). Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios. *Diário da República n.º 67 - I Série A*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril (2006). Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios. *Diário da República n.º 67 - I Série A*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 351/2007, de 23 de outubro (2007). Transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva 2004/107/CE, estabelecendo valores alvo para as concentrações de arsénio, cádmio, mercúrio, níquel e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. *Diário da República n.º 204 - I Série*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro (2010). Transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva 2008/50/CE e a Diretiva 2004/107/CE, estabelecendo o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente. *Diário da República n.º 186 - I Série*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa, Portugal.
- Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto (2013). Aprova o sistema de certificação energética dos edifícios (SCE), o regulamento de desempenho energético dos edifícios de Habitação (REH), e o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS), e transpõe a Diretiva nº 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. *Diário da República n.º 159 - I Série*. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa, Portugal.
- Deliberação n.º 2717/2009, de 6 de agosto (2009). 8ª (2008) deliberação da Secção Permanente de Coordenação Estatística. Revisão da tipologia de áreas urbanas. *Diário da República n.º. 188 - II Série*. Conselho Superior de Estatística. Lisboa, Portugal.
- Déoux, S., & Déoux, P. (1996). *Ecologia é a saúde*. Lisboa, Portugal: Instituto Piaget.
- Derwent, R.G. (1999). Atmospheric Chemistry. In S. Holgate, J. Samet, H. Koren, & R. Maynard (Eds.), *Air Pollution and Health* (pp. 51-62). London, England: Academic Press.
- Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013 de 3 de dezembro (2013). Proceda à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré -certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes. *Diário da República n.º 234 - II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013 de 3 de dezembro (2013). Proceda à publicação dos fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária. *Diário da República n.º 234 - II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013 de 3 de dezembro (2013). Proceda à publicação das regras de simplificação a

- utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes, previstos nos artigos 28.º e 30.º do referido decreto-lei, nas situações em que se verifique impossibilidade ou limitação no acesso a melhor informação. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013 de 3 de dezembro (2013). Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013 de 3 de dezembro (2013). Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção e respetiva terminologia. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013 de 3 de dezembro (2013). Procede à publicação das regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013 de 3 de dezembro (2013). Procede à publicação das metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013 de 3 de dezembro (2013). Procede à publicação das regras de determinação da classe energética. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 de 3 de dezembro (2013). Procede à publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo do coeficiente global de transferência de calor, do coeficiente de transmissão térmica superficial, do coeficiente de transmissão térmica linear, do coeficiente de absorção da radiação solar, fator de utilização de ganhos, quantificação da inércia térmica, fator solar de vãos envidraçados, fator de obstrução da radiação solar, fração envidraçada, fração de correção da seletividade angular dos envidraçados, coeficiente de redução de perdas, taxa de renovação de ar. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013 de 3 de dezembro (2013). Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética. *Diário da República n.º 234 – II Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.
- Dias, D. (2008). *Avaliação de risco para a saúde humana associado a partículas inaláveis* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Dimitroulopoulou, C., Ashmore, M. R., Byrne, M.A., & Kinnersley, R. P. (2001). Modelling of indoor exposure to nitrogen dioxide in the UK. *Atmospheric Environment*, 35(2), 269-279.
- Diretiva 89/106/CEE do Conselho de 21 de dezembro (1988). Relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros no que respeita aos produtos de construção. *Jornal*

Oficial das Comunidades Europeias. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 90/396/CEE do Conselho de 29 de junho (1990). Relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes aos aparelhos a gás. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Luxemburgo.

Diretiva 91/689/CEE do Conselho de 12 de dezembro (1991). Relativa aos resíduos perigosos. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 92/42/CEE do Conselho de 21 de maio (1992). Relativa às exigências de rendimento para novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 96/62/CE do Conselho de 27 de setembro (1996). Diretiva-Quadro relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 1999/13/CE do Conselho de 11 de março (1999). Relativa à limitação das emissões de compostos orgânicos voláteis resultantes da utilização de solventes orgânicos em certas atividades e instalações. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 1999/30/CE do Conselho de 22 de abril (1999). Relativa a valores-limite para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão e chumbo no ar ambiente. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Luxemburgo.

Diretiva 2000/69/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de novembro (2000). Relativa a valores-limite para o benzeno e monóxido de carbono no ar ambiente. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 2001/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de dezembro (2001). Relativa à segurança geral dos produtos. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 2002/3/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de fevereiro (2002). Relativa ao ozono no ar Ambiente. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro (2002). Relativa ao desempenho energético dos edifícios. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 2004/107/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de dezembro (2004). Relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. *Jornal Oficial da União Europeia*. Estrasburgo, França.

Diretiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de julho (2005). Relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos que consomem energia. *Jornal Oficial da União Europeia*. Estrasburgo, França.

Diretiva 2006/121/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de dezembro (2006). Relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes à classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas, a fim de a adaptar ao Regulamento (CE) 1907/2006 relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH) e que cria a Agência Europeia das Substâncias Químicas. *Jornal Oficial da União Europeia*. Bruxelas, Bélgica.

Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de maio (2008). Relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. *Jornal Oficial da União Europeia*. Estrasburgo, França.

- Dockery, D.W., Speizer, F.E., Stram, D.O., Ware, J.H., Spengler, J.D., & Ferris, B.G.J. (1989). Effects of inhalable particles on respiratory health of children. *American Review of Respiratory Disease*, 139 (3), 587-594.
- Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E.,...Speizer, F.E. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. Cities. *New England Journal of Medicine*, 329 (24), 1753-1759.
- Dockery, D.W., Skerrett, P.J., Walters, D., & Gilliland, F. (2005). Development of lung function. In B. Kuna-Dibbert, M. Krzyzanowski & J. Schneider(Eds.), *Effects of air pollution on children's health and development: A review of the evidence* (pp. 108-133). Copenhagen, Denmark: World Health Organization.
- Douwes, J., & Pearce, N. (2002). Asthma and the westernization 'package'. *International Journal of Epidemiology*, 31(6), 1098–1102.
- Duan, N. (1982). Models for human exposure to air pollution. *Environment International*, 8, 305-309.
- European Environment Agency. (2003). *Europe's environment: The third assessment*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- European Environment Agency. (2004). *Air pollution in Europe 1990-2004*. Disponível em www.eea.europa.eu.
- European Environment Agency. (2005). Environment and health (EEA report n.º 10). Disponível em www.eea.eu.int.
- European Environment Agency. (2007). *Europe's environment: The fourth assessment*. Copenhagen, Denmark: Author.
- European Environment Agency. (2008). *CSI 004: Exceedance of air quality limit values in urban areas (version 2)*. Disponível em <http://themes.eea.europa.eu/IMS/CSI>.
- European Environment Agency. (2009a). *EEA signals 2009 – Key environmental issues facing Europe*. Disponível em <http://www.eea.europa.eu>.
- European Environment Agency. (2009b). *Quality of life in cities*. Disponível em <http://www.eea.europa.eu>.
- Elbayoumi, M., Ramli, N.A., Yusof, N.F., & Madhoun, W. (2013). Spatial and seasonal variation of particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) in Middle Eastern classrooms. *Atmospheric Environment*, 80, 389-397.
- Ekmekcioglu, D., & Keskin, S.S. (2007). Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey. *Indoor and Built Environment*, 16, 169–76.
- Environmental Protection Agency. (2006). *Air quality for ozone and related photochemical oxidants*. Washington, DC: Autor. Disponível em <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recorddisplay.cfm?deid=1499923&CFID=1185747&CFTOKEN=17988582&jsessionid=b2309dba6b85840e3bc02419697a7c2e1757TR>.
- Estoková, A., Stevulová, N., & Kubincová, L. (2010). Particulate matter investigation in indoor environment. *Global Nest Journal*, 12(1), 20-26.
- European Union, CAFE Working Group on Particulate Matter. (2004). *Second position paper on particulate matter*. Disponível em <http://ec.europa.eu>.
- Eurobarómetro, Gallup Europe. (2002). *Perception du développement durable et préoccupations environnementales des européens*. Comissão Europeia.
- European Concerted Action (1989). *Indoor air quality and its impact on man: Strategy for sampling chemical substances in indoor air* (Report Nº6). Luxembourg: Office for Publications of the European Communities.

- European Commission. (2010). *Environment, Air*. Disponível em http://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm.
- Fang, L., Wyon, D.P., Clausen, G., & Fanger, P.O. (2004). Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. *Indoor Air*, 14(7), 74-81.
- Fang, G., Wu, Y., Chang, S., Huang, S., & Rau, J. (2006). Size distributions of ambient air particles and enrichment factor analyses of metallic elements at Taichung Harbor near the Taiwan Strait. *Atmospheric Research*, 81(4), 320-333.
- Ferin, J., Oberdorster, G., & Penney, D.P. (1992). Pulmonary retention of ultrafine and fine particles in rats. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 6(5), 535-542.
- Fernandes, E.O., Silva, G.V., Martins, A., Samúdio, M. J., Guedes, J., Barros, H.,...Fraga, S. (2009a). Saúde ambiental em ambiente escolar. In C. Borrego, A. Carvalho, A. Miranda, A. I., Costa, A. M., Monteiro, A., Amorim, & N., Neuparth, (Eds.), *Investigação em Ambiente e Saúde, desafios e estratégias* (pp.83-87). Universidade de Aveiro: CESAM.
- Fernandes, E., Gustafsson, H., Seppänen, O., Crump, D., Silva, G., Madureira, J., & Martins, A. (2008). *WP3 Final Report on Characterization of Spaces and Sources*. Brussels: European Commission.
- Fernandes, E. (coord.), Jantunen, M., Carrer, P., Seppänen, O., Harrison, P., & Kephelopoulos, S. (2009b). *EnVIE, publishable final report*. European Commission. Disponível em <http://www.envieaq.eu/documents/finalreports/Final%20Reports%20Publishable/Publishable%20final%20activity%20report.pdf>.
- Fernandes, J.S., Carvalho, A.M., Campos, J.F., Costa, L.O., & Filho, G.B. (2010). Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana. *Revista Medicina Minas Gerais*, 20 (1), 92-101.
- Ferrão, J. (2004). *Municípios, sustentabilidade e qualidade de vida: Contributos para a construção de um sistema de indicadores da qualidade de vida nos municípios portugueses (Continente)*. Disponível em http://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=142672509&att_display=n&att_download=y.
- Ferreira, F., Tente, H., Nogueira, L., & Santos, C.S. (2007). Diagnóstico e efeitos na saúde das partículas inaláveis na cidade de Lisboa. In *Conferência Nacional de Ambiente: Atas da 9ª Conferência Nacional de Ambiente*, (pp. 786-792). Aveiro, Portugal.
- Ferreira, J. (2007). *Relação qualidade do ar e exposição humana a poluentes atmosféricos*. (Tese de doutoramento não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Ferreira, J., Sá, M., Martins, H., Monteiro, A., Tavares, R., Ribeiro, I.,...Borrego, C. (2009). *Relação da qualidade do ar e exposição a longo prazo da população a poluentes atmosféricos*. Aveiro: CESAM, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.
- Finnigan, M.S., Pickering, C.A.C., & Burge, P.S. (1984). The sick building syndrome: Prevalence studies. *British Medical Journal*, 289, 1573–1575.
- Fisk, W.J. (2000). Estimates of potential nationwide productivity and health benefits from better indoor environments: An update. In J. Spengler, J.M. Samet, & J.F. McCarthy (Eds.), *Indoor Air Quality Handbook* (pp 4.1–4.36). New York, USA: McGraw-Hill.
- Forastiere, F., Peters, A., Kelly, F.J. & Holgate, S.T. (2006). Nitrogen dioxide. In World Health Organization (Ed.), *Air quality guidelines: global update 2005* (pp. 331-377). Copenhagen, Denmark: WHO.

- Fortin, M. F. (2003). *O processo de investigação: da concepção à realização*. Loures: Lusociência.
- Fraga, S., Ramos, E., Martins, A., Samúdio, M. J., Silva, G., Guedes, J., & Barros, H. (2008). Indoor air quality and respiratory symptoms in Porto schools. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 14(4), 487-507.
- Franck, U., Herbarth, O., Roder, S., Schlink, U., Borte, M., Diez, U.,...& Lehmann, I. (2011). Respiratory effects of indoor particles in young children are size dependent. *Science of the Total Environment*, 409 (9), 1621-1631.
- Franck, U., Herbarth, O., Manjarrez, M., Wiedensohler, A., Tuch, T., & Holstein, P. (2003). Indoor and outdoor fine particles: Exposure and possible health impact. In *Abstracts of the European Aerosol Conference* (pp.S1357-S1358). Madrid, Spain.
- Franklin, P.J., Dingle, P.W., & Stick, S.M. (2000). Formaldehyde exposure in homes is associated with increased levels of exhaled nitric oxide in healthy children. *Proceedings of Healthy Buildings*, 1, 65–70.
- Freitas, M.C., Canha, N., Martinho, M., Almeida-Silva, M., Almeida, S., Pegas, P., & Contreiras, T. (2011). Indoor Air Quality in Primary Schools. In A. M. Moldoveanu (Ed.), *Advanced Topics in Environmental Health and Air Pollution Case Studies* (pp. 361-384). Rijeka, Croatia: InTech.
- Frischer, T., Studnicka, M., Gartner, C., Tauber, E., Horak, F., Veiter, A.,...Urbanek, R. (1999). Lung function growth and ambient ozone: a three-year population study in school children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 160(2), 390-396.
- Fromme, H., Diemer, J., Dietrich, S., Cyrus, J., Heinrich, J., Lang, W., & Twardella, D. (2008). Chemical and morphological properties of particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5}) in school classrooms and outdoor air. *Atmospheric Environment*, 42, 6597-6605.
- Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R., Liebl, B., & Rüden, H. (2007). Particulate matter in the indoor air of classrooms-exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment*, 41(4), 854-866.
- Frye, C., Hoelscher, B., Cyrus, J., Wjst, M., Wichmann, H. E., & Heinrich, J. (2003). Association of lung function with declining ambient air pollution. *Environmental Health Perspectives*, 111(3), 383-387.
- Gallego, E., Roca, F.X., Guardino, X., & Rosell, M.G. (2008). Indoor and outdoor BTX levels in Barcelona City metropolitan area and Catalan rural areas. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 20(9), 1063-1069.
- Gauderman, W.J., McConnell, R., Gilliland, F., London, S., Thomas, D., Avol, E.,... Peters, J.(2000). Association between air pollution and lung function growth in Southern California children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 162, 1383-1390.
- Gauderman, W.J., Thomas, D., Avol, E., McConnell, R., Vora, H., Stram, D.,...Peters, J. (2002). Association between air pollution and lung function growth in Southern California Children. Results from a second cohort. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166, 76-84.
- Gauderman, W. J., Avol, E., Gilliland, F., Vora, H., Thomas, D., Berhane, K.,...Peters, J.(2004). The Effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of Age. *The New England Journal of Medicine*, 351(11), 1057-1067.
- Gent, J., Triche, E., Holford, T., Belanger, K., Bracken, M., Beckett, W., & Leaderer, B. (2003). Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *Journal of the American Medical Association*, 290(14), 1915–1917.

- Geros, V. (2006). Indoor Air Quality. In M. Santamouris(Ed.), *Environmental design of urban buildings: An integrated approach* (pp. 245-255). Gateshead, UK: International Institute for Environment and Development.
- Geyh, A. S., Xue, J., Ozkaynak, H., & Spengler, J. (2000). The Harvard Southern California chronic ozone exposure study: Assessing ozone exposure of grade-school-age children in two Southern California communities. *Environmental Health Perspectives*, 108 (3), 265-70.
- Gilli, G., Traversi, D., Rovere, R., Pignata, C. & Schilirò, T. (2007). Airborne particulate matter: Ionic species role in different Italian sites. *Environmental Research*, 103 (1), 1-8.
- Gilliland, F. (2001). The effects of ambient air pollution on school absenteeism due to respiratory illnesses. *Epidemiology*, 12, 43-54.
- Global Footprint Network. (2010). *Global Footprint Network, 2010*. Disponível em <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/>.
- Global Initiative for Asthma. (2010). Global strategy for asthma management and prevention - 2009 update. Disponível em http://www.ginasthma.org/local/uploads/files/GINA_Report_2010_1.pdf.
- Godoi, R.H., Avigo, D.J., Campos, V.P, Tavares, T.M., Marchi, M.R.R., Grieken, R. & Godoi, A.F.L. (2009). Indoor air quality assessment of elementary schools in Curitiba, Brazil. *Water, Air, Soil Pollution: Focus*, 9, 171–177.
- Godwin, C., & Batterman, S. (2007). Indoor air quality in Michigan schools. *Indoor Air*, 17(2), 109-121.
- Gomes, J. F. P. (2001). *Poluição Atmosférica: Um manual universitário* (1ª ed.). Porto: Publindústria.
- Gomes, J. F. P. (2002). Contaminação do ar interior por bioaerossóis. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 8(6), 689-694.
- Gomes, J. F. P. (2004). Metodologia de construção de um edifício saudável. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 10(3), 227-233.
- Gomes, J. F. P. (2006). Métodos expeditos de estimativa da concentração de poluentes gasosos no interior de edifícios. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 12(4), 447-453.
- Gomes, J. F. P., Bordado, J.C.M., Sarmiento, G., & Dias, J. (2007). Measurements of indoor air pollutant levels in a university office building. *Journal of Green Building*, 2(4), 123-129.
- Gomes, J. F. P. (2010). *Poluição Atmosférica: Um manual universitário* (2ª ed.). Porto: Publindústria.
- Gomzi, M., & Bobie, J. (2009). Sick building syndrome. *Periodicum Biologorum*, 111(1), 79-84.
- Gonçalves, N., Gaspar, N., Sequeira, R., Viegas, S., Albuquerque, P., & Castro, M. (2006). Exposição ocupacional a poluentes nos parques de estacionamento subterrâneos da Grande Lisboa. *Revista Segurança*, 47-52.
- González-Flecha, B. (2004). Oxidant mechanisms in response to ambient air particles. *Molecular Aspects of Medicine*, 25 (1-2), 169-182.
- Gouveia, N.C., & Maisonet, M. (2006). Health effects of air pollution: an overview. In World Health Organization, *air quality guidelines: Global update 2005* (pp. 87-103). Copenhagen, Denmark: WHO.
- Gouveia, N., Azevedo, G., Mendonça, S., Leon, A. P., Correia, J. E. M., Junger, W. L.,... Cunha-Cruz, J. (2003). Air pollution and health effects in two Brazilian metropolis. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 12(1), 29 – 40.
- Goyal, R.G., & Khare, M. (2009). Indoor-outdoor concentrations of RSPM in classroom of a naturally ventilated school

- building near an urban traffic roadway. *Atmospheric Environment*, 43(38), 6026-6038.
- Griffiths, M., & Eftekhari, M. (2008). Control of CO₂ in a naturally ventilated classroom. *Energy and Buildings*, 40, 556–560.
- Grigg, J. (2009). Particulate Matter Exposure in Children. *Proceedings of American Thoracic Society*, 6(7), 564-569.
- Guanabara, A.P. (2011). *Associação da função pulmonar em estudantes do ensino fundamental com a qualidade do ar nas cidades de Atibaia e Cubatão* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade de São Paulo, Brasil.
- Guieysse, B., Hort, C., Platel, V., Munoz, R., Ondarts, M., & Revah, S. (2008). Biological treatment of indoor air for VOC removal: Potential and challenges. *Biotechnology Advance*, 26, 398–410.
- Gulliver, J., & Briggs, D.J. (2004). Personal exposure to particulate air pollution in transport microenvironments. *Atmospheric Environment*, 38, 1–8.
- Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., & Li, W.M. (2004). Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. *Environmental Research*, 94 (1), 57-66.
- Halek, F., Kvousi, A., & Hassani, F. (2009). Evaluation of indoor-outdoor particle Size: Distribution in Tehran's elementary schools. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 57, 463-466.
- Harrison, R.M., & Jones, M. (1995). The chemical composition of airborne particles in the UK atmosphere. *The Science of the Total Environment*, 168(3), 195-214.
- Harrison, R.M., & Yin, J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: Which particle properties are important for its effects on health? *The Science of the Total Environment*, 249(1-3), 85-101.
- Hasselblad, V., Eddy, D.M., & Kotchmar, D.J. (1992). Synthesis of environmental evidence: nitrogen dioxide epidemiology studies. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 42, 662-671.
- Hauptmann, M., Lubin, J. H., Stewart, P.A., Hayes, R. B., & Blair, A. (2003). Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries. *Journal of the National Cancer Institute*, 95(21), 1615-1623.
- Health Canada. (2006). Residential indoor air quality guideline: formaldehyde. Ottawa: Autor.
- Heinrich, J. (2011). Influence of indoor factors in dwellings on the development of childhood asthma. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214 (1),1-25.
- Hellinckx, J., Caubergs, M., Boeck, K. de & Demedts, M. (2001). Evaluation of impulse oscillation system: comparison with forced oscillation technique and body plethysmography. *European Respiratory Journal*, 18, 564-570. Disponível em <http://erj.ersjournals.com/content/18/3/564>. long.
- Hertel, O., Leeuw, F., Raaschou-Nielsen, O., Jensen, S., Gee, D., Herbarth, O.,...Olsen, E. (2001). Human exposure to outdoor air pollution – IUPAC Technical Report. *Pure Applied Chemistry*, 73 (6), 933-958.
- Hodgson, A.T., Shendell, D.G., Fisk, W.J., & Apte, M.G. (2004). Comparison of predicted and derived measures of volatile organic compounds inside four new relocatable classrooms. *Indoor Air*, 14(8), 135-144.
- Hodgson, M. (1992). Field studies on the sick building syndrome. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 641, 21–36.
- Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P., & van den Brandt, P.A. (2002). Association between mortality and

- indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The Lancet*, 360 (9341), 1203-1209.
- Holguin, F., Flores, S., Ross, Z., Cortez, M., Molina, M., Molina, L.,...Romieu, I. (2007). Traffic-related exposures, airway function, inflammation and respiratory symptoms in children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 176(12), 1236-1242. doi:10.1164/rccm.200611-1616OC.
- Horak, E., Morass, B., & Ulmer, H. (2007). Association between environmental tobacco smoke exposure and wheezing disorders in Austrian preschool children. *Swiss Medical Weekly*, 137(43-44), 608-613.
- Hussain, I., Jain, V.V., O'Shaughnessy, P., Businga, T.R., & Kline, J. (2004). Effect of nitrogen dioxide exposure on allergic asthma in a murine model. *Chest*, 126 (1), 198-204.
- Hwang, B., Jaakkola, J.J., Lee, Y., Lin, Y., & Guo, Y. (2006). Relation between air pollution and allergic rhinitis in Taiwanese schoolchildren. *Respiratory Research*, 7(1), 1-7.
- International Agency For Research on Cancer. (2006). *Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol*. Lyon, France : Author.
- International Programme on Chemical Safety. (1993). *Biomarkers and risk assessment: Concept and principles* (Environmental health criteria 155). Geneva,Switzerland: World Health Organization.
- International Programme on Chemical Safety. (2000). *Human Exposure Assessment* (Environmental health criteria 214). Geneva, Switzerland: World Health Organization. Disponível em <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm>
- International Programme on Chemical Safety. (2005). *Principles of characterizing and applying human exposure models* (Harmonization Project Document N°3). Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- International Study of Asthma and Allergies in Childhood. (1998). Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. *The Lancet*, 351(9111), 1225-1232.
- ISO 7730 (1994). *International standard 7730 - Moderate Thermal Environments – determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the conditions for Thermal Comfort*. Geneva, Switzerland: International Standard Organization.
- ISO 7730 (2005). *International standard 7730 – Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Geneva, Switzerland: International Standard Organization.
- ISO 16000-1 (2004). *Indoor Air ISO 16000 part 1 - General aspects of sampling strategy*. Geneva, Switzerland: International Standard Organization.
- Jalaludin, B.B., O'Toole, B.I., & Leeder, S.R. (2004). Acute effects of urban ambient air pollution on respiratory symptoms, asthma medication use, and doctor visits for asthma in a cohort of Australian children. *Environmental Research*, 95 (1), 32-42.
- Janssen, N.A., Brunekreef, B., Van Vliet, P., Aarts, F., Meliefste, K., Harssema, H., & Fischer, P. (2003). The relationship between air pollution from heavy traffic and allergic sensitization, bronchial hyperresponsiveness, and respiratory symptoms in Dutch schoolchildren. *Environmental Health Perspectives*, 111 (12), 1512-1518.
- Janssen, N.A., Hoek, G., Brunekreef, B. & Harssema, H. (1999). Mass concentration and elemental composition of PM₁₀ in classrooms. *Occupational Environmental Medicine*, 52 (7), 482-487.

- Janssen, N.A., Schwartz, J., Zanobetti, A., & Suh, H.H. (2002). Air conditioning and source-specific particles as modifiers of the effect of PM₁₀ on hospital admissions for heart and lung disease. *Environmental Health Perspectives*, 110 (1), 43-49.
- Janssen, N., Van Vliet, N., Aaarts, F., Harssema, H. & Brunekreef, B. (2001). Assessment of exposure to traffic related air pollution of children. *Atmospheric Environment*, 35 (22), 3875–3884.
- Jedrychowski, W., Flak, E., & Mróz, E. (1999). The adverse effect of low levels of ambient air pollutants on lung function growth in preadolescent children. *Environmental Health Perspectives*, 107(8), 669-674.
- Jenkins, P. L., Phillips, T. J. & Mulberg, E. J. (1992). Activity patterns of californians: use of and proximity to indoor pollutants sources. *Atmospheric Environment*, 26(12), 2141-2148.
- Jie, Y., Ismail, N.H., Jie, X., & Isa, Z.M. (2011). Do indoor environments influence asthma and asthma-related symptoms among adults in homes? A review of the literature. *Journal of the Formosan Medical Association*, 110(9), 555-563.
- Junker, M., Koller, T., & Monn, C. (2000). An assessment of indoor air contaminants in buildings with recreational activity. *The Science of the Total Environment*, 246 (2-3), 139-152.
- Kabir, Z., Manning, P.J., Holohan, J., Keogan, S., Goodman, P.G., & Clancy, L. (2009). Second hand smoke exposure in cars and respiratory health effects in children. *The European Respiratory Journal*, 34(3), 629–33.
- Karthikeyan, S., & Balasubramanian, R. (2006). Determination of water-soluble inorganic and organic species in atmospheric fine particulate matter. *Microchemical Journal*, 82(1), 49-55.
- Khan, I., Freitas, M.C., Dionísio, I. & Pacheco, A.M.G. (2007). Indoor habits of children aged 5 to 10 years learning at the public basic schools of Lisbon city, Portugal. In *Proceedings of the Ninth REHVA World Congress Clima - Well Being Indoors*. Helsinki, Finland: FINVAC.
- Kim, H., & Bernstein, J.A. (2009). Air pollution and allergic disease. *Current Allergy and Asthma Reports*, 9(2), 128-133.
- Kim, J.J., Smorodinsky, S., Lipsett, M., Singer, B.C., Hodgson, A.T., & Ostro, B. (2004). Traffic-related air pollution near busy roads: the East Bay children’s respiratory health study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 170(5), 520-526.
- Kim, J.L., Elfman, L., Mi, Y., Johansson, M., Smedje, G., & Norback, D. (2005). Current asthma and respiratory symptoms among pupils in relation to dietary factors and allergens in the school environment. *Indoor Air*, 15, 170-82.
- Kim, J., Elfman, L., Wieslander, G., Smedje, G., & Norbäck, D. (2007). Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic compounds and plasticizers in school – associations with asthma and respiratory symptoms in pupils. *Indoor Air*, 17, 153-163.
- Kinshella, M.R., Van Dyke, M.V., Douglas, K.E., & Martyny, J.W. (2001). Perceptions of indoor air quality associated with ventilation system types in elementary schools. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16(10), 952–60.
- Klinmalee, A., Srimongkol, K., & Oanh, N. T. (2009). Indoor air pollution levels in public buildings in Thailand and exposure assessment. *Environment Monitoring Assessment*, 156, 581–594.
- Koch, A., Molbak, K., Homoe, P., Sorensen, P., Hjuler, T., Olesen, M.E.,...Melbye, M. (2003). Risk factors for acute respiratory tract infections in young Greenlandic children. *American Journal of Epidemiology*, 158(4), 374-84.

- Kodavanti, U.P., Jaskot, R., Costa, D.L., & Dreher, K.L. (1997). Acute lung injury and expression of inflammatory mediators induced by residual oil fly ash: role of metal constituents. *Inhalation Toxicology*, 9, 679-701.
- Komarow, H. D., Skinner, J., Young, M., Gaskins, D., Nelson, C., Gergen, P.J., & Metcalfe, D.D. (2012). A Study of the use of impulse oscillometry in the evaluation of children with asthma: analysis of lung parameters, order effect, and utility compared with spirometry. *Pediatric Pulmonology*, 47(1), 18-26. Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppul.21507/full>
- Koponen, I.K., Asmi, A., Keronen, P., Puhto, K., & Kulmala, M. (2000). Indoor air measurement campaign in Helsinki, Finland (1999) - the effect of outdoor air pollution on indoor air. *Atmospheric Environment*, 35, 1465-1477.
- Kosonen, R. & Tan, F. (2004). The effect of perceived indoor air quality on productivity loss. *Energy and Buildings*, 36(10), 981-986.
- Kotzias, D., Geiss, O., Tirendi, S., Barrero-Moreno, J., Reina, V., & Gotti, A. (2009). Exposure to multiple air contaminants in public buildings, schools and kindergartens - the European indoor air monitoring and exposure assessment (AIRMEX) study. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(5a), 670-681.
- Kovesi, T., Gilbert, N., Stocco, C., Fugler, D., Dales, R., Guay, M., & Miller, J. (2007). Indoor air quality and the risk of lower respiratory tract infections in young Canadian Inuit children. *Canadian Medical Association or its licensors*, 177(2), 155-160. doi: 10.1503/cmaj.061574.
- Krewski, D., Burnett, R.T., Goldberg, M.S., Hoover, K., Siemiatycki, J., Jarret, M., & White, W.H. (2000). *Reanalysis of the Harvard six cities study and the American cancer society study of particulate air pollution and mortality* (Special Report). Cambridge: Health Effects Institute.
- Künzli, N., Medina, S., Kaiser, R., Quénel, P., Horak, F., & Studnick, M. (2001). Assessment of deaths attributable to air pollution: Should we use risk estimates based on time series or on cohort studies? *American Journal of Epidemiology*, 153 (11), 1050-1055.
- Laden, F., Neas, L., Dockery, D., & Schwartz, J. (2000). Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *Environmental health perspectives*, 108, 941-947.
- Lameiras, H. & Póvoas, F. (2003). *Qualidade do Ar*. Coimbra: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro.
- Larsen, G. L., Morgan, W., Heldt, G.P., Mauger, D.T., Boehmer, S.J., Chinchili, V.M.,...Sorkness, C.A. (2009). Impulse oscillometry versus spirometry in a long-term study of controller therapy for pediatric asthma. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 123(4), 861-867. Disponível em [http://www.jacionline.org/article/S0091-6749\(08\)01891-5/fulltext](http://www.jacionline.org/article/S0091-6749(08)01891-5/fulltext)
- Lee, S.C., & Chang, M. (2000). Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. *Chemosphere*, 41, 109-113.
- Lee, S.C., Ho, K.F., Chan, L.Y., Zielinska, B. & Chow, J.C. (2001). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and carbonyl compound in urban atmosphere of Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 35(34), 5949-5960.
- Lee, S.C., Li, W.M. & Ao, C.H. (2002a). Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong—case study. *Atmospheric Environment*, 36(2), 225-237.
- Lee, S.C., Guo, H., Li, W.M. & Chan, L.Y. (2002b). Inter comparison of air pollutant concentrations in different indoor

- environment in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 36(12),1929–1940.
- Lei n.º 58/2013 de 20 de agosto (2013). Aprova os requisitos de acesso e de exercício das atividades de perito qualificado para a certificação energética e de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas, conformando-o com a disciplina da Lei nº 9/2009, de 4 de março, que transpõe a Diretiva nº 2005/36/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de setembro de 2005, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais. *Diário da República n.º 159 - I Série*. Assembleia da República. Lisboa, Portugal.
- Li, D. W., & Yang, C. S. (2004). Fungal contamination as a major contributor to sick building syndrome. *Advances in Applied Microbiology*, 55, 31–112.
- Li, W.M., Lee, S.C. & Chan, L.Y. (2001). Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong. *Science of the Total Environment*, 273 (1-3), 27–40.
- Lin, A.C., Martins, M.A., Farhat, S.L., Pope, C.A., Conceição, G.M.S., Anastácio, M.V.,...Saldiva, P.H. (1999). Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 13(4), 475-488.
- Linares, M., Concha, I. & Meter, R. (2002). Correlación entre la espirometría y la resistencia y reactancia respiratoria medida por oscilometría de impulso en niños asmáticos. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 18(2), 90-98. Disponível em http://www.scielo.d/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717_734820020002000038&lang=pt.
- Lopes, M., Nunes, T., Valente, J., Santos, J., Santos, P., Amorim, J.H.,...Borrego, C. (2008). *Projecto SaudAr: Avaliação da qualidade do ar em Viseu*. Viseu, Portugal.
- Madureira, J., Alvim-Ferraz, M.C.M., Rodrigues, S., Gonçalves, C., Azevedo, M.C., Pinto, E., & Mayan, O. (2009). Indoor air quality in schools and health symptoms among Portuguese teachers. *Human and Ecological Risk Assessment*, 15, 1-11.
- Madureira, J.G.V. (2005). *Impacte de uma grande linha de tráfego urbano na qualidade do ar e na saúde* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade do Porto, Portugal.
- Maia, M.P. (2002). *Qualidade do Ar Interior*. Lisboa: Escola Superior de Tecnologia da Saúde.
- Martinez, F.J., & Callejo, R.C. (2006). *Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores*. [S. l.] : Junta de Castilla Y León.
- Martins, L.C., Latorre, M.R., Cardoso, M.R.A., Gonçalves, F.L.T., Saldiva, P.H.N., & Braga, A.L.F. (2002). Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 36, 88-94.
- Martins, P., Valente, J., Papoila, A.L., Caires, I., Martins, J.A., Mata, P.,...Neuparth, N. (2012). Efeito conjunto da exposição à poluição do ar e aos ácaros do pó sobre as vias aéreas. *Revista Portuguesa de Imunoalergologia*, 20 (1), 47-57.
- Maurício, B.M. (2009). *Alterações Climáticas e Qualidade do Ar: integração das partículas PM_{2,5} e PM₁₀ no modelo TIMES_PT e análise de políticas comuns de redução* (Dissertação de mestrado não publicada). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- McGwin, G., Lienert, J., & Kennedy, J.I. (2010). Formaldehyde exposure and asthma in children: a systematic review. *Environmental Health Perspectives*, 118(3), 313–317.
- Meklin, T., Husman, T., Vepsäläinen, A., Vahteristo, M., Koivisto, J., Halla-Aho, J.,...Nevalainen, A. (2002). Indoor air microbes and respiratory symptoms of children on moisture damaged and reference schools. *Indoor Air*, 12, 175–

183.

- Mendell, M., Fisk, W., Kreiss, K., Levin, H., Alexander, D., Cain, W.,...Wallingford, K. (2002a). Improving the health of workers in indoor environments: priority research needs for a national occupational research agenda. *American Journal of Public Health*, 92(9), 1430-1440.
- Mendell, M., Fisk, W.J., Petersen, M., Hines, C.J., Dong, M., Faulkner, D.,...Boeniger, M.F. (2002b). Indoor particles and symptoms among office workers: results from a double-blind cross-over study. *Epidemiology*, 13(3), 296-304.
- Mendell, M. & Heath, G.A. (2003). *Do indoor environments in schools influence student performance? A review of the literature*. Berkeley, U.S.A.: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Mendell, M. & Heath, G. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 15(1), 27-52.
- Mendell, M. (2007). Indoor residential chemical emissions as risk factors for respiratory and allergic effects in children: a review. *Indoor Air*, 17, 259-277.
- Meraz, E., Nazeran, H., Ramos, C., Nava, P., Diong, B., & Goldman, M. (2011). Analysis of impulse oscillometric measures of lung function and respiratory system model parameters in small airway-impaired and healthy children over a 2-year period. *Biomedical Engineering Online*, 10(21). Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3071336/>.
- Middleton, N., Yiallourous, P., Kleanthous, S., Kolokotroni, O., Schwartz, J., Dockery, D.,...Koutrakis, P. (2008). A 10-year time-series analysis of respiratory and cardiovascular morbidity in Nicosia, Cyprus: the effect of short-term changes in air pollution and dust storms. *Environmental Health*, 7(39). Disponível em <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1476-069X-7-39.pdf>.
- Miller, M., Crapo, R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R.,...Wanger, J.(2005a). General considerations for lung function testing. *European Respiratory Journal*, 26, 153-161.
- Miller, M., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A.,...Wanger, J.(2005b). Standardisation of Spirometry. *European Respiratory Journal*, 26, 319-338.
- Miranda, A.I., Ferreira, J., Valente, J., Santos, P., Amorim, J.H. & Borrego, C. (2005). Smoke measurements during Gestosa 2002 experimental field fires. *International Journal of Wildland Fire*, 14, 107-116.
- Mishra, S.K., Ajello, L., Ahearn, D.G., Burge, H.A., Kurup, V.P., Pierson, D.L.,...Shelton, B. (1992). Environmental mycology and its importance to public health. *Journal of Medical and Veterinary Mycology*, 30, 287-305.
- Miyagusko, M.J. (2008). *Avaliação da qualidade do ar em Unidade de Terapia Intensiva e sua correlação com o ambiente externo e a saúde dos trabalhadores* (Tese de doutoramento não publicada). Universidade de São Paulo, Brasil.
- Molnár, P., Bellander, T., Sallsten, G., & Boman, J. (2007). Indoor and outdoor concentrations of PM_{2.5} trace elements at homes, preschools and schools in Stockholm, Sweden. *Journal of Environmental Monitoring*, 9, 348-357.
- Monn, C. (2001). Exposure assessment of air pollutants: a review on spatial heterogeneity and indoor/outdoor/personal exposure to suspended particulate matter, nitrogen dioxide and ozone. *Atmospheric Environment*, 35, 1-32.
- Monteiro, A. (2007). *Desenvolvimento de um sistema de avaliação e previsão da qualidade do ar para Portugal* (Tese de doutoramento não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.

- Moonie, S.A., Sterling, D.A., Figgs, L., & Castro, M. (2006). Asthma status and severity affects missed school days. *Journal of School Health*, 76, 18-24.
- Moraes, A.P. (2006). *Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides nos edifícios* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade de São Paulo, Brasil.
- Morgenstern, V., Zutavern, A., Cyrys, J., Brockow, I., Gehring, U., Koletzko, S.,...Heinrich, J.(2007). Respiratory health and individual estimated exposure to traffic-related air pollutants in a cohort of young children. *Occupational and Environmental Medicine*, 64, 8-16.
- Moshhammer, H., Hutte, H. P., Hauck, H., & Neuberger, M. (2006). Low levels of air pollution induce changes of lung function in a panel of schoolchildren. *European Respiratory Journal*, 27(6), 1138-1143.
- Mukerjee, S., Smith, L.A., Johnson, M.M., Neas, L.M., & Stallings, C.A. (2009). Spatial analysis and land use regression of VOCs and NO₂ from school-based urban air monitoring in Detroit/Dearborn, USA. *Science of the Total Environment*, 407, 4646–4651.
- Myhrvold, A.N., Olsen, E. & Lauridsen, O. (1996). Indoor environment in schools - pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations. In *Proceedings of Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, (pp. 369–374). Nagoya, Japão.
- Mysliwiec, M.J. & Kleeman, M.J. (2002). Source apportionment of secondary airborne particulate matter in a polluted atmosphere. *Environmental Science & Technology*, 36(24), 5376-5384.
- Naleway, A.L. (2004). Asthma and atopy in rural children. Is farming protective? *Clinical Medicine & Research*, 2, 5-12.
- Nemmar, A., Hoet, P., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., Hoylaerts, M.,...Nemery, B. (2002). Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation*, 105, 411–414.
- Nicolussi, F.H., Santos, A.P.M., André, S.C.S., Veiga, T.B. & Takayanagui, A.M.M. (2014). Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares. *Revista de Saúde Pública*, 48(2):326-330. Doi: 10.1590/S0034-8910.2014048004940.
- Norback, D., Bjornsson, E., Janson, C. & Boman, G. (1995). Asthmatic symptoms and volatile organic compounds, formaldehyde and carbon dioxide in dwellings. *Occupational and Environmental Medicine*, 52 (6), 388-395.
- Norback, D., Walinder, R., Wieslander, G., Smedje, G., Erwall, C., & Venge, P. (2000). Indoor air pollutants in schools: nasal patency and biomarkers in nasal lavage. *Allergy*, 55, 163–170.
- Nota Técnica NT-SCE-02. (2009). *Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE*. Lisboa: Agência para a Energia.
- Oberdorster, G., Gelein, R., Ferin, J., & Weiss, B. (1995). Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles? *Inhalation Toxicology*, 7, 111-124.
- Olaguíbel, J.M., Alvarez-Puebla, M.J., Anda, M., Gómez, B., García, B.E., Tabar, A., & Arroabarren, E. (2005). Comparative analysis of the bronchodilator response measured by impulse oscillometry (IOS), spirometry and body plethysmography in asthmatic children. *Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology*, 15(2), 102-106. Disponível em <http://www.jiacci.org/issues/vol15issue02/3.pdf>.
- Oliveira, C. (2007). As doenças dos edifícios. *Formar: Revista dos Formadores*, 61, 6-8.

- Ortiz, G., & Menendez, R. (2002). The effects of inhaled albuterol and salmeterol in 2- to 5-year-old asthmatic children as measured by impulse oscillometry. *The Journal of Asthma : Official Journal of the Association for the Care of Asthma*, 39(6), 531-536. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12375713>.
- Ott, W. (1982). Concepts of human exposure to air pollution. *Environmental International*, 7, 179-196.
- Ott, W., Steinemann, A.C., & Wallace, L.A. (2007). *Exposure analysis*. New York, U.S.A.: CRC Taylor and Francis Group.
- Parnia, S., Brown, J.L., & Frew, A.J. (2002). The role of pollutants in allergic sensitization and the development of asthma. *Allergy*, 57(1), 111-117.
- Park, S.K., O'Neill, M.S., Vokonas, P.S., Sparrow, D., & Schwartz, J. (2005). Effects of air pollution on heart rate variability: the VA normative aging study. *Environmental Health Perspectives*, 113, 304-9.
- Paustenbach, D., Alarie, Y., Kulle, T., Schachter, N., Smith, R., Swenberg, J.,...Horowitz, S.B.(1997). A recommended occupational exposure limit for formaldehyde based on irritation. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 50, 217-263.
- Pegas, P.N. (2012). *Indoor air quality in elementary schools of Lisbon and Aveiro* (Tese de doutoramento não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Pegas, P.N., Evtugina, M.G., Alves, C.A., Nunes, T., Cerqueira, M., Franchi, M.,...Freitas, M.C. (2009). Outdoor/indoor air quality in primary schools in Lisbon: a preliminary study. In *Proceedings of the 11th International Conference on Environmental Science and Technology*, (pp.B-730-B-737). Chania, Crete, Greece.
- Pegas, P.N.; Alves, C.A.; Evtugina, M.G.; Nunes, T.; Cerqueira, M.; Franchi, M.,...Freitas, M.C. (2011a). Seasonal evaluation of outdoor/indoor air quality in primary schools in Lisbon. *Journal of Environmental Monitoring*, 13, 657-667.
- Pegas, P.N., Alves, C.A., Evtugina, M.G., Nunes, T., Cerqueira, M., Franchi, M.,...Freitas, M.C. (2011b). Indoor air quality in elementary schools of Lisbon in spring. *Environmental Geochemistry and Health*, 33(5), 455-468. doi:10.1007/s10653-010-9345-3.
- Pegas, P.N., Alves, C.A., Nunes, T., Bate-Epey, E.F., Evtugina, M., & Pio, C.A. (2012). Could houseplants improve indoor air quality in schools?. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 75(22-23), 1371-1380. doi: 10.1080/15287394.2012.721169.
- Pegas, P.N., Evtugina, M.G., Alves, C.A., Nunes, T., Cerqueira, M., Franchi, M. & Pio, C.A. (2010). Outdoor/Indoor air quality in primary schools in Lisbon: a preliminary study. *Química Nova*, 33 (5), 1145-1149.
- Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R., Burgos, F., Casaburi, R.,...Wanger, J.(2005). Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal*, 26, 948-968.
- Peters, J.M., Avo, I.E., Gauderman, W.J., Linn, W.S., Navidi, W., London, ...Thomas, D.C. (1999). A study of 12 Southern California communities with differing levels and types of air pollution. II Effects on pulmonary function. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 159(3), 768-775.
- Piteira, C. (2007). *A Qualidade do Ar Interior em Instalações Hospitalares* (1.ª ed.) Lisboa: LIDEL - Edições Técnicas.
- Pope, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G.D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 287, 1132-1141.

Portaria n.º 263/2005 de 17 de março (2005). Estipula as novas regras para o cálculo da altura das chaminés e define as situações em que devem ser realizados estudos de dispersão de poluentes. *Diário da República n.º 54 - I Série B*. Ministérios das Actividades Económicas e do Trabalho, das Cidades, Administração Local, Habitação e Desenvolvimento Regional, da Agricultura, Pescas e Florestas e do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 286/93 de 12 de março (1993). Fixa os valores limite e os valores guias no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e monóxido de carbono, o valor limite para o chumbo e os valores guias para o ozono. *Diário da República n.º 60 - I Série B*. Ministérios da Indústria e Energia e do Ambiente e Recursos Naturais. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 53/94 de 21 de janeiro (1994). Transpõe para o direito interno a Diretiva nº 93/59/CEE, de 28 de junho, relativa às medidas a tomar contra a poluição do ar pelas emissões provenientes de veículos a motor. *Diário da República n.º 17 - I Série B*. Ministério da Administração Interna. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 80/2006 de 23 de janeiro (2006). Fixa os limiares mássicos mínimos e os limiares mássicos máximos que definem as condições de monitorização das emissões de poluentes para a atmosfera. *Diário da República n.º 16 - I Série B*. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, da Economia e da Inovação e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de novembro (2013). Regulamenta, nos termos do nº3 do artigo 11º do DL nº 118/2013 de 20 de agosto, as competências da entidade gestora do SCE. *Diário da República n.º 232 - I Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro (2013). Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios. *Diário da República n.º 232 - I Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 349-C/2013 de 2 de dezembro (2013). Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização, sem prejuízo do disposto no n.º 3 do artigo 31.º e do n.º 3 do artigo 50.º, ambos do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto. *Diário da República n.º 233 - I Série*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro (2013). Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes. *Diário da República n.º 233 - I Série*. Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. Lisboa, Portugal.

Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro (2013). Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação. *Diário da República n.º 235 - I Série*. Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. Lisboa, Portugal.

Portugal, Instituto Nacional de Estatística. (2012). *Censos 2011*. Disponível em <http://www.censos.ine.pt>.

- Poupard, O., Blondeau, P., Iordache, V., & Allard, F. (2005). Statistical analysis of parameters influencing the relationship between outdoor and indoor air quality in schools. *Atmospheric Environment*, 39, 2071-2080.
- Priftis, K.N., Mantzouranis, E.C., & Anthracopoulos, M.B. (2009). Asthma symptoms and airway narrowing in children growing up in an urban versus rural environment. *The Journal of Asthma: Official Journal of the Association for the Care of Asthma*, 46(3), 244-251.
- Proença, M.C., Cano, M., & Viegas, J. (2010). Ventilação e qualidade do ar interior. *Cadernos de Edifícios*, 6, 173-190.
- Quadros, M.E. (2008). *Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: Parametros físico-químicos e microbiológicos* (Dissertação de mestrado não publicada). Disponível em <http://www.tede.ufsc.br/teses/PGEA0317-D.pdf>.
- Ramachandran, G., Adgate, J.L., Banerjee, S., Church, T.R., Jones, D., Fredrickson, A. & Sextond, K. (2005). Indoor air quality in two urban elementary schools - measurements of airborne fungi, carpet allergens, CO₂, temperature and relative humidity. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2(1), 553- 566.
- Ramadour, M., Burel, C., Lanteaume, A., Vervloet, D., Charpin, D., Brisse, F.,...Charpin, D. (2000). Prevalence of asthma and rhinitis in relation to long-term exposure to gaseous air pollutants. *Allergy*, 55(12), 1163-1169.
- Ramos, C., Dias C., Paixão, E., Cano, M., & Proença, M. (2008). Qualidade do ar interior em edifícios de Escritórios e Serviços. *Climatização*, 62-72.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 91/2008 (2008). Plano nacional de ação ambiente e saúde. *Diário da República n.º 107- I Série*. Presidência do Conselho de Ministros. Lisboa, Portugal.
- Rich, D.Q., Mittleman, M.A., Link, M.S., Schwartz, J., Luttmann-Gibson, H., Catalano, P.J.,...Dockery, D.W. (2005). Increased risk of paroxysmal atrial fibrillation episodes associated with acute increases in ambient air pollution. *Environmental Health Perspectives*, 114, 120-123.
- Ritchie, I.M. & Lehnen, R.G. (1987). Formaldehyde-related health complaints of residents living in mobile and conventional homes. *American Journal of Public Health*, 77(3), 323-328.
- Rodrigues, J.C., Cardieri, J.M., Bussamra, M.H., Nakaie, C., Almeida, M. de, Filho, L. & Adde, F. (2002). Provas de função pulmonar em crianças e adolescentes. *Jornal de Pneumologia*, 28 (3), 207-221.
- Rodrigues, S. (2005). Projecto Quaes: "Qualidade ambiental nos estabelecimentos de ensino do 1º ciclo básico e alterações no estado de saúde das crianças". In *1º Colóquio de Saúde Ambiental*. Lisboa, Portugal.
- Rojas-Martinez, R., Perez-Padilha, R., Olaiz-Fernandez, G., Mendoza-Alvarado, L., Moreno-Macias, H., Fortoul, T.,...Romieu, I. (2007). Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico city. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 176(4), 377-384.
- Rumchev, K., Spickett, J., Bulsara, M., Phillips, M., & Stick, S. (2004). Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax*, 59(9),746-751.
- Rumchev, K.B., Spickett, J.T., Bulsara, M.K., Phillips M.R., & Stick S.M. (2002). Domestic exposure to formaldehyde significantly increases the risk of asthma in young children. *European Respiratory Journal*, 20(2), 403-408.
- Sá, M.E. (2008). *Previsão da exposição humana à poluição atmosférica a nível nacional* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Saarela, K., Tirkkonen, T., Ylijoki, J.L., Jurvelin, J, Nieuwenhuijsen, M.J., & Jantunen, M. (2003). Exposure of population and microenvironmental distributions of volatile organic compound concentrations in the Expolis study. *Atmospheric*

- Environment*, 37, 5563-5575.
- Saldiva, P., Kunzli, N. & Lippmann, M. (2006). Ozone. In World Health Organization (Ed.), *Air quality guidelines: global update 2005* (pp. 307-330). Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- Saliba, N.A., Atallah, M. & Al-Kadamany, G. (2009). Levels and indoor-outdoor relationship of PM₁₀ and soluble inorganic ions in Beirut, Lebanon. *Atmospheric Research*, 92(1), 131-137.
- Samet, J.M., Brauer, M., & Schlesinger, R. (2006). Particulate matter. In World Health Organization (Ed.), *Air quality guidelines: global update 2005* (pp. 217-281). Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- Samet, J. & Maynard, R. (2005). Susceptibility of children to air pollution. In World Health Organization (Ed.), *Effects of air pollution on children's health and development* (pp. 11-13). Bonn: WHO Regional Office for Europe.
- Santos, J., Pinho, P., & Lemos, L. (2006). *Contribuição para a caracterização da qualidade do ar numa cidade de média dimensão*. Viseu, Portugal: Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Viseu.
- Santos, J.P. (2008). *Avaliação Experimental dos Níveis de Qualidade do Ar Interior em Quartos de Dormir* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- Santos, H.F., Figueiredo, J.P., & Ferreira, A. (2009). Níveis de Partículas nas Áreas Metropolitanas de Lisboa e Porto. In A. Ferreira (Ed.), *Investigação Aplicada em Saúde Ambiental* (pp. 73-104). Coimbra, Portugal: Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra.
- Satish, U., Mendell, M.J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W.J. (2012). Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120, 1671-1677.
- Schlesinger, R.B., & Cassee, F. (2003). Atmospheric secondary inorganic particulate matter: the toxicological perspective as a basis for health effects risk assessment. *Inhalation Toxicology*, 15(3), 197-235.
- Schneider, D., & Freeman, N. (2001). Children's environmental health risks: a state-of-the-art conference. *Archives of Environmental Health*, 56(2), 103-110.
- Schulte, A., Bernauer, U., Madle, S., Mielke, H., Herbst, U., Richter-Reichhelm, H.-B.,...Gundert-Remy, U. (Eds.). (2006). *Assessment of the carcinogenicity of formaldehyde (CAS No. 50-00-00)*. Berlin, Germany: Bundesinstitut für Risikobewertung - BfR.
- Schwartz, J.P. (2004). Air pollution and children's health. *Pediatrics*, 113(4), 1037-1043.
- Schwartz, J., & Dockery, D.W. (1992). Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, Ohio. *American Journal of Epidemiology*, 135(1), 12-19.
- Schwartz, J., & Marcus, A. (1990). Mortality and air pollution in London: a time series analysis. *American Journal of Epidemiology*, 131(1), 185-194.
- Schwartz, J., & Neas, L.M. (2000). Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren. *Epidemiology*, 11, 6-10.
- Seaton, A., & Dennekamp, M. (2003). Hypothesis: ill health associated with low concentrations of nitrogen dioxide – an effect of ultrafine particles? *Thorax*, 58, 1012-1015.
- Seinfeld, J.H., & Pandis, S.N. (2006). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change* (2nd. ed.).

Hoboken, U.S.A.: John Wiley & Sons.

Serrano, P. (1996). *Redacção e apresentação de trabalhos científicos*. Lisboa, Portugal: Relógio d'Água.

Sexton, K., & Ryan, P.B. (1988). Assessment of Human Exposure to Air Pollution: Methods, Measurements and Models. In A. Watson, R. Bates, & D. Kennedy (Eds.), *Air pollution, the automobile and public health*, (pp. 207-238). Washington, DC: National Academic Press.

Shaughnessy, R.J., Haverinen-Shaughnessy, U., Nevalainen, A., & Moschandreas, D. (2006). A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance. *Indoor Air*, 16, 465–468.

Shendell, D.G., Winer, A.M., Weker, R., & Colome, S.D. (2004a). Evidence of inadequate ventilation in portable classrooms: results of pilot study in Los Angeles County. *Indoor Air*, 14, 154–158.

Shendell, D.G., Prill, R., Frisk, W.J., Apte, M.G., Blake, D., & Faulkner, D. (2004b). Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air*, 14, 333–341.

Shima, M., & Adachi, M. (2000). Effect of outdoor and indoor nitrogen dioxide on respiratory symptoms in schoolchildren. *International Journal of Epidemiology*, 29, 862-870.

Siddique, S., Banerjee, M., Ray, M. R., & Lahiri, T. (2010). Air Pollution and its Impact on Lung Function of Children in Delhi, the Capital City of India. *Water, Air, and Soil Pollution*, 212, 89-100.

Simões, L., Santos, J., Valente, J., Lopes, M., & Borrego, C. (2006). *Concentração de radão em espaços interiores da área de Viseu*. Viseu, Portugal: Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Viseu.

Simoni, M., Annesi-Maesano, I., Sigsgaard, T., Norback, D., Wieslander, G., Nystad, W.,...Viegi, G. (2010). School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children. *European Respiratory Journal*, 35, 742-749.

Singh, A.L., & Jamal, S. (2012). A study of risk factors associated with indoor air pollution in the low income households in Aligarh city, India. *Journal of Environmental Research and Management*, 3, 1-8.

Slezakova, K., Castro, D., Pereira, M., Morais, S., Delerue-Matos, C., & Alvim-Ferraz, M. (2009). Influence of tobacco smoke on carcinogenic PAH composition in indoor PM₁₀ and PM_{2.5}. *Atmospheric Environment*, 43, 6376 – 6382.

Sloan, C.D., Andrew, A.S., Gruber, J.F., Mwenda, K.M., Moore, J.H., Onega, T.,...Duell, E.J. (2012). Indoor and outdoor air pollution and lung cancer in New Hampshire and Vermont. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94, 605-615.

Smedje, G., Norback, D., & Edling, C. (1997). Asthma among secondary schoolchildren in relation to the school environment. *Clinical and Experimental Allergy*, 27(11), 1270-1278.

Smedje, G., & Norback, D. (2001). Incidence of asthma diagnosis and self-reported allergy in relation to the school environment – A four-year follow-up study in schoolchildren. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease: the Official Journal of the International Union Against Tuberculosis and Lung Disease*, 5, 1059-1066.

Smedje, G., Norback, D., Wessen, B. & Edling, C. (1996). Asthma among school employees in relation to the school environment. In *Proceedings of Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, (pp. 611–616). Nagoya, Japan.

Smith, K.R., Corvalán, C.F., & Kjellström, T. (1999). How much global ill health is attributable to environmental factors? *Journal of Epidemiology*, 10 (5), 573–584.

Sofuoglua, C., Aslan, G., Inal, F., & Sofuoglua, A. (2011). An assessment of indoor air concentrations and health risks of

- volatile organic compounds in three primary schools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214, 36–46.
- Sohn, J., Yang Kim, J., Son, B., & Park, J. (2009). Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea. *Journal of Environmental Management*, 90, 348–354.
- Son, B., Breyse, P., & Yang, W. (2003). Volatile Organic compounds concentrations in residential indoor and outdoor and its personal exposure in Korea. *Environment International*, 29(1), 79-85.
- Song, T. W., Kim, K.W., Kim, E. S. , Park, J.W., Sohn, M.H., & Kim, K.E. (2008). Utility of impulse oscillometry in young children with asthma. *Pediatric allergy and immunology : official publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology*, 19(8), 763-768. Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.13993038.2008.00734.x/abstract?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+be+disrupted+14+Jan+from+10-12+GMT+for+monthly+maintenance>.
- Sousa, S.I., Alvim-Ferraz, M.C., Martins, F.G. & Pereira, M.C. (2009). Ozone exposure and its influence on the worsening of childhood asthma. *Allergy*, 64(7), 1046-1055.
- Sousa, S.I., Ferraz, C., Alvim-Ferraz, M.C., Vaz, L.G., Marques, A.J., & Martins, F.G. (2012). Indoor air pollution on nurseries and primary schools: impact on childhood asthma – study protocol. *BMC Public Health*, 12, 435. doi: 10.1186/1471-2458-12-435.
- Souza, C.G. (2007). *A influência do ritmo climático na morbidade respiratória em ambientes urbanos* (Dissertação de pós-graduação não publicada). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.
- Spaeth, K.R. (2000). Don't hold your breath: Personal exposures to volatile organic compounds and other toxins in indoor air and what's (not) being done about it. *Preventive Medicine*, 31, 631–637.
- Spangler, J.D., & Sexton, K. (1983). Indoor air pollution: A public health perspective. *Science*, 221 (4605), 9–17.
- Spengler, J. D., Samet, J.M., McCarthy, J.F., (Eds.) (2000). *Indoor Air Quality Handbook*. New York, U.S.A.: McGraw-Hill.
- Stern, A., Boubel, R., & Turner, D. (1984). *Fundamentals of Air Pollution* (2nd ed.). Orlando, Florida, U.S.A.: Academic Press, Inc.
- Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S. & Van Grieken, R. (2007a). Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium. *Environment International*, 33(6), 789–797.
- Studnicka, M., Hackl, E., Pischinger, J., Fangmeyer, C., Haschke, N., Kuhr, J.,...Frischer, T. (1997). Traffic-related NO₂ and the prevalence of asthma and respiratory symptoms in seven year olds. *European Respiratory Journal*, 10(10), 2275-2278.
- Sundell, J. (2004). On the history of indoor air quality and health. *Indoor Air*, 14 (7), 51-58.
- Syazwan, A.I., Juliana, J., Norhafizalina, O., Azman, Z.A., & Kamaruzaman, J. (2009). Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Malaysian Buildings. *Global Journal of Health Science*, 1, 126-135.
- Timonen, K., Hoek ,G., Heinrich, J., Bernard, A., Brunekreef, B., Hartog, J.,...Pekkanen, J.(2004). Daily variation in fine and ultrafine particulate air pollution and urinary concentrations of lung Clara cell protein CC16. *Occupational and Environmental Medicine*, 61, 908-914.
- Tippayawong, N., Khuntong, P., Nitatwichit, C., Khunatorn, Y. & Tantakitti, C. (2009). Indoor/outdoor relationships of size-

- resolved particle concentrations in naturally ventilated school environments. *Building and Environment*, 44(1), 188-197.
- Todo-Bom, A. (2004). *Atlas de Imunoalergologia*. Lisboa, Portugal: Euromédicas.
- Tomalak, W., Radlinski, J., Pawlik, J., Latawier, W., & Pogorzelski, A. (2006). Impulse Oscillometry vs. Body Plethysmography in Assessing Respiratory Resistance in Children. *Pediatric Pulmonology*, 41, 50-54. Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppul.20310/pdf>.
- United States Environmental Protection Agency. (1997). *Air Quality Criteria for Particulate Matter*. Disponível em http://www.epa.gov/ttn/caaa/t1/fr_notices/pmnaaqs.pdf.
- United States Environmental Protection Agency. (2010). *Managing Asthma in the School Environment: Indoor Air Quality Tools for Schools* (EPA 402-K-10-004). Disponível em <http://www.epa.gov/iaq/schools>.
- United States National Research Council. (1991). *Human exposure assessment for airborne pollutants, advances and opportunities*. Washington, DC: National Academy Press.
- Valente, J.F. (2011). *Modelação da qualidade do ar e da saúde humana da meso escala à dose* (Tese de doutoramento não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Vidal, P.C. (2009). *Frequência de sucesso em espirometria em crianças pré-escolares* (Dissertação de mestrado não publicada). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Vieira, S.L. (2011). *Caraterização das partículas no ar interior em escolas de Aveiro* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Viegas, J., Papoila, A.L., Martins, P., Aelenei, D., Cano, M., Proença, C.,...Neuparth, N. (2012). Ventilação, qualidade do ar e saúde em creches e infantários resultados preliminares do Projeto ENVIRH. In *Congresso construção*, (pp.1-12). Coimbra, Portugal.
- Viegas, S. & Prista, J. (2010). Formaldehyde in Indoor Air: A Public Health Problem?. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 136, 297-304.
- Viegi, G., Simoni, M., Scognamiglio, A., Baldacci, S., Pistelli, F., Carrozzi, L., & Annesi-Maesano, I. (2004). Indoor air pollution and airway disease. *The international journal of tuberculosis and lung disease : the official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*, 8(12), 1401-1415.
- Vinha, M.C. (2008). *O fator da comunicação em provas de Espirometria* (Dissertação de mestrado não publicada). Universidade Aberta, Lisboa, Portugal.
- Vink, G.R., Arets, H.G., Laag, J., & Ent, C.K. (2003). Impulse oscillometry: A measure for airway obstruction. *Pediatric Pulmonology*, 35(3), 214-219. Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppul.10235/>.
- Von Mutius, E., & Radon, K. (2008). Living on a farm: impact on asthma induction and clinical course. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 28, 631-647.
- Wanger, J., Clausen, J., Coates, A., Pedersen, O., Brusasco, V., & Burgos, F. (2005). Standardisation of the measurement of lung volumes. *European Respiratory Journal*, 26, 511-522.
- Wargocki, P., Wyon, D.P., Matysiak, B., & Irgens, S. (2005). The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children. *Indoor Air*, 1, 368-72.

- Wargocki, P. (2001). Measurements of the effects of air quality on sensory perception. *Chemical Senses*, 26, 345-348.
- Watts, J. (2006). Doctors blame air pollution for China's asthma increases. *Lancet*, 368(9537),719–720.
- Wellenius, G.A., Schwartz, J., & Mittleman, M.A. (2006). Particulate air pollution and hospital admissions for congestive heart failure in seven United States Cities. *American Journal of Cardiology*, 97, 404-408.
- Weschler, C.J. (2006). Ozone's impact on public health: contributions from indoor exposures to ozone and products of ozone-initiated chemistry. *Environmental Health Perspectives*, 114(10), 1489-1496.
- Weschler, C.J. (2009). Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmospheric Environment*, 43(1), 153-169.
- Wheeler, L., Buckley, R., Gerald, L. B., Merkle, S. & Morrison, T. A. (2009). Working with schools to improve pediatric asthma management. *Pediatric Asthma, Allergy & Immunology*, 22, No.4, pp. 197-207.
- World Health Organization. (1984). *Indoor air quality research*. Stockholm, Sweden: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization. (1999). *Monitoring ambient air quality for health impact assessment*. Copenhagen, Denmark: Autor.
- World Health Organization. (2000a). *Air quality guidelines for europe* (2nd ed.). Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization. (2000b). *Human exposure assessment. Environmental health criteria 214*. Geneva, Switzerland: Author.
- World Health Organization. (2001). *WHO strategy on air quality and health, occupational and environmental health protection of the human environment*. Geneva, Switzerland: Author.
- World Health Organization. (2003). *Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*. Disponível em www.euro.who.int.
- World Health Organization. (2004a). *Health aspects of air pollution: Results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe"*. Copenhagen, Denmark: Author.
- World Health Organization. (2004b). *Health aspects of air pollution – answers to follow-up questions from CAFE*. Disponível em www.euro.who.int.
- World Health Organization. (2006a). *Air quality guidelines: Global update 2005*. Disponível em www.euro.who.int.
- World Health Organization (2006b). *Health risk of particulate matter from long-range transboundary air pollution: Preliminary assessment*. Copenhagen, Denmark: Author.
- World Health Organization. (2008a). *Vigilância global, prevenção e controlo das doenças respiratórias crónicas: Uma abordagem integradora* (M. Pereira & M. Fajardo, Trad.). Lisboa, Portugal: Direção-Geral da Saúde.
- World Health Organization. (2008b). *Programmes and projects: indoor air pollution*. Disponível em <http://www.who.int/indoorair/en/>.
- World Health Organization. (2010a). *Who guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Disponível em <http://www.who.int/phe/health topics/outdoorair aqg/en/>.
- World Health Organization. (2010b). *Global burden of diseases OMS*. Disponível em <http://www.who.int/>.
- World Health Organization. (2011). *Air Quality and Health*. Disponível em <http://www.who.int/en/>.

- World Health Organization. (s.d.). *Children aged 0-4 years living in households using biomass fuels or coal as the main source of heating and cooking*. Disponível em http://www.who.int/ceh/indicators/O_4biomassfuels.pdf.
- Wichmann, J., Lind, T., Nilsson, M., & Bellander, T. (2010). PM_{2.5}, soot and NO₂ indoor/outdoor relationships at homes, pre-schools and schools in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment*, 44, 4536-4544.
- Wilson, R., & Spengler, J. (1996). *Particles in our air: Concentrations and health effects*. Boston: Harvard School of Public Health.
- Wu, J., Lurmann, F., Winer, A., Lu, R., Turco, R., & Funk, T. (2005). Development of an individual exposure model for application to the Southern California children's health study. *Atmospheric Environment*, 39, 259-273.
- Wyzga, E.R. (2002). Air pollution and health; are particulates the answer? In *Proceedings of the NETL Conference 'PM_{2.5} and electric power generation: Recent findings and implications'*. Pittsburgh, United States of America.
- Yang, W., Lee, K., & Chung, M. (2004). Characterization of indoor air quality using multiple measurements of nitrogen dioxide. *Indoor Air*, 14, 105-111.
- Yang, W., Sohn, J., Kim, J., Son, B., & Park, J. (2009). Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea. *Journal of Environmental Management*, 90, 348-354.
- Yontz, R.R. (2003). *An overview of indoor air quality* (Dissertação de mestrado não publicada). Mississippi State University, United States of America.
- Zanobetti, A., & Schwartz, P. (2005). The effect of particulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: a multicity case-crossover analysis. *Environmental Health Perspectives*, 113, 978-982.
- Zhang, G., Spickett, J., Rumchev, K., Lee, A., & Stick, S. (2006). Indoor environmental quality in a "low allergen" school and three standard primary schools in Western Australia. *Indoor Air*, 16, 74-80.
- Zhao, Z., Zhang, Z., Wang, Z., Ferm, M., Liang, Y., & Norback, D. (2008). Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China. *Environmental health perspectives*, 116, 90-97.
- Zhua, Y., Hinds, W.C., Krudysz, M., Kuhn, T., Frines, J., & Sioutas, C. (2004). Penetration of freeway ultrafine particles into indoor environments. *Aerosol Science*, 36, 303- 322.
- Zuraimi, M.S., Tham, K.W., Chew, F.T., & Ooi, P.L. (2007). The effect of ventilation strategies of child care centers on indoor air quality and respiratory health of children in Singapore. *Indoor Air*, 17, 317-327.

ANEXOS

Anexo 1

GRELHA DE OBSERVAÇÃO E REGISTO

Data: ____/____/____	Hora: ____:____	Nº de Ordem: _____
----------------------	-----------------	--------------------

1 – Identificação da Instituição Escolar
--

Nome: _____	Data de realização das medições: ____/____
Freguesia: _____	Tipologia da Freguesia: _____
Morada: _____	
Agrupamento de Escolas: _____	
Instituição Pública: _____	Instituição Privada: _____
Idade da Instituição Escolar: _____ anos	
Sala: 1º ano _____ ; 4º ano _____ ; 1º e 4º ano juntos _____	
Alunos presentes no momento das medições: 1º ano: _____ ; 4º ano: _____ ; 1 e 4º ano juntos: _____	
Descrição das atividades:	

2 – Características da Instituição Escolar
--

Características das Instituições Escolares	Não se Aplica	SIM	NÃO
Existência de ventilação natural			
Existência de ventilação mecânica			
Existência de arrefecimento			
Existência de aquecimento			
Quadro de lousa e giz			
Existência de piso de madeira			
Existência de piso de cerâmica			
Existência de piso de vinil			
Existência de Plantas no interior			

3 – Observações

--

Anexo 2

- FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA -

INQUÉRITO DE SAÚDE

«Qualidade do ar interior em escolas e saúde das crianças»

No âmbito do estudo "Qualidade do ar interior em escolas e saúde das crianças" solicitamos a V. Exa. a colaboração no preenchimento deste inquérito. Asseguraremos a confidencialidade de todas as respostas e que os dados recolhidos serão utilizados para fins meramente académicos/curriculares.
Certos da melhor atenção por parte de V. Exa., agradecemos, desde já, toda a colaboração prestada.

INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO: DEVE ESCOLHER UMA SÓ OPÇÃO SELECIONANDO A BOLINHA (○) CORRESPONDENTE À SUA SITUAÇÃO/CONDIÇÃO

CARACTERIZAÇÃO SOCIOBIOGRÁFICA DO AGREGADO FAMILIAR

1. LOCAL DA RESIDÊNCIA: _____

2. FREGUESIA: _____

3. TIPOLOGIA DA FREGUESIA: _____

4. QUANTAS PESSOAS RESIDEM NO SEU DOMICÍLIO? N.º DE PESSOAS _____

5. CONSTITUIÇÃO DA FAMÍLIA:

FAMÍLIA UNIPessoal ○ (SOZINHO); **FAMÍLIA Nuclear** ○ (PAI E MÃE); **FAMÍLIA ALARGADA** ○ (PAI, MÃE, AVÓS, TIOS, ETC.).

6. IDENTIFICAÇÃO DO AGREGADO:

FAMÍLIA (GRAU DE PARENTESCO)	SEXO (M - MASCULINO) (F - FEMININO)	IDADE	ESTADO CIVIL	NATURALIDADE	ESCOLARIDADE (1.º CICLO; 2.º CICLO;...)
PAI					
MÃE					
FILHO (A)					

7. TEMPO MÉDIO DE PERMANÊNCIA NA HABITAÇÃO (DOMICÍLIO)

GRAU DE PARENTESCO EM RELAÇÃO AO INQUIRIDO	N.º DE ANOS QUE VIVE NESTA CASA	N.º DE HORAS POR DIA EM CASA (2.ª A 6.ª FEIRA)	N.º DE HORAS POR DIA EM CASA (FIM-DE-SEMANA)
PAI			
MÃE			
FILHO (A)			

CONDIÇÃO DE SAÚDE

8. O SEU EDUCANDO POSSUI ALGUMA(S) DOENÇA(S) OU SINTOMA(S) INDICADOS A SEGUIR, BEM COMO POR ALGUM DOS ELEMENTOS QUE VIVEM NO MESMO DOMICÍLIO?

DOENÇAS	SIM	NÃO	NÃO SABE/NÃO RESPONDE	IDENTIFICAÇÃO DO(S) ELEMENTO(S) DO AGREGADO
• ASMA	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• BRONQUITE CRÓNICA	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• PIEDRA/ASSOBIOS (SILVOS) NO PEITO	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• CRISES DE ESPIRROS	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• RINITE ALÉRGICA	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• STRESSE	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• TONTURAS	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• IRRITABILIDADE	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• DORES DE CABEÇA	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• IRRITAÇÃO DAS MUCOSAS DOS OLHOS	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• TOSSE SECA	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• INSÓNIAS	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• DIFICULDADES RESPIRATÓRIAS	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• FALTA DE CONCENTRAÇÃO	<input type="radio"/> ₁	<input type="radio"/> ₂	<input type="radio"/> ₉	_____
• OUTRAS RELEVANTES, QUAIS:				_____

		MUITO MAU	MAU	RAZOÁVEL	BOM	MUITO BOM	NS/NR
9. SAÚDE	EM GERAL, DIRIA QUE A SAÚDE DA SUA FAMÍLIA É:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

CONDIÇÕES HABITACIONAIS

10. TIPO DE CASA:

-CASA TÉRREA: SIM NÃO

-IDADE DA HABITAÇÃO: ____ ANOS

-POSSUI AINDA GARAGEM NO PISO INFERIOR: SIM NÃO

-APARTAMENTO: SIM NÃO

-IDADE DA HABITAÇÃO: ____ ANOS

-POSSUI BOLORES: SIM NÃO

-POSSUI HUMIDADE: SIM NÃO

-POSSUI AR CONDICIONADO: SIM NÃO

SE SIM, É UTILIZADO SIM NÃO

-POSSUI SISTEMA DE AQUECIMENTO: SIM NÃO

SE SIM, É UTILIZADO? SIM NÃO

TIPO: GÁS ELÉCTRICO GASÓLEO PAINEL SOLAR LAREIRA

	MUITO MAU	MAU	RAZÓVEL	BOM	MUITO BOM	NS/NR
FUNDAÇÕES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PAREDES (SEGURANÇA, SALUBRIDADE, PROTECÇÃO CONTRA A HUMIDADE, TEMPERATURA E A PROPAGAÇÃO DO RUÍDO E VIBRAÇÕES)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PAVIMENTOS E COBERTURAS (SEGURANÇA, SALUBRIDADE E À DEFESA CONTRA A PROPAGAÇÃO DO RUÍDO E VIBRAÇÕES)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SE NÃO POSSUI REDE PÚBLICA DE SANEAMENTO, COMO CLASSIFICA O SISTEMA DE EVACUAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SE NÃO POSSUI ÁGUA DA REDE PÚBLICA COMO A CLASSIFICA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
EVACUAÇÃO DOS FUMOS E GASES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VENTILAÇÃO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ILUMINAÇÃO NATURAL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CONDIÇÕES GERAIS DA HABITAÇÃO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

HÁBITOS E ESTILOS DE VIDA

9. COMO CLASSIFICA OS HÁBITOS E ESTILOS DE VIDA

9.1 QUE TIPO DE ALIMENTAÇÃO PRATICAM:

- MEDITERRÂNICA (LEGUMES, FRUTAS...)
- FAST-FOOD ("COMIDA RÁPIDA", PIZZAS, HAMBÚRGUERES, ...)
- ESPECÍFICA (TERAPÊUTICA, SEM SAL...)
- ESPECIAIS (VEGETARIANA...)
- Ns/Nr

9.2 HÁBITOS DE TABAGISMO E ALCOÓLICOS, NO AGREGADO FAMILIAR:

TABACO: SIM NÃO NS/NR IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO/AGREGADO: _____

SE SIM, HÁ QUANTO TEMPO FUMA: _____ ANOS

SE SIM, QUANTOS CIGARROS, EM MÉDIA, FUMA POR DIA _____

SE SIM, FUMA EM CASA? SIM NÃO

9.3 HÁBITOS DE REPOUSO/DESCANSO DO SEU FILHO (A):

SONO: <5HORAS 6-7H 8-9H > 9H

9.4 ATIVIDADE FÍSICA DO SEU FILHO (A):

O SEU FILHO (A) PRÁTICA ACTIVIDADE FÍSICA: SIM NÃO

SE PRÁTICA ACTIVIDADE FÍSICA: QUANTAS VEZES POR SEMANA: _____

SE SIM, QUE TIPO DE ACTIVIDADE PRÁTICA: GINÁSTICA CAMINHADA CORRIDA BICICLETA NATAÇÃO OUTRO

QUAL: _____

DADOS PESSOAIS

NOME DO ALUNO: _____ ANO: _____

ESCOLA DO ALUNO: _____ CÓDIGO DE REGISTO: _____

RUA: _____ N.º DA PORTA: _____

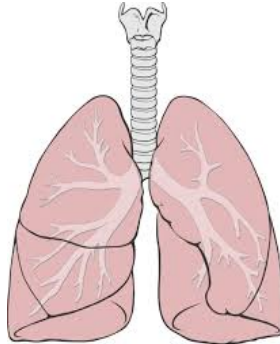
LOCAL: _____

PESSOA A CONTACTAR: _____

NOME COMPLETO: _____ TELEFONE: _____

Anexo 3

GRELHA DE REGISTO – ESPIROMETRIAS



Data: ____/____/____	Hora: ____:____	Nº de Identificação: _____
----------------------	-----------------	----------------------------

1 – Identificação do Aluno

Nome: _____	
Morada de Residência: _____	
Freguesia: _____	Tipologia da Freguesia: _____
Nome da Instituição Escolar que frequenta: _____	
Ano de escolaridade: 1º ano: _____ 4º ano: _____ Sexo: Masculino _____ Feminino _____	
Frequentou a mesma escola do 1º ao 4º ano de escolaridade: Sim _____ Não _____	
Data de Nascimento: ____/____/____ Raça: _____ Peso: ____ Kg Altura: ____ cm	

2 – Parâmetros Espirométricos

Parâmetros Espirométricos	%
CVF	
VEMS	
VEMS/CVF	
DEMA	
DEM ₂₅	
DEM ₅₀	
DEM ₇₅	
DEMM ₂₅₋₇₅	

Assinatura do Técnico: _____

ANEXO 4 – Características demográficas, prática desportiva e IMC dos estudantes, por escola

Escolas	Sexo		Idade						IMC				Ano de Escolaridade				Prática Exercício Físico			
	Feminino		Masculino		≤ 8 anos		≥ 9 anos		Peso Normal		Excesso de Peso		1º Ano		4º Ano		Não		Sim	
	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	9	60,0	6	40,0	15	100	0	,0	15	100	0	,0	15	100	0	,0	3	20,0	12	80,0
EB2,3 S. Silvestre	6	33,3	12	66,7	0	,0	18	100	17	94,4	1	5,6	0	,0	18	100	5	27,8	13	72,2
EB1 N. Matos	12	54,5	10	45,5	9	40,9	13	59,1	21	95,5	1	4,5	9	40,9	13	59,1	4	18,2	18	81,8
EB1 Q. Flores	25	61,0	16	39,0	16	39,0	25	61,0	41	100	0	,0	16	39,0	25	61,0	8	19,5	33	80,5
EB1 V. de Ceira	9	45,0	11	55,0	12	60,0	8	40,0	18	90,0	2	10,0	12	60,0	8	40,0	4	20,0	16	80,0
EB1 T. Mondego	6	40,0	9	60,0	10	66,7	5	33,3	14	93,3	1	6,7	10	66,7	5	33,3	3	20,0	12	80,0
EB1 Almalaguês	13	41,9	18	58,1	12	38,7	19	61,3	29	93,5	2	6,5	12	38,7	19	61,3	4	12,9	27	87,1
EB1 de C. Viegas	4	40,0	6	60,0	4	40,0	6	60,0	8	80,0	2	20,0	4	40,0	6	60,0	1	10,0	9	90,0
EB1 de Casais	12	70,6	5	29,4	6	35,3	11	64,7	15	88,2	2	11,8	6	35,3	11	64,7	6	35,3	11	64,7
EB1 R. de Frades	14	50,0	14	50,0	12	42,9	16	57,1	27	96,4	1	3,6	13	46,4	15	53,6	5	17,9	23	82,1
EB1 da Póvoa	9	45,0	11	55,0	7	35,0	13	65,0	18	90,0	2	10,0	7	35,0	13	65,0	3	15,0	17	85,0
EB1 do Ameal	1	12,5	7	87,5	3	37,5	5	62,5	7	87,5	1	12,5	3	37,5	5	62,5	4	50,0	4	50,0
EB1 de Taveiro	3	33,3	6	66,7	4	44,4	5	55,6	8	88,9	1	11,1	4	44,4	5	55,6	2	22,2	7	77,8
EB1 de Arzila	2	28,6	5	71,4	3	42,9	4	57,1	7	100	0	,0	3	42,9	4	57,1	0	,0	7	100
EB1 da Palheira	4	44,4	5	55,6	6	66,7	3	33,3	9	100	0	,0	6	66,7	3	33,3	0	,0	9	100
EB1 de Casconha	13	48,1	14	51,9	11	40,7	16	59,3	27	100	0	,0	11	40,7	16	59,3	2	7,4	25	92,6
EB1 de Almedina	6	31,6	13	68,4	8	42,1	11	57,9	19	100	0	,0	8	42,1	11	57,9	3	15,8	16	84,2
EB1 S. Bartolomeu	7	50,0	7	50,0	8	57,1	6	42,9	14	100	0	,0	8	57,1	6	42,9	5	35,7	9	64,3
EB1 de Antanhol	1	25,0	3	75,0	4	100	0	,0	4	100	0	,0	4	100	0	,0	0	,0	4	100
EB1 de Dianteiro	6	42,9	8	57,1	7	50,0	7	50,0	13	92,9	1	7,1	7	50,0	7	50,0	3	21,4	11	78,6
EB1 da Solum	33	60,0	22	40,0	55	100	0	,0	54	98,2	1	1,8	55	100	0	,0	6	11,1	48	88,9
EB1 A. de Freire	21	55,3	17	44,7	22	57,9	16	42,1	36	94,7	2	5,3	22	57,9	16	42,1	2	5,3	36	94,7
EB2,3 E.de Castro	17	51,5	16	48,5	0	,0	33	100	31	93,9	2	6,1	0	,0	33	100	4	12,1	29	87,9
Colégio R. Santa	16	45,7	19	54,3	24	68,6	11	31,4	35	100	0	,0	24	68,6	11	31,4	3	8,6	32	91,4
Colégio São José	7	43,8	9	56,3	5	31,3	11	68,8	15	93,8	1	6,3	5	31,3	11	68,8	1	6,3	15	93,8
C.B. Barreto	17	41,5	24	58,5	25	61,0	16	39,0	39	95,1	2	4,9	25	61,0	16	39,0	3	7,3	38	92,7
C.J. de Deus I	13	37,1	22	62,9	19	54,3	16	45,7	35	100	0	,0	19	54,3	16	45,7	6	17,1	29	82,9
C. I. de Deus II	37	50,7	36	49,3	33	45,2	40	54,8	69	94,5	4	5,5	33	45,2	40	54,8	8	11,0	65	89,0
EB1 Brasfemes	5	27,8	13	72,2	8	44,4	10	55,6	17	94,4	1	5,6	8	44,4	10	55,6	4	22,2	14	77,8
EB1 da Pedrulha	4	57,1	3	42,9	3	42,9	4	57,1	7	100	0	,0	3	42,9	4	57,1	1	14,3	6	85,7
EB1 de Eiras	2	18,2	9	81,8	6	54,5	5	45,5	10	90,9	1	9,1	6	54,5	5	45,5	2	18,2	9	81,8
EB1 da Adémia	4	33,3	8	66,7	8	66,7	4	33,3	12	100	0	,0	8	66,7	4	33,3	1	8,3	11	91,7
EB1 S.M. Bispo	20	52,6	18	47,4	15	39,5	23	60,5	31	81,6	7	18,4	15	39,5	23	60,5	8	21,1	30	78,9
EB1 Lordemão	7	50,0	7	50,0	3	21,4	11	78,6	14	100	0	,0	3	21,4	11	78,6	3	21,4	11	78,6
EB1 de Trouxemil	3	27,3	8	72,7	5	45,5	6	54,5	11	100	0	,0	5	45,5	6	54,5	0	,0	11	100
EB1 V. de Matos	1	33,3	2	66,7	2	66,7	1	33,3	3	100	0	,0	2	66,7	1	33,3	0	,0	3	100
EB1 de Vilela	7	63,6	4	36,4	5	45,5	6	54,5	10	90,9	1	9,1	5	45,5	6	54,5	3	27,3	8	72,7
EB1 de Souselas	12	54,5	10	45,5	13	59,1	9	40,9	21	95,5	1	4,5	13	59,1	9	40,9	3	13,6	19	86,4
EB1 de Botão	3	50,0	3	50,0	2	33,3	4	66,7	6	100	0	,0	2	33,3	4	66,7	0	,0	6	100
EB1 S. Apolónia	10	58,8	7	41,2	17	100	0	,0	17	100	0	,0	17	100	0	,0	2	11,8	15	88,2
EB2,3 Rainha S. Isabel	11	64,7	6	35,3	0	,0	17	100	16	94,1	1	5,9	0	,0	17	100	6	35,3	11	64,7
EB1 dos Olivais	7	50,0	7	50,0	14	100	0	,0	14	100	0	,0	14	100	0	,0	2	14,3	12	85,7
EB2,3 M. de Freitas	13	76,5	4	23,5	0	,0	17	100	16	94,1	1	5,9	0	,0	17	100	1	5,9	16	94,1
EB1 S. J. Campo	8	32,0	17	68,0	15	60,0	10	40,0	25	100	0	,0	15	60,0	10	40,0	4	17,4	19	82,6
EB1 da Conchada	3	25,0	9	75,0	2	16,7	10	83,3	11	91,7	1	8,3	2	16,7	10	83,3	3	25,0	9	75,0
EB1 Santa Cruz	15	71,4	6	28,6	9	42,9	12	57,1	18	85,7	3	14,3	9	42,9	12	57,1	7	33,3	14	66,7
EB1 S. M. Árvore	7	63,6	4	36,4	7	63,6	4	36,4	11	100	0	,0	7	63,6	4	36,4	3	27,3	8	72,7
EB1 de Vera Cruz	0	,0	4	100	2	50,0	2	50,0	4	100	0	,0	2	50,0	2	50,0	1	25,0	3	75,0
EB1 Vila Verde	7	70,0	3	30,0	5	50,0	5	50,0	8	80,0	2	20,0	5	50,0	5	50,0	2	20,0	8	80,0
EB1 de Antuzede	2	25,0	6	75,0	2	25,0	6	75,0	7	87,5	1	12,5	2	25,0	6	75,0	0	,0	8	100
C. Bom Jesus	19	52,8	17	47,2	21	58,3	15	41,7	34	94,4	2	5,6	21	58,3	15	41,7	2	5,6	34	94,4
TOTAL	493	48,4	526	51,6	504	49,5	515	50,5	968	95,0	51	5,0	505	49,6	514	50,4	156	15,4	860	84,6

ANEXO 5 – Caraterísticas da habitação de residência do aluno, por escola

Escolas	Idade da Habitação										Bolores				Humidade				Aquecimento					
	<= 10 anos		[11-20] anos		[21-30] anos		[31-40] anos		[41-50] anos		=>51 anos		Não		Sim		Não		Sim		Não		Sim	
	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	7	50,0	4	28,6	2	14,3	0	,0	1	7,1	0	,0	11	73,3	4	26,7	9	60,0	6	40,0	14	93,3	1	6,7
EB2,3 S. Silvestre	10	55,6	4	22,2	1	5,6	2	11,1	1	5,6	0	,0	13	72,2	5	27,8	10	55,6	8	44,4	16	88,9	2	11,1
EB1 Norton de Matos	1	14,3	5	71,4	0	,0	0	,0	1	14,3	0	,0	15	68,2	7	31,8	13	59,1	9	40,9	10	45,5	12	54,5
EB1 Quinta das Flores	10	47,6	7	33,3	3	14,3	1	4,8	0	,0	0	,0	33	80,5	8	19,5	20	48,8	21	51,2	19	46,3	22	53,7
EB1 de Vendas de Ceira	5	26,3	6	31,6	2	10,5	4	21,1	0	,0	2	10,5	14	70,0	6	30,0	9	45,0	11	55,0	15	75,0	5	25,0
EB1 Torres de Mondego	2	14,3	6	42,9	1	7,1	4	28,6	0	,0	1	7,1	12	80,0	3	20,0	8	53,3	7	46,7	9	60,0	6	40,0
EB1 de Almalaguês	15	50,0	11	36,7	2	6,7	1	3,3	1	3,3	0	,0	25	80,6	6	19,4	19	61,3	12	38,7	18	58,1	13	41,9
EB1 de Castelo Viegas	4	44,4	2	22,2	3	33,3	0	,0	0	,0	0	,0	5	50,0	5	50,0	1	10,0	9	90,0	4	40,0	6	60,0
EB1 de Casais	4	25,0	4	25,0	4	25,0	0	,0	2	12,5	2	12,5	12	70,6	5	29,4	9	52,9	8	47,1	9	52,9	8	47,1
EB1 Ribeira de Frades	6	25,0	6	25,0	3	12,5	5	20,8	3	12,5	1	4,2	20	71,4	8	28,6	16	57,1	12	42,9	18	64,3	10	35,7
EB1 da Póvoa	2	28,6	3	42,9	0	,0	1	14,3	0	,0	1	14,3	11	55,0	9	45,0	10	50,0	10	50,0	13	65,0	7	35,0
EB1 do Ameal	1	14,3	2	28,6	1	14,3	1	14,3	2	28,6	0	,0	5	62,5	3	37,5	3	37,5	5	62,5	7	87,5	1	12,5
EB1 de Taveiro	1	25,0	2	50,0	1	25,0	0	,0	0	,0	0	,0	7	77,8	2	22,2	4	44,4	5	55,6	6	66,7	3	33,3
EB1 de Arzila	7	100,0	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0	7	100,0	0	,0	6	85,7	1	14,3	5	71,4	2	28,6
EB1 da Palheira	3	42,9	2	28,6	0	,0	0	,0	0	,0	2	28,6	7	77,8	2	22,2	5	55,6	4	44,4	4	44,4	5	55,6
EB1 de Casconha	12	52,2	8	34,8	3	13,0	0	,0	0	,0	0	,0	19	70,4	8	29,6	19	70,4	8	29,6	13	48,1	14	51,9
EB1 de Almedina	1	12,5	2	25,0	0	,0	1	12,5	1	12,5	3	37,5	17	89,5	2	10,5	12	63,2	7	36,8	15	78,9	4	21,1
EB1 de São Bartolomeu	4	44,4	1	11,1	1	11,1	3	33,3	0	,0	0	,0	12	85,7	2	14,3	8	57,1	6	42,9	8	57,1	6	42,9
EB1 de Antanol	1	25,0	0	,0	0	,0	1	25,0	0	,0	2	50,0	3	75,0	1	25,0	3	75,0	1	25,0	3	75,0	1	25,0
EB1 de Dianteiro	7	58,3	4	33,3	0	,0	0	,0	1	8,3	0	,0	8	57,1	6	42,9	7	50,0	7	50,0	10	71,4	4	28,6
EB1 da Solum	3	16,7	9	50,0	4	22,2	1	5,6	1	5,6	0	,0	35	63,6	20	36,4	17	30,9	38	69,1	36	65,5	19	34,5
EB1 de Almas de Freire	7	43,8	4	25,0	2	12,5	1	6,3	1	6,3	1	6,3	26	68,4	12	31,6	19	50,0	19	50,0	17	44,7	21	55,3
EB2,3 Eugénio de Castro	4	30,8	6	46,2	0	,0	1	7,7	1	7,7	1	7,7	27	81,8	6	18,2	19	57,6	14	42,4	18	54,5	15	45,5
Colégio Rainha Santa	6	46,2	5	38,5	0	,0	2	15,4	0	,0	0	,0	33	94,3	2	5,7	28	80,0	7	20,0	5	14,3	30	85,7
Colégio São José	7	58,3	3	25,0	1	8,3	0	,0	1	8,3	0	,0	12	75,0	4	25,0	10	62,5	6	37,5	6	37,5	10	62,5
Colégio Bissaya Barreto	7	38,9	10	55,6	0	,0	1	5,6	0	,0	0	,0	29	70,7	12	29,3	22	53,7	19	46,3	13	31,7	28	68,3
Colégio João de Deus I	6	42,9	5	35,7	0	,0	1	7,1	2	14,3	0	,0	31	88,6	4	11,4	23	65,7	12	34,3	12	34,3	23	65,7
Colégio João de Deus II	15	53,6	7	25,0	4	14,3	1	3,6	0	,0	1	3,6	64	87,7	9	12,3	55	75,3	18	24,7	28	38,4	45	61,6
EB1 de Brasfemes	5	31,3	6	37,5	3	18,8	2	12,5	0	,0	0	,0	11	61,1	7	38,9	6	33,3	12	66,7	8	44,4	10	55,6
EB1 da Pedrulha	1	16,7	3	50,0	1	16,7	0	,0	1	16,7	0	,0	4	57,1	3	42,9	3	42,9	4	57,1	6	85,7	1	14,3
EB1 de Eiras	0	,0	3	42,9	0	,0	3	42,9	0	,0	1	14,3	10	90,9	1	9,1	5	45,5	6	54,5	7	63,6	4	36,4
EB1 da Adémia	4	40,0	1	10,0	1	10,0	3	30,0	1	10,0	0	,0	10	83,3	2	16,7	5	41,7	7	58,3	12	100,0	0	,0
EB1 S. Martinho Bispo	10	40,0	7	28,0	5	20,0	3	12,0	0	,0	0	,0	28	73,7	10	26,3	16	42,1	22	57,9	16	42,1	22	57,9
EB1 de Lordemão	1	10,0	4	40,0	3	30,0	2	20,0	0	,0	0	,0	10	71,4	4	28,6	7	50,0	7	50,0	8	57,1	6	42,9
EB1 de Trouxemil	4	40,0	2	20,0	2	20,0	0	,0	2	20,0	0	,0	8	72,7	3	27,3	7	63,6	4	36,4	6	54,5	5	45,5
EB1 de Vil de Matos	2	66,7	0	,0	0	,0	1	33,3	0	,0	0	,0	2	66,7	1	33,3	2	66,7	1	33,3	2	66,7	1	33,3
EB1 de Vilela	4	44,4	4	44,4	1	11,1	0	,0	0	,0	0	,0	7	63,6	4	36,4	4	36,4	7	63,6	3	27,3	8	72,7
EB1 de Souselas	5	26,3	7	36,8	3	15,8	3	15,8	0	,0	1	5,3	16	72,7	6	27,3	13	59,1	9	40,9	16	72,7	6	27,3
EB1 de Botão	1	16,7	0	,0	1	16,7	3	50,0	1	16,7	0	,0	2	33,3	4	66,7	2	33,3	4	66,7	4	66,7	2	33,3
EB1 de Santa Apolónia	4	50,0	4	50,0	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0	12	70,6	5	29,4	6	35,3	11	64,7	8	47,1	9	52,9
EB2,3 Rainha Santa Isabel	3	30,0	5	50,0	1	10,0	1	10,0	0	,0	0	,0	15	88,2	2	11,8	11	64,7	6	35,3	11	64,7	6	35,3
EB1 dos Olivais	5	71,4	2	28,6	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0	9	64,3	5	35,7	6	42,9	8	57,1	7	50,0	7	50,0
EB2,3 Martim de Freitas	8	72,7	0	,0	1	9,1	1	9,1	0	,0	1	9,1	12	70,6	5	29,4	12	70,6	5	29,4	7	41,2	10	58,8
EB1 de São João Campo	10	43,5	7	30,4	2	8,7	2	8,7	1	4,3	1	4,3	17	68,0	8	32,0	12	48,0	13	52,0	18	72,0	7	28,0
EB1 da Conchada	2	33,3	0	,0	2	33,3	0	,0	1	16,7	1	16,7	7	58,3	5	41,7	5	41,7	7	58,3	7	58,3	5	41,7
EB1 de Santa Cruz	2	16,7	6	50,0	1	8,3	2	16,7	1	8,3	0	,0	14	66,7	7	33,3	9	42,9	12	57,1	18	85,7	3	14,3
EB1 S. Martinho Árvore	5	62,5	2	25,0	0	,0	1	12,5	0	,0	0	,0	10	90,9	1	9,1	7	63,6	4	36,4	7	63,6	4	36,4
EB1 de Vera Cruz	2	50,0	0	,0	1	25,0	1	25,0	0	,0	0	,0	4	100,0	0	,0	2	50,0	2	50,0	3	75,0	1	25,0
EB1 de Vila Verde	2	20,0	3	30,0	0	,0	2	20,0	3	30,0	0	,0	9	90,0	1	10,0	3	30,0	7	70,0	10	100,0	0	,0
EB1 de Antuzede	4	50,0	0	,0	2	25,0	1	12,5	1	12,5	0	,0	5	62,5	3	37,5	3	37,5	5	62,5	6	75,0	2	25,0
Colégio Bom Jesus	15	65,2	7	30,4	0	,0	1	4,3	0	,0	0	,0	25	69,4	11	30,6	18	50,0	18	50,0	6	16,7	30	83,3
Total	257	40,0	201	31,2	68	10,6	64	10,0	31	4,8	22	3,4	760	74,6	259	25,4	548	53,8	471	46,2	547	53,7	472	46,3

ANEXO 6 – Habilitações literárias dos pais/encarregados de educação

Escolas	Escolaridade – Pais															
	1.º Ciclo		2.º Ciclo		3.º Ciclo		Secundário		Bacharelato		Licenciatura		Mestrado		Doutoramento	
	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha	n	% linha
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	1	7,1	3	21,4	2	14,3	5	35,7	0	,0	3	21,4	0	,0	0	,0
EB2,3 S. Silvestre	2	11,1	4	22,2	2	11,1	7	38,9	0	,0	3	16,7	0	,0	0	,0
EB1 Norton de Matos	1	4,5	2	9,1	1	4,5	7	31,8	0	,0	9	40,9	2	9,1	0	,0
EB1 Quinta das Flores	0	,0	1	2,4	5	12,2	12	29,3	0	,0	15	36,6	5	12,2	3	7,3
EB1 de Vendas de Ceira	1	5,0	3	15,0	7	35,0	9	45,0	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
EB1 de Torres de Mondego	1	6,7	1	6,7	2	13,3	5	33,3	1	6,7	4	26,7	1	6,7	0	,0
EB1 de Almalaguês	0	,0	5	16,1	11	35,5	6	19,4	0	,0	9	29,0	0	,0	0	,0
EB1 de Castelo Viegas	1	10,0	1	10,0	1	10,0	3	30,0	0	,0	3	30,0	0	,0	1	10,0
EB1 de Casais	3	17,6	7	41,2	2	11,8	4	23,5	0	,0	1	5,9	0	,0	0	,0
EB1 de Ribeira de Frades	4	14,3	10	35,7	2	7,1	5	17,9	0	,0	5	17,9	2	7,1	0	,0
EB1 da Póvoa	1	5,0	5	25,0	2	10,0	6	30,0	0	,0	6	30,0	0	,0	0	,0
EB1 do Ameal	0	,0	2	25,0	4	50,0	1	12,5	0	,0	1	12,5	0	,0	0	,0
EB1 de Taveiro	0	,0	2	22,2	1	11,1	2	22,2	1	11,1	3	33,3	0	,0	0	,0
EB1 de Arzila	0	,0	0	,0	2	28,6	3	42,9	0	,0	2	28,6	0	,0	0	,0
EB1 da Palheira	0	,0	2	22,2	2	22,2	2	22,2	0	,0	2	22,2	1	11,1	0	,0
EB1 de Casconha	3	11,1	3	11,1	5	18,5	6	22,2	0	,0	9	33,3	1	3,7	0	,0
EB1 de Almedina	1	5,9	2	11,8	5	29,4	4	23,5	0	,0	4	23,5	0	,0	1	5,9
EB1 de São Bartolomeu	5	35,7	0	,0	2	14,3	2	14,3	1	7,1	4	28,6	0	,0	0	,0
EB1 de Antanhol	0	,0	3	75,0	0	,0	0	,0	0	,0	1	25,0	0	,0	0	,0
EB1 de Dianteiro	2	14,3	2	14,3	2	14,3	4	28,6	0	,0	4	28,6	0	,0	0	,0
EB1 da Solum	3	5,5	1	1,8	1	1,8	10	18,2	0	,0	28	50,9	7	12,7	5	9,1
EB1 de Almas de Freire	1	2,6	5	13,2	5	13,2	12	31,6	1	2,6	11	28,9	3	7,9	0	,0
EB2,3 Eugénio de Castro	1	3,0	2	6,1	3	9,1	5	15,2	0	,0	15	45,5	4	12,1	3	9,1
Colégio Rainha Santa	0	,0	1	2,9	0	,0	1	2,9	0	,0	22	62,9	7	20,0	4	11,4
Colégio São José	0	,0	1	6,3	1	6,3	1	6,3	0	,0	10	62,5	2	12,5	1	6,3
Colégio Bissaya Barreto	0	,0	3	7,3	4	9,8	7	17,1	1	2,4	17	41,5	6	14,6	3	7,3
Colégio João de Deus I	0	,0	1	2,9	2	5,7	5	14,3	0	,0	17	48,6	6	17,1	4	11,4
Colégio João de Deus II	0	,0	2	2,7	1	1,4	7	9,6	1	1,4	51	69,9	8	11,0	3	4,1
EB1 de Brasfemes	0	,0	1	5,6	8	44,4	4	22,2	0	,0	3	16,7	2	11,1	0	,0
EB1 da Pedrulha	1	14,3	1	14,3	2	28,6	3	42,9	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
EB1 de Eiras	0	,0	3	27,3	2	18,2	3	27,3	0	,0	3	27,3	0	,0	0	,0
EB1 da Adémia	1	8,3	1	8,3	4	33,3	5	41,7	0	,0	1	8,3	0	,0	0	,0
EB1 de S. Martinho do Bispo	1	2,6	6	15,8	7	18,4	12	31,6	0	,0	8	21,1	3	7,9	1	2,6
EB1 de Lordemão	0	,0	3	21,4	5	35,7	4	28,6	1	7,1	1	7,1	0	,0	0	,0
EB1 de Trouxemil	1	9,1	5	45,5	2	18,2	2	18,2	0	,0	0	,0	1	9,1	0	,0
EB1 de Vil de Matos	0	,0	0	,0	1	33,3	2	66,7	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
EB1 de Vilela	1	9,1	2	18,2	3	27,3	5	45,5	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
EB1 de Souselas	0	,0	1	4,5	6	27,3	13	59,1	0	,0	2	9,1	0	,0	0	,0
EB1 de Botão	0	,0	4	66,7	1	16,7	0	,0	0	,0	1	16,7	0	,0	0	,0
EB1 de Santa Apolónia	2	11,8	1	5,9	1	5,9	7	41,2	0	,0	6	35,3	0	,0	0	,0
EB2,3 Rainha Santa Isabel	2	11,8	6	35,3	2	11,8	3	17,6	0	,0	4	23,5	0	,0	0	,0
EB1 dos Olivais	0	,0	1	7,1	1	7,1	5	35,7	0	,0	5	35,7	2	14,3	0	,0
EB2,3 Martim de Freitas	0	,0	2	11,8	1	5,9	5	29,4	0	,0	8	47,1	0	,0	1	5,9
EB1 de São João do Campo	1	4,2	6	25,0	6	25,0	11	45,8	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
EB1 da Conchada	3	25,0	3	25,0	0	,0	4	33,3	0	,0	2	16,7	0	,0	0	,0
EB1 de Santa Cruz	2	9,5	8	38,1	4	19,0	6	28,6	0	,0	1	4,8	0	,0	0	,0
EB1 de S. Martinho da Árvore	0	,0	4	36,4	1	9,1	6	54,5	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
EB1 de Vera Cruz	0	,0	1	25,0	0	,0	3	75,0	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
EB1 de Vila Verde	1	10,0	3	30,0	3	30,0	2	20,0	0	,0	1	10,0	0	,0	0	,0
EB1 de Antuzede	1	12,5	4	50,0	1	12,5	2	25,0	0	,0	0	,0	0	,0	0	,0
Colégio Bom Jesus	0	,0	0	,0	0	,0	4	11,4	0	,0	24	68,6	5	14,3	2	5,7
Total	48	4,7	140	13,8	138	13,6	252	24,9	7	,7	329	32,4	68	6,7	32	3,2

ANEXO 7 – Distribuição dos parâmetros espirométricos, pelas escolas na estação de outono/inverno

Escolas		CVF		VEMS		VEMS,CVF		DEMA		DEM ₂₅		DEM ₅₀		DEM ₇₅		DEMM ₂₅₋₇₅	
		Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	n	6	9	3	12	0	15	9	6	3	12	2	13	2	13	0	15
	% linha	40,0	60,0	20,0	80,0	,0	100,0	60,0	40,0	20,0	80,0	13,3	86,7	13,3	86,7	,0	100,0
EB2,3 S. Silvestre	n	11	7	3	15	0	18	7	11	0	18	0	18	0	18	0	18
	% linha	61,1	38,9	16,7	83,3	,0	100,0	38,9	61,1	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB1 Norton de Matos	n	7	15	1	21	0	22	9	13	0	22	0	22	1	21	0	22
	% linha	31,8	68,2	4,5	95,5	,0	100,0	40,9	59,1	,0	100,0	,0	100,0	4,5	95,5	,0	,0
EB1 Quinta das Flores	n	21	20	8	33	0	41	17	24	1	40	2	39	3	38	0	41
	% linha	51,2	48,8	19,5	80,5	,0	100,0	41,5	58,5	2,4	97,6	4,9	95,1	7,3	92,7	,0	,0
EB1 de Vendas de Ceira	n	8	12	5	15	0	20	9	11	2	18	2	18	3	17	0	20
	% linha	40,0	60,0	25,0	75,0	,0	100,0	45,0	55,0	10,0	90,0	10,0	90,0	15,0	85,0	,0	,0
EB1 de Torres de Mondego	n	2	13	1	14	0	15	4	11	0	15	0	15	0	15	0	15
	% linha	13,3	86,7	6,7	93,3	,0	100,0	26,7	73,3	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Almalaguês	n	5	26	1	30	0	31	17	14	1	30	0	31	0	31	0	31
	% linha	16,1	83,9	3,2	96,8	,0	100,0	54,8	45,2	3,2	96,8	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Castelo Viegas	n	5	5	1	9	0	10	3	7	0	10	0	10	0	10	0	10
	% linha	50,0	50,0	10,0	90,0	,0	100,0	30,0	70,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB1 de Casais	n	7	10	6	11	0	17	9	8	3	14	1	16	0	17	0	17
	% linha	41,2	58,8	35,3	64,7	,0	100,0	52,9	47,1	17,6	82,4	5,9	94,1	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Ribeira de Frades	n	15	13	4	24	1	27	13	15	0	28	1	27	2	26	0	28
	% linha	53,6	46,4	14,3	85,7	3,6	96,4	46,4	53,6	,0	100,0	3,6	96,4	7,1	92,9	,0	,0
EB1 da Póvoa	n	9	11	2	18	1	19	9	11	1	19	1	19	4	16	3	17
	% linha	45,0	55,0	10,0	90,0	5,0	95,0	45,0	55,0	5,0	95,0	5,0	95,0	20,0	80,0	15,0	85,0
EB1 do Ameal	n	5	3	1	7	0	8	2	6	1	7	0	8	0	8	0	8
	% linha	62,5	37,5	12,5	87,5	,0	100,0	25,0	75,0	12,5	87,5	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Taveiro	n	6	3	2	7	1	8	7	2	3	6	1	8	1	8	0	9
	% linha	66,7	33,3	22,2	77,8	11,1	88,9	77,8	22,2	33,3	66,7	11,1	88,9	11,1	88,9	,0	,0
EB1 de Arzila	n	4	3	1	6	0	7	4	3	1	6	0	7	0	7	0	7
	% linha	57,1	42,9	14,3	85,7	,0	100,0	57,1	42,9	14,3	85,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 da Palheira	n	4	5	2	7	0	9	3	6	0	9	0	9	0	9	0	9
	% linha	44,4	55,6	22,2	77,8	,0	100,0	33,3	66,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Casconha	n	9	18	3	24	0	27	10	17	0	27	1	26	0	27	0	27
	% linha	33,3	66,7	11,1	88,9	,0	100,0	37,0	63,0	,0	100,0	3,7	96,3	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Almedina	n	8	11	3	16	0	19	8	11	1	18	2	17	3	16	0	19
	% linha	42,1	57,9	15,8	84,2	,0	100,0	42,1	57,9	5,3	94,7	10,5	89,5	15,8	84,2	,0	,0
EB1 de São Bartolomeu	n	5	9	4	10	0	14	7	7	1	13	1	13	3	11	0	14
	% linha	35,7	64,3	28,6	71,4	,0	100,0	50,0	50,0	7,1	92,9	7,1	92,9	21,4	78,6	,0	,0

EB1 de Antanho	n	1	3	0	4	0	4	1	3	0	4	0	4	0	4	0	4
	% linha	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB1 de Dianteiro	n	5	9	1	13	0	14	7	7	1	13	0	14	0	14	0	14
	% linha	35,7	64,3	7,1	92,9	,0	100,0	50,0	50,0	7,1	92,9	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB1 da Solum	n	25	30	5	50	0	55	24	31	0	55	0	55	1	54	0	55
	% linha	45,5	54,5	9,1	90,9	,0	100,0	43,6	56,4	,0	100,0	,0	100,0	1,8	98,2	,0	100,0
EB1 de Almas de Freire	n	20	18	11	27	0	38	20	18	1	37	3	35	6	32	2	36
	% linha	52,6	47,4	28,9	71,1	,0	100,0	52,6	47,4	2,6	97,4	7,9	92,1	15,8	84,2	5,3	94,7
EB2,3 Eugénio de Castro	n	16	17	8	25	1	32	19	14	2	31	2	31	2	31	0	33
	% linha	48,5	51,5	24,2	75,8	3,0	97,0	57,6	42,4	6,1	93,9	6,1	93,9	6,1	93,9	,0	100,0
Colégio Rainha Santa	n	18	17	3	32	0	35	15	20	0	35	0	35	0	35	0	35
	% linha	51,4	48,6	8,6	91,4	,0	100,0	42,9	57,1	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
Colégio São José	n	11	5	2	14	0	16	14	2	1	15	0	16	0	16	0	16
	% linha	68,8	31,3	12,5	87,5	,0	100,0	87,5	12,5	6,3	93,8	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
Colégio Bissaya Barreto	n	18	23	7	34	2	39	20	21	1	40	1	40	4	37	0	41
	% linha	43,9	56,1	17,1	82,9	4,9	95,1	48,8	51,2	2,4	97,6	2,4	97,6	9,8	90,2	,0	100,0
Colégio João de Deus I	n	19	16	5	30	0	35	14	21	0	35	0	35	0	35	0	35
	% linha	54,3	45,7	14,3	85,7	,0	100,0	40,0	60,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
Colégio João de Deus II	n	25	48	8	65	1	72	22	51	2	71	1	72	3	70	0	73
	% linha	34,2	65,8	11,0	89,0	1,4	98,6	30,1	69,9	2,7	97,3	1,4	98,6	4,1	95,9	,0	100,0
EB1 de Brasfemes	n	11	7	3	15	1	17	6	12	0	18	1	17	2	16	0	18
	% linha	61,1	38,9	16,7	83,3	5,6	94,4	33,3	66,7	,0	100,0	5,6	94,4	11,1	88,9	,0	100,0
EB1 da Pedrulha	n	4	3	2	5	0	7	3	4	0	7	1	6	2	5	0	7
	% linha	57,1	42,9	28,6	71,4	,0	100,0	42,9	57,1	,0	100,0	14,3	85,7	28,6	71,4	,0	100,0
EB1 de Eiras	n	7	4	1	10	0	11	7	4	0	11	0	11	0	11	0	11
	% linha	63,6	36,4	9,1	90,9	,0	100,0	63,6	36,4	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB1 da Adémia	n	8	4	2	10	0	12	7	5	1	11	0	12	0	12	0	12
	% linha	66,7	33,3	16,7	83,3	,0	100,0	58,3	41,7	8,3	91,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB1 de São Martinho do Bispo	n	23	15	11	27	0	38	24	14	2	36	1	37	3	35	0	38
	% linha	60,5	39,5	28,9	71,1	,0	100,0	63,2	36,8	5,3	94,7	2,6	97,4	7,9	92,1	,0	100,0
EB1 de Lordemão	n	8	6	4	10	0	14	5	9	1	13	1	13	1	13	0	14
	% linha	57,1	42,9	28,6	71,4	,0	100,0	35,7	64,3	7,1	92,9	7,1	92,9	7,1	92,9	,0	100,0
EB1 de Trouxemil	n	8	3	1	10	1	10	8	3	0	11	0	11	2	9	0	11
	% linha	72,7	27,3	9,1	90,9	9,1	90,9	72,7	27,3	,0	100,0	,0	100,0	18,2	81,8	,0	100,0
EB1 de Vil de Matos	n	2	1	2	1	0	3	2	1	1	2	0	3	1	2	0	3
	% linha	66,7	33,3	66,7	33,3	,0	100,0	66,7	33,3	33,3	66,7	,0	100,0	33,3	66,7	,0	100,0
EB1 de Vilela	n	3	8	0	11	0	11	4	7	0	11	0	11	1	10	0	11
	% linha	27,3	72,7	,0	100,0	,0	100,0	36,4	63,6	,0	100,0	,0	100,0	9,1	90,9	,0	100,0
EB1 de Souselas	n	12	10	3	19	0	22	15	7	0	22	1	21	2	20	0	22
	% linha	54,5	45,5	13,6	86,4	,0	100,0	68,2	31,8	,0	100,0	4,5	95,5	9,1	90,9	,0	100,0
EB1 de Botão	n	3	3	0	6	0	6	1	5	0	6	2	4	1	5	0	6
	% linha	50,0	50,0	,0	100,0	,0	100,0	16,7	83,3	,0	100,0	33,3	66,7	16,7	83,3	,0	100,0

EB1 de Santa Apolónia	n	8	9	3	14	0	17	6	11	0	17	0	17	0	17	0	17
	% linha	47,1	52,9	17,6	82,4	,0	100,0	35,3	64,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB2,3 Rainha Santa Isabel	n	5	12	2	15	0	17	6	11	1	16	1	16	0	17	0	17
	% linha	29,4	70,6	11,8	88,2	,0	100,0	35,3	64,7	5,9	94,1	5,9	94,1	,0	100,0	,0	100,0
EB1 dos Olivais	n	6	8	1	13	0	14	3	11	0	14	1	13	1	13	0	14
	% linha	42,9	57,1	7,1	92,9	,0	100,0	21,4	78,6	,0	100,0	7,1	92,9	7,1	92,9	,0	100,0
EB2,3 Martim de Freitas	n	9	8	3	14	0	17	10	7	1	16	1	16	1	16	0	17
	% linha	52,9	47,1	17,6	82,4	,0	100,0	58,8	41,2	5,9	94,1	5,9	94,1	5,9	94,1	,0	100,0
EB1 de São João do Campo	n	8	17	3	22	1	24	9	16	0	25	1	24	3	22	0	25
	% linha	32,0	68,0	12,0	88,0	4,0	96,0	36,0	64,0	,0	100,0	4,0	96,0	12,0	88,0	0	100,0
EB1 da Conchada	n	4	8	1	11	0	12	4	8	1	11	1	11	0	12	0	12
	% linha	33,3	66,7	8,3	91,7	,0	100,0	33,3	66,7	8,3	91,7	8,3	91,7	,0	100,0	,0	100,0
EB1 de Santa Cruz	n	8	13	3	18	0	21	8	13	1	20	1	20	1	20	1	20
	% linha	38,1	61,9	14,3	85,7	,0	100,0	38,1	61,9	4,8	95,2	4,8	95,2	4,8	95,2	4,8	95,2
EB1 de São Martinho da Árvore	n	6	5	1	10	0	11	3	8	0	11	0	11	0	11	0	11
	% linha	54,5	45,5	9,1	90,9	,0	100,0	27,3	72,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
EB1 de Vera Cruz	n	0	4	1	3	0	4	2	2	0	4	0	4	1	3	0	4
	% linha	,0	100,0	25,0	75,0	,0	100,0	50,0	50,0	,0	100,0	,0	100,0	25,0	75,0	,0	100,0
EB1 de Vila Verde	n	5	5	4	6	0	10	9	1	3	7	2	8	1	9	0	10
	% linha	50,0	50,0	40,0	60,0	,0	100,0	90,0	10,0	30,0	70,0	20,0	80,0	10,0	90,0	,0	100,0
EB1 de Antuzede	n	4	4	1	7	0	8	3	5	0	8	0	8	0	8	0	8
	% linha	50,0	50,0	12,5	87,5	,0	100,0	37,5	62,5	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0
Colégio Bom Jesus	n	13	23	4	32	0	36	21	15	2	34	2	34	6	30	5	31
	% linha	36,1	63,9	11,1	88,9	,0	100,0	58,3	41,7	5,6	94,4	5,6	94,4	16,7	83,3	13,9	86,1

ANEXO 8 – Distribuição dos parâmetros espirométricos, pelas escolas na estação da primavera/verão

Escolas		CVF		VEMS		VEMS/CVF		DEMA		DEM ₂₅		DEM ₅₀		DEM ₇₅		DEM ₂₅₋₇₅	
		Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal	Anormal	Normal
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	n	6	9	1	14	0	15	5	10	0	15	0	15	0	15	0	15
	% linha	40,0	60,0	6,7	93,3	,0	100,0	33,3	66,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB2,3 S. Silvestre	n	10	8	2	16	0	18	5	13	0	18	1	17	2	16	0	18
	% linha	55,6	44,4	11,1	88,9	,0	100,0	27,8	72,2	,0	100,0	5,6	94,4	11,1	88,9	,0	,0
EB1 Norton de Matos	n	6	16	1	21	0	22	4	18	1	21	1	21	1	20	0	22
	% linha	27,3	72,7	4,5	95,5	,0	100,0	18,2	81,8	4,5	95,5	4,5	95,5	4,8	95,2	,0	,0
EB1 Quinta das Flores	n	13	28	4	37	1	40	12	29	0	41	0	41	0	41	0	41
	% linha	31,7	68,3	9,8	90,2	2,4	97,6	29,3	70,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Vendas de Ceira	n	8	12	4	16	0	20	10	10	0	20	1	19	0	20	0	20
	% linha	40,0	60,0	20,0	80,0	,0	100,0	50,0	50,0	,0	100,0	5,0	95,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Torres de Mondego	n	1	14	0	15	0	15	2	13	0	15	0	15	0	15	0	15
	% linha	6,7	93,3	,0	100,0	,0	100,0	13,3	86,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Almaguês	n	4	27	1	30	0	31	13	18	0	31	0	31	0	31	0	31
	% linha	12,9	87,1	3,2	96,8	,0	100,0	41,9	58,1	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Castelo Viegas	n	3	7	0	10	0	10	3	7	0	10	0	10	0	10	0	10
	% linha	30,0	70,0	,0	100,0	,0	100,0	30,0	70,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Casais	n	6	11	5	12	0	17	7	10	0	17	0	17	0	17	0	17
	% linha	35,3	64,7	29,4	70,6	,0	100,0	41,2	58,8	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Ribeira de Frades	n	12	16	2	26	1	27	8	20	0	28	1	27	1	27	0	28
	% linha	42,9	57,1	7,1	92,9	3,6	96,4	28,6	71,4	,0	100,0	3,6	96,4	3,6	96,4	,0	,0
EB1 da Póvoa	n	8	12	3	17	0	20	7	13	0	9	0	20	2	18	0	20
	% linha	40,0	60,0	15,0	85,0	,0	100,0	35,0	65,0	,0	100,0	,0	100,0	10,0	90,0	,0	,0
EB1 do Ameal	n	4	4	1	7	0	8	3	5	0	8	0	8	0	8	0	8
	% linha	50,0	50,0	12,5	87,5	,0	100,0	37,5	62,5	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Taveiro	n	5	4	0	9	0	9	5	4	0	9	0	9	1	8	0	9
	% linha	55,6	44,4	,0	100,0	,0	100,0	55,6	44,4	,0	100,0	,0	100,0	11,1	88,9	,0	,0
EB1 de Arzila	n	5	2	1	6	0	7	3	4	0	7	0	7	0	7	0	7
	% linha	71,4	28,6	14,3	85,7	,0	100,0	42,9	57,1	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 da Palheira	n	4	5	0	9	0	9	1	8	0	9	0	9	0	9	0	9
	% linha	44,4	55,6	,0	100,0	,0	100,0	11,1	88,9	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Casconha	n	7	20	3	24	1	26	6	21	0	27	0	27	0	27	0	27
	% linha	25,9	74,1	11,1	88,9	3,7	96,3	22,2	77,8	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Almedina	n	8	11	2	17	1	18	4	15	0	19	2	17	1	18	0	19
	% linha	42,1	57,9	10,5	89,5	5,3	94,7	21,1	78,9	,0	100,0	10,5	89,5	5,3	94,7	,0	,0
EB1 de São Bartolomeu	n	6	8	3	11	1	13	4	10	0	14	0	14	0	14	0	14
	% linha	42,9	57,1	21,4	78,6	7,1	92,9	28,6	71,4	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Antanol	n	1	3	0	4	0	4	1	3	0	4	0	4	0	4	0	4
	% linha	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Dianteiro	n	5	9	0	14	0	14	6	8	0	14	3	11	3	11	0	14

	% linha	35,7	64,3	,0	100,0	,0	100,0	42,9	57,1	,0	100,0	21,4	78,6	21,4	78,6	,0	,0
EB1 da Solum	n	17	38	4	51	0	55	12	43	0	55	2	53	2	53	0	55
	% linha	30,9	69,1	7,3	92,7	,0	100,0	21,8	78,2	,0	100,0	3,6	96,4	3,6	96,4	,0	100,0
EB1 de Almas de Freire	n	16	22	9	29	0	38	16	22	0	32	0	38	1	37	0	38
	% linha	42,1	57,9	23,7	76,3	,0	100,0	42,1	57,9	,0	100,0	,0	100,0	2,6	97,4	,0	,0
EB2,3 Eugénio de Castro	n	16	17	4	29	0	33	10	23	0	33	0	33	1	32	0	33
	% linha	48,5	51,5	12,1	87,9	,0	100,0	30,3	69,7	,0	100,0	,0	100,0	3,0	97,0	,0	,0
Colégio Rainha Santa	n	15	20	2	33	0	35	11	24	1	34	1	34	2	33	0	35
	% linha	42,9	57,1	5,7	94,3	,0	100,0	31,4	68,6	2,9	97,1	2,9	97,1	5,7	94,3	,0	100,0
Colégio São José	n	9	7	2	14	0	16	8	8	1	15	1	15	1	15	0	16
	% linha	56,3	43,8	12,5	87,5	,0	100,0	50,0	50,0	6,3	93,8	6,3	93,8	6,3	93,8	,0	,0
Colégio Bissaya Barreto	n	16	25	6	35	2	39	12	29	1	40	2	39	4	37	0	41
	% linha	39,0	61,0	14,6	85,4	4,9	95,1	29,3	70,7	2,4	97,6	4,9	95,1	9,8	90,2	,0	,0
Colégio João de Deus I	n	20	15	4	31	0	35	9	26	1	34	2	33	2	33	0	35
	% linha	57,1	42,9	11,4	88,6	,0	100,0	25,7	74,3	2,9	97,1	5,7	94,3	5,7	94,3	,0	,0
Colégio João de Deus II	n	25	48	6	67	0	73	15	58	1	72	6	67	6	67	0	73
	% linha	34,2	65,8	8,2	91,8	,0	100,0	20,5	79,5	1,4	98,6	8,2	91,8	8,2	91,8	,0	,0
EB1 de Brasfemes	n	9	9	3	15	1	17	4	14	0	18	0	18	0	18	0	18
	% linha	50,0	50,0	16,7	83,3	5,6	94,4	22,2	77,8	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 da Pedrulha	n	4	3	1	6	0	7	3	4	0	7	0	7	0	7	0	7
	% linha	57,1	42,9	14,3	85,7	,0	100,0	42,9	57,1	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Eiras	n	6	5	1	10	0	11	6	5	1	10	1	10	2	9	0	11
	% linha	54,5	45,5	9,1	90,9	,0	100,0	54,5	45,5	9,1	90,9	9,1	90,9	18,2	81,8	,0	,0
EB1 da Adémia	n	3	9	2	10	0	12	3	9	0	12	0	12	0	12	0	12
	% linha	25,0	75,0	16,7	83,3	,0	100,0	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de São Martinho do Bispo	n	22	16	6	32	0	38	18	20	3	35	3	35	1	37	0	38
	% linha	57,9	42,1	15,8	84,2	,0	100,0	47,4	52,6	7,9	92,1	7,9	92,1	2,6	97,4	,0	,0
EB1 de Lordemão	n	7	7	3	11	0	14	6	8	0	14	0	14	1	13	0	14
	% linha	50,0	50,0	21,4	78,6	,0	100,0	42,9	57,1	,0	100,0	,0	100,0	7,1	92,9	,0	,0
EB1 de Trouxemil	n	3	8	2	9	0	11	6	5	0	11	0	11	0	11	0	11
	% linha	27,3	72,7	18,2	81,8	,0	100,0	54,5	45,5	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Vil de Matos	n	3	0	2	1	0	3	1	2	0	3	0	3	0	3	0	3
	% linha	100,0	,0	66,7	33,3	,0	100,0	33,3	66,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Vilela	n	3	8	0	11	0	11	4	7	0	11	0	11	0	11	0	11
	% linha	27,3	72,7	,0	100,0	,0	100,0	36,4	63,6	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Souselas	n	7	15	0	22	0	22	9	13	0	22	0	22	1	21	0	22
	% linha	31,8	68,2	,0	100,0	,0	100,0	40,9	59,1	,0	100,0	,0	100,0	4,5	95,5	,0	,0
EB1 de Botão	n	2	4	0	6	0	6	0	6	0	6	1	5	1	5	0	6
	% linha	33,3	66,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	16,7	83,3	16,7	83,3	,0	,0
EB1 de Santa Apolónia	n	8	9	3	14	0	17	7	10	1	16	1	16	0	17	0	17
	% linha	47,1	52,9	17,6	82,4	,0	100,0	41,2	58,8	5,9	94,1	5,9	94,1	,0	100,0	,0	,0
EB2,3 Rainha Santa Isabel	n	7	10	1	16	0	17	4	13	0	17	0	17	0	17	0	17
	% linha	41,2	58,8	5,9	94,1	,0	100,0	23,5	76,5	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 dos Olivais	n	4	10	1	13	0	14	2	12	0	14	0	14	1	13	0	14

	% linha	28,6	71,4	7,1	92,9	,0	100,0	14,3	85,7	,0	100,0	,0	100,0	7,1	92,9	,0	,0
EB2,3 Martim de Freitas	n	8	9	1	16	0	17	6	11	0	17	0	17	0	17	0	17
	% linha	47,1	52,9	5,9	94,1	,0	100,0	35,3	64,7	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de São João do Campo	n	7	18	2	23	1	24	10	15	1	24	1	24	0	25	0	25
	% linha	28,0	72,0	8,0	92,0	4,0	96,0	40,0	60,0	4,0	96,0	4,0	96,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 da Conchada	n	3	9	1	11	0	12	3	9	2	10	1	11	0	12	0	12
	% linha	25,0	75,0	8,3	91,7	,0	100,0	25,0	75,0	16,7	83,3	8,3	91,7	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Santa Cruz	n	8	13	2	19	0	21	8	13	1	20	1	20	0	21	0	21
	% linha	38,1	61,9	9,5	90,5	,0	100,0	38,1	61,9	4,8	95,2	4,8	95,2	,0	100,0	,0	,0
EB1 de São Martinho da Árvore	n	4	7	0	11	0	11	0	11	0	11	0	11	2	9	0	11
	% linha	36,4	63,6	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	18,2	81,8	,0	,0
EB1 de Vera Cruz	n	1	3	0	4	0	4	1	3	0	4	0	4	0	4	0	4
	% linha	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Vila Verde	n	5	5	3	7	0	10	5	5	0	10	0	10	0	10	0	10
	% linha	50,0	50,0	30,0	70,0	,0	100,0	50,0	50,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
EB1 de Antuzede	n	4	4	1	7	0	8	2	6	0	8	0	8	0	8	0	8
	% linha	50,0	50,0	12,5	87,5	,0	100,0	25,0	75,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	,0	,0
Colégio Bom Jesus	n	15	21	4	32	1	35	15	21	0	19	2	34	2	34	0	36
	% linha	41,7	58,3	11,1	88,9	2,8	97,2	41,7	58,3	,0	100,0	5,6	94,4	5,6	94,4	0	100

ANEXO 9 – Médias, desvio-padrão, mínimo e máximo dos parâmetros espirométricos, por localização da escola, no outono/inverno

Parâmetros Espirométricos	Localização da Escola por Freguesia															Teste;g;l;p-value
	Predominantemente Urbana					Mediamente Urbana					Predominantemente Rural					
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	
CVF	80,24	10,47	80,50	28,90	115,00	82,20	10,18	82,60	52,80	108,00	79,16	10,14	78,70	59,00	92,50	3,594;2,1016;0,028
VEMS	90,81	11,78	90,95	31,70	123,00	92,21	10,61	92,65	60,70	121,00	88,02	10,99	91,40	69,50	102,00	1,815;2,1016;0,163
VEMS/CVF	96,39	4,95	98,40	69,60	118,00	95,56	5,17	97,70	75,10	101,00	94,38	5,11	95,10	86,00	100,00	6,816;2;0,033
DEMA	81,52	14,63	81,05	27,40	137,00	81,84	13,40	81,10	43,30	133,00	82,06	14,63	84,30	52,10	103,00	0,054;2,1016;0,954
DEM ₂₅	87,08	16,27	87,10	29,10	148,00	87,13	15,52	86,10	45,90	140,00	85,74	15,39	83,40	57,60	104,00	0,032;2,1016;0,968
DEM ₅₀	93,88	20,29	92,40	29,00	185,00	92,64	18,25	94,10	44,00	142,00	79,36	20,54	85,70	53,40	117,00	2,685;2,1016;0,069
DEM ₇₅	102,67	29,25	102,00	25,40	232,00	100,52	27,93	99,50	46,50	173,00	85,90	28,97	81,90	46,30	143,00	1,944;2,1016;0,144
DEMM ₂₅₋₇₅	88,67	21,51	86,90	49,30	130,00	88,40	20,14	84,85	56,00	129,00	-	-	-	-	-	0,052;60;0,959

Teste ANOVA a l Fator; Teste Kruskal-Wallis

ANEXO 10 – Médias, desvio-padrão, mínimo e máximo dos parâmetros espirométricos, por localização da escola, na primavera/verão

Parâmetros Espirométricos	Localização da Escola por Freguesia															Teste;g;p-value
	Predominantemente Urbana					Mediamente Urbana					Predominantemente Rural					
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	
CVF	81,79	9,86	81,80	41,80	113,00	83,93	9,49	83,45	60,00	107,00	77,68	9,22	79,10	57,40	91,30	5,749;2,1016;0,003
VEMS	93,14	11,09	93,50	50,20	127,00	94,67	10,46	93,85	66,60	122,00	88,82	10,14	92,90	68,30	98,60	2,769;2,1016;0,063
VEMS/CVF	96,93	4,51	99,20	70,10	105,00	96,07	5,30	98,30	72,40	110,00	96,97	3,44	98,90	91,00	100,00	7,812;2;0,20
DEMA	87,14	14,58	86,70	40,10	143,00	86,37	12,70	86,75	52,90	121,00	87,30	11,15	90,80	62,80	98,40	3,058;2;35,227;0,060
DEM ₂₅	91,96	16,10	90,90	41,60	152,00	93,34	15,59	93,90	58,70	143,00	92,68	19,13	99,20	61,30	118,00	0,703;2,982;0,496
DEM ₅₀	96,18	20,45	94,80	36,20	183,00	98,36	19,53	97,05	54,20	156,00	96,68	25,98	88,50	48,60	128,00	1,145;2,1016;0,319
DEM ₇₅	105,32	29,16	103,00	14,00	215,00	107,53	26,98	108,50	50,10	177,00	106,68	40,99	101,00	44,10	170,00	0,589;2,1015;0,555
DEMM ₂₅₋₇₅	94,13	16,57	87,80	72,70	130,00	90,67	16,76	82,85	72,00	129,00						

Testes: ANOVA a I Fator; Kruskal-Wallis; Broun-Forsythe

ANEXO 11 – Comparação das médias dos parâmetros espirométricos da 1ª fase para a 2ª fase de avaliação

Parâmetros Espirométricos	Média	Desvio Padrão	Df	2ª fase < 1ª fase	2ª fase > 1ª fase	2ª fase = 1ª fase	T	gl	p-value
CVF - outono/inverno (1019)	80,7479	10,42045		423	589	7	-7,575	1018	<0,0001
CVF - primavera/verão (1019)	82,3147	9,80597	-1,57						
VEMS/ CVF - outono/inverno (1019)	96,1503	5,01745		301	438	280	-4,526	1018	<0,0001
VEMS/ CVF - primavera/verão (1019)	96,7050	4,73573	-0,56						
VEMS - outono/inverno (1019)	91,1531	11,48488		360	635	24	-10,678	1018	<0,0001
VEMS - primavera/verão (1019)	93,5072	10,94368	-2,35						
DEMA - outono/inverno (1019)	81,6057	14,30103		277	735	7	-16,612	1018	<0,0001
DEMA - primavera/verão (1019)	86,9382	14,07759	-5,33						
DEM ₂₅ - outono/inverno (1019)	87,0789	16,05417		313	700	6	-15,138	1018	<0,0001
DEM ₂₅ - primavera/verão (1019)	92,2832	15,87417	-5,20						
DEM ₅₀ - outono/inverno (1019)	93,4251	19,81111		415	587	17	-8,130	1018	<0,0001
DEM ₅₀ - primavera/verão (1019)	96,7581	20,26186	-3,33						
DEM ₇₅ - outono/inverno (1018)	101,9728	28,93930		422	586	10	-5,250		<0,0001
DEM ₇₅ - primavera/verão (1018)	105,9112	28,70347	-3,94						
DEMM ₂₅₋₇₅ - outono/inverno (4)	80,3000	5,62968		2	2	0	-1,262		0,296
DEMM ₂₅₋₇₅ - primavera/verão (4)	92,6000	23,73689	-12,30						

Legenda: < - quando os valores da 2ª fase eram inferiores ao da 1ª fase; > - quando os valores da 2ª fase eram superiores à 1ª fase; = - quando os valores da 1ª fase e da 2ª fase permaneceram iguais; Teste t-Student para amostras emparelhadas e teste T de wilcoxon

ANEXO 12 – Padrão espirométrico das crianças distribuídas por escolas, na estação de outono/inverno

Escolas		Normal	Padrão Espirométrico (outono/inverno)		Total
			Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	Distúrbio Ventilatório Restritivo	
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	n	9	0	6	15
	% linha	60,0	,0	40,0	100,0
EB2,3 S. Silvestre	n	7	0	11	18
	% linha	38,9	,0	61,1	100,0
EB1 Norton de Matos	n	15	0	7	22
	% linha	68,2	,0	31,8	100,0
EB1 Quinta das Flores	n	20	0	21	41
	% linha	48,8	,0	51,2	100,0
EB1 de Vendas de Ceira	n	12	0	8	20
	% linha	60,0	,0	40,0	100,0
EB1 de Torres de Mondego	n	13	0	2	15
	% linha	86,7	,0	13,3	100,0
EB1 de Almalagués	n	26	0	5	31
	% linha	83,9	,0	16,1	100,0
EB1 de Castelo Viegas	n	5	0	5	10
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
EB1 de Casais	n	10	0	7	17
	% linha	58,8	,0	41,2	100,0
EB1 de Ribeira de Frades	n	13	0	15	28
	% linha	46,4	,0	53,6	100,0
EB1 da Póvoa	n	9	2	9	20
	% linha	45,0	10,0	45,0	100,0
EB1 do Ameal	n	3	0	5	8
	% linha	37,5	,0	62,5	100,0
EB1 de Taveiro	n	4	0	5	9
	% linha	44,4	,0	55,6	100,0
EB1 de Arzila	n	3	0	4	7
	% linha	42,9	,0	57,1	100,0
EB1 da Palheira	n	5	0	4	9
	% linha	55,6	,0	44,4	100,0
EB1 de Casconha	n	18	0	9	27
	% linha	66,7	,0	33,3	100,0
EB1 de Almedina	n	11	0	8	19
	% linha	57,9	,0	42,1	100,0
EB1 de São Bartolomeu	n	9	0	5	14
	% linha	64,3	,0	35,7	100,0
EB1 de Antanho	n	3	0	1	4
	% linha	75,0	,0	25,0	100,0
EB1 de Dianteiro	n	9	0	5	14
	% linha	64,3	,0	35,7	100,0
EB1 da Solum	n	30	0	25	55
	% linha	54,5	,0	45,5	100,0
EB1 de Almas de Freire	n	17	1	20	38
	% linha	44,7	2,6	52,6	100,0
C+S Eugénio de Castro	n	17	0	16	33
	% linha	51,5	,0	48,5	100,0
Colégio Rainha Santa	n	17	0	18	35
	% linha	48,6	,0	51,4	100,0
Colégio São José	n	5	0	11	16
	% linha	31,3	,0	68,8	100,0
Colégio Bissaya Barreto	n	23	1	17	41
	% linha	56,1	2,4	41,5	100,0
Colégio João de Deus I	n	16	0	19	35
	% linha	45,7	,0	54,3	100,0
Colégio João de Deus II	n	49	0	24	73
	% linha	67,1	,0	32,9	100,0
EB1 de Brásfemes	n	6	1	11	18
	% linha	33,3	5,6	61,1	100,0
EB1 da Pedrulha	n	3	0	4	7
	% linha	42,9	,0	57,1	100,0
EB1 de Eiras	n	4	0	7	11
	% linha	36,4	,0	63,6	100,0
EB1 da Adémia	n	4	0	8	12
	% linha	33,3	,0	66,7	100,0
EB1 de S. Martinho do Bispo	n	15	0	23	38
	% linha	39,5	,0	60,5	100,0
EB1 de Lordemão	n	6	0	8	14
	% linha	42,9	,0	57,1	100,0
EB1 de Trouxemil	n	2	1	8	11
	% linha	18,2	9,1	72,7	100,0
EB1 de Vil de Matos	n	1	0	2	3
	% linha	33,3	,0	66,7	100,0
EB1 de Vilela	n	8	0	3	11
	% linha	72,7	,0	27,3	100,0
EB1 de Souseias	n	10	0	12	22
	% linha	45,5	,0	54,5	100,0
EB1 de Botão	n	3	0	3	6
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
EB1 de Santa Apolónia	n	9	0	8	17
	% linha	52,9	,0	47,1	100,0
EB2,3 Rainha Santa Isabel	n	12	0	5	17
	% linha	70,6	,0	29,4	100,0
EB1 dos Olivais	n	8	0	6	14
	% linha	57,1	,0	42,9	100,0
EB2,3 Martim de Freitas	n	8	0	9	17
	% linha	47,1	,0	52,9	100,0
EB1 de São João do Campo	n	16	1	8	25
	% linha	64,0	4,0	32,0	100,0
EB1 da Conchada	n	8	0	4	12
	% linha	66,7	,0	33,3	100,0
EB1 de Santa Cruz	n	12	1	8	21
	% linha	57,1	4,8	38,1	100,0
EB1 de S. Martinho da Árvore	n	5	0	6	11
	% linha	45,5	,0	54,5	100,0
EB1 de Vera Cruz	n	4	0	0	4
	% linha	100,0	,0	,0	100,0
EB1 de Vila Verde	n	5	0	5	10
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
EB1 de Antuzede	n	4	0	4	8
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
Colégio Bom Jesus	n	18	5	13	36
	% linha	50,0	13,9	36,1	100,0
Total	n	549	13	457	1019
	% linha	53,9	1,3	44,8	100,0

ANEXO 13 – Padrão espirométrico das crianças distribuídas por escolas, na estação de primavera/verão

Escolas		Padrão Espirométrico (primavera/verão)			Total
		Normal	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo	Distúrbio Ventilatório Restritivo	
EB1 S. Silvestre (Bairro Azul)	n	9	0	6	15
	% linha	60,0	,0	40,0	100,0
EB2,3 S. Silvestre	n	8	0	10	18
	% linha	44,4	,0	55,6	100,0
EB1 Norton de Matos	n	16	0	6	22
	% linha	72,7	,0	27,3	100,0
EB1 Quinta das Flores	n	27	1	13	41
	% linha	65,9	2,4	31,7	100,0
EB1 de Vendas de Ceira	n	12	0	8	20
	% linha	60,0	,0	40,0	100,0
EB1 de Torres de Mondego	n	14	0	1	15
	% linha	93,3	,0	6,7	100,0
EB1 de Almalaguês	n	27	0	4	31
	% linha	87,1	,0	12,9	100,0
EB1 de Castelo Viegas	n	7	0	3	10
	% linha	70,0	,0	30,0	100,0
EB1 de Casais	n	11	0	6	17
	% linha	64,7	,0	35,3	100,0
EB1 de Ribeira de Frades	n	15	1	12	28
	% linha	53,6	3,6	42,9	100,0
EB1 da Póvoa	n	12	0	8	20
	% linha	60,0	,0	40,0	100,0
EB1 do Ameal	n	4	0	4	8
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
EB1 de Taveiro	n	4	0	5	9
	% linha	44,4	,0	55,6	100,0
EB1 de Arzília	n	2	0	5	7
	% linha	28,6	,0	71,4	100,0
EB1 da Palmeira	n	5	0	4	9
	% linha	55,6	,0	44,4	100,0
EB1 de Casconha	n	20	1	6	27
	% linha	74,1	3,7	22,2	100,0
EB1 de Almedina	n	10	1	8	19
	% linha	52,6	5,3	42,1	100,0
EB1 de São Bartolomeu	n	7	1	6	14
	% linha	50,0	7,1	42,9	100,0
EB1 de Antanho	n	3	0	1	4
	% linha	75,0	,0	25,0	100,0
EB1 de Dianteiro	n	9	0	5	14
	% linha	64,3	,0	35,7	100,0
EB1 da Solum	n	38	0	17	55
	% linha	69,1	,0	30,9	100,0
EB1 de Almas de Freire	n	22	0	16	38
	% linha	57,9	,0	42,1	100,0
C+S Eugénio de Castro	n	17	0	16	33
	% linha	51,5	,0	48,5	100,0
Colégio Rainha Santa	n	20	0	15	35
	% linha	57,1	,0	42,9	100,0
Colégio São José	n	7	0	9	16
	% linha	43,8	,0	56,3	100,0
Colégio Bissaya Barreto	n	24	2	15	41
	% linha	58,5	4,9	36,6	100,0
Colégio João de Deus I	n	15	0	20	35
	% linha	42,9	,0	57,1	100,0
Colégio João de Deus II	n	48	0	25	73
	% linha	65,8	,0	34,2	100,0
EB1 de Brasfêmes	n	8	1	9	18
	% linha	44,4	5,6	50,0	100,0
EB1 da Pedrulha	n	3	0	4	7
	% linha	42,9	,0	57,1	100,0
EB1 de Eiras	n	5	0	6	11
	% linha	45,5	,0	54,5	100,0
EB1 da Adémia	n	9	0	3	12
	% linha	75,0	,0	25,0	100,0
EB1 de São Martinho do Bispo	n	16	0	22	38
	% linha	42,1	,0	57,9	100,0
EB1 de Lordemão	n	7	0	7	14
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
EB1 de Trouxemil	n	8	0	3	11
	% linha	72,7	,0	27,3	100,0
EB1 de Vil de Matos	n	0	0	3	3
	% linha	,0	,0	100,0	100,0
EB1 de Vilela	n	8	0	3	11
	% linha	72,7	,0	27,3	100,0
EB1 de Souseias	n	15	0	7	22
	% linha	68,2	,0	31,8	100,0
EB1 de Botão	n	4	0	2	6
	% linha	66,7	,0	33,3	100,0
EB1 de Santa Apolónia	n	9	0	8	17
	% linha	52,9	,0	47,1	100,0
EB2,3 Rainha Santa Isabel	n	10	0	7	17
	% linha	58,8	,0	41,2	100,0
EB1 dos Olivais	n	10	0	4	14
	% linha	71,4	,0	28,6	100,0
EB2,3 Martim de Freitas	n	9	0	8	17
	% linha	52,9	,0	47,1	100,0
EB1 de São João do Campo	n	17	1	7	25
	% linha	68,0	4,0	28,0	100,0
EB1 da Conchada	n	9	0	3	12
	% linha	75,0	,0	25,0	100,0
EB1 de Santa Cruz	n	13	0	8	21
	% linha	61,9	,0	38,1	100,0
EB1 de São Martinho da Árvore	n	7	0	4	11
	% linha	63,6	,0	36,4	100,0
EB1 de Vera Cruz	n	3	0	1	4
	% linha	75,0	,0	25,0	100,0
EB1 de Vila Verde	n	5	0	5	10
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
EB1 de Antuzede	n	4	0	4	8
	% linha	50,0	,0	50,0	100,0
Colégio Bom Jesus	n	20	1	15	36
	% linha	55,6	2,8	41,7	100,0
Total	n	612	10	397	1019
	% linha	60,1	1,0	39,0	100,0

ANEXO 14 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Sintomas / Patologias Respiratórias	Freguesia Rural								Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana							
	1.º Ano				4.º Ano				1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano					
	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR				
Asma	Sim	n	0	0	2	0	25	11	34	8	18	0	21	1						
		% coluna	0,0	,0	40,0	,0	8,7	14,7	10,7	13,1	14,1	,0	18,6	5,6						
	Não	n	5	0	3	0	263	64	283	53	110	9	92	17	0,306					
		% coluna	100	,0	60	,0	91,3	85,3	0,122	0,553 [0,259-1,183]	89,3	86,9	0,587	0,796 [0,349-1,815]	85,9	100,0	0,859 [0,801-0,922]	81,4	94,4	3,880 [0,489-30,805]
Total	n	5	0	5	0	288	75	317	61	128	9	113	18							
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	5	1	6	2	4	0	2	1						
		% coluna	,0	,0	20,0	,0	1,7	1,3	1,9	3,3	3,1	,0	1,8	5,6						
	Não	n	5	0	4	0	283	74	311	59	124	9	111	17	0,361					
		% coluna	100,0	,0	80,0	,0	98,3	98,7	1,307 [0,150-11,362]	98,1	96,7	0,569 [0,112-2,888]	96,9	100,0	0,590	98,2	94,4	0,306 [0,026-3,564]		
Total	n	5	0	5	0	288	75	317	61	128	9	113	18							
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	52	10	38	8	21	2	21	2						
		% coluna	,0	,0	20,0	,0	18,1	13,3	12,0	13,1	16,4	22,2	18,6	11,1						
	Não	n	5	0	4	0	236	65	279	53	107	7	92	16	0,738					
		% coluna	100,0	,0	80,0	,0	81,9	86,7	0,333	1,432 [0,690-2,973]	88,0	86,9	0,439	0,902 [0,399-2,043]	83,6	77,8	0,687 [0,133-3,540]	81,4	88,9	1,826 [0,390-8,556]
Total	n	5	0	5	0	288	75	317	61	128	9	113	18							
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						
Crise de Espirros	Sim	n	2	0	2	0	79	17	89	13	22	3	29	4						
		% coluna	40,0	,0	40,0	,0	27,4	22,7	28,1	21,3	17,2	33,3	25,7	22,2						
	Não	n	3	0	3	0	209	58	228	48	106	6	84	14	0,755					
		% coluna	66,0	,0	60	,0	72,6	77,3	0,405	1,290 [0,708-2,348]	71,9	78,7	0,276	1,441 [0,745-2,788]	82,8	66,7	0,365	0,415 [0,096-1,787]	74,3	77,8	1,208 [0,368-3,967]
Total	n	5	0	5	0	288	75	317	61	128	9	113	18							
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						
Rinite Alérgica	Sim	n	1	0	1	0	43	9	64	9	24	2	27	4						
		% coluna	20,0	,0	20,0	,0	14,9	12,0	20,2	14,8	18,8	22,2	23,9	22,2						
	Não	n	4	0	4	0	245	66	253	52	104	7	86	14	0,877					
		% coluna	80,0	,0	80,0	,0	85,1	88,0	0,797	1,287 [0,597-2,775]	79,8	85,2	0,325	1,462 [0,684-3,122]	81,3	77,8	0,808 [0,158-4,135]	76,1	77,8	1,099 [0,334-3,620]
Total	n	5	0	5	0	288	75	317	61	128	9	113	18							
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	54	10	46	10	18	2	21	1						
		% coluna	,0	,0	40,0	,0	18,8	13,3	14,5	16,4	14,1	22,2	18,6	5,6						
	Não	n	5	0	3	0	234	65	271	51	110	7	92	17	0,306					
		% coluna	100,0	,0	60	,0	81,3	86,7	0,273	1,5 [0,724-3,108]	85,5	83,6	0,705	0,866 [0,410-1,826]	85,9	77,8	0,573 [0,110-2,978]	81,4	94,4	3,880 [0,489-30,805]
Total	n	5	0	5	0	288	75	317	61	128	9	113	18							
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						
Dificuldades Respiratórias	Sim	n	0	0	2	0	23	7	28	7	15	1	17	3						
		% coluna	,0	,0	40,0	,0	8,0	9,3	8,8	11,5	11,7	11,1	15,0	16,7						
	Não	n	5	0	3	0	265	68	289	54	113	8	96	15	1,000					
		% coluna	100,0	,0	60	,0	92,0	90,7	0,706	0,843 [0,347-2,047]	91,2	88,5	0,514	0,747 [0,311-1,798]	88,3	88,9	1,062 [0,124-9,094]	85,0	83,3	0,885 [0,231-3,390]
Total	n	5	0	5	0	288	75	317	61	128	9	113	18							
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco;
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 15 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao CO₂ na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

		Freguesia Predominantemente Rural					Freguesia Predominantemente Urbana					Freguesia Mediamente Urbana						
		1.º Ano		4.º Ano			1.º Ano		4.º Ano			1.º Ano		4.º Ano				
		PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)
Asma	Sim	n	0	0	2	0	7	29	27	15	10	8	10	12				
		% coluna	,0	,0	40,0	,0	10,0	9,9	16,2	7,1	12,8	13,6	16,7	16,9				
	Não	n	4	1	3	0	63	264	0,979	140	196	0,005	68	51	0,899	50	59	0,971
		% coluna	100,0	100,0	60,0	,0	90,0	90,1	1,011 [0,424-2,414]	83,8	92,9	2,520 [1,293-4,912]	87,2	86,4	0,938 [0,346-2,543]	83,3	83,1	0,983 [0,392-2,467]
	Total	n	4	1	5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	1	5	4	4	2	2	1	2				
		% coluna	,0	,0	20,0	,0	1,4	1,7	2,4	1,9	2,6	3,4	1,7	2,8				
	Não	n	4	1	4	0	69	288	0,870	163	207	0,738	76	57	0,776	59	69	0,661
		% coluna	100,0	100,0	80,0	,0	98,6	98,3	0,835 [0,096-7,261]	97,6	98,1	1,270 [0,313-5,155]	97,4	96,6	0,750 [0,130-5,486]	98,3	97,2	0,585 [0,052-6,612]
	Total	n	4	1	5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	19	43	27	19	12	11	8	15				
		% coluna	,0	,0	20,0	,0	27,1	14,7	16,2	9,0	15,4	18,6	13,3	21,1				
	Não	n	4	1	4	0	51	250	0,013	140	192	0,034	66	48	0,613	52	56	0,243
		% coluna	100,0	100,0	80,0	,0	72,9	85,3	2,166 [1,167-4,019]	83,8	91,0	1,949 [1,042-3,645]	84,6	81,4	0,793 [0,323-1,949]	86,7	78,9	0,574 [0,399-1,307]
	Total	n	4	1	5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Crise de Espirros	Sim	n	1	1	2	0	27	69	47	55	14	11	13	20				
		% coluna	25,0	100,0	40,0	,0	38,6	23,5	28,1	26,1	17,9	18,6	21,7	28,2				
	Não	n	3	0	3	0	43	224	0,010	120	156	0,651	64	48	0,917	47	51	0,393
		% coluna	75,0	,0	60,0	,0	61,4	76,5	2,038 [1,174-3,539]	71,9	73,9	1,111 [0,704-1,753]	82,1	81,4	0,955 [0,398-2,287]	78,3	71,8	0,705 [0,316-1,574]
	Total	n	4	1	5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Rinite Alérgica	Sim	n	0	1	1	0	14	38	30	43	15	11	14	17				
		% coluna	,0	100,0	20,0	,0	20,0	13,0	18,0	20,4	19,2	18,6	23,3	23,9				
	Não	n	4	0	4	0	56	255	0,131	137	168	0,555	63	48	0,931	46	54	0,935
		% coluna	100,0	,0	80,0	,0	80,0	87,0	1,678 [0,852-3,304]	82,0	79,6	0,856 [0,510-1,436]	80,8	81,4	1,039 [0,438-2,465]	76,7	76,1	0,927 [0,430-2,172]
	Total	n	4	1	5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	23	41	25	31	12	8	10	12				
		% coluna	,0	,0	40,0	,0	32,9	14,0	15,0	14,7	15,4	13,6	16,7	16,9				
	Não	n	4	1	3	0	47	252	<0,0001	142	180	0,940	66	51	0,764	50	59	0,971
		% coluna	100,0	100,0	60,0	,0	67,1	86,0	3,008 [1,654-5,470]	85,0	85,3	1,022 [0,578-1,809]	84,6	86,4	1,159 [0,441-3,046]	83,3	83,1	0,983 [0,392-2,467]
	Total	n	4	1	5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Dificuldades Respiratórias	Sim	n	0	0	2	0	7	23	20	15	9	7	8	12				
		% coluna	,0	,0	40,0	,0	10,0	7,8	12,0	7,1	11,5	11,9	13,3	16,9				
	Não	n	4	1	3	0	63	270	0,557	147	196	0,105	69	52	0,953	52	59	0,572
		% coluna	100,0	100,0	60,0	,0	90,0	92,2	1,304 [0,536-3,174]	88,0	92,9	1,778 [0,880-3,590]	88,5	88,1	0,969 [0,339-2,772]	86,7	83,1	0,756 [0,287-1,994]
	Total	n	4	1	5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco;
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 16 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Outros Sintomas		Freguesia Rural						Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana					
		1.º Ano		4.º Ano				1.º Ano		4.º Ano				1.º Ano		4.º Ano			
		PR	AR	PR	AR	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	3	1		7	2		1	1		3	0		1,000
		% coluna	,0	,0	,0	,0	1,0	1,3	1,000	2,2	3,3	0,642	,8	11,1	0,128	2,7	,0	1,000	
	Não	n	5	0	5	0	285	74	0,779 [0,080-7,597]	310	59	0,666 [0,135-3,286]	127	8	0,063 [0,004-1,103]	110	18		
		% coluna	100,0	,0	100,0	,0	99,0	98,7		97,8	96,7		99,2	88,9		97,3	100,0		
	Total	n	5	0	5	0	288	75		317	61		128	9		113	18		
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100	100		100	100		100	100		100	100			
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	4	1		9	1		2	1		2	0		1,000
		% coluna	,0	,0	,0	,0	1,4	1,3	1,000	2,8	1,6	1,000	1,6	11,1	0,186	1,8	,0	1,000	
	Não	n	5	0	5	0	284	74	1,042 [0,115-9,465]	308	60	1,773 [0,218-14,096]	126	8	0,127 [0,010-1,554]	111	18		
		% coluna	100,0	,0	100,0	,0	98,6	98,7		97,2	98,4		98,4	88,9		98,2	100,0		
	Total	n	5	0	5	0	288	75		317	61		128	9		113	18		
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100	100		100	100		100	100		100	100			
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	9	1		17	2		8	0		6	0		1,000
		% coluna	,0	,0	,0	,0	3,1	1,3	0,694	5,4	3,3	1,672 [0,376-7,429]	6,3	,0	1,000	5,3	,0	1,000	
	Não	n	5	0	5	0	279	74	2,387 [0,298-19,142]	300	59		120	9		107	18		
		% coluna	100,0	,0	100,0	,0	96,9	98,7		94,6	96,7		93,8	100,0		94,7	100,0		
	Total	n	5	0	5	0	288	75		317	61		128	9		113	18		
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100	100		100	100		100	100		100	100			
Dores de Cabeça	Sim	n	1	0	0	0	22	3		29	6		5	2		13	1		0,691
		% coluna	20,0	,0	,0	,0	7,6	4,0	0,268	9,1	9,8	0,865	3,9	22,2	0,068	11,5	5,6	0,691	
	Não	n	4	0	5	0	266	72	1,985 [0,578-6,819]	288	55	0,923 [0,366-2,328]	123	7	0,142 [0,023-0,868]	100	17	2,210 [0,271-18,010]	
		% coluna	80,0	,0	100,0	,0	92,4	96,0		90,9	90,2		96,1	77,8		88,5	94,4		
	Total	n	5	0	5	0	288	75		317	61		128	9		113	18		
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100	100		100	100		100	100		100	100			
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	14	4		14	3		4	0		10	1		1,000
		% coluna	,0	,0	,0	,0	4,9	5,3	0,773	4,4	4,9	0,744	3,1	,0	1,000	8,8	5,6	1,650 [0,198-13,732]	
	Não	n	5	0	5	0	274	71	0,907 [0,290-2,840]	303	58	0,893 [0,249-3,207]	124	9		103	17		
		% coluna	100,0	,0	100,0	,0	95,1	94,7		95,6	95,1		96,9	100,0		91,2	94,4		
	Total	n	5	0	5	0	288	75		317	61		128	9		113	18		
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100	100		100	100		100	100		100	100			
Insónias	Sim	n	0	0	1	0	9	3		10	4		7	0		6	1		1,000
		% coluna	,0	,0	20,0	,0	3,1	4,0	0,718	3,2	6,6	0,256	5,5	,0	1,000	5,3	5,6	0,953 [0,108-8,416]	
	Não	n	5	0	4	0	279	72	0,774 [0,204-2,933]	307	57	0,464 [0,141-1,531]	121	9		107	17		
		% coluna	100,0	,0	80,0	,0	96,9	96,0		96,8	93,4		94,5	100,0		94,7	94,4		
	Total	n	5	0	5	0	288	75		317	61		128	9		113	18		
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100	100		100	100		100	100		100	100			
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	4	0	71	5		80	10		25	2		26	4		1,000
		% coluna	,0	,0	80,0	,0	24,7	6,7	<0,001	25,2	16,4	0,138	19,5	22,2	1,000	23,0	22,2	1,046 [0,317-3,453]	
	Não	n	5	0	1	0	217	70	4,581 [1,779-11,797]	237	51	1,722 [0,835-3,55]	103	7	0,850 [0,166-4,341]	87	14		
		% coluna	100,0	,0	20,0	,0	75,3	93,3		74,8	83,6		80,5	77,8		77,0	77,8		
	Total	n	5	0	5	0	288	75		317	61		128	9		113	18		
	% coluna	100,0	,0	100,0	,0	100	100		100	100		100	100		100	100			

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 17 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição ao CO₂ na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

		Freguesia Predominantemente Rural					Freguesia Predominantemente Urbana					Freguesia Mediamente Urbana							
		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
		PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	0	4		6	3		2	0		2	1		
		% coluna	,0	,0		,0	,0	,0	1,4		3,6	1,4		2,6	,0		3,3	1,4	
	Não	n	4	1		5	0	70	289	0,326	161	208	0,169	76	59	0,215	58	70	0,463
		% coluna	100,0	100,0	---	100,0	,0	100,0	98,6	1,242 [1,181-1,307]	96,4	98,6	2,584 [0,636-10,489]	97,4	100,0	1,776 [1,531-2,061]	96,7	98,6	2,414 [0,213-27,296]
	Total	n	4	1		5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna		100,0	100,0		100,0	,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	0	5		9	1		3	0		1	1		
		% coluna	,0	,0		,0	,0	,0	1,7		5,4	,5		3,8	,0		1,7	1,4	
	Não	n	4	1		5	0	70	288	0,271	158	210	0,003	75	59	0,128	59	70	0,904
		% coluna	100,0	100,0	---	100,0	,0	100,0	98,3	1,243 [1,181-1,308]	94,6	99,5	11,962 [1,50-95,393]	96,2	100,0	1,787 [1,538-2,076]	98,3	98,6	1,186 [0,073-19,382]
	Total	n	4	1		5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna		100,0	100,0		100,0	,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	1	9		12	7		3	5		3	3		
		% coluna	,0	,0		,0	,0	1,4	3,1		7,2	3,3		3,8	8,5		5,0	4,2	
	Não	n	4	1		5	0	69	284	0,450	155	204	0,087	75	54	0,253	57	68	0,833
		% coluna	100,0	100,0	---	100,0	,0	98,6	96,9	0,457 [0,057-3,670]	92,8	96,7	2,256 [0,868-5,865]	96,2	91,5	0,432 [0,099-1,885]	95,0	95,8	1,193 [0,232-6,141]
	Total	n	4	1		5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna		100,0	100,0		100,0	,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Dores de Cabeça	Sim	n	1	0	0	0	2	23		27	8		5	2		8	6		
		% coluna	25,0	,0		,0	,0	2,9	7,8		16,2	3,8		6,4	3,4		13,3	8,5	
	Não	n	3	1	0,576	5	0	68	270	0,138	140	203	<0,0001	73	57	0,427	52	65	0,367
		% coluna	75,0	100,0	1,333 [0,757-2,348]	100,0	,0	97,1	92,2	0,345 [0,079-1,5]	83,8	96,2	4,894 [2,160-11,087]	93,6	96,6	1,952 [0,365-10,432]	86,7	91,5	1,667 [0,544-5,106]
	Total	n	4	1		5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna		100,0	100,0		100,0	,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	1	17		12	5		3	1		5	6		
		% coluna	,0	,0		,0	,0	1,4	5,8		7,2	2,4		3,8	1,7		8,3	8,5	
	Não	n	4	1		5	0	69	276	0,130	155	206	0,025	75	58	0,459	55	65	0,981
		% coluna	100,0	100,0	---	100,0	,0	98,6	94,2	0,235 [0,031-1,799]	92,8	97,6	3,190 [1,101-9,242]	96,2	98,3	2,320 [0,235-22,886]	91,7	91,5	0,985 [0,285-3,403]
	Total	n	4	1		5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna		100,0	100,0		100,0	,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Insónias	Sim	n	0	0	0	1	0	4	8		7	7		4	3		5	2	
		% coluna	,0	,0		20,0	,0	5,7	2,7		4,2	3,3		5,1	5,1		8,3	2,8	
	Não	n	4	1		4	0	66	285	0,210	160	204	0,655	74	56	0,991	55	69	0,162
		% coluna	100,0	100,0	---	80,0	,0	94,3	97,3	2,159 [0,631-7,385]	95,8	96,7	1,275 [0,438-3,709]	94,9	94,9	1,009 [0,217-4,691]	91,7	97,2	3,136 [0,586-16,789]
	Total	n	4	1		5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna		100,0	100,0		100,0	,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	0	4	0	20	56		46	44		12	15		13	17	
		% coluna	,0	,0		80,0	,0	28,6	19,1		27,5	20,9		15,4	25,4		21,7	23,9	
	Não	n	4	1		1	0	50	237	0,081	121	167	0,129	66	44	0,144	47	54	0,757
		% coluna	100,0	100,0	---	20,0	,0	71,4	80,9	1,693 [0,934-3,068]	72,5	79,1	1,443 [0,897-2,320]	84,6	74,6	0,533 [0,228-1,247]	78,3	76,1	0,879 [0,387-1,997]
	Total	n	4	1		5	0	70	293		167	211		78	59		60	71	
% coluna		100,0	100,0		100,0	,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 18 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao PM₁₀ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Sintomas / Patologias Respiratórias	Freguesia Rural						Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana					
	1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR		
Asma	Sim	n	0	0	2	0	9	27					7	11			6	16
		% coluna	,0	,0	50,0	,0	13,0	9,1					15,9	11,8			21,4	15,5
	Não	n	2	2	2	1	60	268	0,950;1;0,330	14,0	10,4	0,783;1;0,376	37	82	0,436;1;0,509	22	87	p=0,315
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	87,0	90,9	1,489 [0,666-3,329]	86,0	89,6	1,409 [0,657-3,019]	84,1	88,2	1,410 [0,506-3,927]	78,6	84,5	1,483 [0,520-4,231]
Total	n	2	2	4	1	69	295		71	307		44	93		28	103		
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	1	5					2	2			1	2
		% coluna	,0	,0	25,0	,0	1,5	1,7		4,2	1,6		4,5	2,2			3,6	1,9
	Não	n	2	2	3	1	68	290	p=0,681	68	302	p=0,175	42	91	p=0,386	27	101	p=0,517
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	98,5	98,3	0,853 [0,098-7,420]	95,8	98,4	2,665 [0,622-11,421]	95,5	97,8	2,167 [0,295-15,91]	96,4	98,1	1,870 [0,163-21,41]
Total	n	2	2	4	1	69	295		71	307		44	93		28	103		
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	12	50					6	17			4	19
		% coluna	,0	,0	25,0	,0	17,4	17,0		15,5	11,4		13,6	18,3			14,3	18,4
	Não	n	2	2	3	1	57	245	0,008;1;0,930	60	272	0,904;1;0,342	38	76	0,461;1;0,497	24	84	p=0,422
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	82,6	83,0	1,032 [0,516-2,063]	84,5	88,6	1,425 [0,685-2,965]	86,4	81,7	0,706 [0,257-1,936]	85,7	81,6	0,737 [0,229-2,374]
Total	n	2	2	4	1	69	295		71	307		44	93		28	103		
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Crise de Espirros	Sim	n	0	1	1	1	19	78					11	14			7	26
		% coluna	,0	50,0	25,0	100,0	27,5	16,4		25,4	27,3		25,0	15,1			25,0	25,2
	Não	n	2	1	3	0	50	217	0,034;1;0,853	53	223	0,118;1;0,731	33	79	1,981;1;0,159	21	77	0,001;1;0,979
		% coluna	100,0	50,0	75,0	,0	72,5	73,6	1,057 [0,587-1,904]	74,6	72,7	0,902 [0,499-1,628]	75,0	84,9	1,881 [0,774-4,571]	75,0	74,8	0,987 [0,376-2,589]
Total	n	2	2	4	1	69	295		71	307		44	93		28	103		
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Rinite Alérgica	Sim	n	0	0	0	1	9	44					12	14			8	23
		% coluna	,0	,0	,0	100,0	13,0	14,9		19,7	19,2		27,3	15,1			28,6	22,3
	Não	n	2	2	4	0	60	251	p=0,028	57	248	0,009;1;0,923	32	79	2,900;1;0,089	20	80	0,475;1;0,491
		% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	87,0	85,0	2,689 [1,112 -6,506]	80,3	80,8	1,032 [0,539-1,977]	72,7	84,9	2,116 [0,883-5,069]	71,4	77,7	1,391 [0,542-3,569]
Total	n	2	2	4	1	69	295		71	307		44	93		28	103		
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	11	53					6	14			4	18
		% coluna	,0	,0	50,0	,0	16,0	18,0		18,3	14,0		13,6	15,1			14,3	17,5
	Não	n	2	2	2	1	58	242	0,158;1;0,691	58	264	0,846;1;0,358	38	79	0,048;1;0,826	24	85	p=0,469
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	84,0	82,0	0,866 [0,426-1,761]	81,7	86,0	1,376 [0,696-2,723]	86,4	84,9	0,891 [0,318-2,500]	85,7	82,5	0,787 [0,243-2,547]
Total	n	2	2	4	1	69	295		71	307		44	93		28	103		
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	1	1	3	27					6	10			4	16
		% coluna	,0	,0	25,0	100,0	4,3	9,2		16,9	7,5		13,6	10,8			14,3	15,5
	Não	n	2	2	3	0	66	268	1,707;1;0,191	59	284	6,077;1;0,014	38	83	0,241;1;0,624	24	87	p=0,569
		% coluna	100,0	100,0	75,0	,0	95,7	90,8	0,451 [0,133-1,533]	83,1	92,5	2,511 [1,184-5,328]	86,4	89,2	1,311 [0,444-3,869]	85,7	84,5	0,906 [0,277-2,965]
Total	n	2	2	4	1	69	295		71	307		44	93		28	103		
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco;
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 19 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao PM₁₀ na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Sintomas / Patologias Respiratórias	Freguesia Rural								Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana			
	1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		p-value OR (IC95%)	
	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR		
Asma	Sim	n	0	0	2	0	9	27		4	38		0	18	2	20	p=0,334 2,080 [0,377-11,480]	
		% coluna	,0	,0	50,0	,0	14,3	9,0	1,652;1;0,199	11,8	11,0	p=0,538	,0	13,5	28,6	16,1		
	Não	n	2	2	2	1	54	274	1,691 [0,753-3,798]	30	306	1,070 [0,359-3,214]	4	115	5	104		
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	85,7	91,0		88,2	89,0		100,0	86,5	71,4	83,9		
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	1	5		2	6		0	4	0	3	p=0,847	
		% coluna	,0	,0	25,0	,0	1,6	1,7	p=0,722	5,9	1,7	p=0,156	,0	3,0	,0	2,4		
	Não	n	2	2	3	1	62	296	0,955 [0,110-8,316]	32	338	3,521 [0,682-18,166]	4	129	7	121		
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	98,4	98,3		94,1	98,3		100,0	97,0	100,0	97,6		
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	11	51		4	42		1	22	0	23	p=0,250	
		% coluna	,0	,0	25,0	,0	17,5	17,0	0,010;1;0,921	11,8	12,2	p=0,600	25,0	16,5	,0	18,5		
	Não	n	2	2	3	1	52	250	1,037 [0,506-2,124]	30	302	0,959 [0,322-2,857]	3	111	7	101		
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	82,5	83,0		88,2	87,8		75,0	83,5	1,682 [0,167-16,92]	100,0		81,5
Crise de Espirros	Sim	n	0	1	1	1	18	79		9	93		1	24	2	31	p=0,565 1,200 [0,222-6,500]	
		% coluna	,0	50,0	25,0	100,0	28,6	26,2	0,144;1;0,704	26,5	27,0	0,005;1;0,944	25,0	18,0	28,6	25,0		
	Não	n	2	1	3	0	45	222	1,124 [0,614-2,056]	25	251	0,972 [0,437-2,158]	3	109	5	93		
		% coluna	100,0	50,0	75,0	,0	71,4	73,8		73,5	73,0		75,0	82,0	1,514 [0,151-15,18]	71,4		75,0
Rinite Alérgica	Sim	n	0	0	0	1	9	44		2	71		2	24	2	29	p=0,525 1,310 [0,241-7,114]	
		% coluna	,0	,0	,0	100,0	14,3	14,6	0,005;1;0,946	5,9	20,6	4,324;1;0,038	50,0	18,0	28,6	23,4		
	Não	n	2	2	4	0	54	257	0,973 [0,449-2,112]	32	273	0,24 [0,056-1,027]	2	109	5	95		
		% coluna	100,0	100,0	100,0	,0	85,7	85,4		94,1	79,4		50,0	82,0	4,542 [0,609-33,86]	71,4		76,6
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	11	53		6	50		1	19	1	21	p=0,666 0,817 [0,093-7,148]	
		% coluna	,0	,0	50,0	,0	17,5	17,6	0,001;1;0,978	17,7	14,5	0,237;1;0,626	25,0	14,3	14,3	16,9		
	Não	n	2	2	2	1	52	248	0,990 [0,484-2,023]	28	294	1,260 [0,496-3,198]	3	114	6	103		
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	82,5	82,4		82,3	85,5		75,0	85,7	2,00 [0,198-20,244]	85,7		83,1
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	1	1	5	25		3	32		0	16	0	20	p=0,304 1,192 [1,04-1,288]	
		% coluna	,0	,0	25,0	100,0	7,9	8,3	0,009;1;0,923	8,8	9,3	p=0,612	,0	12,0	,0	16,1		
	Não	n	2	2	3	0	58	276	0,952 [0,350-2,590]	31	312	0,944 [0,273-3,259]	4	117	7	104		
		% coluna	100,0	100,0	75,0	,0	92,1	91,7		91,2	90,7		100,0	88,0	100,0	83,9		
Total	n	2	2	4	1	63	301		34	344		4	133	7	124			
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 20 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição às PM₁₀ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Outros Sintomas	Freguesia Rural								Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana					
	1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR		
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	1	3					1	1				
		% coluna	,0	,0	,0	,0	1,0	1,1	0,700				1,9	1,2	0,617			
		n	2	3	4	1	98	261	0,888 [0,91-8,636]	10,7	1,7	6,880 [1,623-29,159]	51	84	1,647 [0,101-26,911]	3,0	2,0	0,585
	Não	% coluna	100	100	100	100	99,0	98,9		89,3	98,3		98,1	98,8		97,0	98,0	1,500 [0,132-17,099]
	Total	n	2	3	4	1	99	264		28	350		52	85		33	98	
	% coluna	100	100	100	100	100	100		100	100		100	100		100	100		
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	0	5					2	1				
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	1,9	p=0,329	14,3	1,7	0,004	3,8	1,2	0,557			0,442
		n	2	3	4	1	99	259		24	344	9,556 [2,524-36,160]	50	84	3,360 [0,297-38,008]	3,0	1,0	3,031 [0,184-49,871]
	Não	% coluna	100	100	100	100	100	98,1		85,7	98,3		96,2	98,8		97,0	99,0	
	Total	n	2	3	4	1	99	264		28	350		52	85		33	98	
	% coluna	100	100	100	100	100	100		100	100		100	100		100	100		
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	1	9					3	5				
		% coluna	,0	,0	,0	,0	1,0	3,4	0,297	10,7	4,6	0,158	5,8	5,9	0,644			p=0,336
		n	2	3	4	1	98	255	0,289 [0,036-2,312]	25	334	2,505 [0,684-9,177]	49	80	0,980 [0,224-4,281]	33	92	
	Não	% coluna	100	100	100	100	99,0	96,6		89,3	95,4		94,2	94,1		100	93,9	
	Total	n	2	3	4	1	99	264		28	350		52	85		33	98	
	% coluna	100,0	100	100,0	100	100	100		100	100		100	100		100	100		
Dores de Cabeça *	Sim	n	1	0	0	0	4	21					3	4				
		% coluna	50,0	,0	,0	,0	4,0	8,0	0,190	25,0	8,0	0,003	5,8	4,7	0,537	9,1	11,2	0,511
		n	1	3	4	1	95	243	0,487 [0,163-1,457]	21	322	3,833 [1,5-9,799]	49	81	1,240 [0,266-5,774]	30	87	0,791 [0,207-3,028]
	Não	% coluna	50	100	100	100	96	92		75,0	92,0		94,2	95,3		90,9	88,8	
	Total	n	2	3	4	1	99	264		28	350		52	85		33	98	
	% coluna	100	100	100	100	100	100		100	100		100	100		100	100		
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	2	16					3	1				
		% coluna	,0	,0	,0	,0	2,0	6,1	0,173	10,7	4,0	0,123	5,8	1,2	0,153	15,2	6,1	0,143
		n	2	3	4	1	97	248	0,320 [0,072-1,416]	25	336	2,880 [0,776-10,690]	49	84	5,143 [0,521-50,807]	28	92	2,738 [0,777-9,652]
	Não	% coluna	100	100	100	100	98	93,9		89,3	96,0		94,2	98,8		84,8	93,9	
	Total	n	2	3	4	1	99	264		28	350		52	85		33	98	
	% coluna	100	100	100	100	100	100		100	100		100	100		100	100		
Insónias **	Sim	n	0	0	1	0	3	9					5	2				
		% coluna	,0	,0	25,0	,0	3,0	3,4	0,578	7,1	3,4	0,278	9,6	2,4	0,105	3,0	6,1	0,679
		n	2	3	3	1	96	255	0,885 [0,235-3,340]	26	338	2,167 [0,460-10,200]	47	83	4,415 [0,824-23,651]	32	92	0,479 [0,056-4,134]
	Não	% coluna	100	100	75	100	97	96,6		92,9	96,6		90,4	97,6		97,0	93,9	
	Total	n	2	3	4	1	99	264		28	350		52	85		33	98	
	% coluna	100	100	100	100	100	100		100	100		100	100		100	100		
Falta de Concentração ***	Sim	n	0	0	3	1	24	52					13	14				
		% coluna	,0	,0	75,0	100	24,2	19,7	0,343	25,0	23,7	0,878	25,0	16,5	0,223	21,2	23,5	0,790
		n	2	3	1	0	75	212	1,305 [0,752-2,263]	21	267	1,172 [0,440-2,612]	39	71	1,690 [0,723-3,955]	26	75	0,878 [0,337-2,285]
	Não	% coluna	100	100	25	,0	75,8	80,3		75,0	76,3		75,0	83,5		78,8	76,5	
	Total	n	2	3	4	1	99	264		28	350		52	85		33	98	
	% coluna	100	100	100	100	100	100		100	100		100	100		100	100		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

* p=0,400, no 1º ano da freguesia predominantemente rural

** p=0,800; OR=1,333 [0,757-2,348], no 4º ano da freguesia predominantemente rural

*** p=0,576, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 21 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição às PM₁₀ na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Outros Sintomas	Freguesia P. Rural								Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana					
	1.º Ano				4.º Ano				1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	1	3	0,374 2,735 [0,278-26,940]	0	9	p=0,606	0	2	p=0,845	0	3	p=0,674
		% coluna	,0	,0	,0	,0	2,5	,9		,0	2,7		,0	1,6		,0	2,6	
	Não	n	2	3	4	1	39	320	41	328	11	124	11	124	16	112	16	112
		% coluna	100	100	100	100	97,5	99,1	100	97,3	100	98,4	100	97,4	100	97,4	100	115
	Total	n	2	3	4	1	40	323	41	337	11	126	11	126	16	115	16	115
% coluna	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	5	p=0,556	0	10	p=0,313	0	3	p=0,776	0	2	p=0,770	
		% coluna	,0	,0	,0	,0	1,5		,0	3,0		,0	2,4		,0	1,7		
	Não	n	2	3	4	1	40	318	41	327	11	123	11	123	16	113	16	113
		% coluna	100	100	100	100	100	98,5	100	97	100	97,6	100	98,3	100	98,3	100	115
	Total	n	2	3	4	1	40	323	41	337	11	126	11	126	16	115	16	115
% coluna	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	1	9	0,697 0,895 [0,110-7,252]	1	18	0,367 0,443 [0,058-3,408]	0	8	p=0,503	0	6	p=0,450
		% coluna	,0	,0	,0	,0	2,5	2,8		2,4	5,3		,0	6,3		,0	5,2	
	Não	n	2	3	4	1	39	314	40	319	11	118	11	118	16	109	16	109
		% coluna	100	100	100	100	97,5	97,2	97,6	94,7	100	93,7	100	94,8	100	94,8	100	115
	Total	n	2	3	4	1	40	323	41	337	11	126	11	126	16	115	16	115
% coluna	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Dores de Cabeça *	Sim	n	1	0	0	0	1	24	0,337 0,319 [0,042-2,427]	3	32	0,458 0,752 [0,220-2,576]	1	6	0,451 2,000 [0,219-18,288]	2	12	0,681 1,226 [0,248-6,059]
		% coluna	50	,0	,0	,0	2,5	7,4		7,3	9,5		9,1	4,8		12,5	10,4	
	Não	n	1	3	4	1	39	299	38	305	10	120	10	120	14	103	14	103
		% coluna	50	100	100	100	97,5	92,6	92,7	90,5	90,9	95,2	87,5	89,6	87,5	89,6	87,5	89,6
	Total	n	2	3	4	1	40	323	41	337	11	126	11	126	16	115	16	115
% coluna	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	2	16	0,612 1,010 [0,224-4,563]	0	17	p=0,136	0	4	p=0,713	3	8	0,134 3,087 [0,727-13,111]
		% coluna	,0	,0	,0	,0	5,0	5,0		,0	5,0		,0	3,2		18,8	7,0	
	Não	n	2	3	4	1	38	307	41	320	11	122	11	122	13	107	13	107
		% coluna	100	100	100	100	95,0	95,0	100	95	100,0	96,8	100	96,8	81,3	93,0	81,3	93,0
	Total	n	2	3	4	1	40	323	41	337	11	126	11	126	16	115	16	115
% coluna	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Insónias **	Sim	n	0	0	1	0	0	12	p=0,376	1	13	0,539 0,623 [0,079-4,890]	0	7	p=0,549	0	7	p=0,597
		% coluna	,0	,0	25,0	,0	,0	3,7		2,4	3,9		,0	5,6		,0	6,1	
	Não	n	2	3	3	1	40	311	40	324	11	119	11	119	16	108	16	108
		% coluna	100	100	75	100	100	96,3	97,6	96,1	100	94,4	100	94,4	100	93,9	100	93,9
	Total	n	2	3	4	1	40	323	41	337	11	126	11	126	16	115	16	115
% coluna	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Falta de Concentração ***	Sim	n	0	0	3	1	8	68	0,024;1;0,877 0,938 [0,413-2,128]	10	80	0,009;1;0,926 1,036 [0,487-2,206]	3	24	p=0,372 1,594 [0,393-6,459]	1	29	p=0,117 0,198 [0,025-1,563]
		% coluna	,0	,0	75	100	20	21,1		24,4	23,7		27,3	19,0		6,3	25,2	
	Não	n	2	3	1	0	32	255	31	257	8	102	8	102	15	86	15	86
		% coluna	100	100	25	,0	80,0	78,9	75,6	76,3	72,7	81,0	93,8	74,8	93,8	74,8	93,8	74,8
	Total	n	2	3	4	1	40	323	41	337	11	126	11	126	16	115	16	115
% coluna	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 * p=0,400, no 1º ano da freguesia predominantemente rural
 ** p=0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural
 *** p=0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 22 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição aos COVs na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Sintomas / Patologias Respiratórias			Freguesia P. Rural						Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana					
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano					
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR				
Asma	Sim	n	0	0	0	0	0	4	p=0,904	0	9	p=0,709	0	2	0	3		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	1,1									,0	2,5	,0	1,5	,0	2,3
	Não	n	0	5	0	5	9	350		1,719 [0,206-14,316]	14		355	1,824 [0,595-5,588]	0	135	0	128
		% coluna	,0	100	,0	100	100	98,9											100	97,5	,0	98,5	,0	97,7
	Total	n	0	5	0	5	9	354			14		364		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100	100	100		,0	100	,0		100,0			
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	0	0	0	5	p=0,881		0	10	p=0,682		0	3	0	2
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	1,4		,0				2,8					,0	2,2	,0	1,5
	Não	n	0	5	0	5	9	349		1,719 [0,206-14,316]	14	354		1,824 [0,595-5,588]	0	134	0	129
		% coluna	,0	100	,0	100	100	98,6											100	97,2	,0	97,8	,0	98,5
	Total	n	0	5	0	5	9	354			14	364			0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100	100	100		,0	100	,0		100,0			
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	0	0	0	10	p=0,775		0	19	p=0,479		0	8	0	6
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	2,8		,0				5,2					,0	5,8	,0	4,6
	Não	n	0	5	0	5	9	344		1,719 [0,206-14,316]	14	345		1,824 [0,595-5,588]	0	129	0	125
		% coluna	,0	100	,0	100	100	97,2											100	94,8	,0	94,2	,0	95,4
	Total	n	0	5	0	5	9	354			14	364			0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100	100	100		,0	100	,0		100,0			
Crise de Espirros	Sim	n	0	1	0	0	1	24	p=0,478		0	35	p=0,250		0	7	0	14
		% coluna	,0	20,0	,0	,0	11,1	6,8		,0				9,6					,0	5,1	,0	10,7
	Não	n	0	4	0	5	8	330		1,719 [0,206-14,316]	14	329		1,824 [0,595-5,588]	0	130	0	117
		% coluna	,0	80	,0	100	88,9	93,2											100	90,4	,0	94,9	,0	89,3
	Total	n	0	5	0	5	9	354			14	364			0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100	100	100		,0	100	,0		100,0			
Rinite Alérgica	Sim	n	0	0	0	0	0	18	p=0,629		0	17	p=0,519		0	4	0	11
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	5,1		,0				4,7					,0	2,9	,0	8,4
	Não	n	0	5	0	5	9	336		1,719 [0,206-14,316]	14	347		1,824 [0,595-5,588]	0	133	0	120
		% coluna	,0	100	,0	100	100	94,9											100	95,3	,0	97,1	,0	91,6
	Total	n	0	5	0	5	9	354			14	364			0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100	100	100		,0	100	,0		100,0			
Tosse seca	Sim	n	0	0	0	1	0	12	p=0,736		0	14	p=0,584		0	7	0	7
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	,0	3,4		,0				3,8					,0	5,1	,0	5,3
	Não	n	0	5	0	4	9	342		1,719 [0,206-14,316]	14	350		1,824 [0,595-5,588]	0	130	0	124
		% coluna	,0	100	,0	80	100	96,6											100,0	96,2	,0	94,9	,0	94,7
	Total	n	0	5	0	5	9	354			14	364			0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100	100	100		,0	100	,0		100,0			
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	0	4	2	74	p=0,594		5	85	1,081 [0,220-5,313]		0	27	0	30
		% coluna	,0	,0	,0	80	22,2	20,9		35,7				23,4					,0	19,7	,0	22,9
	Não	n	0	5	0	1	7	280		1,081 [0,220-5,313]	9	279		1,824 [0,595-5,588]	0	110	0	101
		% coluna	,0	100	,0	20	77,8	79,1											64,3	76,6	,0	80,3	,0	77,1
	Total	n	0	5	0	5	9	354			14	364			0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100	100	100		,0	100	,0		100,0			

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco;
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 23 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição aos COVs na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Sintomas / Patologias Respiratórias			Freguesia P. Rural						Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Asma	Sim	n	0	0	0	0	1	3	p=0,126 10,545 [1,014-109,629]	0	9	p=0,823	0	2	0	3		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	,9									,0	2,4	,0	1,5	,0	2,3
	Não	n	0	5	0	5	11	348		8	361		0	135	0	128		
		% coluna	,0	100	,0	100	91,7	99,1		100	97,6		,0	98,5	,0	97,7		
	Total	n	0	5	0	5	12	351		8	370		0	137	0	131		
% coluna		,0	100	,0	100	100	100	100	100	,0	100	,0	100,0					
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	0	0	0	5	p=0,844	0	10	p=0,805	0	3	0	2		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	1,4									,0	2,7	,0	2,2	,0	1,5
	Não	n	0	5	0	5	12	346		8	360		0	134	0	129		
		% coluna	,0	100	,0	100	100	98,6		100	97,3		,0	97,8	,0	98,5		
	Total	n	0	5	0	5	12	351		8	370		0	137	0	131		
% coluna		,0	100	,0	100	100	100	100	100	,0	100	,0	100,0					
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	0	0	1	9	p=0,289 3,455 [0,402-29,700]	1	18	p=0,341 2,794 [0,326-23,939]	0	8	0	6		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	2,6									12,5	4,8	,0	5,8	,0	4,6
	Não	n	0	5	0	5	11	342		7	352		0	129	0	125		
		% coluna	,0	100	,0	100	91,7	97,4		87,5	95,2		,0	94,2	,0	95,4		
	Total	n	0	5	0	5	12	351		8	370		0	137	0	131		
% coluna		,0	100	,0	100	100	100	100	100	,0	100	,0	100,0					
Crise de Espirros	Sim	n	0	1	0	0	1	24	p=0,581 1,239 [0,153-10,001]	2	33	p=0,164 3,404 [0,660-17,544]	0	7	0	14		
		% coluna	,0	20,0	,0	,0	8,3	6,8									25,0	8,9	,0	5,1	,0	10,7
	Não	n	0	4	0	5	11	327		6	337		0	130	0	117		
		% coluna	,0	80,0	,0	100	91,7	93,2		75,0	91,1		,0	94,9	,0	89,3		
	Total	n	0	5	0	5	12	351		8	370		0	137	0	131		
% coluna		,0	100	,0	100	100	100	100	100	,0	100	,0	100,0					
Rinite Alérgica	Sim	n	0	0	0	0	1	17	p=0,462 1,786 [0,218-14,649]	3	14	p=0,004 15,257 [3,311-70,3]	0	4	0	11		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	4,8									37,5	3,8	,0	2,9	,0	8,4
	Não	n	0	5	0	5	11	334		5	356		0	133	0	120		
		% coluna	,0	100	,0	100	91,7	95,2		62,5	96,2		,0	97,1	,0	91,6		
	Total	n	0	5	0	5	12	351		8	370		0	137	0	131		
% coluna		,0	100	,0	100	100	100	100	100	,0	100	,0	100,0					
Tosse seca	Sim	n	0	0	0	1	0	12	p=0,664	0	14	p=0,737	0	7	0	7		
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	,0	3,4									,0	3,8	,0	5,1	,0	5,3
	Não	n	0	5	0	4	12	339		8	356		0	130	0	124		
		% coluna	,0	100	,0	80	100	96,6		100	96,2		,0	94,9	,0	94,7		
	Total	n	0	5	0	5	12	351		8	370		0	137	0	131		
% coluna		,0	100	,0	100	100	100	100	100	,0	100	,0	100,0					
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	0	4	4	72	p=0,285 1,938 [0,568-6,615]	4	86	p=0,096 3,302 [0,809-13,482]	0	27	0	30		
		% coluna	,0	,0	,0	80	33,3	20,5									50,0	23,2	,0	19,7	,0	22,9
	Não	n	0	5	0	1	8	279		4	284		0	110	0	101		
		% coluna	,0	100	,0	20,0	66,7	79,5		50,0	76,8		,0	80,3	,0	77,1		
	Total	n	0	5	0	5	12	351		8	370		0	137	0	131		
% coluna		,0	100	,0	100	100	100	100	100	,0	100	,0	100,0					

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 24 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição aos COVs na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Outros Sintomas	Freguesia P. Rural						Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana			
	1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	0	4	p=0,904	0	9	p=0,675	0	2	0	3
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	1,1								
	Não	n	0	5	0	5	9	350	p=0,645	16	353	p=0,431	0	135	0	128
		% coluna	,0	100	,0	100	100	98,9									100	97,5	,0	98,5	,0	97,7
	Total	n	0	5	0	5	9	354		16	362		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100		,0	100	,0	100	
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	5	p=0,881	0	10	p=0,645	0	3	0	2	
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0									1,4
	Não	n	0	5	0	5	9	349	p=0,775	16	352	p=0,381	0	134	0	129
		% coluna	,0	100	,0	100	100	98,6									100	97,2	,0	97,8	,0	98,5
	Total	n	0	5	0	5	9	354		16	362		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100		,0	100	,0	100	
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	10	p=0,775	0	19	p=0,431	0	8	0	6	
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0									2,8
	Não	n	0	5	0	5	9	344	p=0,381	16	343	p=0,381	0	129	0	125
		% coluna	,0	100	,0	100	100	97,2									100	94,8	,0	94,2	,0	95,4
	Total	n	0	5	0	5	9	354		16	362		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100		,0	100	,0	100	
Dores de Cabeça	Sim	n	0	1	0	0	1	24	0,478 1,719 [0,206-14,316]	0	35	p=0,381	0	7	0	14
		% coluna	,0	20,0	,0	,0	,0	11,1								
	Não	n	0	4	0	5	8	330	p=0,629	16	327	p=0,472	0	130	0	117
		% coluna	,0	80	,0	100	88,9	93,2									100	90,3	,0	94,9	,0	89,3
	Total	n	0	5	0	5	9	354		16	362		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100		,0	100	,0	100	
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	18	p=0,629	0	17	p=0,472	0	4	0	11	
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0									5,1
	Não	n	0	5	0	5	9	336	p=0,736	16	345	p=0,540	0	133	0	120
		% coluna	,0	100	,0	100	100	94,9									100	95,3	,0	97,1	,0	91,6
	Total	n	0	5	0	5	9	354		16	362		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100		,0	100	,0	100	
Insónias	Sim	n	0	0	0	1	0	12	p=0,736	0	14	p=0,540	0	7	0	7
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	,0	3,4								
	Não	n	0	5	0	4	9	342	p=0,325	16	348	p=0,325	0	130	0	124
		% coluna	,0	100	,0	80	100	96,6									100	96,1	,0	94,9	,0	94,7
	Total	n	0	5	0	5	9	354		16	362		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100		,0	100	,0	100	
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	0	4	2	74	p=0,594	5	85	p=0,325	0	27	0	30
		% coluna	,0	,0	,0	80,0	22,2	20,9									31,3	23,5	,0	19,7	,0	22,9
	Não	n	0	5	0	1	7	280	p=0,325	11	277	p=0,325	0	110	0	101
		% coluna	,0	100	,0	20,0	77,8	79,1									68,8	76,5	,0	80,3	,0	77,1
	Total	n	0	5	0	5	9	354		16	362		0	137	0	131
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100		,0	100	,0	100	

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 25 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição aos COVs na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Outros Sintomas	Freguesia P. Rural						Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana					
	1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano					
	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR				
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	1	3	0	9	0	2	0	3		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	,9	0,126	,0	2,4	p=0,865	,0	1,5	,0	2,3
	Não	n	0	5	0	5	11	348	10,545 [1,014-109,629]	6	363	0	135	0	128	
		% coluna	,0	100	,0	100	91,7	99,1		100	97,6		,0	98,5	,0	97,7
	Total	n	0	5	0	5	12	351		6	372	0	137	0	131	
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100	,0	100	,0	100		
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	0	5	0	10	0	3	0	2		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	p=0,844	,0	2,7	p=0,850	,0	2,2	,0	1,5
	Não	n	0	5	0	5	12	346		6	362	0	134	0	129	
		% coluna	,0	100	,0	100	100	98,6		100	97,3		,0	97,8	,0	98,5
	Total	n	0	5	0	5	12	351		6	372	0	137	0	131	
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100	,0	100	,0	100		
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	1	9	1	18	0	8	0	6		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	2,6	0,289	16,7	4,8	0,268	,0	5,8	,0	4,6
	Não	n	0	5	0	5	11	342	3,455 [0,402-29,700]	5	354	3,933 [0,436-35,450]	0	129	0	125
		% coluna	,0	100	,0	100	91,7	97,4		83,3	95,2		,0	94,2	,0	95,4
	Total	n	0	5	0	5	12	351		6	372	0	137	0	131	
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100	,0	100	,0	100		
Dores de Cabeça	Sim	n	0	1	0	0	1	24	2	33	0	7	0	14		
		% coluna	,0	20,0	,0	,0	8,3	6,8	0,581	33,3	8,9	0,099	,0	5,1	,0	10,7
	Não	n	0	4	0	5	11	327	1,239 [0,153-10,001]	4	339	5,136 [0,906-29,106]	0	130	0	117
		% coluna	,0	80	,0	100	91,7	93,2		66,7	91,1		,0	94,9	,0	89,3
	Total	n	0	5	0	5	12	351		6	372	0	137	0	131	
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100	,0	100	,0	100		
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	1	17	3	14	0	4	0	11		
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	4,8	0,462	50,0	3,8	0,001	,0	2,9	,0	8,4
	Não	n	0	5	0	5	11	334	1,786 [0,218-14,649]	3	358	25,571 [4,732-138,174]	0	133	0	120
		% coluna	,0	100	,0	100	91,7	95,2		50,0	96,2		,0	97,1	,0	91,6
	Total	n	0	5	0	5	12	351		6	372	0	137	0	131	
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100	,0	100	,0	100		
Insónias	Sim	n	0	0	0	1	0	12	0	14	0	7	0	7		
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	,0	3,4	p=0,664	,0	3,8	p=0,796	,0	5,1	,0	5,3
	Não	n	0	5	0	4	12	339		6	358		0	130	0	124
		% coluna	,0	100	,0	80	100	96,6		100	96,2		,0	94,9	,0	94,7
	Total	n	0	5	0	5	12	351		6	372	0	137	0	131	
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100	,0	100	,0	100		
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	0	4	4	72	4	86	0	27	0	30		
		% coluna	,0	,0	,0	80,0	33,3	20,5	0,285	66,7	23,1	0,031	,0	19,7	,0	22,9
	Não	n	0	5	0	1	8	279	1,938 [0,568-6,615]	2	286	6,651 [1,198-36,936]	0	110	0	101
		% coluna	,0	100	,0	20,0	66,7	79,5		33,3	76,9		,0	80,3	,0	77,1
	Total	n	0	5	0	5	12	351		6	372	0	137	0	131	
% coluna	,0	100	,0	100	100	100	100		100	100	,0	100	,0	100		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 26 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao CH₂O na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Sintomas / Patologias Respiratórias			Freguesia P. Rural						Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	PR	AR		
Asma	Sim	n	0	0	0	2	3	33		1	41		0	18	0	22		
		% coluna	,0	,0	,0	40,0	42,9	9,2	0,024	20,0	11,0	0,447	,0	13,1	,0	16,8		
	Não	n	0	4	0	3	4	324	7,364 [1,580-34,321]	4	332	2,024 [0,221-18,550]	0	119	0	109		
		% coluna	,0	100,0	,0	60,0	57,1	90,8		80,0	89,0		,0	86,9	,0	83,2		
Total	n	0	4	0	5	7	357		5	373		0	137	0	131			
	% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0			
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	0	1	0	6		0	8		0	4	0	3		
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	,0	1,7		,0	2,1		,0	2,9	,0	2,3		
	Não	n	0	4	0	4	7	351	0,889	5	365	0,898	0	133	0	128		
		% coluna	,0	100,0	,0	80,0	100,0	98,3		100,0	97,9		,0	97,1	,0	97,7		
Total	n	0	4	0	5	7	357		5	373		0	137	0	131			
	% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0			
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	0	1	2	60		1	45		0	23	0	23		
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	28,6	16,8	0,341	20,0	12,1	0,479	,0	16,8	,0	17,6		
	Não	n	0	4	0	4	5	297	1,980 [0,375-10,446]	4	328	1,822 [0,199-16,667]	0	114	0	108		
		% coluna	,0	100,0	,0	80,0	71,4	83,2		80,0	87,9		,0	83,2	,0	82,4		
Total	n	0	4	0	5	7	357		5	373		0	137	0	131			
	% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0			
Crise de Espirros	Sim	n	0	1	0	2	3	94		1	101		0	25	0	33		
		% coluna	,0	25,0	,0	40,0	42,9	26,3	0,389	20,0	27,1	0,591	,0	18,2	,0	25,2		
	Não	n	0	3	0	3	4	263	2,098 [0,461-9,550]	4	272	0,673 [0,077-5,981]	0	112	0	98		
		% coluna	,0	75,0	,0	60,0	57,1	73,7		80,0	72,9		,0	81,8	,0	74,8		
Total	n	0	4	0	5	7	357		5	373		0	137	0	131			
	% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0			
Rinite Alérgica	Sim	n	0	0	0	1	3	50		0	73		0	26	0	31		
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	42,9	14,0	0,067	,0	19,6	0,588	,0	19,0	,0	23,7		
	Não	n	0	4	0	4	4	307	4,605 [1,001-21,193]	5	300		0	111	0	100		
		% coluna	,0	100,0	,0	80,0	57,1	86,0		100,0	80,4		,0	81,0	,0	76,3		
Total	n	0	4	0	5	7	357		5	373		0	137	0	131			
	% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0			
Tosse seca	Sim	n	0	0	0	2	2	62		0	56		0	20	0	22		
		% coluna	,0	,0	,0	40,0	28,6	17,4	0,356	,0	15,0	0,446	,0	14,6	,0	16,8		
	Não	n	0	4	0	3	5	295	1,903 [0,361-10,035]	5	317		0	117	0	109		
		% coluna	,0	100,0	,0	60,0	71,4	82,6		100,0	85,0		,0	85,4	,0	83,2		
Total	n	0	4	0	5	7	357		5	373		0	137	0	131			
	% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0			
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	0	2	2	28		1	34		0	16	0	20		
		% coluna	,0	,0	,0	40,0	28,6	7,8	0,106	20,0	9,1	0,386	,0	11,7	,0	15,3		
	Não	n	0	4	0	3	5	329	4,700 [0,872-25,334]	4	339	2,493 [0,271-22,939]	0	121	0	111		
		% coluna	,0	100,0	,0	60,0	71,4	92,2		80,0	90,9		,0	88,3	,0	84,7		
Total	n	0	4	0	5	7	357		5	373		0	137	0	131			
	% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0			

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 27 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição ao CH₂O na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

Outros Sintomas		Freguesia P. Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana					
		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
		PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR		
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	1	3	0,126 10,545 [1,014-109,629]	0	9	0	2	0	3
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	,9		,0	2,4	,0	1,5	,0	2,3
	Não	n	0	5	0	5	11	348		0	369	0	135	0	128
		% coluna	,0	100,0	,0	100,0	91,7	99,1		,0	97,6	,0	98,5	,0	97,7
	Total	n	0	5	0	5	12	351		0	378	0	137	0	131
% coluna		,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	0	5	p=0,844	0	10	0	3	0	2
		% coluna	,0	,0	,0	,0	,0	1,4		,0	2,6	,0	2,2	,0	1,5
	Não	n	0	5	0	5	12	346		0	368	0	134	0	129
		% coluna	,0	100,0	,0	100,0	100,0	98,6		,0	97,4	,0	97,8	,0	98,5
	Total	n	0	5	0	5	12	351		0	378	0	137	0	131
% coluna		,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	1	9	0,289 3,455 [0,402-29,700]	0	19	0	8	0	6
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	2,6		,0	5,0	,0	5,8	,0	4,6
	Não	n	0	5	0	5	11	342		0	359	0	129	0	125
		% coluna	,0	100,0	,0	100,0	91,7	97,4		,0	95,0	,0	94,2	,0	95,4
	Total	n	0	5	0	5	12	351		0	378	0	137	0	131
% coluna		,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	
Dores de Cabeça	Sim	n	0	1	0	0	1	24	0,581 1,239 [0,153-10,001]	0	35	0	7	0	14
		% coluna	,0	20,0	,0	,0	8,3	6,8		,0	9,3	,0	5,1	,0	10,7
	Não	n	0	4	0	5	11	327		0	343	0	130	0	117
		% coluna	,0	80,0	,0	100,0	91,7	93,2		,0	90,7	,0	94,9	,0	89,3
	Total	n	0	5	0	5	12	351		0	378	0	137	0	131
% coluna		,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	1	17	0,462 1,786 [0,218-14,649]	0	17	0	4	0	11
		% coluna	,0	,0	,0	,0	8,3	4,8		,0	4,5	,0	2,9	,0	8,4
	Não	n	0	5	0	5	11	334		0	361	0	133	0	120
		% coluna	,0	100,0	,0	100,0	91,7	95,2		,0	95,5	,0	97,1	,0	91,6
	Total	n	0	5	0	5	12	351		0	378	0	137	0	131
% coluna		,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	
Insónias	Sim	n	0	0	0	1	0	12	p=0,664	0	14	0	7	0	7
		% coluna	,0	,0	,0	20,0	,0	3,4		,0	3,7	,0	5,1	,0	5,3
	Não	n	0	5	0	4	12	339		0	364	0	130	0	124
		% coluna	,0	100,0	,0	80,0	100,0	96,6		,0	96,3	,0	94,9	,0	94,7
	Total	n	0	5	0	5	12	351		0	378	0	137	0	131
% coluna		,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	0	4	4	72	0,285 1,938 [0,568-6,615]	0	90	0	27	0	30
		% coluna	,0	,0	,0	80,0	33,3	20,5		,0	23,8	,0	19,7	,0	22,9
	Não	n	0	5	0	1	8	279		0	288	0	110	0	101
		% coluna	,0	100,0	,0	20,0	66,7	79,5		,0	76,2	,0	80,3	,0	77,1
	Total	n	0	5	0	5	12	351		0	378	0	137	0	131
% coluna		,0	100,0	,0	100,0	100,0	100,0		,0	100,0	,0	100,0	,0	100,0	

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 28 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria-353/2013)

Sintomas / Patologias Respiratórias		Freguesia Predominantemente Rural						Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana			
		1º Ano		4º Ano		p-value OR (IC95%)	1º Ano		4º Ano		1º Ano		4º Ano		p-value OR (IC95%)		
		PR	AR	PR	AR		PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR			
Asma	Sim	n	0	0	2	0	21	15	28	14	17	1	17	5			
		% coluna	0,0	0,0	50,0	0,0	8,5	12,9	12,4	9,2	17,5	2,5	17,9	13,9			
	Não	n	3	2	2	1	226	101	198	138	80	39	78	31			
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	91,5	87,1	1,598 [0,791-3,228]	87,6	90,8	0,405 [0,364-1,412]	82,5	97,5	1,121 [0,015-0,940]	82,1	86,1	0,740 [0,251-2,180]
Total	n	3	2	4	1	247	116	226	152	97	40	95	36				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	2	4	6	2	3	1	1	2			
		% coluna	0,0	0,0	25,0	0,0	,8	3,4	2,7	1,3	3,1	2,5	1,1	5,6			
	Não	n	3	2	3	1	245	112	220	150	94	39	94	34			
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	99,2	96,6	4,375 [0,790-24,239]	97,3	98,7	0,483 [0,097-2,455]	96,9	97,5	0,803 [0,081-7,964]	98,9	94,4	5,525 [0,486-62,952]
Total	n	3	2	4	1	247	116	226	152	97	40	95	36				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	46	16	29	17	16	7	16	7			
		% coluna	0,0	0,0	25,0	0,0	18,6	13,8	12,8	11,2	16,5	17,5	16,8	19,4			
	Não	n	3	2	3	1	201	100	197	135	81	33	79	29			
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	81,4	86,2	0,699 [0,377-1,296]	87,2	88,8	0,749 [0,452-1,618]	83,5	82,5	1,074 [0,405-2,850]	83,2	80,6	1,192 [0,445-3,191]
Total	n	3	2	4	1	247	116	226	152	97	40	95	36				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
Crise de Espirros*	Sim	n	1	1	1	1	74	22	69	33	21	4	25	8			
		% coluna	33,3	50,0	25,0	100,0	30,0	19,0	30,5	21,7	21,6	10,0	26,3	22,2			
	Não	n	2	1	3	0	173	94	157	119	76	36	70	28			
		% coluna	66,7	50,0	75,0	0,0	70,0	81,0	0,547 [0,319-0,937]	69,5	78,3	0,631 [0,391-1,018]	78,4	90,0	0,402 [0,129-1,258]	73,7	77,8	0,800 [0,322-1,985]
Total	n	3	2	4	1	247	116	226	152	97	40	95	36				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
Rinite Alérgica**	Sim	n	1	0	0	1	36	16	44	29	22	4	22	9			
		% coluna	33,3	0,0	0,0	100,0	14,6	13,8	19,5	19,1	22,7	10,0	23,2	25,0			
	Não	n	2	2	4	0	211	100	182	123	75	36	73	27			
		% coluna	66,7	100,0	100,0	0,0	85,4	86,2	0,938 [0,497-1,170]	80,5	80,9	0,975 [0,579-1,643]	77,3	90,0	0,379 [0,122-1,181]	76,8	75,0	1,106 [0,453-2,70]
Total	n	3	2	4	1	247	116	226	152	97	40	95	36				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	47	17	39	17	15	5	17	5			
		% coluna	0,0	0,0	50,0	0,0	19,0	14,7	17,3	11,2	15,5	12,5	17,9	13,9			
	Não	n	3	2	2	1	200	99	187	135	82	35	78	31			
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	81,0	85,3	0,731 [0,399-1,338]	82,7	88,8	0,604 [0,328-1,112]	84,5	87,5	0,793 [0,263-2,315]	82,1	86,1	0,740 [0,251-2,180]
Total	n	3	2	4	1	247	116	226	152	97	40	95	36				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
Dificuldades Respiratórias	Sim	n	0	0	1	1	18	12	19	16	14	2	11	9			
		% coluna	0,0	0,0	25,0	100,0	7,3	10,3	8,4	10,5	14,4	5,0	11,6	25,0			
	Não	n	3	2	3	0	229	104	207	136	83	38	84	27			
		% coluna	100,0	100,0	75,0	0,0	92,7	89,7	1,468 [0,682-3,159]	91,6	89,5	1,282 [0,637-2,579]	85,6	95,0	0,312 [0,068-1,442]	88,4	75,0	2,545 [0,954-6,795]
Total	n	3	2	4	1	247	116	226	152	97	40	95	36				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco;

* p= 0,700; OR= 2,0 [0,051-78,25], no 1º ano da freguesia predominantemente rural;

** p= 0,600, no 1º ano da freguesia predominantemente rural;

Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 29 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao CO₂ na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria 353-A/2013)

Freguesia Predominantemente Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Mediamente Urbana									
		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano					
		PR	AR	p-value OR (IC95%)		PR	AR	p-value OR (IC95%)		PR	AR	p-value OR (IC95%)					
Asma ^{a)}	Sim	n	0	0	2	0	1	35	24	18	10	8	6	16			
		% coluna	0,0	0,0	50,0	0,0	2,4	10,9	16,3	7,8	13,7	12,5	16,7	16,8			
	Não	n	2	3	2	1	40	287	123	213	63	56	30	79			
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	97,6	89,1	4,87 [0,650-36,593]	83,7	92,2	0,433 [0,226-0,830]	86,3	87,5	0,900 [0,332-2,439]	83,3	83,2	1,013 [0,362-2,831]
Total	n	2	3	4	1	41	322	147	231	73	64	36	95				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				
Bronquite Crónica ^{b)}	Sim	n	0	0	1	0	1	5	4	4	2	2	1	2			
		% coluna	0,0	0,0	25,0	0,0	2,4	1,6	2,7	1,7	2,7	3,1	2,8	2,1			
	Não	n	2	3	3	1	40	317	143	227	71	62	35	93			
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	97,6	98,4	0,631 [0,072-5,537]	97,3	98,3	0,630 [0,155-2,559]	97,3	96,9	1,145 [0,157-8,372]	97,2	97,9	0,753 [0,066-8,564]
Total	n	2	3	4	1	41	322	147	231	73	64	36	95				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				
Pieira e Assobios ^{c)}	Sim	n	0	0	1	0	12	50	22	24	10	13	6	17			
		% coluna	0,0	0,0	25,0	0,0	29,3	15,5	15,0	10,4	13,7	20,3	16,7	17,9			
	Não	n	2	3	3	1	29	272	125	207	63	51	30	78			
		% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	70,7	84,5	0,444 [0,213-0,929]	85,0	89,6	0,659 [0,355-1,224]	86,3	79,7	1,606 [0,651-3,963]	83,3	82,1	1,090 [0,392-3,027]
Total	n	2	3	4	1	41	322	147	231	73	64	36	95				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				
Crise de Espirros ^{d)}	Sim	n	0	2	1	1	17	79	42	60	13	12	11	22			
		% coluna	0,0	66,7	25,0	100,0	41,5	24,5	28,6	26,0	17,8	18,8	30,6	23,2			
	Não	n	2	1	3	0	24	243	105	171	60	52	25	73			
		% coluna	100,0	33,3	p= 0,400	75,0	0,0	58,5	75,5	0,459 [0,235-0,898]	71,4	74,0	0,877 [0,552-1,394]	82,2	81,3	1,065 [0,447-2,537]	69,4	76,8	0,685 [0,291-1,610]
Total	n	2	3	4	1	41	322	147	231	73	64	36	95				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				
Rinite Alérgica ^{e)}	Sim	n	0	1	0	1	10	42	26	47	15	11	10	21			
		% coluna	0,0	33,3	0,0	100,0	24,4	13,0	17,7	20,3	20,5	17,2	27,8	22,1			
	Não	n	2	2	4	0	31	280	121	184	58	53	26	74			
		% coluna	100,0	66,7	p= 0,600	100,0	0,0	75,6	87,0	0,465 [0,212-1,018]	82,3	79,7	1,189 [0,699-2,022]	79,5	82,8	0,803 [0,339-1,901]	72,2	77,9	7,38 [0,307-1,771]
Total	n	2	3	4	1	41	322	147	231	73	64	36	95				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				
Tosse seca ^{f)}	Sim	n	0	0	2	0	17	47	22	34	11	9	9	13			
		% coluna	0,0	0,0	50,0	0,0	41,5	14,6	15,0	14,7	15,1	14,1	25,0	13,7			
	Não	n	2	3	2	1	24	275	125	197	62	55	27	82			
		% coluna	100,0	100,0	50,0	100,0	58,5	85,4	0,241 [0,121-483]	85,0	85,3	0,981 [0,548-1,754]	84,9	85,9	0,922 [0,356-2,392]	75,0	86,3	0,476 [0,183-1,236]
Total	n	2	3	4	1	41	322	147	231	73	64	36	95				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				
Dificuldades Respiratórias ^{g)}	Sim	n	0	0	1	1	1	29	18	17	7	9	6	14			
		% coluna	0,0	0,0	25,0	100,0	2,4	9,0	12,2	7,4	9,6	14,1	16,7	14,7			
	Não	n	2	3	3	0	40	293	129	214	66	55	30	81			
		% coluna	100,0	100,0	75,0	0,0	97,6	91,0	3,959 [0,525-29,86]	87,8	92,6	0,569 [0,283-1,144]	90,4	85,9	1,543 [0,540-4,411]	83,3	85,3	0,864 [0,304-2,455]
Total	n	2	3	4	1	41	322	147	231	73	64	36	95				
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

a) p=0,600, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

b) p=0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

c) p=0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

d) p=0,400, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

e) p=0,200, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

f) p=0,600, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

g) p=0,400, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 30 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição ao CO₂ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria 353-A/2013)

Outros Sintomas		Freguesia Rural						Freguesia Predominantemente Urbana						Freguesia Medianamente Urbana					
		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
		PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR		
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	3	1											
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	,9											
	n	3	2	4	1	244	115												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8	99,1	0,617	0,707 [0,073-6,87]	1,888 [0,499-7,146]	1,0	2,5	0,50	2,1	2,8	1,329 [0,117-15,117]			
Não	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Total	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	4	1											
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	,9											
	n	3	2	4	1	243	115												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	98,4	99,1	0,488	0,528 [0,058-4,780]	1,503 [0,428-5,248]	2,1	2,5	0,648	1,1	2,8	2,686 [0,164-44,115]			
Não	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Total	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	7	3											
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,6											
	n	3	2	4	1	240	113												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	97,2	97,4	0,597	0,910 [0,231-3,584]	1,359 [0,539-3,428]	6,2	5,0	0,572	6,3	0,0	p=0,187			
Não	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Total	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Dores de Cabeça ^{a)}	Sim	n	1	0	0	0	20	5											
		% coluna	33,3	0,0	0,0	0,0	8,1	4,3											
	n	2	2	4	1	227	111												
	% coluna	66,7	100,0	100,0	100,0	91,9	95,7	0,266	0,511 [0,187-1,398]	0,867 [0,423-1,779]	5,2	5,0	0,667	11,6	8,3	0,757			
Não	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Total	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	14	4											
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	3,4											
	n	3	2	4	1	233	112												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	94,3	96,6	0,520	0,594 [0,191-1,847]	0,803 [0,291-2,220]	4,1	0,0	p=0,321	8,4	8,3	0,989 [0,247-3,954]			
Não	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Total	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Insónias ^{b)}	Sim	n	0	0	1	0	6	6											
		% coluna	0,0	0,0	25,0	0,0	2,4	5,2											
	n	3	2	3	1	241	110												
	% coluna	100,0	100,0	75,0	100,0	97,6	94,8	0,210	2,191 [0,691-6,946]	2,037 [0,692-5,993]	6,2	2,5	0,673	5,3	5,6	1,059 [0,196-5,719]			
Não	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Total	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Falta de Concentração ^{c)}	Sim	n	0	0	3	1	61	15											
		% coluna	0,0	0,0	75,0	100,0	24,7	12,9											
	n	3	2	1	0	186	101												
	% coluna	100,0	100,0	25,0	0,0	75,3	87,1	0,012	0,453 [0,245-0,837]	0,393 [0,231-0,671]	22,7	12,5	0,238	18,9	33,3	2,139 [0,903-5,066]			
Não	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												
Total	n	3	2	4	1	247	116												
	% coluna	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0												

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

a) p= 0,600, no 1º ano da freguesia predominantemente rural

b) p= 0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

c) p= 0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural

Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 31 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição ao CO₂ nas estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria 353-A/2013)

		Freguesia Predominantemente Rural					Freguesia Predominantemente Urbana					Freguesia Mediamente Urbana							
		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
		PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR	p-value OR (IC95%)	PR	AR		
Stresse	Sim	n	0	0		0	0	0	4		5	4		1	1		1	2	
		% coluna	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	1,2		3,4	1,7		1,4	1,6		2,8	2,1	
	Não	n	2	3		4	1	41	318	p= 0,618	142	227	0,241	72	63	0,718	35	93	0,622
		% coluna	100,0	100,0		100,0	100	100,0	98,8		96,6	98,3	0,500 [0,132-1,895]	98,6	98,4	1,143 [0,070-18,65]	97,2	97,9	0,753 [0,066-8,564]
	Total	n	2	3		4	1	41	322		147	231		73	64		36	95	
% coluna		100,0	100,0		100,0	100	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Tonturas	Sim	n	0	0		0	0	0	5		8	2		2	1		0	2	
		% coluna	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	1,6		5,4	,9		2,7	1,6		0,0	2,1	
	Não	n	2	3		4	1	41	317	p= 0,547	139	229	0,016	71	63	0,550	36	93	p= 0,524
		% coluna	100,0	100,0		100,0	100	100,0	98,4		94,6	99,1	0,152 [0,032-0,725]	97,3	98,4	0,563 [0,050-6,364]	100,0	97,9	
	Total	n	2	3		4	1	41	322		147	231		73	64		36	95	
% coluna		100,0	100,0		100,0	100	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Irritabilidade	Sim	n	0	0		0	0	0	10		9	10		3	5		2	4	
		% coluna	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	3,1		6,1	4,3		4,1	7,8		5,6	4,2	
	Não	n	2	3		4	1	41	312	p= 0,611	138	221	0,474	70	59	0,473	34	91	0,666
		% coluna	100,0	100,0		100,0	100	100,0	96,9		93,9	95,7	0,694 [0,275-1,750]	95,9	92,2	1,977 [0,453-8,623]	94,4	95,8	0,747 [0,131-4,268]
	Total	n	2	3		4	1	41	322		147	231		73	64		36	95	
% coluna		100,0	100,0		100,0	100	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Dores de Cabeça	Sim	n	1	0		0	0	2	23		23	12		3	4		6	8	
		% coluna	50,0	0,0		0,0	0,0	4,9	7,1		15,6	5,2		4,1	6,3		16,7	8,4	
	Não	n	1	3		4	1	39	299	p= 0,446	124	219	0,001	70	60	0,705	30	87	0,207
		% coluna	50,0	100,0	p= 0,400	100,0	100	95,1	92,9	1,5 [0,340-6,609]	84,4	94,8	0,295 [0,142-0,614]	95,9	93,8	1,556 [0,335-7,228]	83,3	91,6	0,460 [0,147-1,473]
	Total	n	2	3		4	1	41	322		147	231		73	64		36	95	
% coluna		100,0	100,0		100,0	100	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0		0	0	0	18		11	6		2	2		4	7	
		% coluna	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	5,6		7,5	2,6		2,7	3,1		11,1	7,4	
	Não	n	2	3		4	1	41	304	p= 0,242	136	225	0,039	71	62	0,639	32	88	0,493
		% coluna	100,0	100,0		100,0	100	100,0	94,4		92,5	97,4	0,330 [0,119-0,912]	97,3	96,9	1,145 [0,157-8,372]	88,9	92,6	0,636 [0,175-2,320]
	Total	n	2	3		4	1	41	322		147	231		73	64		36	95	
% coluna		100,0	100,0		100,0	100	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Insónias ^{a)}	Sim	n	0	0		1	0	1	11		5	9		4	3		4	3	
		% coluna	0,0	0,0		25,0	0,0	2,4	3,4		3,4	3,9		5,5	4,7		11,1	3,2	
	Não	n	2	3		3	1	40	311	p= 0,598	142	222	0,520	69	61	0,573	32	92	0,09
		% coluna	100,0	100,0		75,0	100	97,6	96,6	1,415 [0,178-11,25]	96,6	96,1	1,151 [0,378-3,505]	94,5	95,3	0,848 [0,183-3,942]	88,9	96,8	0,261 [0,055-1,229]
	Total	n	2	3		4	1	41	322		147	231		73	64		36	95	
% coluna		100,0	100,0		100,0	100	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		
Falta de Concentração ^{b)}	Sim	n	0	0		3	1	17	59		38	52		11	16		8	22	
		% coluna	0,0	0,0		75,0	100	41,5	18,3		25,9	22,5		15,1	25,0		22,2	23,2	
	Não	n	2	3		1	0	24	263	p= 0,002	109	179	0,461	62	48	0,196	28	73	0,555
		% coluna	100,0	100,0		25,0	0,0	58,5	81,7	0,317 [0,160-0,627]	74,1	77,5	0,833 [0,515 -1,348]	84,9	75,0	1,879 [0,799-4,418]	77,8	76,8	1,055 [0,421-2,644]
	Total	n	2	3		4	1	41	322		147	231		73	64		36	95	
% coluna		100,0	100,0		100,0	100	100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		100,0	100,0		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

a) p= 0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural;

b) p= 0,800, no 4º ano da freguesia predominantemente rural;

Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 32 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao PM₁₀ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

(Portaria 353-A/2013)

Sintomas / Patologias Respiratórias			Freguesia Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Asma	Sim	n	0	0	2	0	32	4	40	2	18	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	9,3	21,1	11,0	12,5	0,695	13,1	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	312	15	322	14	119	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	90,7	78,9	89,0	87,5	1,150 [0,252-5,245]	86,9	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
% coluna		100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	6	0	8	0	4	0	3	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	1,7	0,0	2,2	0,0	p=0,705	2,9	0,0	2,3	0,0
	Não	n	5	0	4	0	338	19	354	16	133	0	128	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	98,3	100,0	97,8	100,0	97,1	0,0	97,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
% coluna		100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	60	2	46	0	23	0	23	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	17,4	10,5	12,7	0,0	p=0,236	16,8	0,0	17,6	0,0
	Não	n	5	0	4	0	284	17	316	16	114	0	108	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	82,6	89,5	87,3	100,0	83,2	0,0	82,4	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
% coluna		100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Crise de Espirros	Sim	n	2	0	2	0	92	4	101	1	25	0	33	0
		% coluna	40,0	0,0	40,0	0,0	26,7	21,1	27,9	6,3	0,080	18,2	0,0	25,2	0,0
	Não	n	3	0	3	0	252	15	261	15	112	0	98	0
		% coluna	60,0	0,0	60,0	0,0	73,3	78,9	72,1	93,8	0,172 [0,022-1,321]	81,8	0,0	74,8	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
% coluna		100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Rinite Alérgica	Sim	n	1	0	1	0	51	1	71	2	26	0	31	0
		% coluna	20,0	0,0	20,0	0,0	14,8	5,3	19,6	12,5	0,747	19,0	0,0	23,7	0,0
	Não	n	4	0	4	0	293	18	291	14	111	0	100	0
		% coluna	80,0	0,0	80,0	0,0	85,2	94,7	80,4	87,5	0,586 [0,130-2,635]	81,0	0,0	76,3	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
% coluna		100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	61	3	56	0	20	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	17,7	15,8	15,5	0,0	p=0,144	14,6	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	283	16	306	16	117	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	82,3	84,2	84,5	100,0	85,4	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
% coluna		100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	2	0	29	1	35	0	16	0	20	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	8,4	5,3	9,7	0,0	p=0,381	11,7	0,0	15,3	0,0
	Não	n	5	0	3	0	315	18	327	16	121	0	111	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	91,6	94,7	90,3	100,0	88,3	0,0	84,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
% coluna		100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher; Odds Ratio

ANEXO 33 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao PM₁₀ na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

(Portaria 353-A/2013)

Sintomas / Patologias Respiratórias			Freguesia Predominantemente Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente		Urbana	
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Asma	Sim	n	0	0	2	0	36	0	42	0	18	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	9,9	0,0	11,1	0,0	13,1	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	327	0	336	0	119	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	90,1	0,0	88,9	0,0	86,9	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	6	0	8	0	4	0	3	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	1,7	0,0	2,1	0,0	2,9	0,0	2,3	0,0
	Não	n	5	0	4	0	357	0	370	0	133	0	128	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	98,3	0,0	97,9	0,0	97,1	0,0	97,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	62	0	46	0	23	0	23	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	17,1	0,0	12,2	0,0	16,8	0,0	17,6	0,0
	Não	n	5	0	4	0	301	0	332	0	114	0	108	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	82,9	0,0	87,8	0,0	83,2	0,0	82,4	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Crise de Espirros	Sim	n	2	0	2	0	96	0	102	0	25	0	33	0
		% coluna	40,0	0,0	40,0	0,0	26,4	0,0	27,0	0,0	18,2	0,0	25,2	0,0
	Não	n	3	0	3	0	267	0	276	0	112	0	98	0
		% coluna	60,0	0,0	60,0	0,0	73,6	0,0	73,0	0,0	81,8	0,0	74,8	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Rinite Alérgica	Sim	n	1	0	1	0	52	0	73	0	26	0	31	0
		% coluna	20,0	0,0	20,0	0,0	14,3	0,0	19,3	0,0	19,0	0,0	23,7	0,0
	Não	n	4	0	4	0	311	0	305	0	111	0	100	0
		% coluna	80,0	0,0	80,0	0,0	85,7	0,0	80,7	0,0	81,0	0,0	76,3	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	64	0	56	0	20	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	17,6	0,0	14,8	0,0	14,6	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	299	0	322	0	117	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	82,4	0,0	85,2	0,0	85,4	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	2	0	30	0	35	0	16	0	20	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	8,3	0,0	9,3	0,0	11,7	0,0	15,3	0,0
	Não	n	5	0	3	0	333	0	343	0	121	0	111	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	91,7	0,0	90,7	0,0	88,3	0,0	84,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

ANEXO 34 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição às PM₁₀ na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria 353-A/2013)

Outros Sintomas			Freguesia Predominantemente Rural						Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano			
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR		
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	4	0	9	0	2	0	3	0		
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	2,4	0,0	1,5	0,0	2,3	0,0		
	Não	n	5	0	5	0	359	0	369	0	135	0	128	0		
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,9	0,0	97,6	0,0	98,5	0,0	97,7	0,0		
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0		
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0		
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	5	0	10	0	3	0	2	0		
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	2,6	0,0	2,2	0,0	1,5	0,0		
	Não	n	5	0	5	0	358	0	368	0	134	0	129	0		
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,6	0,0	97,4	0,0	97,8	0,0	98,5	0,0		
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0		
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0		
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	10	0	19	0	8	0	6	0		
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	5,0	0,0	5,8	0,0	4,6	0,0		
	Não	n	5	0	5	0	353	0	359	0	129	0	125	0		
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	97,2	0,0	95,0	0,0	94,2	0,0	95,4	0,0		
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0		
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0		
Dores de Cabeça	Sim	n	1	0	0	0	25	0	35	0	7	0	14	0		
		% coluna	20,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	9,3	0,0	5,1	0,0	10,7	0,0		
	Não	n	4	0	5	0	338	0	343	0	130	0	117	0		
		% coluna	80,0	0,0	100,0	0,0	93,1	0,0	90,7	0,0	94,9	0,0	89,3	0,0		
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0		
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0		
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	18	0	17	0	4	0	11	0		
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	4,5	0,0	2,9	0,0	8,4	0,0		
	Não	n	5	0	5	0	345	0	361	0	133	0	120	0		
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	95,0	0,0	95,5	0,0	97,1	0,0	91,6	0,0		
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0		
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0		
Insónias	Sim	n	0	0	1	0	12	0	14	0	7	0	7	0		
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	3,3	0,0	3,7	0,0	5,1	0,0	5,3	0,0		
	Não	n	5	0	4	0	351	0	364	0	130	0	124	0		
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	96,7	0,0	96,3	0,0	94,9	0,0	94,7	0,0		
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0		
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0		
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	4	0	76	0	90	0	27	0	30	0		
		% coluna	0,0	0,0	80,0	0,0	20,9	0,0	23,8	0,0	19,7	0,0	22,9	0,0		
	Não	n	5	0	1	0	287	0	288	0	110	0	101	0		
		% coluna	100,0	0,0	20,0	0,0	79,1	0,0	76,2	0,0	80,3	0,0	77,1	0,0		
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0		
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0		

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco
 Teste: Quiquadrado da Independência; Teste exato de Fisher. Odds Ratio

ANEXO 35 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição às PM₁₀ na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria 353-A/2013)

Outros Sintomas			Freguesia P. Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	4	0	9	0	2	0	3	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	2,4	0,0	1,5	0,0	2,3	0,0
	Não	n	5	0	5	0	359	0	369	0	135	0	128	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,9	0,0	97,6	0,0	98,5	0,0	97,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	5	0	10	0	3	0	2	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	2,6	0,0	2,2	0,0	1,5	0,0
	Não	n	5	0	5	0	358	0	368	0	134	0	129	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,6	0,0	97,4	0,0	97,8	0,0	98,5	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	10	0	19	0	8	0	6	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	5,0	0,0	5,8	0,0	4,6	0,0
	Não	n	5	0	5	0	353	0	359	0	129	0	125	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	97,2	0,0	95,0	0,0	94,2	0,0	95,4	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Dores de Cabeça	Sim	n	1	0	0	0	25	0	35	0	7	0	14	0
		% coluna	20,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	9,3	0,0	5,1	0,0	10,7	0,0
	Não	n	4	0	5	0	338	0	343	0	130	0	117	0
		% coluna	80,0	0,0	100,0	0,0	93,1	0,0	90,7	0,0	94,9	0,0	89,3	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	18	0	17	0	4	0	11	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	4,5	0,0	2,9	0,0	8,4	0,0
	Não	n	5	0	5	0	345	0	361	0	133	0	120	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	95,0	0,0	95,5	0,0	97,1	0,0	91,6	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Insónias	Sim	n	0	0	1	0	12	0	14	0	7	0	7	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	3,3	0,0	3,7	0,0	5,1	0,0	5,3	0,0
	Não	n	5	0	4	0	351	0	364	0	130	0	124	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	96,7	0,0	96,3	0,0	94,9	0,0	94,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	4	0	76	0	90	0	27	0	30	0
		% coluna	0,0	0,0	80,0	0,0	20,9	0,0	23,8	0,0	19,7	0,0	22,9	0,0
	Não	n	5	0	1	0	287	0	288	0	110	0	101	0
		% coluna	100,0	0,0	20,0	0,0	79,1	0,0	76,2	0,0	80,3	0,0	77,1	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

ANEXO 36 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao PM_{2,5} na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

(Portaria 353-A/2013)

Sintomas / Patologias Respiratórias			Freguesia Predominantemente Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4º Ano		1.º Ano		4º Ano		1.º Ano		4º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Asma	Sim	n	0	0	2	0	36	0	42	0	18	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	9,9	0,0	11,1	0,0	13,1	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	327	0	336	0	119	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	90,1	0,0	88,9	0,0	86,9	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	6	0	8	0	4	0	3	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	1,7	0,0	2,1	0,0	2,9	0,0	2,3	0,0
	Não	n	5	0	4	0	357	0	370	0	133	0	128	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	98,3	0,0	97,9	0,0	97,1	0,0	97,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	62	0	46	0	23	0	23	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	17,1	0,0	12,2	0,0	16,8	0,0	17,6	0,0
	Não	n	5	0	4	0	301	0	332	0	114	0	108	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	82,9	0,0	87,8	0,0	83,2	0,0	82,4	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Crise de Espirros	Sim	n	2	0	2	0	96	0	102	0	25	0	33	0
		% coluna	40,0	0,0	40,0	0,0	26,4	0,0	27,0	0,0	18,2	0,0	25,2	0,0
	Não	n	3	0	3	0	267	0	276	0	112	0	98	0
		% coluna	60,0	0,0	60,0	0,0	73,6	0,0	73,0	0,0	81,8	0,0	74,8	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Rinite Alérgica	Sim	n	1	0	1	0	52	0	73	0	26	0	31	0
		% coluna	20,0	0,0	20,0	0,0	14,3	0,0	19,3	0,0	19,0	0,0	23,7	0,0
	Não	n	4	0	4	0	311	0	305	0	111	0	100	0
		% coluna	80,0	0,0	80,0	0,0	85,7	0,0	80,7	0,0	81,0	0,0	76,3	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	64	0	56	0	20	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	17,6	0,0	14,8	0,0	14,6	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	299	0	322	0	117	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	82,4	0,0	85,2	0,0	85,4	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	2	0	30	0	35	0	16	0	20	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	8,3	0,0	9,3	0,0	11,7	0,0	15,3	0,0
	Não	n	5	0	3	0	333	0	343	0	121	0	111	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	91,7	0,0	90,7	0,0	88,3	0,0	84,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

ANEXO 37 – Associação entre sinais, sintomas e patologias respiratórias e a exposição ao PM_{2,5} na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola

(Portaria 353-A/2013)

Sintomas / Patologias Respiratórias			Freguesia Rural		Freguesia Predominantemente Urbana		Freguesia Medianamente Urbana		PR	PR	PR	AR		
			1.º Ano	4.º Ano	1.º Ano	4.º Ano	1.º Ano	4.º Ano						
			PR	AR	PR	AR	PR	AR						
Asma	Sim	n	0	0	2	0	36	0	42	0	18	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	9,9	0,0	11,1	0,0	13,1	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	327	0	336	0	119	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	90,1	0,0	88,9	0,0	86,9	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Bronquite Crónica	Sim	n	0	0	1	0	6	0	8	0	4	0	3	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	1,7	0,0	2,1	0,0	2,9	0,0	2,3	0,0
	Não	n	5	0	4	0	357	0	370	0	133	0	128	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	98,3	0,0	97,9	0,0	97,1	0,0	97,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Pieira e Assobios	Sim	n	0	0	1	0	62	0	46	0	23	0	23	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	17,1	0,0	12,2	0,0	16,8	0,0	17,6	0,0
	Não	n	5	0	4	0	301	0	332	0	114	0	108	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	82,9	0,0	87,8	0,0	83,2	0,0	82,4	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Crise de Espirros	Sim	n	2	0	2	0	96	0	102	0	25	0	33	0
		% coluna	40,0	0,0	40,0	0,0	26,4	0,0	27,0	0,0	18,2	0,0	25,2	0,0
	Não	n	3	0	3	0	267	0	276	0	112	0	98	0
		% coluna	60,0	0,0	60,0	0,0	73,6	0,0	73,0	0,0	81,8	0,0	74,8	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Rinite Alérgica	Sim	n	1	0	1	0	52	0	73	0	26	0	31	0
		% coluna	20,0	0,0	20,0	0,0	14,3	0,0	19,3	0,0	19,0	0,0	23,7	0,0
	Não	n	4	0	4	0	311	0	305	0	111	0	100	0
		% coluna	80,0	0,0	80,0	0,0	85,7	0,0	80,7	0,0	81,0	0,0	76,3	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Tosse seca	Sim	n	0	0	2	0	64	0	56	0	20	0	22	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	17,6	0,0	14,8	0,0	14,6	0,0	16,8	0,0
	Não	n	5	0	3	0	299	0	322	0	117	0	109	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	82,4	0,0	85,2	0,0	85,4	0,0	83,2	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
Dificuldades respiratórias	Sim	n	0	0	2	0	30	0	35	0	16	0	20	0
		% coluna	0,0	0,0	40,0	0,0	8,3	0,0	9,3	0,0	11,7	0,0	15,3	0,0
	Não	n	5	0	3	0	333	0	343	0	121	0	111	0
		% coluna	100,0	0,0	60,0	0,0	91,7	0,0	90,7	0,0	88,3	0,0	84,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0
% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

ANEXO 38 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição às PM_{2,5} na estação de outono/inverno, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria 353-A/2013)

Outros Sintomas			Freguesia Predominantemente Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	4	0	9	0	2	0	3	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	2,5	0,0	1,5	0,0	2,3	0,0
	Não	n	5	0	5	0	340	19	353	16	135	0	128	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,8	100,0	97,5	100,0	98,5	0,0	97,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	5	0	10	0	3	0	2	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	2,8	0,0	2,2	0,0	1,5	0,0
	Não	n	5	0	5	0	339	19	352	16	134	0	129	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,5	100,0	97,2	100,0	97,8	0,0	98,5	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	10	0	19	0	8	0	6	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	5,2	0,0	5,8	0,0	4,6	0,0
	Não	n	5	0	5	0	334	19	343	16	129	0	125	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	97,1	100,0	94,8	100,0	94,2	0,0	95,4	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Dores de Cabeça	Sim	n	1	0	0	0	25	0	34	1	7	0	14	0
		% coluna	20,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	9,4	6,3	5,1	0,0	10,7	0,0
	Não	n	4	0	5	0	319	19	328	15	130	0	117	0
		% coluna	80,0	0,0	100,0	0,0	92,7	100,0	90,6	93,8	94,9	0,0	89,3	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	16	2	16	1	4	0	11	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	10,5	4,4	6,3	2,9	0,0	8,4	0,0
	Não	n	5	0	5	0	328	17	346	15	133	0	120	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	95,3	89,5	95,6	93,8	97,1	0,0	91,6	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Insónias	Sim	n	0	0	1	0	12	0	14	0	7	0	7	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	3,5	0,0	3,9	0,0	5,1	0,0	5,3	0,0
	Não	n	5	0	4	0	332	19	348	16	130	0	124	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	96,5	100,0	96,1	100,0	94,9	0,0	94,7	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	4	0	75	1	88	2	27	0	30	0
		% coluna	0,0	0,0	80,0	0,0	21,8	5,3	24,3	12,5	19,7	0,0	22,9	0,0
	Não	n	5	0	1	0	269	18	274	14	110	0	101	0
		% coluna	100,0	0,0	20,0	0,0	78,2	94,7	75,7	87,5	80,3	0,0	77,1	0,0
	Total	n	5	0	5	0	344	19	362	16	137	0	131	0
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco

ANEXO 39 – Associação entre outros sinais e sintomas e exposição às PM_{2,5} na estação de primavera/verão, ajustado ao ano de escolaridade e à freguesia da Escola (Portaria 353-A/2013)

Outros Sintomas			Freguesia P. Rural				Freguesia Predominantemente Urbana				Freguesia Medianamente Urbana			
			1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano		1.º Ano		4.º Ano	
			PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR	PR	AR
Stresse	Sim	n	0	0	0	0	4	0	9	0	2	0	3	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	2,4	0,0	1,5	0,0	2,3	0,0
	Não	n	5	0	5	0	359	0	369	0	135	0	128	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,9	0,0	97,6	0,0	98,5	0,0	97,7	0,0
Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0	
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Tonturas	Sim	n	0	0	0	0	5	0	10	0	3	0	2	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	2,6	0,0	2,2	0,0	1,5	0,0
	Não	n	5	0	5	0	358	0	368	0	134	0	129	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	98,6	0,0	97,4	0,0	97,8	0,0	98,5	0,0
Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0	
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Irritabilidade	Sim	n	0	0	0	0	10	0	19	0	8	0	6	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	5,0	0,0	5,8	0,0	4,6	0,0
	Não	n	5	0	5	0	353	0	359	0	129	0	125	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	97,2	0,0	95,0	0,0	94,2	0,0	95,4	0,0
Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0	
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Dores de Cabeça	Sim	n	1	0	0	0	25	0	35	0	7	0	14	0
		% coluna	20,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	9,3	0,0	5,1	0,0	10,7	0,0
	Não	n	4	0	5	0	338	0	343	0	130	0	117	0
		% coluna	80,0	0,0	100,0	0,0	93,1	0,0	90,7	0,0	94,9	0,0	89,3	0,0
Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0	
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Irritação das Mucosas	Sim	n	0	0	0	0	18	0	17	0	4	0	11	0
		% coluna	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	4,5	0,0	2,9	0,0	8,4	0,0
	Não	n	5	0	5	0	345	0	361	0	133	0	120	0
		% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	95,0	0,0	95,5	0,0	97,1	0,0	91,6	0,0
Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0	
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Insónias	Sim	n	0	0	1	0	12	0	14	0	7	0	7	0
		% coluna	0,0	0,0	20,0	0,0	3,3	0,0	3,7	0,0	5,1	0,0	5,3	0,0
	Não	n	5	0	4	0	351	0	364	0	130	0	124	0
		% coluna	100,0	0,0	80,0	0,0	96,7	0,0	96,3	0,0	94,9	0,0	94,7	0,0
Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0	
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	
Falta de Concentração	Sim	n	0	0	4	0	76	0	90	0	27	0	30	0
		% coluna	0,0	0,0	80,0	0,0	20,9	0,0	23,8	0,0	19,7	0,0	22,9	0,0
	Não	n	5	0	1	0	287	0	288	0	110	0	101	0
		% coluna	100,0	0,0	20,0	0,0	79,1	0,0	76,2	0,0	80,3	0,0	77,1	0,0
Total	n	5	0	5	0	363	0	378	0	137	0	131	0	
	% coluna	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	

Legenda: PR – Presença de Risco; AR – Ausência de Risco