



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Caracterização da Qualidade do Ar Interior em Espaços Públicos com Permissão de Fumar

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente

Autor

Vanessa Manuel Martins Verdelhos

Orientador

Professor Doutor José Joaquim da Costa

Júri

Presidente Professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo

Vogais Professor Doutor Manuel Carlos Gameiro da Silva

Coimbra, Setembro de 2011

“Time is only an illusion produced by the succession of our states of consciousness as we travel through eternal duration.”

Isaac Newton

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor José Joaquim da Costa, pela partilha de conhecimentos, pelo apoio, acompanhamento, disponibilidade e boa disposição demonstrada ao longo da realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Manuel Gameiro, pela ajuda prestada e pela partilha de conhecimentos.

À Engenheira Sara Francisco, pela paciência, ajuda e disponibilidade ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus pais, Ester e Manuel, pelo apoio incondicional, força, incentivo e amizade. Sem eles nada disto seria possível.

Ao meu avô Zé, avó Carma e avó Isabel pelos conhecimentos que me transmitiram, experiências de vida e acima de tudo, pelas boas recordações.

Ao meu irmão Tiago, pela ajuda que me deu ao longo dos anos e pelo apoio nos bons e maus momentos.

Ao Nuno, pelo amor, paciência infinita, apoio, disponibilidade, compreensão e ajuda prestada ao longo deste trabalho e destes anos de partilha. =)

Aos meus tios emprestados, Joey e Tony, pela amizade e ajuda ao longo destes anos.

Aos meus amigos de infância e adolescência, que contribuíram para me tornar a pessoa que sou hoje. Um obrigado muito especial à Andreia, Deftona, Joanita e Sarita.

Aos amigos de curso e Universidade pela amizade, experiências e pelos momentos vividos que ficarão marcados para sempre.

A todos que directa ou indirectamente estiveram presentes ao longo da realização deste trabalho e que contribuíram para a minha evolução pessoal.

Resumo

A preocupação com a Qualidade do Ar Interior (QAI) tem vindo a aumentar, especialmente nos edifícios de serviços, pois permanecem no seu interior um número significativo de ocupantes durante longos períodos. No âmbito do SCE – Sistemas de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior (Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de Abril), surgiu o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – RSECE (Decreto-Lei nº 79/2006).

Actualmente, um elevado número de pessoas permanece durante os seus horários de trabalho em edifícios vedados (sem possibilidade de abrir janelas) e com sistemas centrais de ar condicionado. O ar dentro destes edifícios é recirculado e, por consequência, os contaminantes dentro dos edifícios acumulam-se gradualmente se não forem adequadamente filtrados. Exemplos de algumas fontes de contaminação nos interiores são: materiais de construção, materiais de isolamento, colas e agregantes utilizados, alcatifas, fumo do tabaco, produtos utilizados para limpeza e produtos químicos usados em aparelhos de escritório tais como fotocopiadoras e faxes. Os sintomas associados à Qualidade Deficiente do Ar em Interiores são denominados como “Síndrome do Edifício Doente” (SED).

A exposição ao fumo do tabaco ambiental (FTA) – também chamada «tabagismo passivo» – continua a ser responsável por morbidade e mortalidade excessivas na União Europeia, com custos significativos para toda a sociedade.

Já foram tomadas várias medidas para promover zonas sem fumo na UE. Em princípios dos anos noventa, algumas directivas comunitárias em matéria de saúde e segurança no trabalho vieram limitar o tabaco no trabalho. No entanto, poucos têm sido os estudos para conhecer o grau de poluição pelo fumo do tabaco a que as pessoas estão sujeitas em vários lugares públicos e privados.

A presente Dissertação tem como objectivo caracterizar a QAI e quantificar o nível de poluição do ar provocada pelo fumo do cigarro em pequenos edifícios de serviços onde é permitido fumar. Os edifícios em questão são cafés e bares, classificados no âmbito do SCE, como pequenos edifícios de serviços.

O estudo baseou-se essencialmente na medição da concentração de partículas no ar interior, com registo simultâneo do número de ocupantes e de fumadores. Apresentam-se também os valores registados para a temperatura, humidade relativa e nível de CO₂ no ar interior.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interior, Síndrome do Edifício Doente (SED), Fumo do tabaco ambiental (FTA), Espaços públicos.

Abstract

General interest about indoor air quality (IAQ) has been increasing, especially in commercial buildings, once they usually have a significant number of occupants. Following CSE – Certification System for Energy and Indoor Air Quality in Buildings (Decree-Law 78/2006 of 4 April), arised the Regulation of Energy Systems Air Conditioning in Buildings - HVAC regulations (Decree-Law No. 79/2006).

Currently, a large number of people stay during their working hours in sealed buildings (with no windows), based on central air conditioning systems. The air inside these buildings is recirculated and therefore, the contaminants inside buildings gradually increase when not properly filtered. Examples of some contamination sources: building materials, insulation materials, adhesives, carpets, tobacco smoke, and products for cleaning chemicals, used in office equipment such as copiers and faxes. Symptoms associated with poor indoor air quality are termed as "sick building syndrome"(SBS).

Moreover, exposure to tobacco smoke in the environment - also called "passive smoking" - continues to be responsible for the excessive morbidity and mortality in the European Union, with significant costs to society. It has been already taken several measures to promote smoke-free environments in the EU. In the early nineties, some EU directives on health and safety at work resulted in restrictions on smoking. There have been just a few studies to understand the extent of pollution by tobacco smoke, to which people are exposed in several public and private places.

This thesis aims to characterize the IAQ and quantify the level of air pollution caused by cigarette smoking in small buildings with free access by the public where smoking is permitted. The buildings in question are cafes and bars, classified under the Portuguese building certification system as small office buildings.

The study was based primarily on measuring the concentration of particles in indoor air, with simultaneous recording of the number of occupants and smokers. We present also the values recorded for temperature, humidity and CO₂ levels in indoor air.

Keywords Indoor Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS), Tobacco smoke in the environment, Public spaces.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tabelas.....	ix
Simbologia e Siglas.....	x
Simbologia.....	x
Siglas.....	x
1. Introdução.....	1
1.1. Considerações Gerais.....	1
1.2. Objectivos.....	4
1.3. Estado da Arte.....	4
1.4. Estrutura da Dissertação.....	5
2. Fumo do Tabaco Ambiental (FTA).....	7
2.1. Composição do FTA.....	7
2.2. Malefícios do FTA.....	8
2.3. Curiosidades sobre o FTA.....	9
2.4. Rácio de emissões do fumo do tabaco.....	10
2.5. Estratégias de Ventilação.....	10
2.5.1. Ventilação.....	10
2.5.2. Ventilação Natural.....	11
2.5.3. Ventilação Mecânica ou Forçada.....	11
2.6. Visita Preliminar ao Edifício.....	14
3. Metodologia e Equipamento.....	15
4. Casos de Estudo.....	18
4.1. Caracterização da QAI em espaços públicos onde é permitido fumar.....	18
4.2. Características dos Espaços Públicos em estudo.....	18
4.2.1. Caracterização do Café 1.....	19
4.2.2. Caracterização do Café 2.....	20
4.2.3. Caracterização do Café 3.....	20
4.2.4. Caracterização do Café 4.....	20
4.2.5. Caracterização do Café 5.....	20
4.2.6. Caracterização do Bar 1.....	20
4.2.7. Caracterização do Café 6.....	21
5. Resultados e Discussão.....	22
5.1. Café 1.....	22
5.2. Café 2.....	39
5.3. Café 3.....	45
5.4. Café 4.....	51
5.5. Café 5.....	55
5.6. Bar 1.....	59

5.7. Café 6.....	66
6. Conclusões.....	75
7. Bibliografia.....	77
8. Anexo A.....	82
9. Anexo B.....	84

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Ventilação por Mistura (adaptado de REHVA, 2008).....	12
Figura 2.2 - Ventilação Estratificada (adaptado de REHVA, 2008)	13
Figura 2.3 - Fluxo de Ar em torno do local de extração (adaptado de REHVA, 2008) ...	14
Figura 3.1 - Instrumentos utilizados nas medições efectuadas: (a) Fluke 975 AirMeter™ ; (b) LightHouse Handheld 3016 IAQ	16
Figura 5.1 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	23
Figura 5.2 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	24
Figura 5.3 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	25
Figura 5.4 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	25
Figura 5.5 - Concentração média de partículas durante o período de medição	26
Figura 5.6 - Distribuição de partículas (em percentagem).....	27
Figura 5.7 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem	28
Figura 5.8 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	28
Figura 5.9 - Concentração média de partículas durante o período de medição	29
Figura 5.10 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem	30
Figura 5.11 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	30
Figura 5.12 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	31
Figura 5.13 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	32
Figura 5.14 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	32
Figura 5.15 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	33
Figura 5.16 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem	34
Figura 5.17 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	34
Figura 5.18 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	35
Figura 5.19 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem	36
Figura 5.20 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	36
Figura 5.21 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	37
Figura 5.22 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	38
Figura 5.23 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	38
Figura 5.24 - Distribuição das partículas (em percentagem)	39
Figura 5.25 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	40
Figura 5.26 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	40

Figura 5.27 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	41
Figura 5.28 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem.....	42
Figura 5.29 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	42
Figura 5.30 - Distribuição das partículas (em percentagem)	43
Figura 5.31 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	44
Figura 5.32 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	44
Figura 5.33 - Distribuição das partículas (em percentagem)	45
Figura 5.34 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	46
Figura 5.35 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	46
Figura 5.36 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	47
Figura 5.37 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem.....	47
Figura 5.38 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	48
Figura 5.39 - Distribuição das partículas (em percentagem)	49
Figura 5.40 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	49
Figura 5.41 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	50
Figura 5.42 - Distribuição das partículas (em percentagem)	51
Figura 5.43 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	52
Figura 5.44 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	52
Figura 5.45 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	53
Figura 5.46 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem.....	54
Figura 5.47 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	54
Figura 5.48 - Distribuição de partículas (em percentagem).....	55
Figura 5.49 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	56
Figura 5.50 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	56
Figura 5.51 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	57
Figura 5.52 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem.....	58
Figura 5.53 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	58
Figura 5.54 - Distribuição das partículas (em percentagem)	59
Figura 5.55 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	60
Figura 5.56 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	61
Figura 5.57 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	62
Figura 5.58 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem.....	62
Figura 5.59 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	63
Figura 5.60 - Distribuição das partículas (em percentagem)	64

Figura 5.61 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem	64
Figura 5.62 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	65
Figura 5.63 - Distribuição das partículas (em percentagem)	66
Figura 5.64 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	67
Figura 5.65 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	68
Figura 5.66 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	68
Figura 5.67 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem.....	69
Figura 5.68 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	69
Figura 5.69 - Distribuição das partículas (em percentagem)	70
Figura 5.70 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa	71
Figura 5.71 - Relação entre a concentração de CO ₂ e o número de ocupantes da sala	71
Figura 5.72 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem	72
Figura 5.73 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem.....	72
Figura 5.74 - Concentração média de partículas durante o período de medição.....	73
Figura 5.75 - Distribuição das partículas (em percentagem)	74

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Valores típicos das emissões de um cigarro.....	8
Tabela 3.1 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios	15
Tabela 4.1 - Características dos espaços de amostragem.....	21
Tabela 5.1 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	26
Tabela 5.2 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	29
Tabela 5.3 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	31
Tabela 5.4 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	33
Tabela 5.5 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	35
Tabela 5.6 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	37
Tabela 5.7 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	38
Tabela 5.8 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	43
Tabela 5.9 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	44
Tabela 5.10 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	48
Tabela 5.11 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	50
Tabela 5.12 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	55
Tabela 5.13 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	59
Tabela 5.14 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	63
Tabela 5.15 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	65
Tabela 5.16 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	70
Tabela 5.17 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho	73

Simbologia e Siglas

Simbologia

T – Temperatura [°C]

HR – Humidade Relativa [%]

[P] – Concentração de partículas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

[P_{med}] – Concentração média de partículas [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Siglas

ADENE – Agência para a Energia

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ASAE – Autoridade de Segurança Alimentar e Económica

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CIIC - Centro Internacional de Investigação do Cancro

COVs – Compostos Orgânicos Voláteis

CSE – Certification System for Energy and Indoor Air Quality in Buildings

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

DGS – Direcção Geral da Saúde

EPA – Environmental Protection Agency

FTA – Fumo do tabaco ambiental

IGAOT – Inspeção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território

IPQ – Instituto Português da Qualidade

LQAI – Laboratório da Qualidade do Ar Interior

NT-SCE-02 – Nota Técnica (2009)

OMS – Organização Mundial de Saúde

PAC-QAI – Plano de Acções Correctivas da QAI

PQ – Perito Qualificado

PM – Partículas Suspensas no Ar

QAI – Qualidade do Ar Interior

RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SBS – Sick Building Syndrome

SCE – Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SED – Síndrome do Edifício Doente

SIDS – Sudden Infant Death Syndrome

SMSI – Síndrome da Morte Súbita Infantil

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

UTAN – Unidade de Tratamento do Ar Novo

1. Introdução

1.1. Considerações Gerais

As sociedades modernas procuram valorizar e melhorar a qualidade de vida. Actualmente, as pessoas passam a maior parte do seu tempo no interior de edifícios ou em meios de transporte (Gameiro, 2008), portanto, a qualidade de vida encontra-se condicionada pelas limitações que estes possam apresentar.

A Qualidade do Ar Interior (QAI) pode ser afectada por vários factores: temperatura, humidade, taxa de renovação de ar, fluxo de ar, ventilação, poluentes físicos, químicos e biológicos.

A contaminação do ar interior pode ter origem tanto no interior do próprio edifício como no exterior. Algumas fontes de poluição do ar interior incluem, para além do ar exterior, o organismo humano, a sobre-ocupação do local, deficiências no sistema de ventilação, o fumo de tabaco, a emissão de fibras a partir de materiais de construção (amianto, lã de rocha, lã de vidro), mobiliário, a utilização de plásticos e produtos sintéticos (tintas e vernizes), a presença de alcatifas, cortinados, fotocopiadoras, impressoras e computadores. Diversos compostos orgânicos voláteis, como o formaldeído, também contribuem para a contaminação do ar interior, podendo ser libertados durante a utilização e armazenamento de produtos de limpeza.

O “fumo do tabaco ambiental” (FTA), frequentemente designado também por “tabagismo passivo” (e “environmental tobacco smoke (ETS)” ou “secondhand smoke”) é actualmente o principal e mais disseminado poluente presente no meio interior. Calcula-se que seja a terceira causa evitável de morte em alguns países desenvolvidos, depois do tabagismo activo e do alcoolismo. São inúmeros os estudos que têm mostrado a diversidade de efeitos adversos sobre a saúde dos não fumadores expostos ao FTA. Os primeiros estudos centraram-se na identificação dos riscos da exposição crónica das esposas dos fumadores. Os níveis de exposição para os quais têm sido identificados efeitos carcinogénicos situam-se entre 1 a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de nicotina, produzindo morbidade e mortalidade significativas.

Na última década, em países como os Estados Unidos e Canadá proliferaram os esforços para restringir a prática de fumar em locais públicos. Tais medidas, embora com estratégias e resultados distintos foram recentemente adoptadas por alguns países europeus.

Apesar da gravidade da exposição ao fumo de tabaco ambiental, sobretudo em crianças e adolescentes, são praticamente inexistentes os estudos realizados em Portugal sobre o tema. Relativamente aos contaminantes provenientes do exterior, estes podem ser fumos, emissões de veículos e de fábricas existentes nas proximidades (CCOHS, 2004).

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO_2 – quase a totalidade do compromisso da União Europeia (UE) no âmbito do Protocolo de Quioto. Em muitos edifícios, a falta de QAI tem tido um

impacte crescente na saúde dos seus ocupantes, dando origem a doenças crónicas (alergias respiratórias, cutâneas, etc), para além de afectar os padrões de comportamento dos ocupantes com reflexos significativos no bem-estar e na produtividade dos mesmos. Quando estes sintomas se manifestam e as queixas permanecem durante mais de duas semanas, em particular se desaparecerem ou atenuarem após os ocupantes deixarem o edifício, é-lhe atribuído o Síndrome do Edifício Doente (SED) (em inglês, "Sick Building Syndrome", SBS) (Burroughs e Hansen, 2008). Devido a estes efeitos adversos na saúde e impactes negativos na produtividade, agravou-se a dependência dos edifícios em relação aos sistemas de AVAC, levando a um consequente aumento do consumo de energia.

Estudos recentes indicam um aumento de 30-200% dos casos de SED em edifícios com sistemas de ar-condicionado, comparativamente a edifícios com sistemas de ventilação natural (Yu et al., 2008).

O controlo da QAI no interior dos edifícios é sem dúvida um problema de saúde pública que importa solucionar, em benefício dos seus ocupantes. Contudo, a eficiência energética dos edifícios não tem de ser automaticamente responsável pelos problemas associados à QAI. É neste contexto que surge o Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril, que estabelece o SCE – Sistemas de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, que consiste na transposição para a Lei Nacional da Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro. Com esta Directiva, pretende-se obrigar os Estados-membros da União Europeia a implementar um sistema de certificação energética, em que sejam contempladas as inspecções às caldeiras e instalações de ar condicionado, no âmbito energético, mas também proporcionar uma boa QAI e conforto térmico, estabelecendo-se um equilíbrio entre o consumo de energia e a QAI.

No que respeita ao tabaco, mais concretamente, no caso das zonas sem fumo, a abordagem adoptada tem consistido em resoluções e recomendações não vinculativas que incentivaram os Estados-Membros a prever protecção adequada contra a exposição ao FTA, *e.g.*, Resolução do Conselho de 1989 – 89/C 189, referente à proibição de fumar nos locais que recebem público e convidava os Estados-Membros a proibir o fumo nos estabelecimentos públicos e transportes públicos. Mais recentemente, a Recomendação 2003/54/CE do Conselho, relativa à prevenção do tabagismo e a iniciativas destinadas a reforçar a luta anti-tabaco, incitou os Estados-Membros a implementar medidas eficazes de modo a assegurar protecção contra a exposição ao FTA nos locais de trabalho fechados, em locais públicos fechados e nos transportes públicos.

Embora não mencione explicitamente o tabaco, a Directiva-Quadro relativa à Segurança e à Saúde dos Trabalhadores no Trabalho (89/391/CEE) cobre todos os riscos para a saúde e segurança de trabalhadores, exigindo que o empregador analise os riscos existentes no local de trabalho e introduza medidas adequadas de prevenção e protecção contra os mesmos. Por conseguinte, algumas directivas especiais no domínio da saúde e segurança no trabalho, que estabelecem requisitos mínimos relativos a riscos específicos, prevêm certas disposições assegurando a protecção dos trabalhadores contra o FTA, podendo os Estados-Membros, na transposição para o direito nacional, adoptar medidas ainda mais restritivas.

A Directiva relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para os locais de trabalho (89/654/CEE) exige que os empregadores garantam a satisfatória ventilação e “ar novo” nos locais de trabalho fechados e protejam os não fumadores dos malefícios provocados pelo fumo do tabaco nos locais de descanso e de convívio.

A Directiva relativa às trabalhadoras grávidas (92/85/CEE) exige que os empregadores tomem medidas para proteger a mulher grávida e lactante contra a exposição ao monóxido de carbono. Para além disso, certos componentes do FTA (como o arsénio, 1,3-butadieno, benzeno e óxido de propileno) estão classificados como cancerígenos no Anexo 1 da Directiva relativa às substâncias perigosas (67/548/CEE).

No entanto, o conceito de fumo do tabaco não se insere no âmbito da legislação comunitária em matéria de produtos químicos, uma vez que essa legislação só se aplica a substâncias e preparações que são colocadas no mercado nos Estados-Membros (Monteiro, 2008).

De forma a concretizar-se os objectivos do SCE, foi revisto o antigo Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro, dando origem ao novo RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril), e estipulado o RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril). Relativamente aos requisitos para a QAI, no RSECE são deliberados os caudais mínimos de ar novo, a velocidade máxima do ar interior, as concentrações máximas dos poluentes e as condições de higiene e manutenção dos sistemas de climatização.

O RCCTE institui os requisitos de conforto térmico, nomeadamente a temperatura e humidade (Jardim, 2009). A abordagem feita no âmbito do RSECE-QAI é diferente para edifícios novos e existentes. Nos edifícios existentes devem ser verificadas as concentrações máximas dos poluentes, cujos limites de referência se encontram no Anexo VII do RSECE, sendo os poluentes em estudo: o dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), partículas com tamanho inferior a 10µm (PM₁₀), compostos orgânicos voláteis (COVs), formaldeído (HCHO), ozono (O₃), fungos, bactérias, *Legionella* e radão. Também tem de verificar as condições de higiene e a capacidade de filtração dos sistemas de AVAC. Nos edifícios novos devem ser averiguados os caudais mínimos de ar novo estabelecidos no Anexo VI e velocidade do ar interior, designada com um máximo de 0,2m/s no ponto 1 do Artigo 4º do RSECE (Abreu, 2009).

A Nota Técnica (NT-SCE-02) surge como metodologia para as auditorias periódicas à QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE, cuja última revisão foi efectuada no ano de 2009. Esta serve de complemento metodológico ao RSECE, onde se descrevem todos os procedimentos para a realização das auditorias efectuadas pelos Peritos Qualificados (PQ), assim como a elaboração do Plano de Acções Correctivas à QAI (PAC-QAI) e os requisitos para as condições de higiene e capacidade de filtração dos sistemas de AVAC.

Segundo a Agência para Energia (ADENE), os certificados de RSECE-QAI apresentam uma validade de 2, 3, 6 ou 10 anos, dependendo se o edifício está sujeito a auditorias e qual a respectiva periodicidade. No âmbito do SCE, compete à Agência Portuguesa do Ambiente (APA) a supervisão dos requisitos da QAI e à Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) verificar os requisitos energéticos. A gestão e inspecção fica a cargo da Agência para a Energia (ADENE), e por fim, a aplicação das sanções previstas na legislação competem à Inspeção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território (IGAOT) e DGEG (Jardim, 2009).

O Decreto-Lei n.º 37/2007 de 14 de Agosto executa o disposto na Convenção Quadro da Organização Mundial de Saúde para o Controlo do Tabaco, aprovada pelo Decreto n.º 25 -A/2005, de 8 de Novembro, estabelecendo normas conducentes à

prevenção do tabagismo, com particular ênfase na protecção da exposição involuntária ao FTA, à regulamentação da composição dos produtos do tabaco, à regulamentação das informações a prestar sobre estes produtos, à embalagem e etiquetagem, à sensibilização e educação para a saúde, à proibição da publicidade a favor do tabaco, promoção e patrocínio, às medidas de redução da procura relacionadas com a dependência e a cessação do consumo, à venda a menores e através de meios automáticos, de modo a contribuir para a redução dos riscos ou efeitos nefastos que o consumo do tabaco acarreta para a saúde dos indivíduos.

1.2. Objectivos

Existem poucos estudos para conhecer o grau de poluição pelo fumo do tabaco a que estão sujeitas as pessoas em vários locais/estabelecimentos públicos e privados. O objectivo deste estudo é quantificar o nível de poluição do ar provocada pelo fumo do cigarro em locais de lazer, como cafés e bares e avaliar o cumprimento da legislação de controlo de tabaco no sector da restauração e similares.

1.3. Estado da Arte

Os edifícios abrangidos pelo RSECE-QAI podem apresentar várias tipologias dependendo do tipo de actividades a que se destinam, nomeadamente turísticos, serviços, escolas, hospitais, etc. Estas actividades podem torná-los mais expostos a determinados poluentes.

No caso específico dos pequenos edifícios de serviços (cafés, bares e restaurantes), estes locais encontram-se expostos a determinadas condições que podem prejudicar a QAI, como o facto de se localizarem em centros urbanos desenvolvidos, onde o tráfego de veículos poderá ser uma importante fonte de poluição, contaminando o ar interior com PM₁₀, CO₂ e CO. Existem inúmeros estudos que relacionam as concentrações de partículas no exterior com as verificadas no interior das casas e os seus efeitos na saúde dos ocupantes (Monn et al., 1997; Scapellato et al., 2009).

Para promover uma boa QAI é necessário perceber a forma como os poluentes podem ser controlados. Existem duas formas de controlo: na sua fonte (recorrendo a investigações que permitam a sua identificação) e na exposição (através de técnicas de ventilação eficazes). Segundo a Environmental Protection Agency (EPA), o controlo na fonte é a opção mais directa e viável, pois é a única verdadeiramente eficaz quando estamos na presença de várias fontes de poluentes (Burroughs e Hansen, 2008). O controlo de poluentes na sua origem deve ter em conta: ar exterior, materiais limpos, fungos e humidades, sistemas de AVAC e actividades humanas (cozinhar, fumar, etc) (Silva, 2009).

Embora seja mais eficaz prevenir os problemas de QAI (utilização de produtos, materiais e equipamentos pouco poluentes, localização correcta das entradas de ar nos edifícios, longe de focos de poluição exterior, proibição de fumar nos espaços interiores, correcto dimensionamento dos sistemas de climatização) do que resolvê-los, muitas

situações requerem simples soluções, como por exemplo, alterações nos hábitos dos ocupantes, substituição de alguns materiais utilizados na decoração ou de produtos utilizados na limpeza, ou um ajustamento das taxas de ventilação dos espaços interiores.

O FTA foi classificado como um agente cancerígeno para o Homem pela Environmental Protection Agency em 1993, pelo Department of Health and Human Services em 2000 e pelo CIIC da OMS em 2002. O FTA causa cancro do pulmão e doenças cardíacas em adultos, causando também efeitos adversos no sistema respiratório de crianças, como asma e infecções. A proibição de fumar promove a mínima exposição para não-fumadores e é o único método efectivo de controlo.

Apesar da existência da Lei nº 37/2007, esta não estabeleceu claramente os limites legais e as metodologias para a verificação da conformidade dos espaços destinados a fumadores. A quantificação do fumo de tabaco no ar interior é um tema complexo, porque é um aerossol bifásico constituído por partículas e gases, com cerca de 4000 constituintes. Em Espanha entrou em vigor, a 2 de Janeiro de 2011, uma nova Lei Anti-Tabaco, aprovada pelo Parlamento Espanhol a 21 de Dezembro de 2010, que proíbe fumar não apenas em locais fechados, como bares, restaurantes, casinos, aeroportos e boates, mas também em alguns espaços abertos do país. O governo espanhol adoptou a medida com a intenção de se converter do 4º maior produtor de tabaco da UE em um dos mais severos países do Continente na luta contra o tabaco. Os parques para crianças e os pontos de acesso a escolas e hospitais são também zonas livres de fumo e os hotéis poderão reservar apenas 30% dos quartos para os fumadores.

Embora nos últimos 25 anos se tenham observado grandes avanços ao nível do conhecimento da QAI, ainda se verifica uma falta de sensibilização e informação acerca deste tema, sobretudo por parte dos ocupantes. O ar interior ainda é visto como resultado do clima interior, estando apenas relacionado com os aspectos do conforto térmico, nomeadamente a temperatura e humidade.

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é constituída por seis capítulos, cujo conteúdo é de seguida resumido para uma melhor orientação do leitor.

O primeiro capítulo é introdutório, onde é disponibilizada informação sobre a QAI e suas condicionantes, assim como o papel do novo Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios, RSECE. São definidos alguns conceitos relevantes do tema abordado, contextualizando-os num enquadramento legislativo, incluindo a identificação e quantificação de alguns parâmetros. São identificados e discutidos os problemas mais frequentes da QAI em pequenos edifícios de serviços e os avanços em termos de legislação, projectos e estudos realizados na União Europeia sobre esta temática.

O segundo capítulo, designado por “Fumo do tabaco ambiental”, aborda todos os conceitos relacionados com esta temática, a sua composição e os efeitos no ser humano.

O terceiro capítulo descreve as etapas que devem ser seguidas para a análise experimental. É ainda descrito o equipamento utilizado para a obtenção dos dados.

O quarto capítulo descreve os casos de estudo, onde é analisada a QAI em pequenos edifícios de serviços onde é permitido fumar.

No quinto capítulo apresentam-se os resultados e discussão relativa aos casos de estudo.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões gerais observadas através da análise do caso de estudo.

2. Fumo do Tabaco Ambiental (FTA)

O FTA é emitido por diversas fontes sendo a principal o cigarro, mas também as cigarrilhas, charutos, cachimbos e outras. Consiste em duas fracções: o fumo que é inalado pelo fumador, do qual uma parte fica retida no corpo e a restante é exalada – comumente designado por “mainstream smoke” – e o fumo resultante da queima directa do tabaco (no cone) – “sidestream smoke”- que não é fumado directamente. O SS tem uma temperatura de combustão mais baixa que o MS, pelo que o primeiro tem maior teor de substâncias que o segundo. Os não fumadores expostos ao FTA inalam sempre as duas fontes, ou seja, diluições do SS e os MS exalados pelos fumadores directos que, comumente se refere como tabagismo passivo ou involuntário. (Samet et al., 2005)

Já foram tomadas muitas medidas para promover zonas sem fumo na UE. A legislação nacional varia significativamente consoante os Estados-Membros.

2.1. Composição do FTA

O FTA é uma mistura complexa constituída por mais de 4000 substâncias químicas, incluindo mais de 50 agentes cancerígenos conhecidos e muitos agentes tóxicos. As principais substâncias e mais amplamente estudadas, que compõem o FTA são o alcatrão, nicotina, monóxido de carbono e partículas finas.

O alcatrão consiste numa mistura de partículas finas. A inalação de ar contendo alcatrão implica que uma parte desta substância cubra os pulmões, obstruindo os alvéolos pulmonares e causando escurecimento dos dedos e da dentição.

A nicotina é um composto químico incolor tóxico e altamente viciante. Se a quantidade de nicotina existente num cigarro fosse injectada num adulto, este morreria imediatamente. Todavia, durante o fumo, apenas uma parte da nicotina é absorvida no corpo e nunca ao mesmo tempo. A nicotina reage ainda com outras substâncias durante o processo de combustão do tabaco, originando substâncias igualmente tóxicas, (Exemplo: 3-etinilpirideno (3-EP)).

O monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro. Resulta essencialmente de combustíveis fósseis mas também do tabaco. A sua inalação em determinadas quantidades pode causar sufocamento e é um gás mortal dada a maior afinidade da hemoglobina para o monóxido de carbono comparativamente como oxigénio.

Partículas é um termo genérico para o conjunto partículas sólidas e/ou líquidas suspensas no ar. Estas partículas podem ainda ser designadas como PM_{10} – partículas com diâmetros inferiores a 10 μm . As $PM_{2.5}$ – partículas com diâmetros inferiores a 2.5 μm - são as que produzem as piores consequências na saúde. As partículas resultantes do fumo do tabaco são predominantemente as $PM_{2.5}$. (REHVA, 2008).

O nariz humano e a traqueia conseguem capturar e expelir partículas com um diâmetro de 4 a 10 μm , impedindo-as de chegar ao pulmão.

Existem ainda outras substâncias relevantes como amónia, formaldeído, ácido hidrocianítico, dióxido de nitrogénio, ácido sulfúrico, nitrosomonas, etc.

Na Tabela 2.1 apresentam-se os valores típicos das emissões de um cigarro para determinados componentes:

Tabela 2.1 - Valores típicos das emissões de um cigarro

Tipo	Poluente	mg
Partículas	PM ₁₀	18 ¹
Químicos	CO ₂	160 – 550 ²
	CO	60 ¹
	Formaldeído (HCHO)	0,4 ²
	COV Totais	3,6 ¹

2.2. Malefícios do FTA

A exposição ao FTA, principalmente para os não fumadores, para além dos incómodos olfactivos, pode causar também irritações nos olhos, nariz e garganta. Uma exposição prolongada ao FTA aumenta o risco de desenvolvimento de bronquites, pneumonia, cancro do pulmão e coração, e alterações na circulação vascular. Mesmo que a exposição seja de pouca duração poderá ocasionar dificuldades na respiração, tosse, irritações de pele entre outras reacções físicas.

Devido ao pequeno tamanho das partículas que constituem o FTA, estas, quando inaladas, penetram profundamente nos pulmões podendo causar irritações nas mucosas, sufocamento, ataques em asmáticos e desenvolvimento de bronquites. As consequências podem ainda ser agravadas quando combinadas com outras substâncias como o formaldeído (REHVA, 2008).

Há cada vez mais indícios de existência de uma relação causal entre tabagismo passivo e acidentes vasculares cerebrais nos não fumadores, embora seja necessária investigação suplementar para estimar esse risco.

O tabagismo passivo está associado a doenças respiratórias e é um importante factor de agravamento para pessoas com asma, alergias e doenças pulmonares obstrutivas crónicas conducentes à exclusão social e laboral. (Comissão das Comunidades Europeias, 2007).

Apesar de haver muitas divergências sobre as reais consequências do fumo do tabaco na saúde humana, existe consenso sobre algumas, designadamente:

- Prevalência acrescida de doenças respiratórias;
- Diminuição da função pulmonar;
- Aumento da frequência de bronquites e pneumonias;
- Aumento da frequência de efusão no ouvido médio;
- Aumento de da frequência de episódios e sintomas de asma;

¹ Simone Charles et al, VOC and Particles Emissions from Commercial Cigarettes: Analysis of 2,5 DMF as na ETS Tracer, Environ Sci Tehnol 2008, 42, 1324-1331.

² REHVA GUIDE BOOK n° 4, Ventilation and Smoking, Hakon Skistad & Ben Brosema Editors

- Maior risco de contrair asma;
- Factor de risco para cancro do pulmão;
- Factor de risco para doenças coronárias.

Segundo o relatório do “Dutch Foundation Smoking and Health” (Stivoro) (REHVA, 2008) a exposição ao FTA:

- Aumenta o risco de contrair cancro de pulmão em 20%. Estima-se que várias centenas das 8900 mortes, devido a cancro de pulmão, têm origem no FTA;
- Aumenta o risco de problemas cardíacos em 20 a 30 %. Dos cerca de 48000 alemães que morrem anualmente devido a complicações cardíacas, 2000 a 4000 são ocasionadas pelo FTA;
- Frequentemente, em quartos de bebés, aumenta a probabilidade de SIDS (do inglês “Sudden Infant Death Syndrome”, ou SMSI – “Síndrome da Morte Súbita Infantil”) em aproximadamente 10% o que significa mais 10 SIDS por ano;
- Aumenta em cerca de 20 a 50 % o risco de infecções respiratórias. Anualmente, várias dezenas de milhar de crianças contraem asma ou outras complicações crónicas do foro respiratório, em resultado da exposição involuntária ao FTA;
- Um não fumador exposto ao FTA, no seu local de trabalho, vê aumentado o risco de problemas de saúde em cerca de 16-19%.

2.3. Curiosidades sobre o FTA

Um estudo realizado em 2001 e 2002 em diferentes recintos públicos, de sete cidades europeias, revelou que o FTA estava presente na maioria dos recintos públicos estudados, incluindo restaurantes, cafés e bares, espaços de lazer, transportes, hospitais e estabelecimentos educativos. As concentrações de FTA mais elevadas foram detectadas em bares e discotecas, equivalendo uma exposição de quatro horas numa discoteca a viver um mês com um fumador.

Não foi estabelecido nenhum nível seguro relativamente à exposição ao FTA, nem há quaisquer expectativas de investigações suplementares que venham a identificá-lo.

Algumas das substâncias que resultam da combustão não ficam no local onde são emitidas, uma vez que podem ser fixadas no corpo humano.

Um inquérito europeu, realizado junto de grandes asmáticos, concluiu que uma das suas maiores ambições para o futuro era poderem respirar ar puro (Comissão das Comunidades Europeias, 2007).

2.4. Rácio de emissões do fumo do tabaco

Para determinar este rácio é necessário conhecer as substâncias que se pretendem controlar, a quantidade de fontes de emissão por hora e as respectivas emissões dessas substâncias.

Muito pouco se sabe sobre os padrões de consumo de fumadores. No entanto, a Stivoro elaborou um estudo sobre os padrões de consumo onde considera que, um fumador médio consome cerca de 20 cigarros por dia e um fumador compulsivo consome cerca de 30 cigarros por dia. Assumindo que por dia, cerca de 10 horas são destinadas ao sono e outras actividades, um fumador médio consome cerca de 1,4 cigarros/h e um fumador compulsivo consome cerca de 2,1 cigarros/h. Assumindo que num determinado espaço padrão para fumadores, cerca de 75% são fumadores médios e os restantes são fumadores compulsivos, então um fumador padrão consome cerca de 1,6 cigarros/h.

A criação de zonas sem fumo protegeria as pessoas dos efeitos nocivos da exposição ao FTA e também contribuiria para reduzir o consumo de tabaco junto da população em geral. É neste contexto que surge o Decreto-Lei nº 37/2007 de 14 de Agosto, que aprovou as normas para a protecção dos cidadãos no que diz respeito à exposição involuntária ao fumo do tabaco, bem como as medidas de redução da sua procura e a cessação do seu consumo. As regras são apertadas para fumadores e estabelecimentos, mas permitem algumas excepções. No entanto, todos têm o direito de exigir o cumprimento da Lei.

Esta lei (Decreto-Lei nº 37/2007, denominado por “Lei do Tabaco”) entrou em vigor no dia 1 de Janeiro de 2008. Desde a sua implementação, tem-se revelado controversa e polémica, tendo assumido contornos mediáticos. A sua implementação trouxe, naturalmente, implicações ao nível social, económico e ambiental.

2.5. Estratégias de Ventilação

2.5.1. Ventilação

Com o objectivo de evitar um maior incómodo causado pela exposição ao FTA e reduzir os riscos que daí advém, diversas medidas devem ser diligenciadas. A ventilação é talvez a mais importante (excluindo a opção de proibição total de fumar), apesar de não ser suficiente.

O objectivo da ventilação é fornecer “ar novo” a um determinado espaço, de forma a remover o ar poluído ou contaminado existente nesse mesmo espaço.

A ventilação tem de ser ajustada em função da quantidade dos poluentes e dos requisitos pretendidos para a QAI. Estes requisitos são habitualmente definidos em termos de um critério de conforto, no qual a qualidade olfactiva do ar tem de cumprir algumas normas higiénicas (REHVA, 2008).

É necessário ter em consideração o uso e a manutenção das instalações de ventilação, bem como ter um cuidado especial na arquitectura interior.

É obvio que não se consegue cumprir os requisitos e padrões de qualidade exigidos, nos espaços onde é permitido fumar, recorrendo apenas aos sistemas tradicionais de ventilação.

Se a única fonte de contaminação do ar é devida ao metabolismo dos ocupantes, ou seja, aos bio-efluentes, a concentração de dióxido de carbono seria o indicador de referência da qualidade do ar, razão pela qual, o CO₂ é várias vezes utilizado como referência para comparações.

Quando há fumo de tabaco envolvido, o critério de conforto deve ser substituído por um critério de higiene. A taxa de ventilação deve ser, nestes casos, ajustada em função da concentração de fumo de tabaco.

2.5.2. Ventilação Natural

Entende-se por Ventilação Natural a admissão e extracção de ar de um espaço interior por meio de aberturas intencionais na envolvente (*e.g.*, janelas, grelhas de arejamento, chaminés) e sob a acção das forças naturais do vento e das pressões derivadas das diferenças de temperatura (“stack effect”).

2.5.3. Ventilação Mecânica ou Forçada

É a ventilação promovida por meios mecânicos (ventiladores). Pode ser, essencialmente, ventilação de um espaço por insuflação, extracção ou balanceada.

i. Ventilação por Mistura

Durante várias décadas, a forma mais comum de ventilação em espaços fechados era a ventilação por mistura (ou por diluição). Concretamente consiste na mistura entre o “ar novo” que é introduzido no espaço e o ar já existente, que contém contaminantes diluídos e, por conseguinte, mantendo a concentração destes contaminantes abaixo de determinados níveis. Usualmente, o ar é fornecido por difusores localizados no tecto (REHVA, 2008).

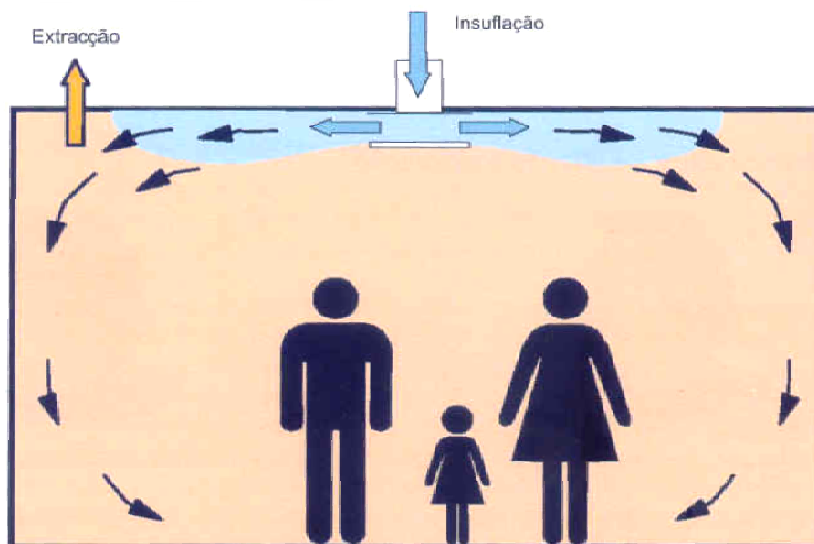


Figura 2.1 - Ventilação por Mistura (adaptado de REHVA, 2008)

Este modelo tem a vantagem da temperatura e da qualidade do ar serem distribuídos uniformemente pelo espaço e do ar ser fornecido longe das zonas ocupadas, uma vez que as unidades de insuflação se encontram no tecto.

Por outro lado tem a desvantagem do ar insuflado se misturar com o ar contaminado e ser introduzido no interior do espaço.

ii. Ventilação Estratificada

Neste tipo de ventilação o ar é insuflado ao nível do chão, com uma temperatura ligeiramente inferior à do interior da sala, para que o “ar novo” preencha o espaço a partir de baixo. O ar contaminado, aquecido pelas pessoas na sala, ascende devido diminuição da sua densidade, transportando consigo os contaminantes (Figura 2.2). Isto pode ser verificado quando o fumo exalado se encontra acima do fumador.

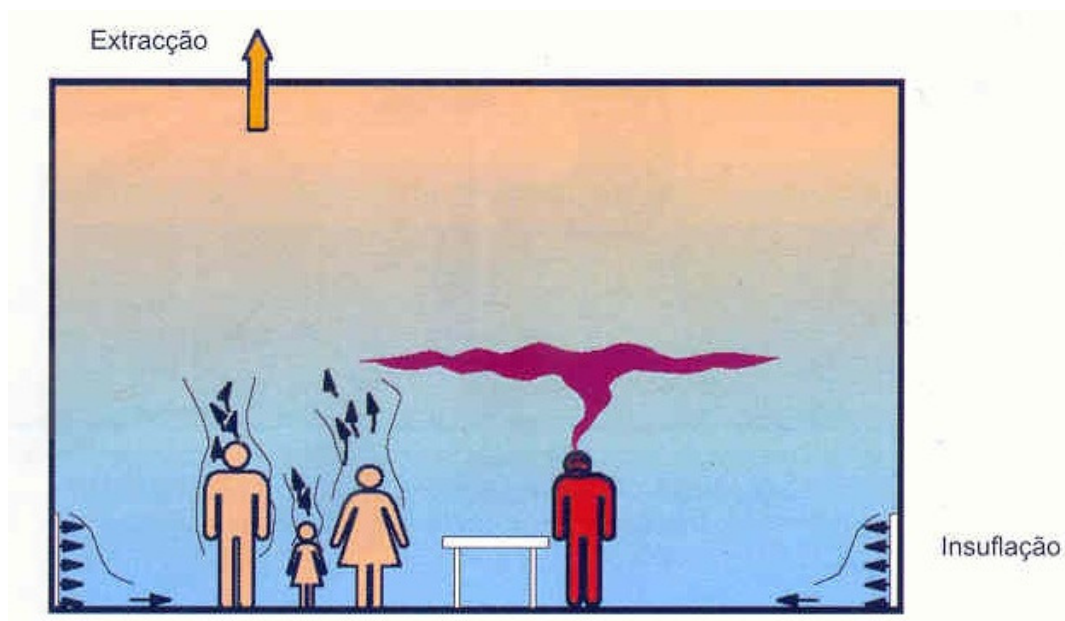


Figura 2.2 - Ventilação Estratificada (adaptado de REHVA, 2008)

Este sistema apresenta a vantagem do ar que se encontra na zona ocupada ser de melhor qualidade que o ar que se encontra na parte superior do espaço. Para um determinado caudal de renovação a qualidade de ar com este sistema é substancialmente melhor que com o sistema de ventilação mista.

Por outro lado, pode tornar-se difícil conseguir localizar os dispositivos de insuflação nas paredes, ou mesmo que se consiga, pode causar incómodo às pessoas situadas na proximidade do dispositivo.

iii. Fluxo de ar em torno do local de extracção

Quando se pretende extrair os contaminantes de forma mais eficiente, é necessário conhecer os padrões de fluxo de forma a conduzir o ar para próximo dos locais de extracção. Isto pode ser efectuado da forma exemplificada na Figura 2.3. Neste caso o ar contaminado irá fluir em direcção ao tecto. Portanto, procurar forma de conduzir o ar contaminado para os locais de extracção, combinado com uma cortina de fumo, é uma das formas mais eficientes de retirar os contaminantes.

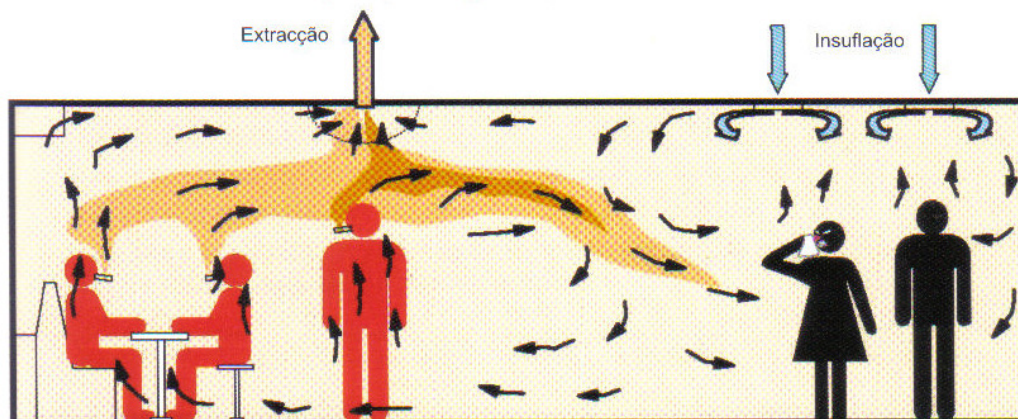


Figura 2.3 - Fluxo de Ar em torno do local de extração (adaptado de REHVA, 2008)

iv. Outras técnicas

Outras técnicas de ventilação podem ser utilizadas, através de ventilação mecânica, com recurso a fluxo de temperatura e zonas de depressão, que facilmente se encontram na bibliografia da especialidade (REHVA, 2008).

2.6. Visita Preliminar ao Edifício

Nenhuma auditoria pode ser convenientemente preparada e planeada sem um reconhecimento presencial do edifício. Esta fase é de extrema importância para verificar o rigor e actualização dos documentos facultados, assim como, para a obtenção de informação adicional a estes. É recomendado que a equipa de PQ seja acompanhada pelo técnico responsável pelo edifício (The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2003).

3. Metodologia e Equipamento

O estudo foi efectuado no âmbito da Dissertação de Mestrado com o tema “Caracterização da Qualidade do Ar Interior em Espaços Públicos com permissão de fumar”, para protecção da saúde da população e avaliação do impacte da Lei Anti-Tabaco.

Uma das disposições do RSECE-QAI (art. 29.º) é que em espaços onde seja permitido fumar, servidos por novas instalações de climatização, sujeitas aos requisitos do presente regulamento, os valores da tabela referidos no mencionado Anexo VI passam a, pelo menos, 60 m³/(h.ocupante), devendo esses espaços ser colocados em depressão relativamente aos espaços contíguos, onde não seja permitido fumar. Para os espaços destinados a não fumadores, os valores genéricos são de cerca de 35 m³/(h.ocupante).

Para efeitos de auditoria é necessário contabilizar a concentração de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. A Tabela 3.1 expõe quais os poluentes que devem ser objecto de verificação de conformidade, assim como as concentrações máximas de referência para o interior dos edifícios estabelecidas pelo RSECE.

Tabela 3.1 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios

Tipo	Poluente	Limite (RSECE)	
		mg/m ³	ppm
Físicos	Partículas suspensas no ar (PM ₁₀)	0,15	---
Químicos	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1800	1000
	Monóxido de Carbono (CO)	12,5	10,9
	Ozono (O ₃)	0,2	0,1
	Formaldeído (CHOH)	0,1	0,08
	Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV _{totais})	0,6	0,26 (isobutileno)
			0,16 (tolueno)
	Radão ³	400 Bq/m ³	
Microbiológicos	Bactérias	500 UFC/m ³	
	Fungos	500 UFC/m ³	
	<i>Legionella</i>	100 UFC/L água	

Fonte: Anexo II da NT-SCE-02.

Os equipamentos utilizados, assim como os métodos de medição adoptados por estes, diferem consoante o tipo de poluentes a monitorizar, tendo-se servido de 2 equipamentos distintos.

Para quantificar a concentração de partículas suspensas no ar, com diferentes dimensões, utilizou-se o LightHouse Handheld 3016 IAQ, programado para efectuar 3

³ Apenas aplicável em edifícios construídos em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco, RSECE – ponto 8 do art.º 29º. As unidades são Becquerel/m³.

ciclos de medição com a duração de 2 minutos cada. É um aparelho que serve para medir a concentração de partículas suspensas no ar e detecta partículas de seis tamanhos diferentes, desde $0,3\mu\text{m}$ até $10\mu\text{m}$.

Uma vez que existem 3 equipamentos para o registo da concentração de CO_2 , optou-se por utilizar o Fluke 975 AirMeter™ nas medições contínuas e de maior duração, podendo para o mesmo efeito utilizar-se o Sensotron PS32 e ainda poderia usar-se para medições de CO_2 e poluentes químicos CO , O_3 e $\text{COV}_{\text{totais}}$ o GrayWolf IQ610.

No que respeita ao conforto térmico, foi registada a temperatura e humidade relativa em cada um dos locais de medição, com recurso ao Fluke 975 AirMeter™, embora outros equipamentos acima mencionados (GrayWolf IQ610, LightHouse Handheld 3016, Sensotron PS32) também pudessem ser usados para o mesmo fim.

Na figura seguinte são ilustrados os dois equipamentos utilizados.

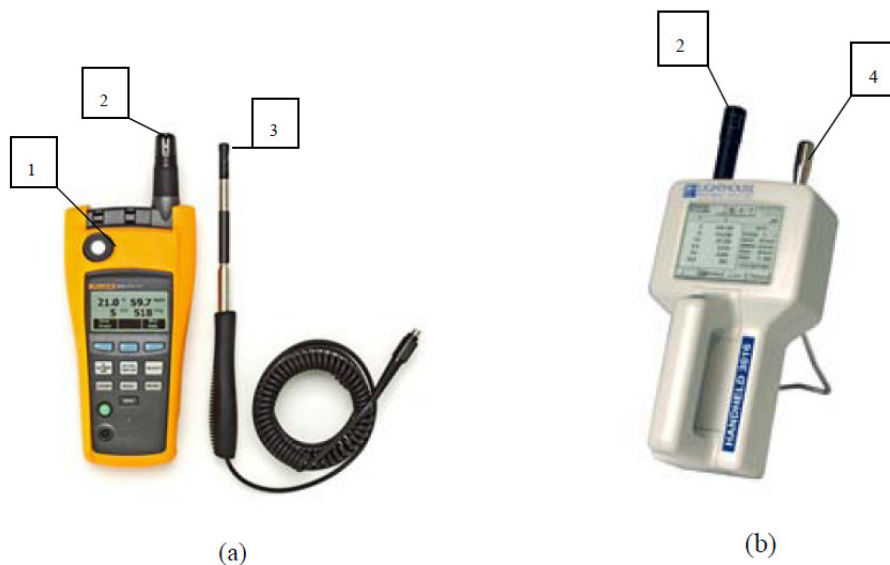


Figura 3.1 - Instrumentos utilizados nas medições efectuadas: (a) Fluke 975 AirMeter™; (b) LightHouse Handheld 3016 IAQ

Sumariamente, o funcionamento do Fluke 975 AirMeter™ (a) resume-se à análise das concentrações de CO e CO_2 no ar recolhido num orifício (1), sendo as medições de temperatura e humidade relativa efectuadas pelos sensores (2), pode ser ainda conectado um acessório (3) que efectua as medições da velocidade do ar.

No que se refere à medição de partículas, o LightHouse Handheld 3016 IAQ (b) recolhe pequenos volumes de ar através do colector (4), em intervalos de tempo pré-estipulados, que analisa quantitativamente e em função do diâmetro, simultaneamente. Este possui, também, sensores (2) para medição da temperatura e humidade relativa.

As medições foram efectuadas de Abril a Julho do presente ano.

Desde que surgiu, a Lei do Tabaco tem sido alvo de algumas críticas no que diz respeito à sua implementação e também a algumas disposições e incoerências.

Uma das falhas identificadas está relacionada com o art. 23.º da presente lei, onde se remete para a DGS a responsabilidade na promoção do cumprimento das disposições legais, tendo esta entidade optado, estranhamente, pela não inclusão do IPQ no Grupo Técnico para as normas de ventilação.

Numa série de comunicados, a DGS tem entrado em contradições constantes, ignorando a existência de normas de ventilação e demonstrando alguma ignorância técnica.

A DGS remete para a ASAE a fiscalização da lei, sendo atribuída a esta entidade 30% do valor das coimas, existindo uma recomendação da DGS que aponta que as inspeções sejam feitas por técnicos da ASAE através de um “teste de fumo”. Este “teste de fumo” é uma técnica qualitativa, sendo a avaliação que resulta da sua aplicação, inevitavelmente, subjectiva. Os resultados serão facilmente contestáveis em termos jurídicos, pelo que é difícil compreender a sua adopção quando existem métodos quantitativos de aplicação fácil e não obrigatoriamente onerosa, que possibilitariam a verificação dos limites legais vigentes.

No entanto, a grande crítica tem-se concentrado em torno das excepções da lei. A título de exemplo, no n.º 6 do art. 5.º atribui-se aos proprietários, de locais com área destinada ao público inferior a 100 m², a possibilidade de optarem por estabelecer a permissão de fumar, desde que se cumpram alguns parâmetros, o que constitui uma clara adulteração do espírito inicial da lei.

4. Casos de Estudo

4.1. Caracterização da QAI em espaços públicos onde é permitido fumar

Neste capítulo caracterizam-se os espaços em estudo e os sistemas de AVAC neles existentes. Por fim, identificam-se os métodos e equipamentos utilizados e o respectivo planeamento das campanhas de medições da auditoria.

4.2. Características dos Espaços Públicos em estudo

Os edifícios estudados são classificados, segundo a nomenclatura do SCE, como pequenos edifícios de serviços, mais concretamente, cafés e bares, em cujo interior é permitido fumar.

É necessário conhecer algumas características dos edifícios onde serão efectuadas as medições, tais como: área e volume do espaço onde é permitido fumar, lotação do local, verificar o tipo de ventilação existente. Durante o processo de medições, é necessário ter em conta o número de pessoas existentes no local, e quantas dessas pessoas estão a fumar, para estabelecer uma relação com os valores obtidos.

Diversas opções arquitectónicas podem e devem ser consideradas quando se realizam projectos de espaços que compreendem zonas para fumadores. Para novos espaços e para casos de alterações a espaços já existentes, deve optar-se preferencialmente por salas específicas para fumadores, isoladas e separadas das demais por portas. Desta forma, as concentrações de FTA nas salas contíguas, para não fumadores, são muito mais baixas.

Contudo, em muitos casos, a separação física dos espaços de fumadores e não fumadores, acarreta algumas desvantagens, em termos de funcionalidade e de harmonia arquitectónica, de operação e mesmo em termos de convivência social. (REHVA, 2008)

Outras questões que devem ser verificadas na concepção deste tipo de espaços são:

- A localização da zona de fumo relativamente à entrada e/ou saída do espaço, bem como em relação às instalações sanitárias, bares, etc. No fundo, o objectivo é conceber uma arquitectura em que não fumadores, funcionários, clientes consigam deslocar-se através do espaço sem se sujeitarem a passar na zona de fumo;
- A localização das salas e/ou zonas de fumo em relação a zonas com sistemas de exaustão, tais como instalações sanitárias, corredores, que geralmente se encontram em elevada depressão relativamente a divisões contíguas. As salas e zonas de fumo encontram-se sempre em depressão em relação as restantes;

- A distância entre os lugares sentados para fumadores e não fumadores. Um fumador pode exalar fumo a uma distância próxima dos 2 metros;
- O número de janelas que podem ser abertas e a sua localização relativa aos espaços de fumo e a direcção dominante dos ventos. O vento não deve circular em direcção a zonas destinadas a não fumadores, para não as contaminar com FTA. As zonas de fumo devem situar-se, preferencialmente, em “ângulos cegos”, por exemplo, a seguir a paredes ou a fachadas sem janelas que possam ser abertas;
- A separação entre zonas de fumadores e não fumadores pode ser efectuada por diversas formas, desde a separação através de uma parede com porta, com uma passagem aberta ou através de uma cortina de fumo a 0,3 a 0,5 m do tecto. No entanto, deve privilegiar-se a separação entre salas, a mais pequena possível;
- Devem ainda ser instaladas, preferencialmente, portas deslizantes, se possível electricamente, sobretudo em restaurantes. Portas de dobradiças causam grandes variações ao equilíbrio entre espaços, o que pode resultar no aumento até 5 vezes a quantidade de FTA, quando comparadas a portas deslizantes (REHVA, 2008).

Para desenvolver o presente estudo de caracterização da QAI em espaços de acesso público com permissão de fumar, decidiu-se fazer uma aplicação a vários casos reais.

Escolheram-se arbitrariamente sete pequenos edifícios de serviços, nomeadamente cafés e bares, que por razões de salvaguarda de qualquer interesse do estabelecimento, serão designados daqui em diante por Café e Bar.

4.2.1. Caracterização do Café 1

O Café 1 situa-se em Coimbra e é composto por duas salas, uma para não fumadores e outra para fumadores. Foram analisadas as duas salas. Deu-se maior importância à sala de fumadores pelo facto de ser uma sala fechada e possibilitar o estudo com maior estabilidade das variáveis.

As medições na sala de não fumadores foram apenas efectuadas para verificar se existia alguma interferência na concentração de partículas quando existissem fumadores na sala adjacente (sala de fumadores).

Na sala de fumadores foram efectuadas duas medições, em dias diferentes e com diferente lotação (no dia 20 de Abril, das 15h10 às 16h45 e no dia 7 de Julho, durante um curto intervalo de tempo). A sala apresenta 3 janelas e uma porta de vaivém.

No dia 20 de Abril foram efectuadas medições dos níveis de CO₂, temperatura, humidade relativa e PM₁₀ (concentração de partículas).

Existem grelhas de arejamento, próprias para ventilação natural e existe ventilação mecânica por insuflação e extracção. Há uma clara entrada de ar na sala e o espaço encontra-se em depressão. Na sala de não fumadores efectuaram-se medições no dia 7 de Julho.

4.2.2. Caracterização do Café 2

O Café 2 situa-se em Coimbra e é composto por duas salas, uma interior para não fumadores e uma exterior (tipo marquise) para fumadores. Foi analisada a sala de fumadores: é uma sala rodeada de portas de correr.

Foram efectuadas medições dos níveis de CO₂, temperatura, humidade relativa e PM's (concentração de partículas) no dia 21 de Abril, das 15h40 às 16h40. Existem grelhas de arejamento próprias para ventilação natural e turbinas de insuflação.

4.2.3. Caracterização do Café 3

O Café 3 situa-se em Coimbra e é composto por uma sala, onde numa parte é permitido fumar e noutra parte não. Foi analisada a parte da sala onde é permitido fumar.

Foram efectuadas medições dos níveis de CO₂, temperatura, humidade relativa e PM's (concentração de partículas) no dia 2 de Maio das 15h15 às 16h15. A sala apresenta duas portas de acesso ao exterior, que normalmente se encontram abertas.

Existem grelhas de arejamento nas paredes e no tecto, próprias para ventilação natural e existe ventilação mecânica por insuflação.

4.2.4. Caracterização do Café 4

O Café 4 situa-se em Coimbra e é composto por uma sala, onde é permitido fumar. A sala tem uma porta de acesso ao exterior (esplanada), que normalmente se encontra aberta.

Foram efectuadas medições dos níveis de CO₂, temperatura, humidade relativa e PM's (concentração de partículas) no dia 3 de Maio, das 15h50 às 16h50. Existe ventilação mecânica para extracção.

4.2.5. Caracterização do Café 5

O Café 5 situa-se em Coimbra e é composto por uma sala onde é permitido fumar.

Foram efectuadas medições dos níveis de CO₂, temperatura, humidade relativa e PM's (concentração de partículas) no dia 25 de Maio das 14h30 às 15h30. Existe ventilação mecânica e turbinas de insuflação.

4.2.6. Caracterização do Bar 1

O Bar 1 situa-se em Coimbra e é composto por uma sala onde é permitido fumar.

Foram efectuadas medições dos níveis de CO₂, temperatura, humidade relativa e PM's (concentração de partículas) no dia 2 de Junho das 14h às 15h. Existe ventilação mecânica com insuflação e extracção.

4.2.7. Caracterização do Café 6

O Café 6/Pastelaria situa-se na Guarda e é composto por uma sala onde é permitido fumar.

Foram efectuadas medições dos níveis de CO₂, temperatura, humidade relativa e PM's (concentração de partículas) no dia 10 de Maio, das 11h05 às 12h50 e no dia 17 de Maio, das 18h às 18h45. Existe ventilação mecânica (sistema AVAC).

A Tabela 4.1 resume as características e o número de estabelecimentos observados.

Tabela 4.1 - Características dos espaços de amostragem

Café/Bar	Área (m ²)	Altura (m)	Volume (m ³)	Lotação máxima (pessoas)	Local/Cidade
Café 1	43,69	2,453	107,17	32	Coimbra
Café 2	20,63	2,974	61,35	24	Coimbra
Café 3	47,92	2,559	122,62	32	Coimbra
Café 4	27,05	2,596	70,23	20	Coimbra
Café 5	110,23	2,331	256,94	44	Coimbra
Bar 1	87,71	3,197	280,41	56	Coimbra
Café 6 /Pastelaria	150	2,8	420	72	Guarda

5. Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados das diversas medições efectuadas em sete estabelecimentos. Verificou-se em cada edifício a evolução temporal da temperatura e humidade relativa, a concentração de CO₂ e concentração de partículas no ar.

No Café 1 realizaram-se também medições da concentração de partículas para verificar a eficácia do sistema de ventilação existente.

Fizeram-se medições da concentração de partículas no exterior junto a 4 dos estabelecimentos, para verificar a qualidade do ar exterior na proximidade dos locais. Estas medições servem para observar a relação existente entre a QAI nos estabelecimentos e fora deles.

De acordo com o n.º 2 do Artigo 4.º do RSECE, para a verificação dos requisitos exigidos para a QAI, os parâmetros monitorizados, devem cumprir os critérios de conformidade estipulados no Anexo VII da NT-SCE-02. No caso de não cumprimento, é elaborado um Plano de Acções Correctivas de QAI (PAC-QAI) para correcção das ilegalidades.

No que se refere ao conforto térmico este é condicionado pela temperatura, humidade relativa e velocidade do ar. Segundo a ISO 7730, a temperatura na estação fria (Inverno) deverá variar entre os 20 °C e os 24 °C e na estação quente (Verão) entre os 23 °C e os 26 °C; a humidade relativa deverá encontrar-se entre os 30% e os 70%, e a velocidade do ar não deverá exceder os 0,2 m/s na zona ocupada. (Costa, 2008).

Para o tratamento dos dados obtidos, nomeadamente os de temperatura, humidade relativa, CO₂ e concentração de partículas foi utilizado o programa EXCEL.

As partículas do fumo de tabaco apresentam dimensões típicas entre 0,01 e 1 µm. As partículas mais prejudiciais para a saúde são as partículas com diâmetro inferior a 2,5 µm (PM_{2,5}).

O tráfego automóvel é responsável pela emissão de partículas com dimensão superior a 2,5µm.

É importante referir que nas medições de temperatura, humidade relativa e concentração de CO₂ no ar (medições efectuadas com o Fluke 975 AirMeterTM), os valores apresentados correspondentes aos primeiros minutos de medição podem apresentar um certo desfasamento, pois o aparelho ainda se encontrava em período de adaptação.

5.1. Café 1

Temperatura: Apesar de ambos os aparelhos medirem a temperatura e a humidade relativa, constataram-se ligeiras discrepâncias entre os valores registados pelos dois aparelhos. Utilizaram-se como referência os valores registados pelo Fluke 975 AirMeterTM.

No início das medições, às 15h07, a temperatura medida é de 20,6°C, aumentando “ligeiramente” até aos 21,6°C às 16h10, sendo este registo o mais elevado para a temperatura.

Das 15h53 até cerca das 16h17 foi aberta uma porta de acesso à sala de não fumadores (devido a arrumações). Por conseguinte entrou “ar novo” na sala. Não se conhece a quantidade de ar insuflado e não foi medida a temperatura da sala adjacente (sala de não fumadores). Só temos conhecimento da temperatura no exterior do estabelecimento, que era aproximadamente de 18°C.

Assim, não se pode estabelecer qualquer relação com as variações de temperatura verificadas durante este período de tempo. Contudo, o sistema de ar condicionado manteve a temperatura com valores relativamente constantes.

Humidade (HR): A HR medida às 15h07 foi de 67%. O valor mínimo registado foi de 62,7% às 15h39. O valor mais elevado de HR foi registado às 15h10, de 67,5%.

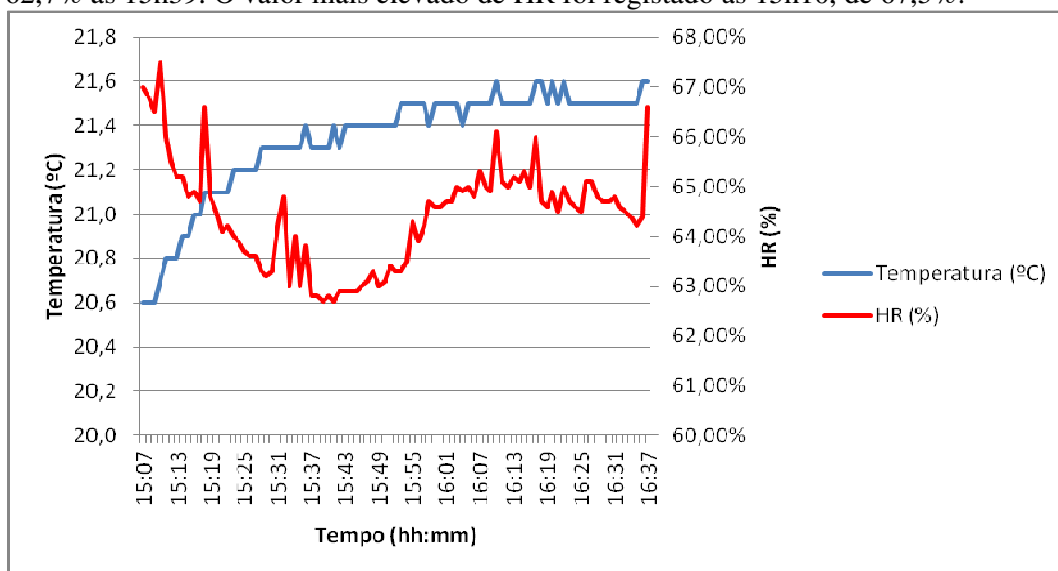


Figura 5.1 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): Às 15h07, no interior da sala, a concentração era de 940ppm. Nesta altura encontravam-se 3 pessoas na sala (1 das quais a fumar). A concentração de CO₂ diminui até 650ppm (às 15h09), apresentando de seguida oscilações de cerca de 90ppm, até às 15h38. Às 15h39 diminui, voltando a aumentar logo de seguida até às 15h48 (610ppm). Diminui até 551ppm (às 15h53) e depois apresenta subidas e descidas com variações de cerca de 235ppm.

O nível máximo admitido pelo RSECE para o CO₂ (1000ppm) não é ultrapassado. A legislação é cumprida.

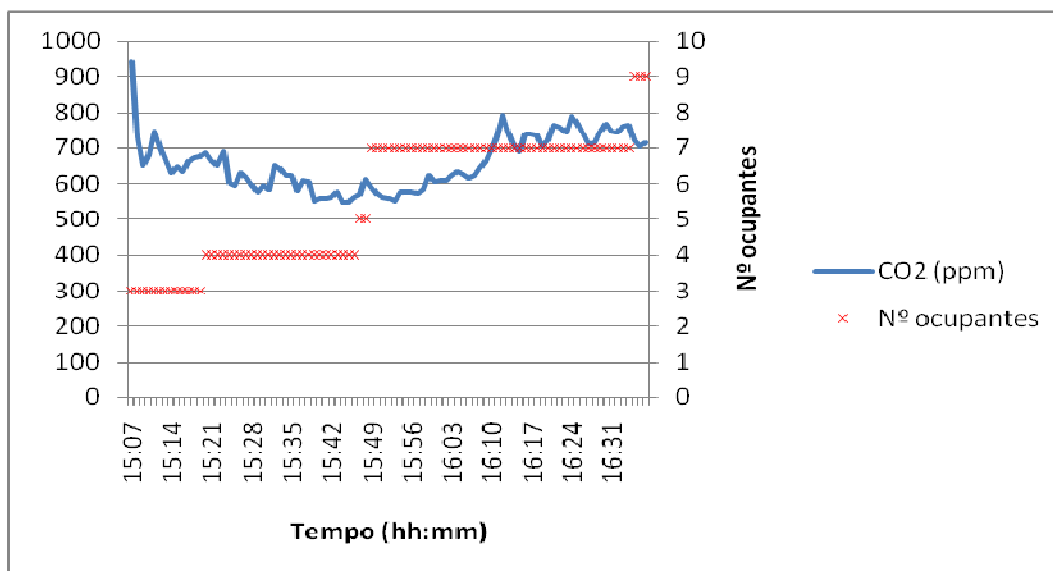


Figura 5.2 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: Às 15h11, no início das medições, foram registados valores acima das $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas (PM₁₀→valores inferiores a $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ exclusive). Nesta altura encontrava-se um fumador na sala. Passados 11 minutos, a concentração baixa para cerca de $93\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor mínimo registado. A partir deste momento, a concentração vai aumentando gradualmente até às 15h32. Das 15h32 às 15h41 nota-se um abaixamento da concentração de partículas. Neste período encontrava-se uma pessoa a fumar. Verificam-se oscilações, sendo o valor máximo registado de $294\mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 16h04). Nesta altura encontravam-se 7 pessoas na sala, estando 2 delas a fumar. A concentração baixa até $98\mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 16h26), apresentando depois variações (subidas e descidas).

O limite estabelecido para as PM₁₀ ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) foi excedido às 15h11, das 15h30 às 15h34, das 15h45 às 16h20, das 16h30 às 16h48, não cumprindo a legislação.

Este valor (limite) é ultrapassado quando o espaço tem apenas $\frac{1}{4}$ da lotação.

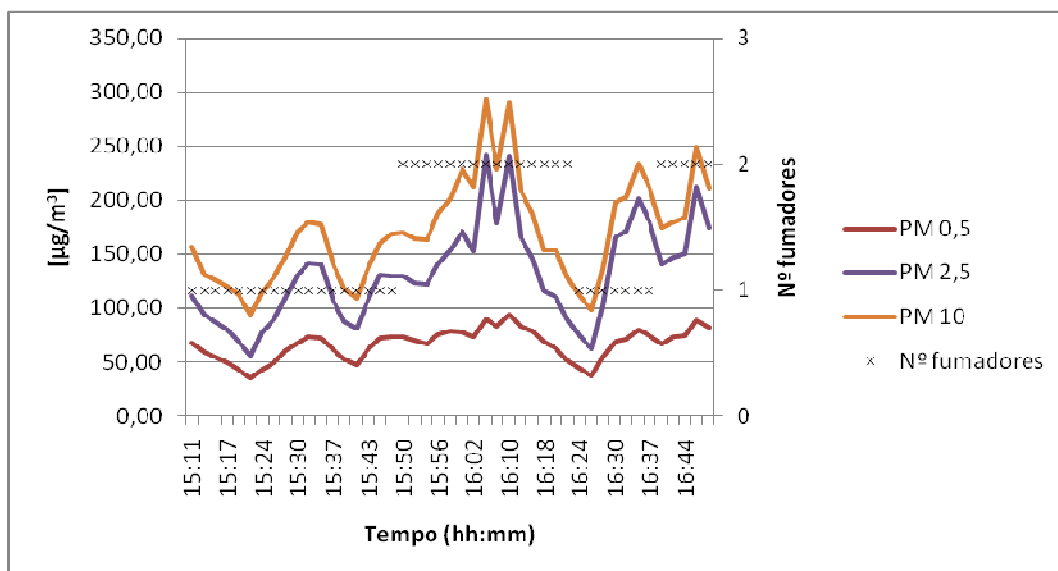


Figura 5.3 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

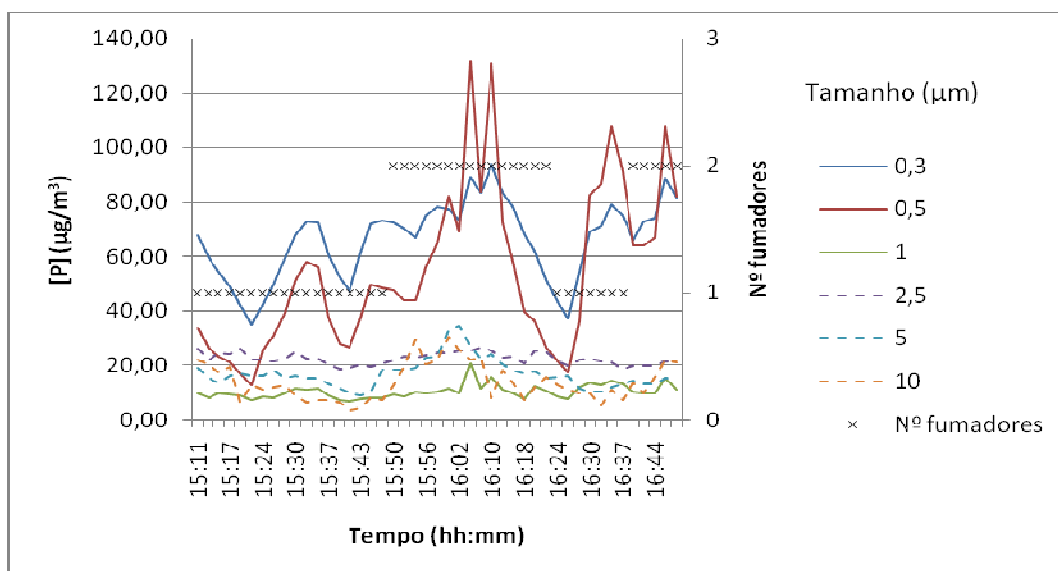


Figura 5.4 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

Ao analisarmos o gráfico que relaciona a concentração das partículas de diferentes dimensões com o tempo de medição, podemos observar que as partículas que apresentam uma concentração mais elevada são as de tamanho $0,3\mu\text{m}$ e $0,5\mu\text{m}$, evidenciando por isso a presença do fumo de tabaco no ar interior.

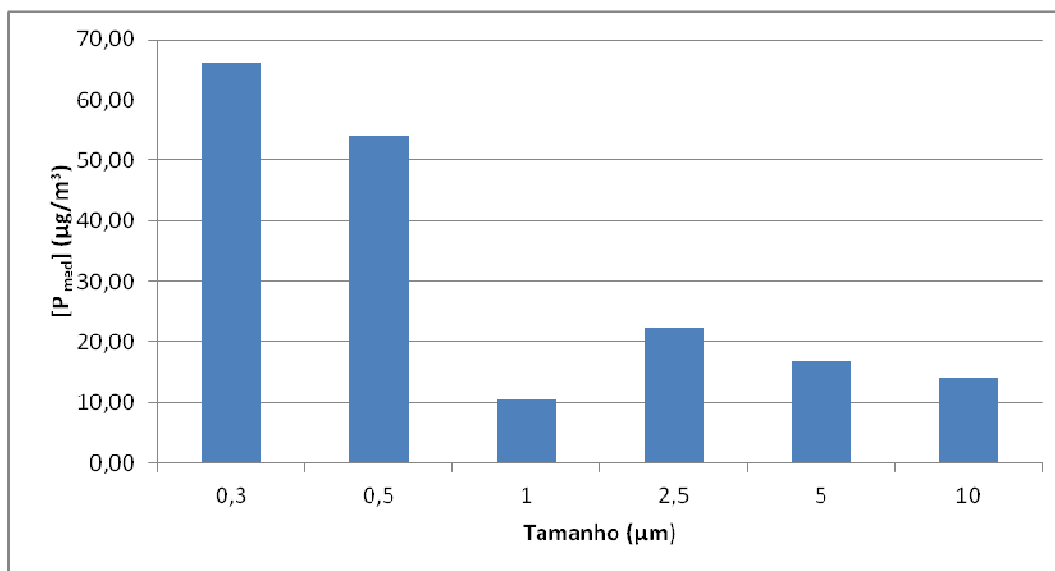


Figura 5.5 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.1 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tamanho (μm)
66,05	0,3
54,23	0,5
10,48	1
22,30	2,5
16,84	5
13,99	10

A concentração das partículas de menores dimensões (0,3 μm e 0,5 μm) é bastante elevada, comparativamente às restantes concentrações de partículas.

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

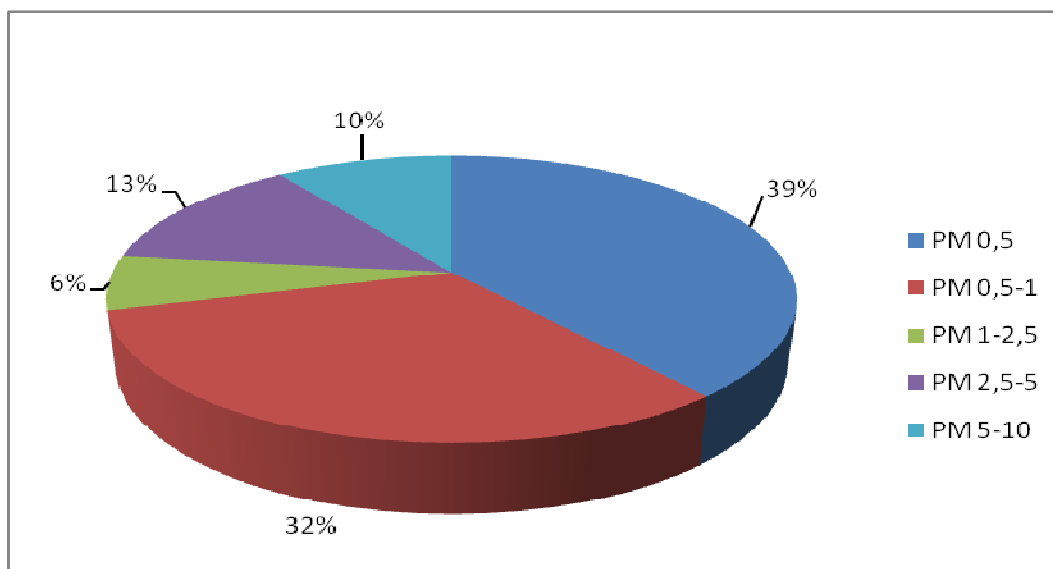


Figura 5.6 - Distribuição de partículas (em percentagem)

39% das partículas dizem respeito às PM_{0,5} e 32% às partículas que têm diâmetro compreendido entre 0,5 e 1 μm .

Os sistemas de AVAC podem constituir uma das principais fontes de contaminação dos ambientes interiores por microrganismos e partículas, sendo por isso de extrema importância para a QAI manter todo o sistema em boas condições de higiene e efectuar manutenções periódicas (Costa, 2008).

A ventilação é muito importante para assegurar uma óptima QAI. É importante entender o funcionamento e impacto da ventilação e ver se está a ser eficiente.

Eficácia do Sistema de Ventilação

Na segunda visita realizada ao Café 1, no dia 7 de Julho, foram efectuadas cinco medições para analisar a eficácia do sistema de ventilação existente na sala de fumadores.

Fizeram-se medições à concentração de partículas na sala de fumadores, com as janelas fechadas e com o sistema de ventilação desligado. Nesta altura, estavam 3 pessoas a fumar.

O limite para as PM₁₀ imposto pelo RSECE é de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e foi excedido durante todo o período de medição.

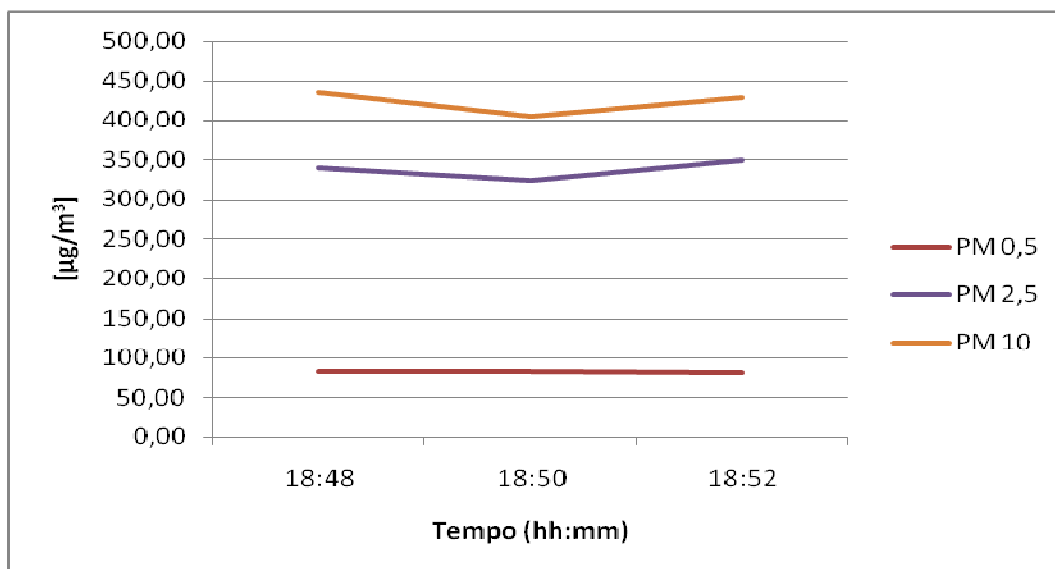


Figura 5.7 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem

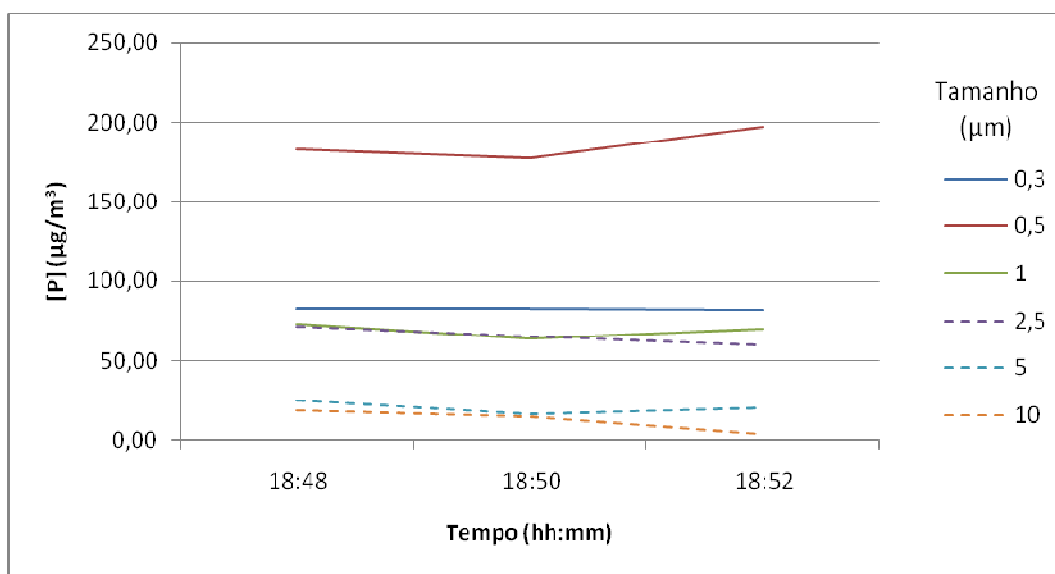


Figura 5.8 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

As partículas que apresentam uma concentração mais elevada são as de tamanho 0,5 µm e 0,3 µm, respectivamente.

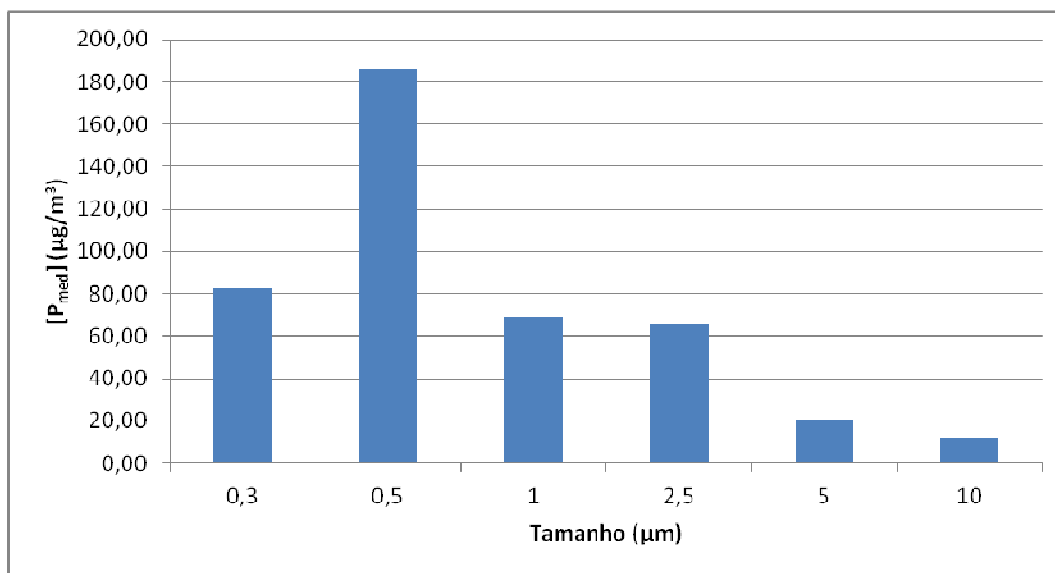


Figura 5.9 - Concentração média de partículas durante o período de medição

A concentração média de partículas mais elevada é observada nas partículas de 0,5 µm de diâmetro.

Tabela 5.2 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
82,56	0,3
185,97	0,5
68,83	1
65,41	2,5
20,54	5
12,33	10

Fez-se uma medição à concentração de partículas na sala de não fumadores, com as janelas da sala de fumadores fechadas e com o sistema de ventilação desligado.

O valor das PM₁₀ não excedeu o limite de 150µg/m³, como se pode visualizar na Figura 5.10.

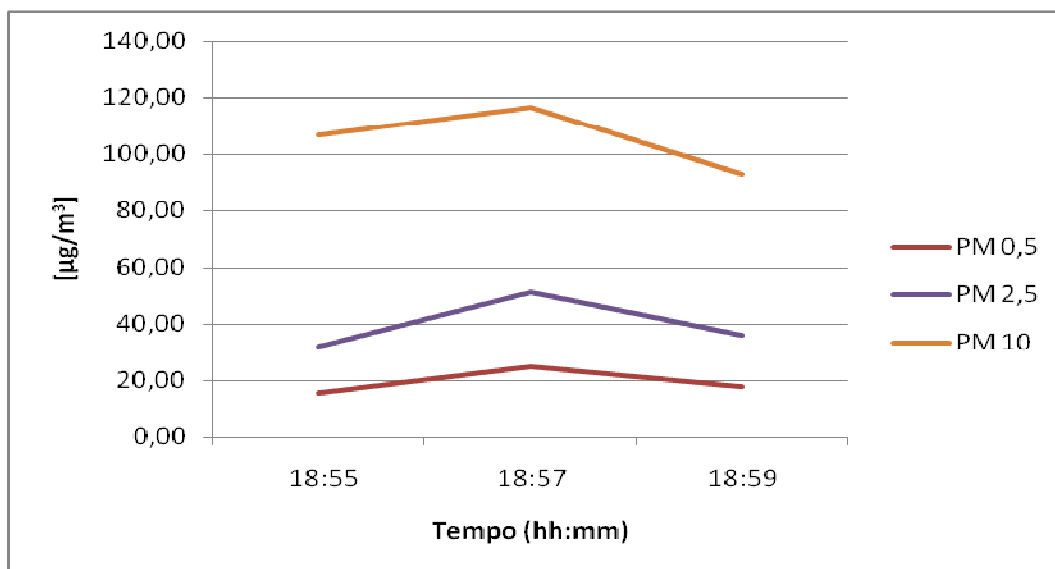


Figura 5.10 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem

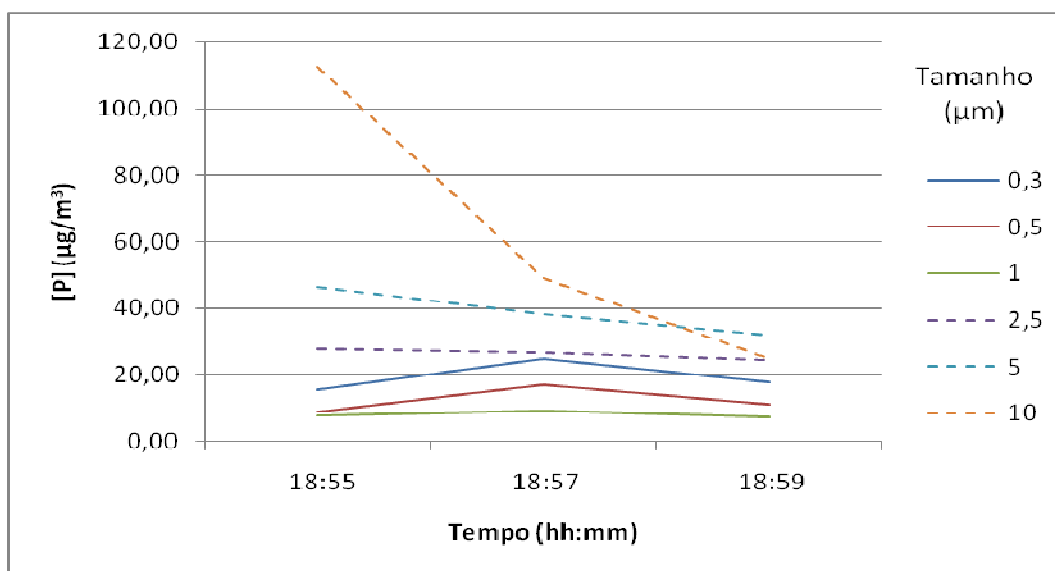


Figura 5.11 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

As partículas com maior concentração são as de tamanho 10 μm .

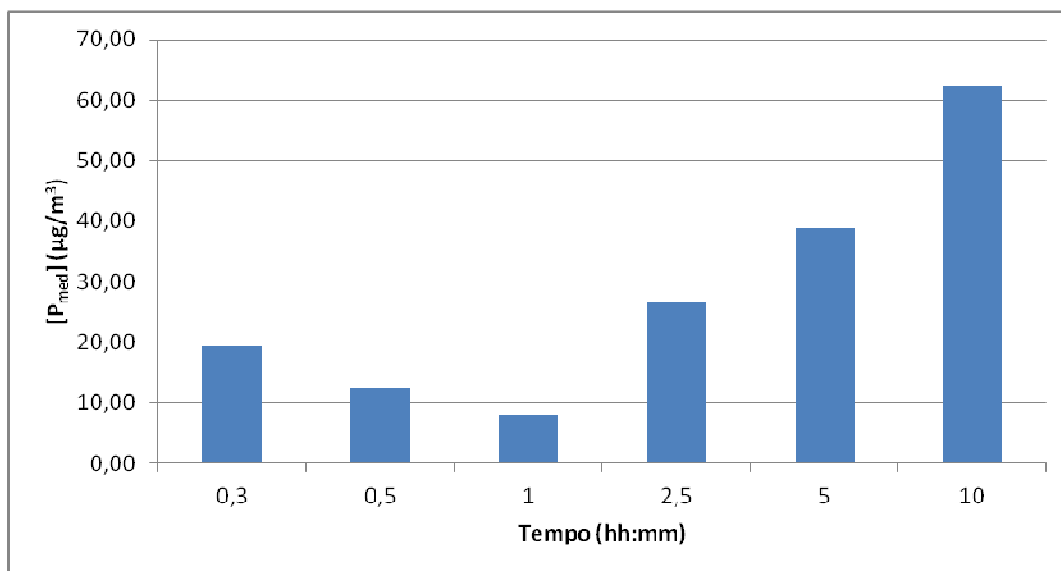


Figura 5.12 - Concentração média de partículas durante o período de medição

A concentração média de partículas com dimensão de 10 µm, durante o período de medição, é de 62,25 µg/m³, seguidas pelas partículas de 5 µm com concentração média de 38,87 µg/m³.

Tabela 5.3 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
19,40	0,3
12,51	0,5
8,07	1
26,54	2,5
38,87	5
62,25	10

Mediu-se a concentração de partículas na sala de não fumadores, com as janelas da sala de fumadores abertas e com o sistema de ventilação desligado.

O valor das PM₁₀ excedeu o limite de 150µg/m³ às 19h01 e das 19h08 até às 19h10, como se pode verificar na figura seguinte.

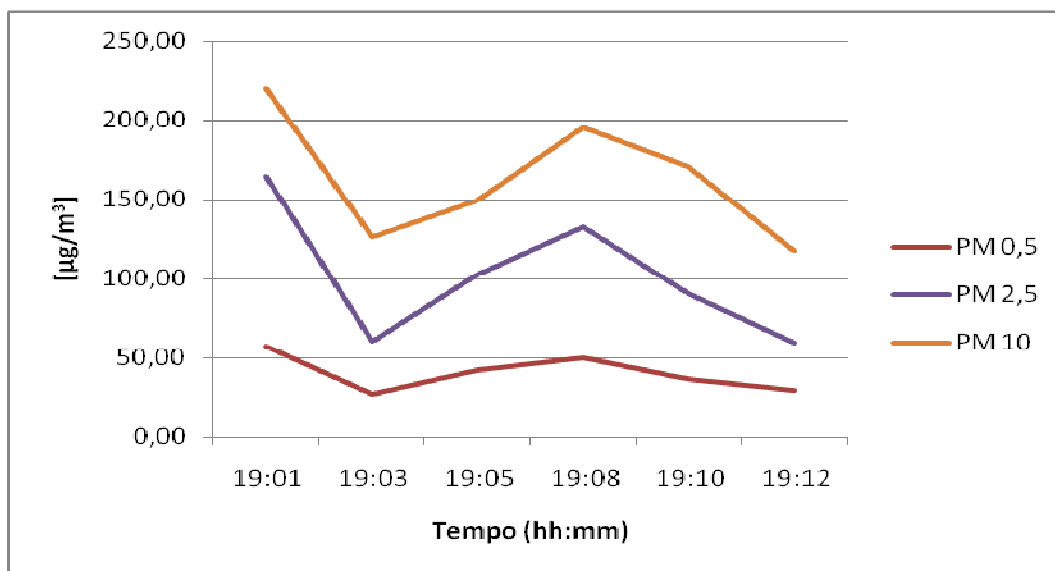


Figura 5.13 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

As partículas que apresentam maior concentração são as de 0,5 µm, tendo as de 10 µm uma concentração alta.

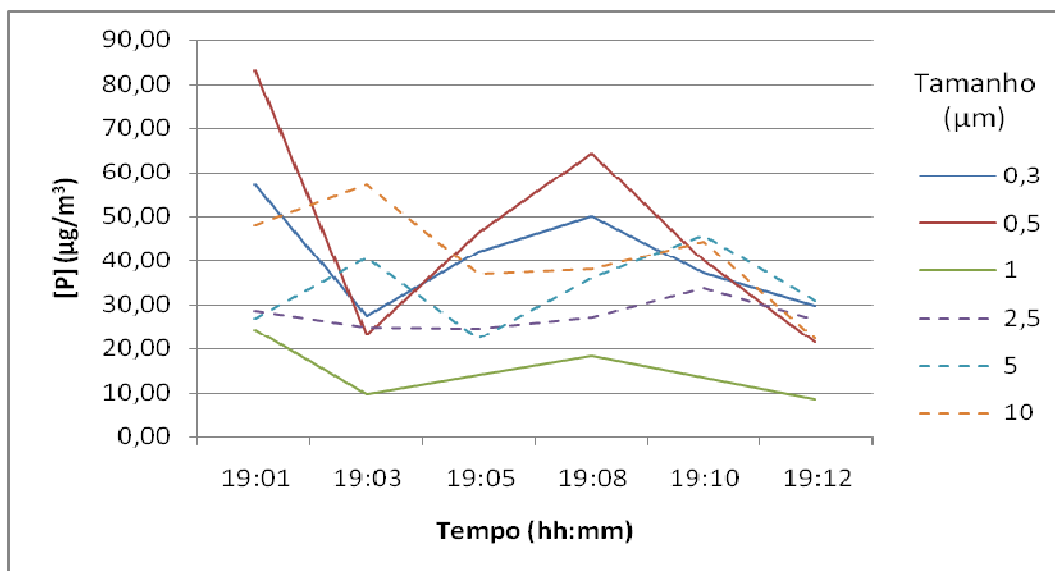


Figura 5.14 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

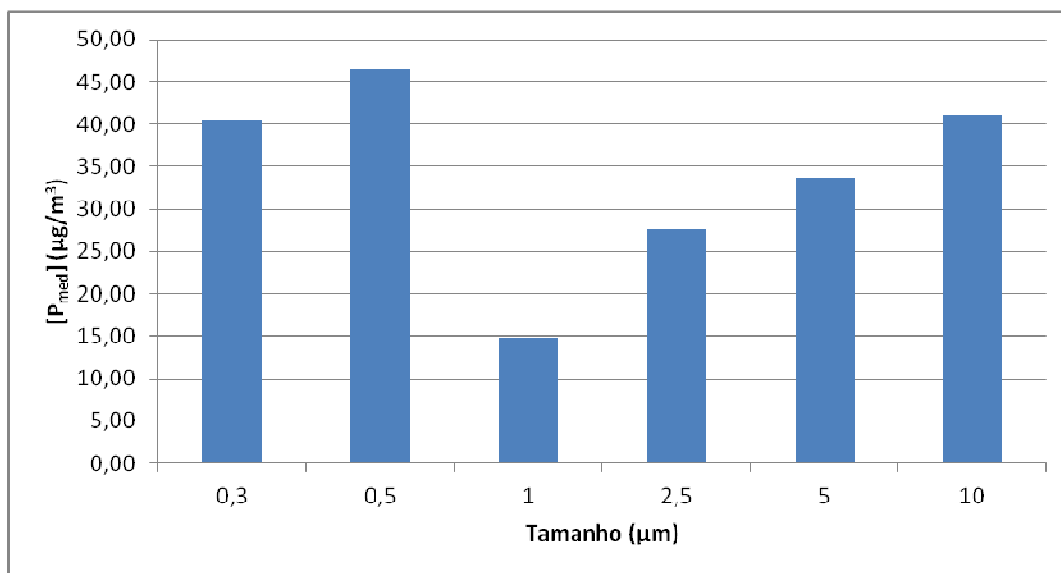


Figura 5.15 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Relativamente à concentração média das partículas, durante o período de medição, as partículas de 0,5 µm são as que apresentam um valor mais elevado.

Tabela 5.4 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
40,58	0,3
46,44	0,5
14,80	1
27,58	2,5
33,67	5
41,14	10

Mediu-se a concentração de partículas na sala de não fumadores com as janelas da sala de fumadores fechadas e sistema de ventilação ligado.

As PM₁₀ não ultrapassaram o limite imposto (Figura 5.16).

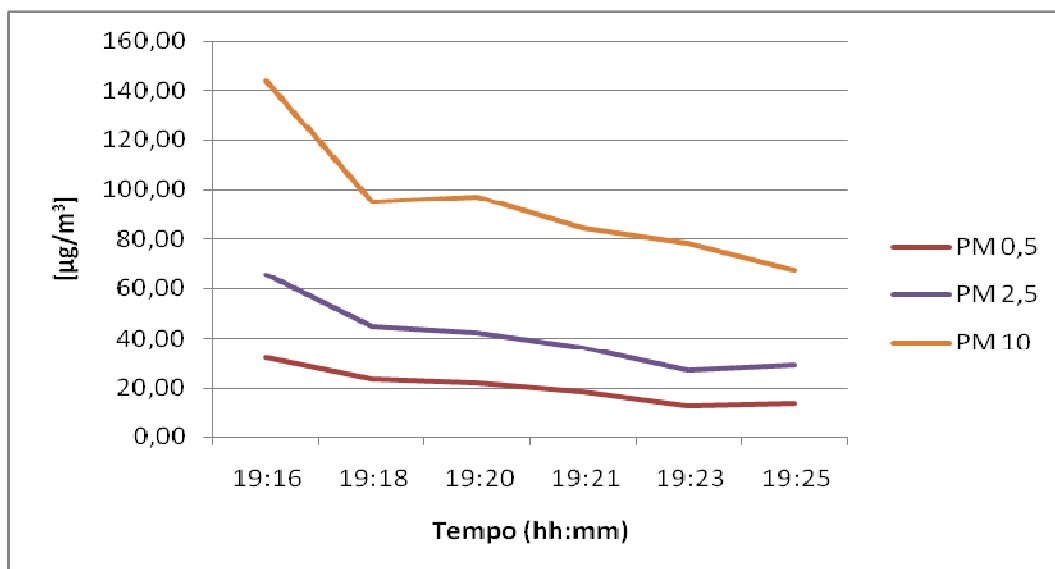


Figura 5.16 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem

As partículas de 10 µm apresentam inicialmente um valor bastante elevado. As partículas de 5 µm também apresentam concentrações altas.

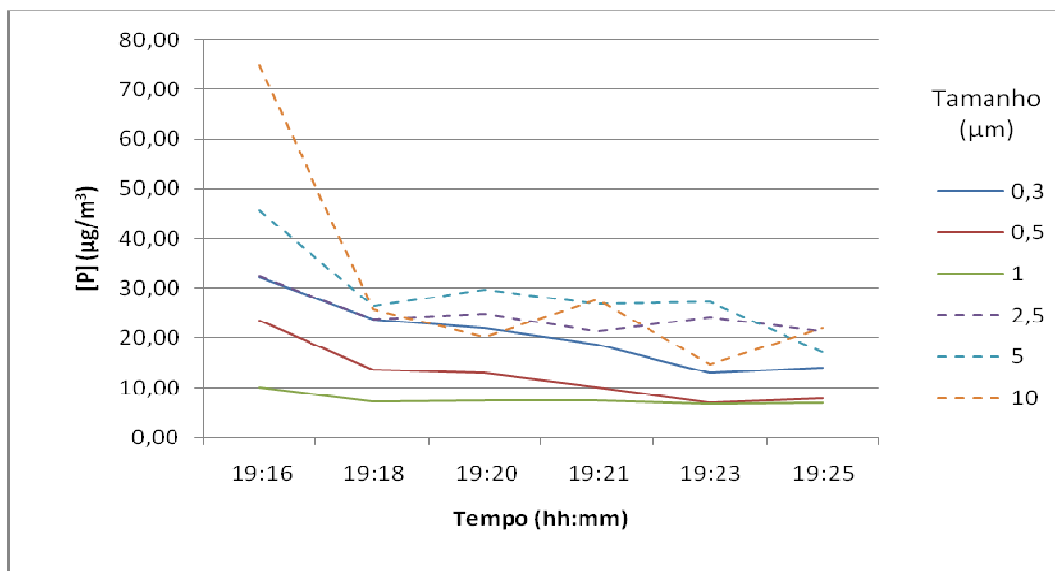


Figura 5.17 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

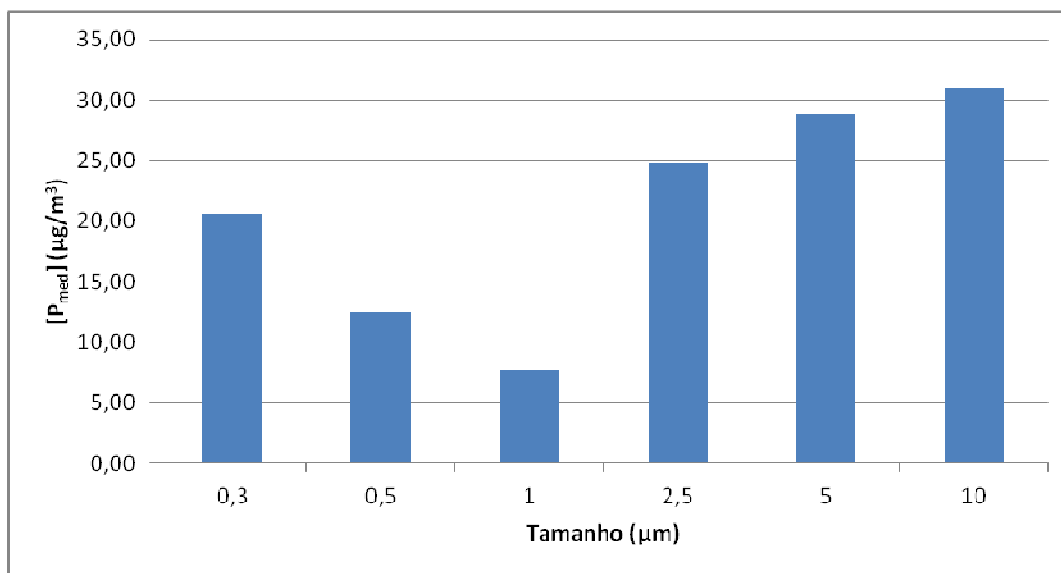


Figura 5.18 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Durante o período de medição para a concentração média de partículas nota-se que os valores mais elevados são os das partículas de maiores dimensões (10 µm, 5 µm e 2,5 µm).

Estas medições servem para verificar a eficácia do sistema de ventilação existente na sala de fumadores. Existe uma clara entrada de ar na sala de fumadores, encontrando-se esta em depressão.

Tabela 5.5 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
20,59	0,3
12,48	0,5
7,71	1
24,79	2,5
28,86	5
30,97	10

Para finalizar as medições, voltou-se à sala de fumadores e mediu-se a concentração de partículas, com as janelas fechadas e o sistema de ventilação ligado.

O limite imposto para as PM₁₀ só foi ultrapassado às 19h34, tendo registado um valor de 156,86 µg/m³ (Figura 5.19).

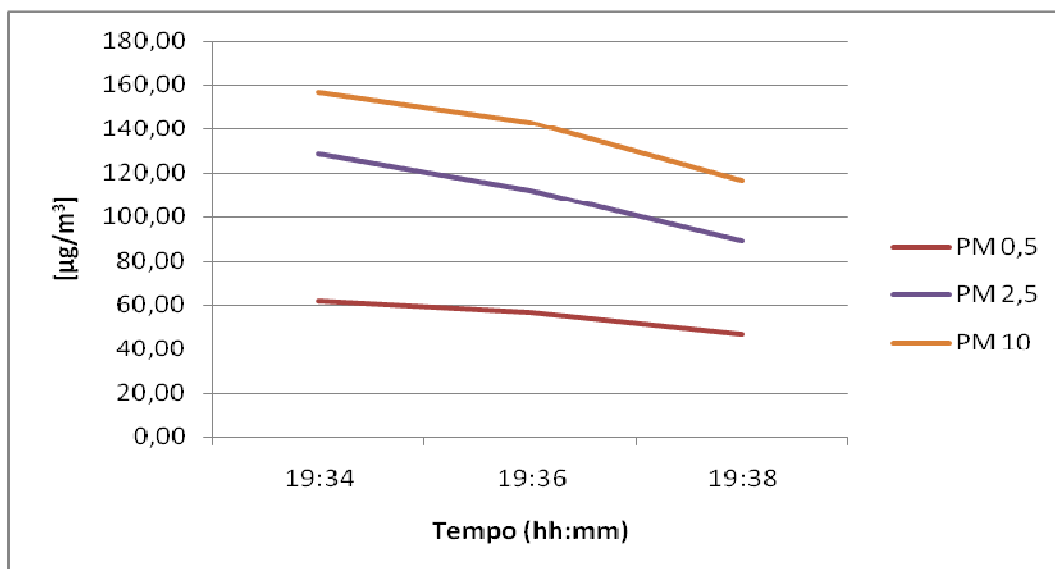


Figura 5.19 - Variação da concentração de partículas (PM's) ao longo do período de amostragem

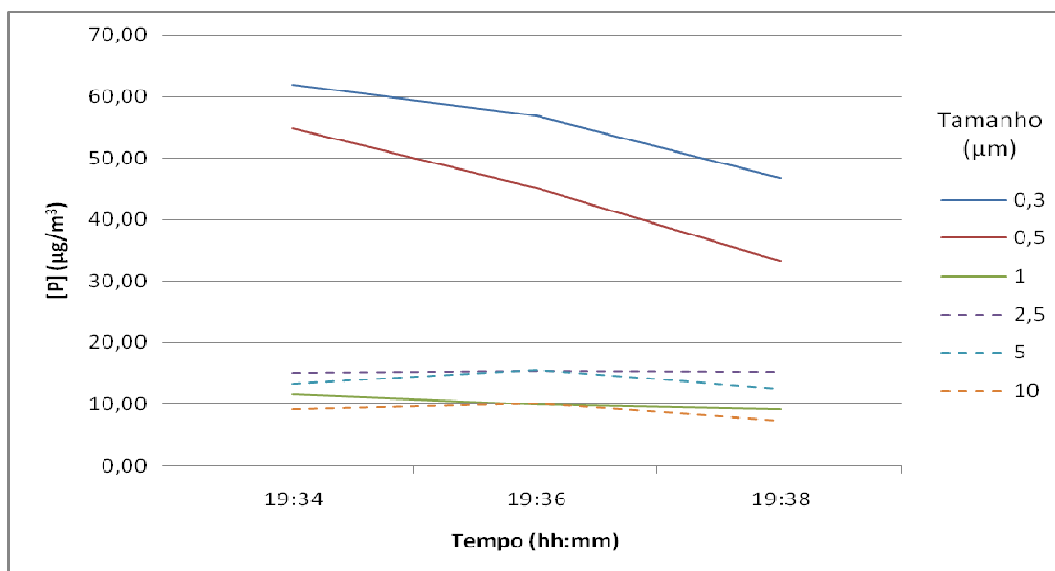


Figura 5.20 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

As partículas com concentração mais elevada são as de 0,3 μm e logo depois as de 0,5 μm . Nota-se o mesmo cenário quando observamos o gráfico das concentrações médias durante o período de medição.

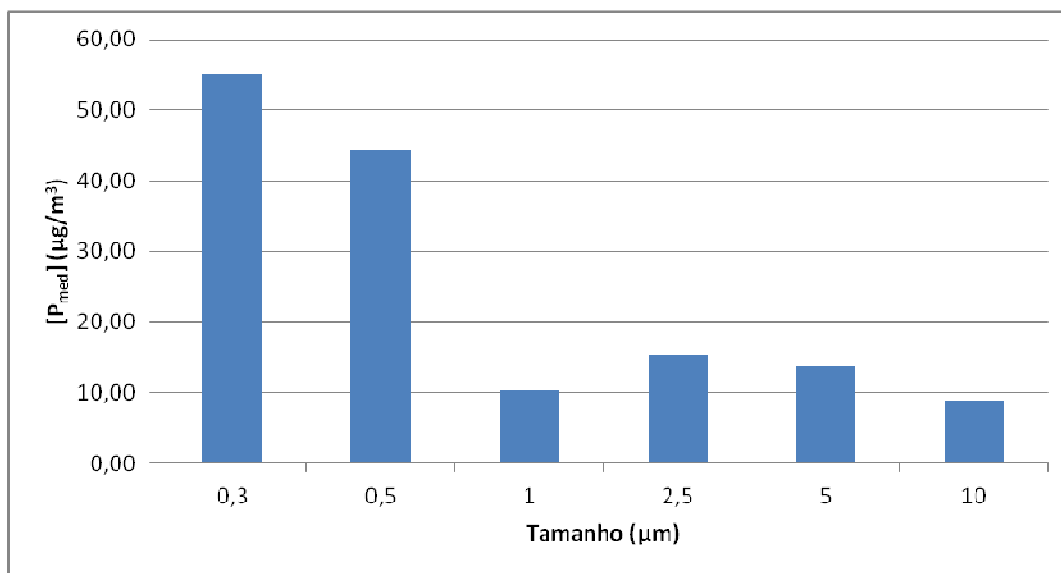


Figura 5.21 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.6 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
55,16	0,3
44,41	0,5
10,24	1
15,34	2,5
13,78	5
8,94	10

Partículas no Ar Exterior

Inicialmente fez-se uma medição nas proximidades do Café 1. As partículas que apresentam concentração mais alta são as de maior dimensão (2,5 µm, 5 µm e 10 µm), sendo as que apresentam maior concentração, durante o período de medição, as de 2,5 µm.

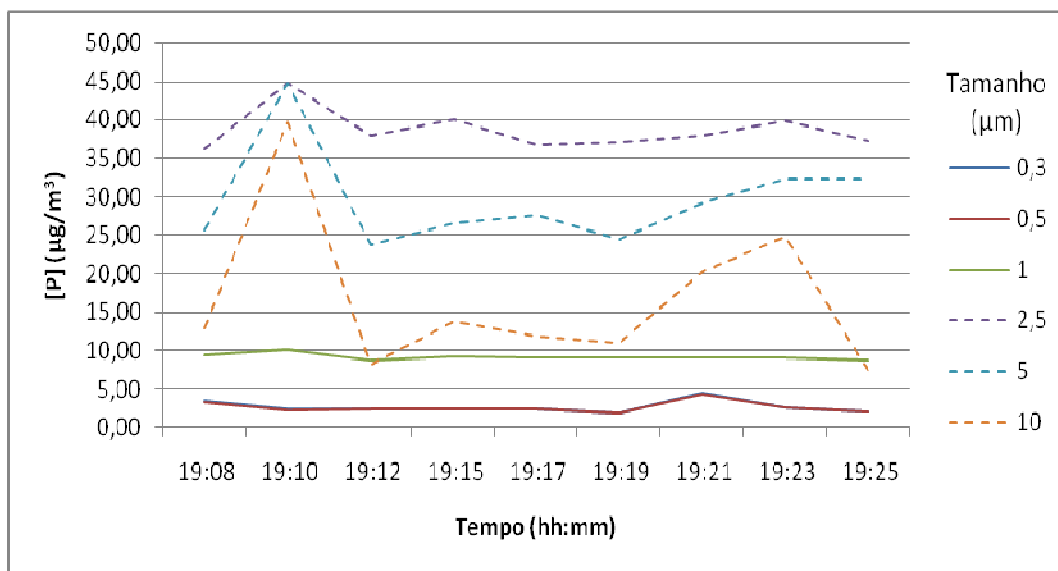


Figura 5.22 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

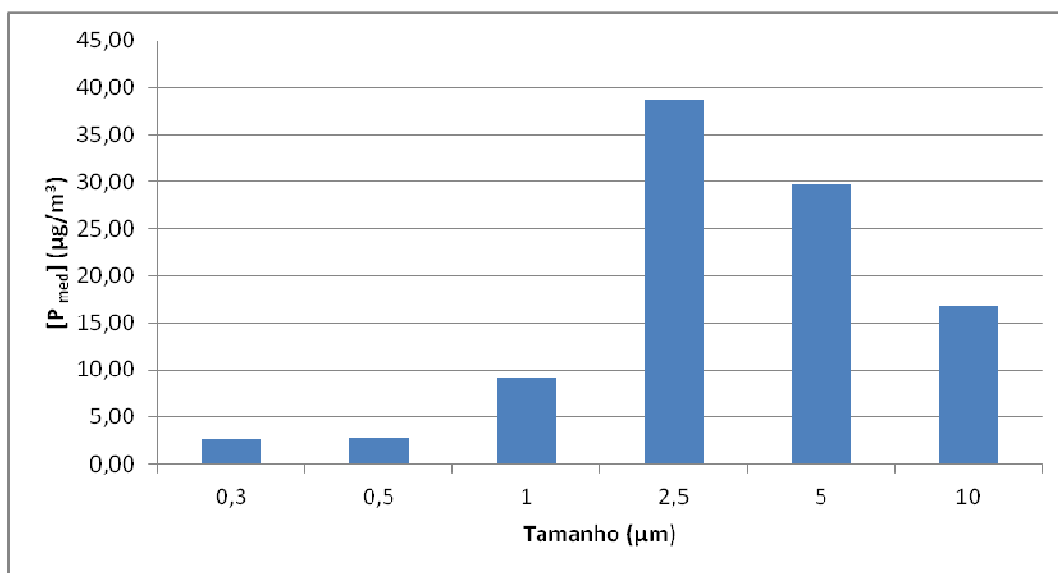


Figura 5.23 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.7 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tamanho (μm)
2,66	0,3
2,70	0,5
9,14	1
38,65	2,5
29,69	5
16,74	10

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

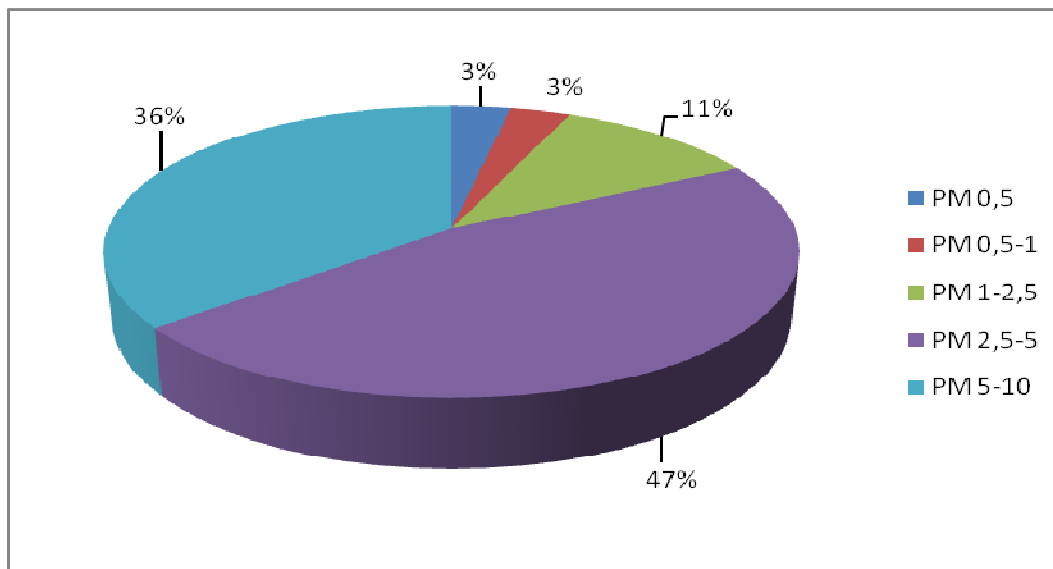


Figura 5.24 - Distribuição das partículas (em percentagem)

47% das partículas monitorizadas são referentes às partículas com diâmetro entre 2,5 a 5 μ m e 36% às partículas com diâmetro de 5 até 10 μ m.

Estes valores podem ser justificados pelo tráfego automóvel, pois as medições foram efectuadas numa zona urbana.

5.2. Café 2

Temperatura: No início das medições, às 15h38, a temperatura medida é de 21°C, aumentando 0,1°C logo de seguida. A temperatura mais elevada foi registada às 15h45, quando se encontravam 6 pessoas na sala, estando 1 delas a fumar (21,1°C). A mínima temperatura registada foi de 18,1°C (às 16h27). Há que ter em conta que as portas se encontravam abertas.

Humidade (HR): A HR registada às 15h38 foi de 61,2%. O valor mínimo registado foi de 60,6% às 16h08. O valor mais elevado foi registado às 16h29 (72,8%).

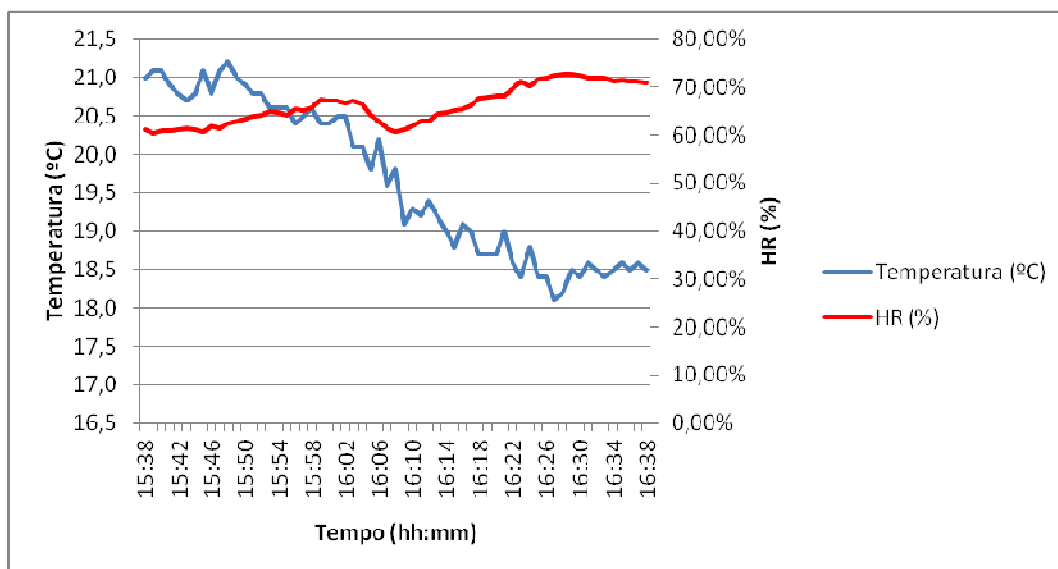


Figura 5.25 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): Às 15h38, no interior da sala, a concentração era de 510ppm. Nesta altura encontravam-se 6 pessoas na sala (1 das quais a fumar). A concentração de CO₂ diminui até 452ppm (às 15h45), apresentando de seguida variações de +- 50ppm até ao final das medições. O valor máximo registado foi de 528ppm às 15h39 e o valor mais baixo foi o registado às 16h35, de 393ppm.

O nível máximo admitido pelo RSECE para o CO₂ (1000ppm) não é ultrapassado, cumprindo por isso a legislação em vigor.

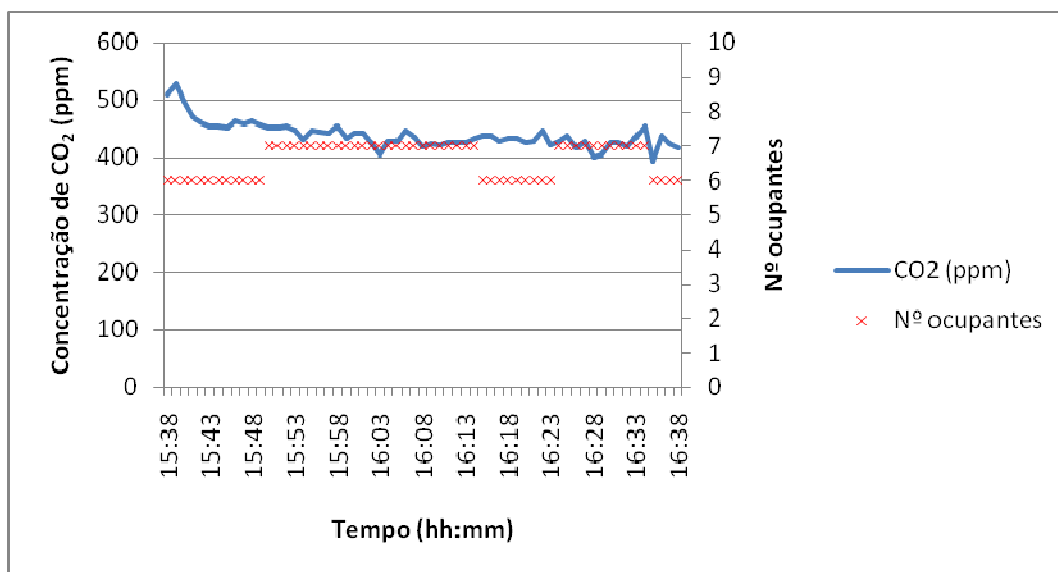


Figura 5.26 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: No início das medições, às 15h40, o valor registado para as PM_{10} foi de $27,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Às 15h42, o valor ultrapassou $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas ($101,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nesta altura encontrava-se 1 fumador na sala. A concentração baixa para cerca de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, apresentando um pico às 15h49, quando 1 pessoa acendeu um cigarro, estando neste momento 2 pessoas a fumar ($380,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este valor foi o máximo registado. Depois ocorre uma diminuição deste valor até $20,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ às 16h09, sendo este o mínimo valor registado. Neste momento, estavam 7 pessoas na sala, não havendo fumadores. Verifica-se uma ligeira subida até $72,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ às 16h16, quando 1 pessoa estava a fumar. Este valor desce assim que a pessoa apaga o cigarro. Quando 1 pessoa acende 1 cigarro, a concentração volta a aumentar, descendo depois. Quando estavam 2 fumadores na sala, a concentração voltou a aumentar.

O limite estabelecido para as PM_{10} ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi duas vezes excedido: às 15h49 e às 16h43, não cumprindo a legislação. Este valor foi ultrapassado quando o espaço tem apenas 1/3 da lotação.

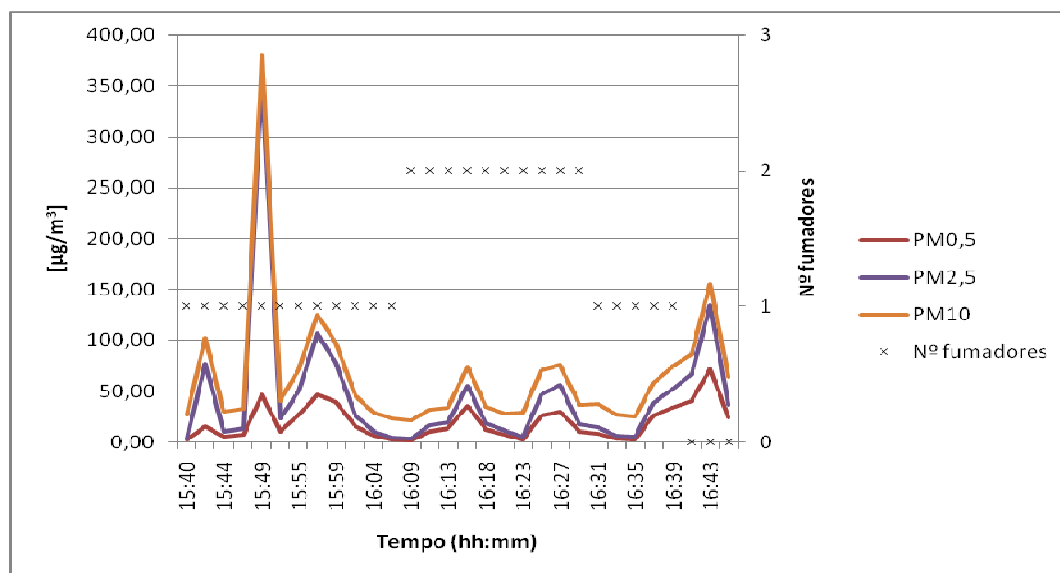


Figura 5.27 – Relação entre a concentração de partículas (PM 's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

As partículas que apresentam maiores concentrações durante o tempo de medição são as partículas de dimensão $0,3\mu\text{m}$, $0,5\mu\text{m}$ e $1\mu\text{m}$, o que mostra a interferência do fumo de tabaco na qualidade do ar interior (Figura 5.28).

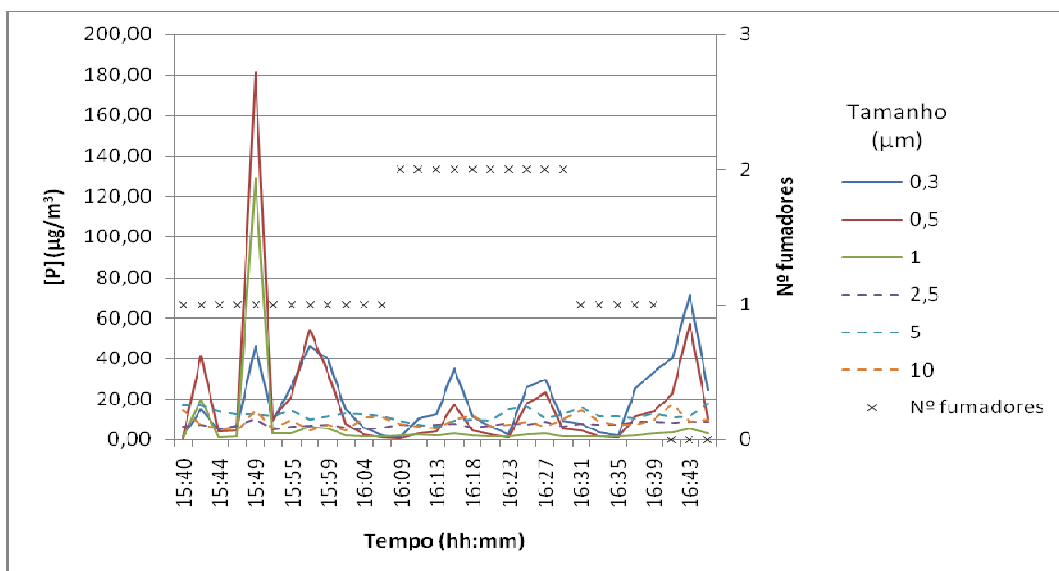


Figura 5.28 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

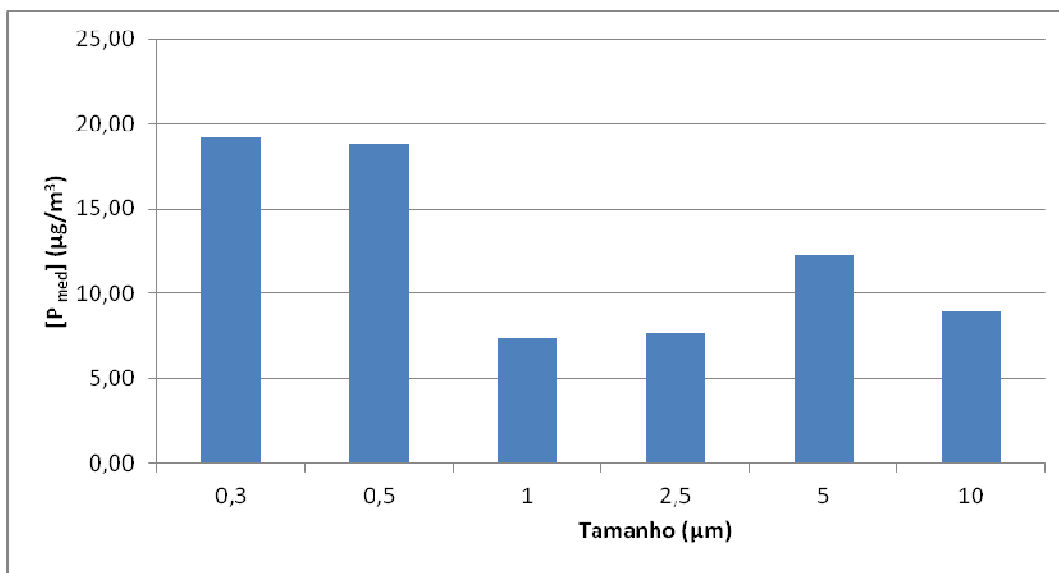


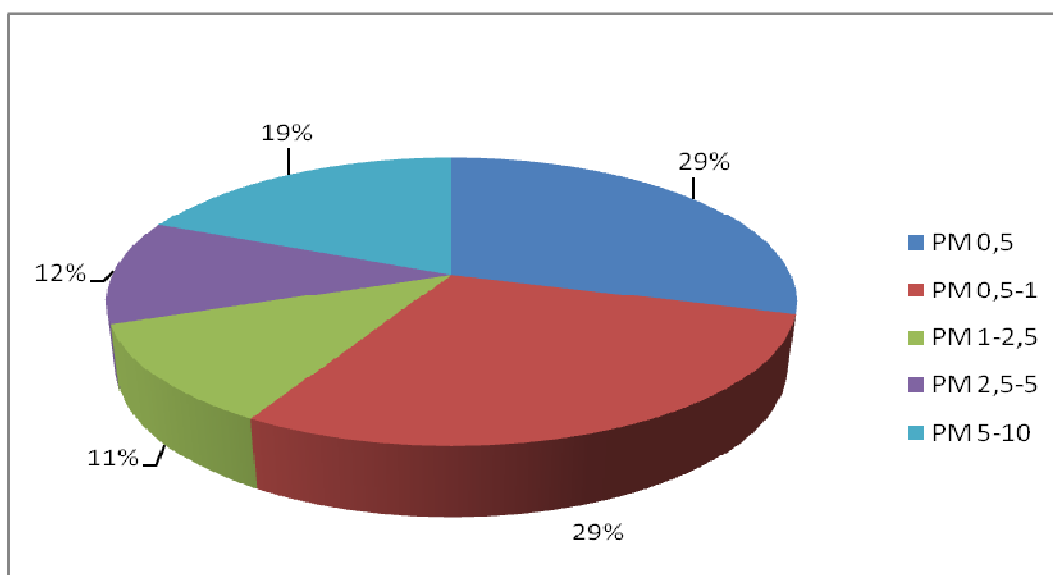
Figura 5.29 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.8 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tamanho (μm)
19,18	0,3
18,82	0,5
7,36	1
7,64	2,5
12,23	5
9,00	10

A concentração média de partículas mostra que o fumo do tabaco influencia a QAI, pois as concentrações mais elevadas são as que dizem respeito às partículas mais prejudiciais para a saúde humana (partículas com diâmetro inferior a $2,5\mu\text{m}$).

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

**Figura 5.30** - Distribuição das partículas (em percentagem)

29% das partículas são referentes às $\text{PM}_{0,5}$ e 29% referem-se às partículas com diâmetro compreendido entre 0,5 e $1\mu\text{m}$.

Partículas no Ar Exterior

Nas proximidades do Café 2, as partículas com concentração média mais elevada são as de $2,5\mu\text{m}$, durante o período de medição (Figura 5.32).

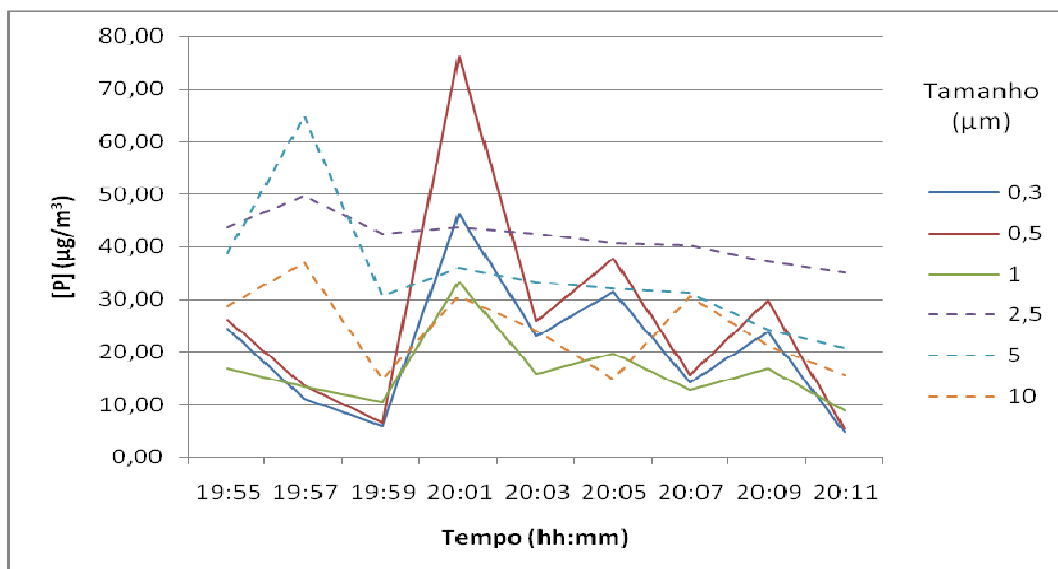


Figura 5.31 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

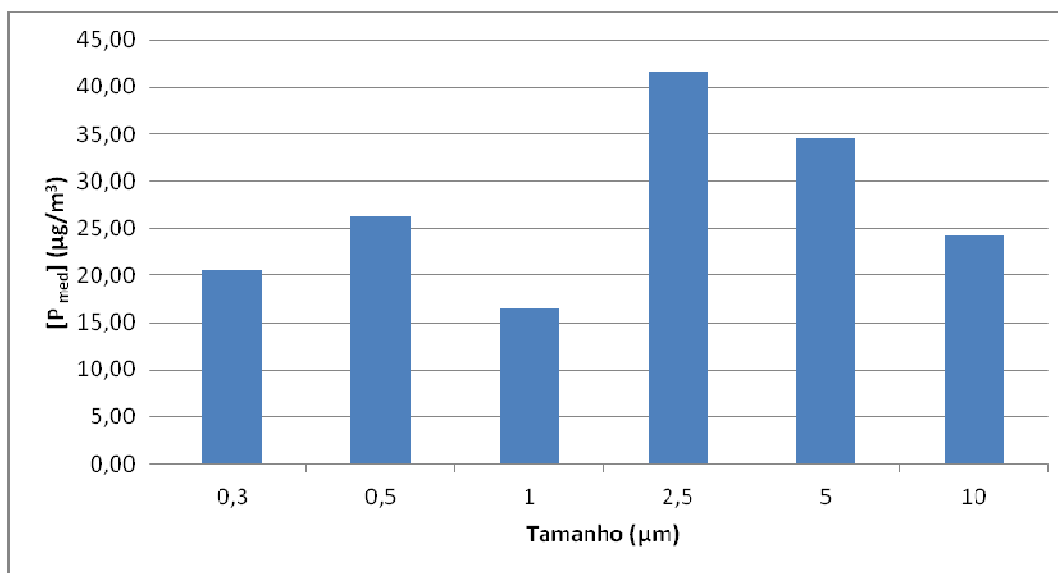


Figura 5.32 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.9 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tamanho (μm)
20,58	0,3
26,21	0,5
16,48	1
41,67	2,5
34,54	5
24,14	10

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

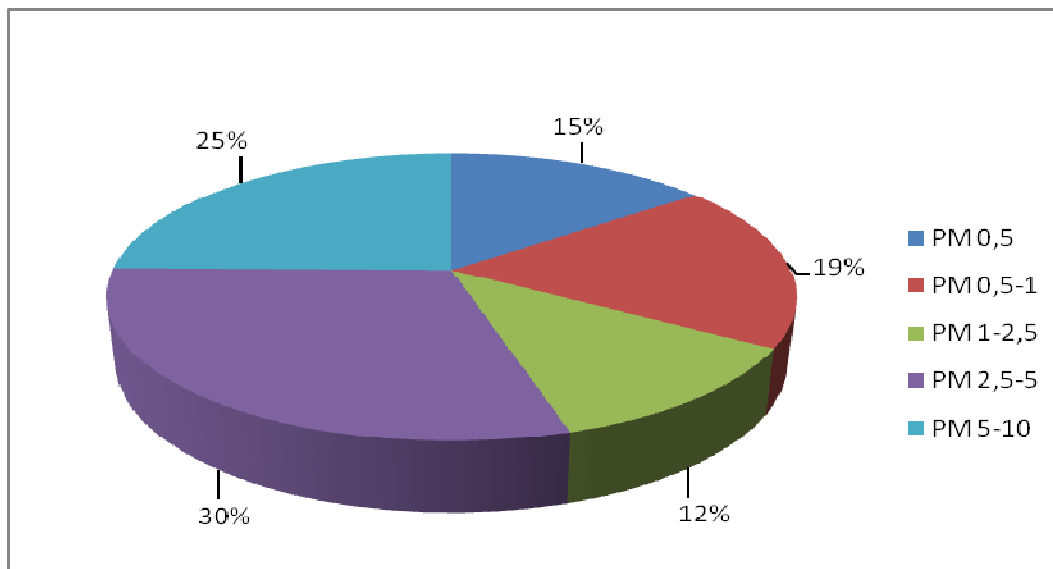


Figura 5.33 - Distribuição das partículas (em percentagem)

30% referem-se a partículas com diâmetro entre 2,5 e 5µm e 25% a partículas com diâmetros de 5 até 10µm.

5.3. Café 3

Temperatura: Às 15h11, no início das medições, a temperatura medida foi de 23,3°C, apresentando pequenas oscilações (subidas e descidas). A temperatura mais elevada foi registada às 16h04 (23,9°C) e permaneceu neste valor até ao final da medição (16h11). Estavam 4 pessoas na sala, 1 delas a fumar. A temperatura mínima registada foi de 23,3°C. A porta de acesso ao exterior encontrava-se aberta.

Humidade (HR): A HR registada às 15h11 foi de 56,5%, sendo este o valor mais elevado, podendo ser consequência de o aparelho iniciar a medição, não estando totalmente estabilizado. O valor mínimo foi de 50,8%, registado às 16h11, no final da medição.

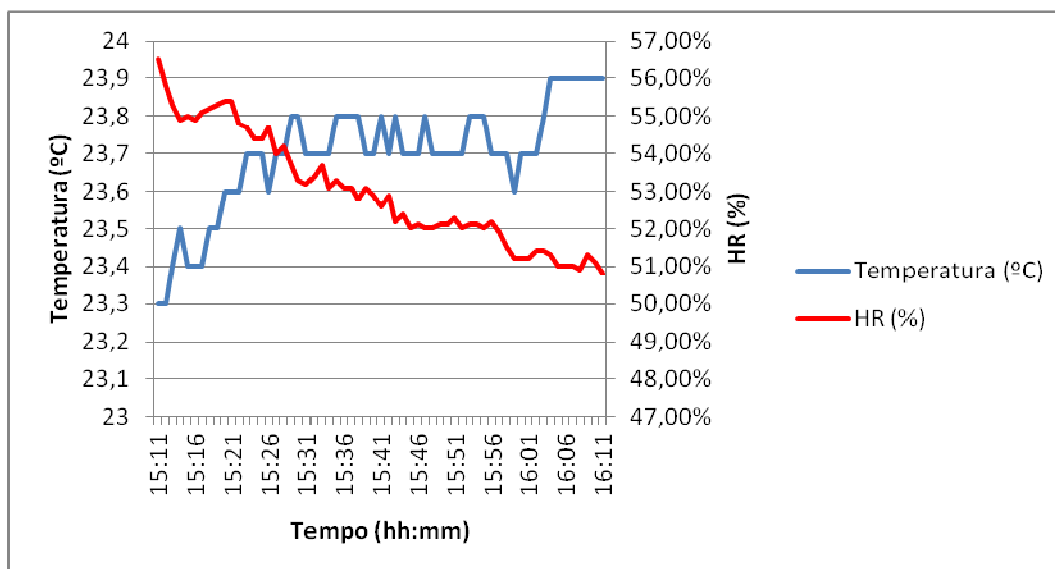


Figura 5.34 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): Às 15h11, no interior da sala, a concentração medida foi de 697ppm, sendo este o valor máximo registado. Este valor pode ser justificado pelo facto de o aparelho sair da caixa de protecção, estando por isso ainda a estabilizar. Nesta altura, encontravam-se 6 pessoas na sala, estando 2 delas a fumar. Este valor diminui de imediato para 636ppm, apresentando depois pequenas oscilações. Quando estava apenas 1 pessoa a fumar, verifica-se uma diminuição do valor, chegando a atingir os 489ppm, às 15h36. O valor mínimo foi de 428ppm, registado às 15h49, quando se encontravam 5 pessoas na sala, estando 1 delas a fumar.

O nível máximo admitido pelo RSECE para a concentração de CO₂ é de 1000ppm. Este valor não foi ultrapassado, cumprindo a legislação.

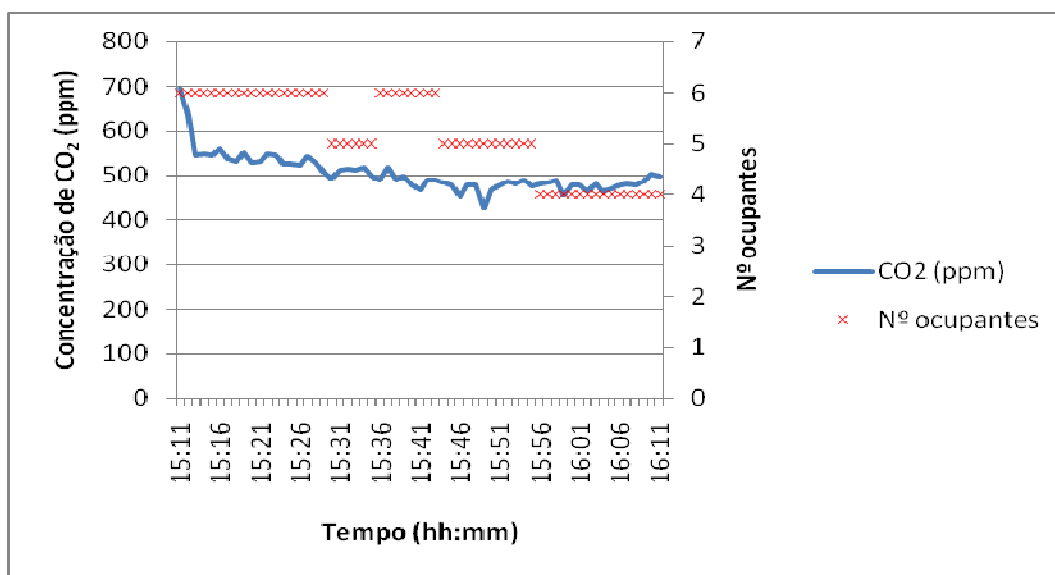


Figura 5.35 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: No início das medições, às 15h17, o valor registado para as PM10 foi de $102,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registando de seguida uma diminuição, quando estava apenas 1 pessoa a fumar. Às 15h43 o valor registado foi de $153,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quando estavam 2 pessoas a fumar. Este valor diminuiu de seguida, apresentando um aumento significativo às 16h01 ($126,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A partir das 16h08, a concentração diminuiu, quando se encontravam 4 pessoas na sala e nenhum fumador. O valor mais elevado foi o registado às 15h43 ($153,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e o mais baixo foi de $24,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registado às 16h17.

O limite para as PM₁₀ é de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tendo sido ultrapassado apenas às 15h43. Este valor foi ultrapassado quando o espaço tem apenas 1/5 da lotação.

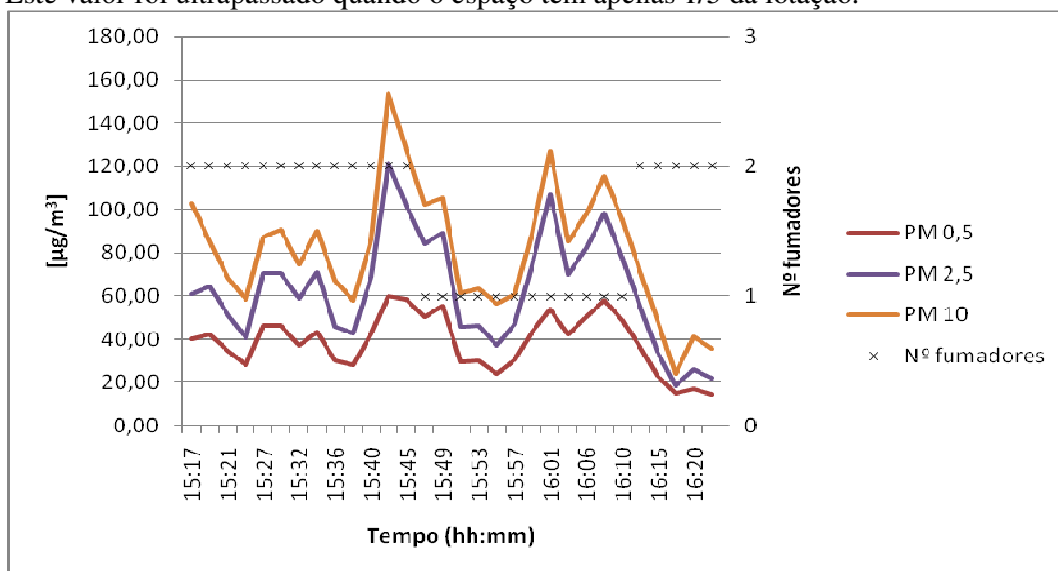


Figura 5.36 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

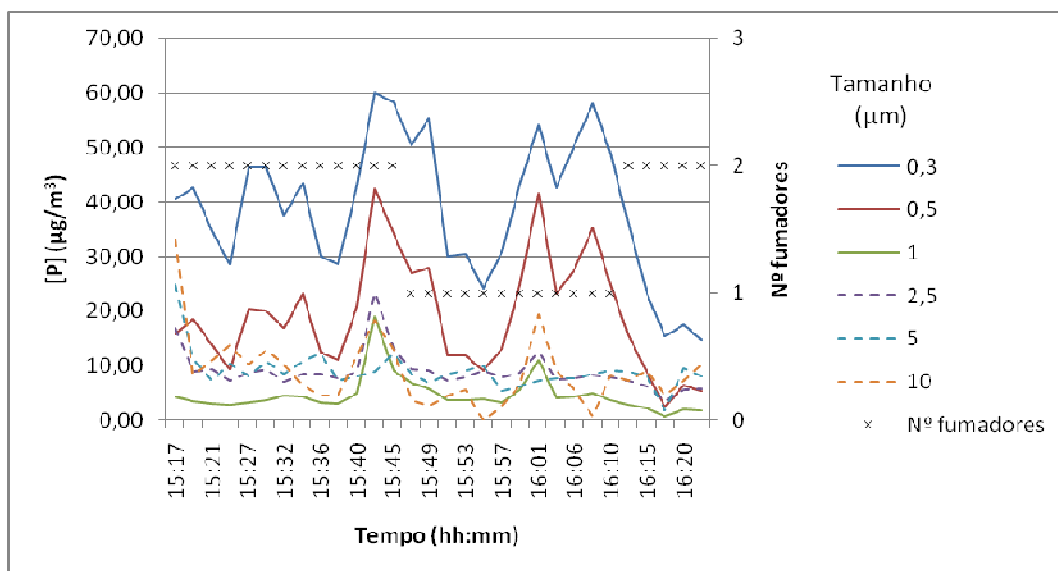


Figura 5.37 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

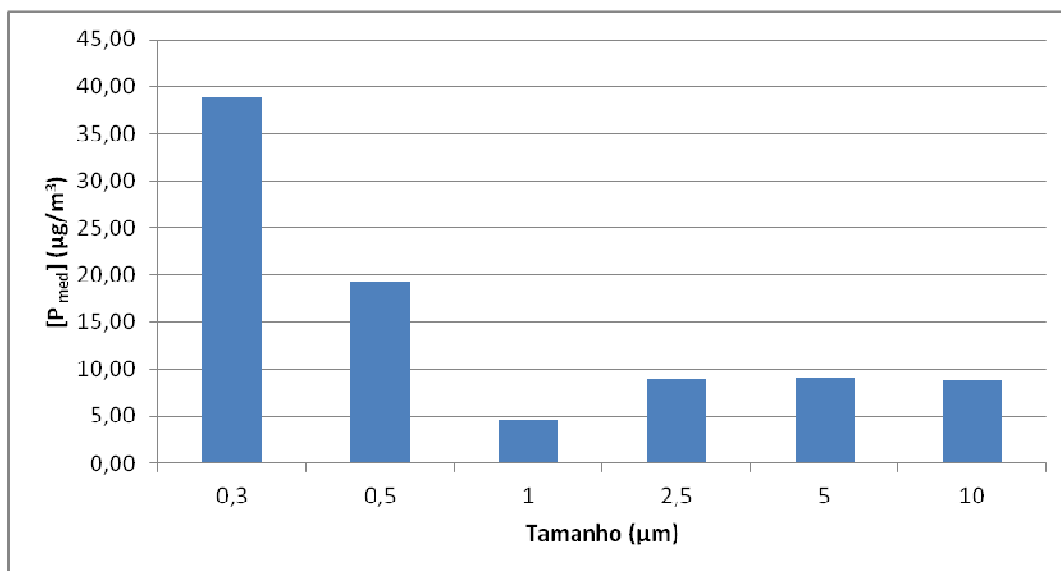


Figura 5.38 - Concentração média de partículas durante o período de medição

As partículas com maior concentração média são as de 0,3µm e 0,5µm.

Tabela 5.10 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
38,88	0,3
19,28	0,5
4,69	1
8,97	2,5
9,19	5
8,91	10

Os valores médios mais elevados para a concentração de partículas durante o período de medição, são observados para as partículas com dimensão 0,3µm e 0,5µm.

É evidente que a concentração média destas partículas é bastante mais elevada que a concentração para as restantes partículas. Podemos relacionar esta situação com a permissão de fumar no espaço em causa.

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

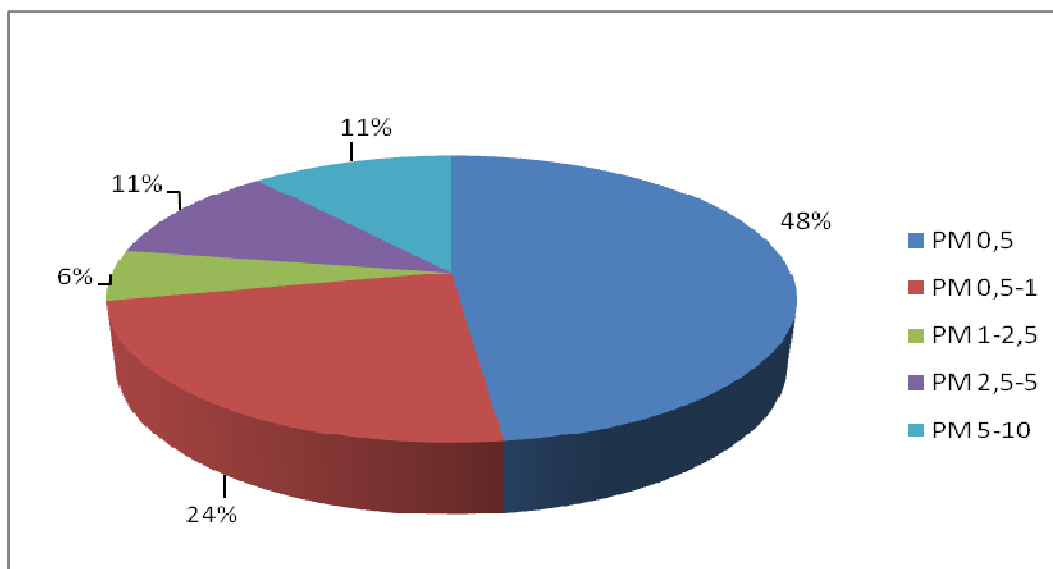


Figura 5.39 - Distribuição das partículas (em percentagem)

48% das partículas são referentes às $PM_{0,5}$ e 24% das partículas correspondem às que têm diâmetro entre 0,5 e 1 µm.

Partículas no Ar Exterior

Junto ao Café 3, as partículas com concentrações mais elevadas são as de 2,5µm, seguidas das de 5µm e 10µm, como se pode verificar na figura seguinte.

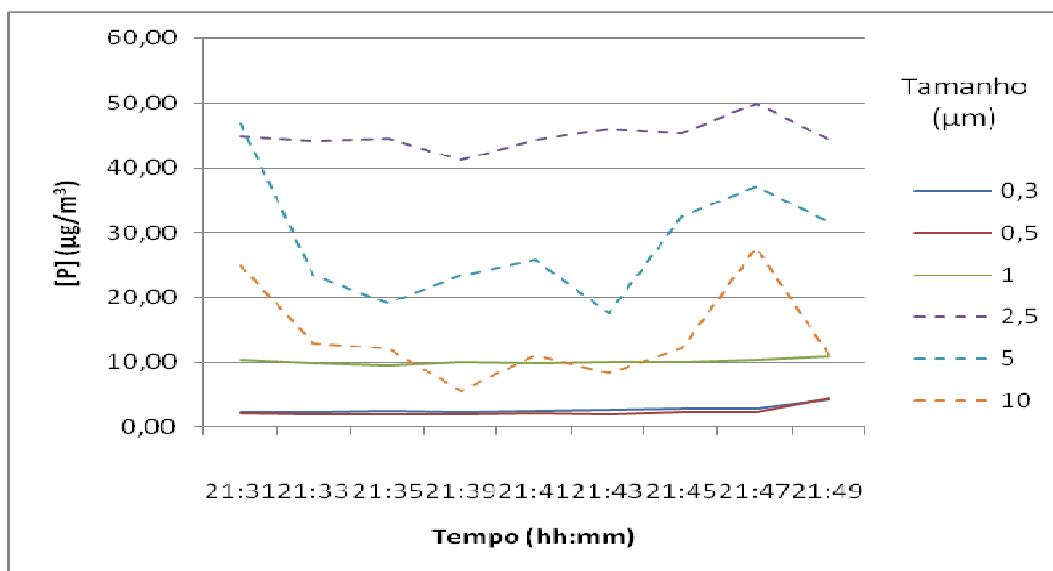


Figura 5.40 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

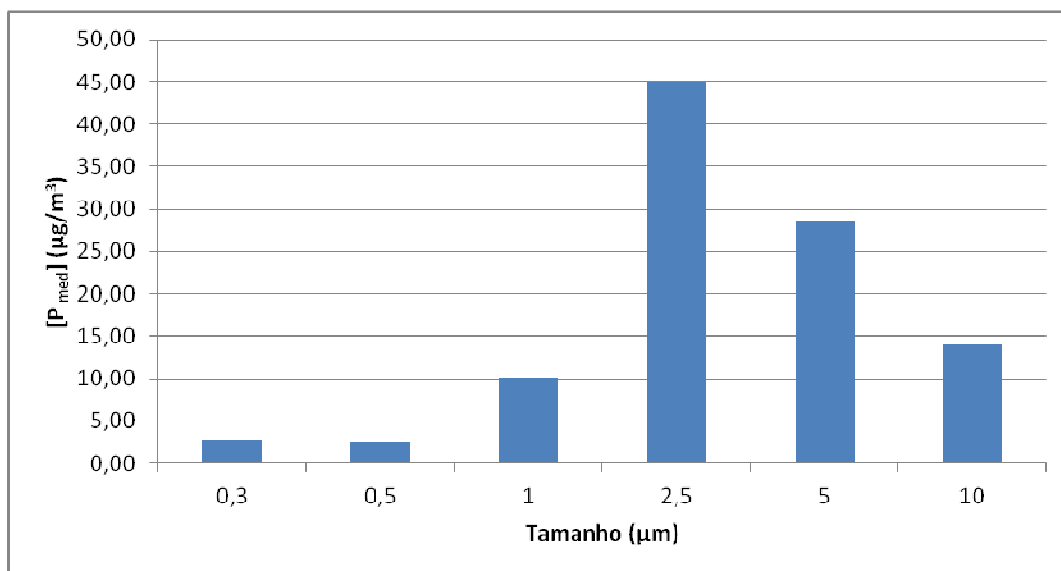


Figura 5.41 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Em relação à concentração média, durante o período de medição, as partículas que apresentam um valor mais alto são as de 2,5µm: concentração média de 44,9 µg/m³.

Tabela 5.11 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
2,76	0,3
2,43	0,5
10,12	1
44,90	2,5
28,56	5
13,97	10

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

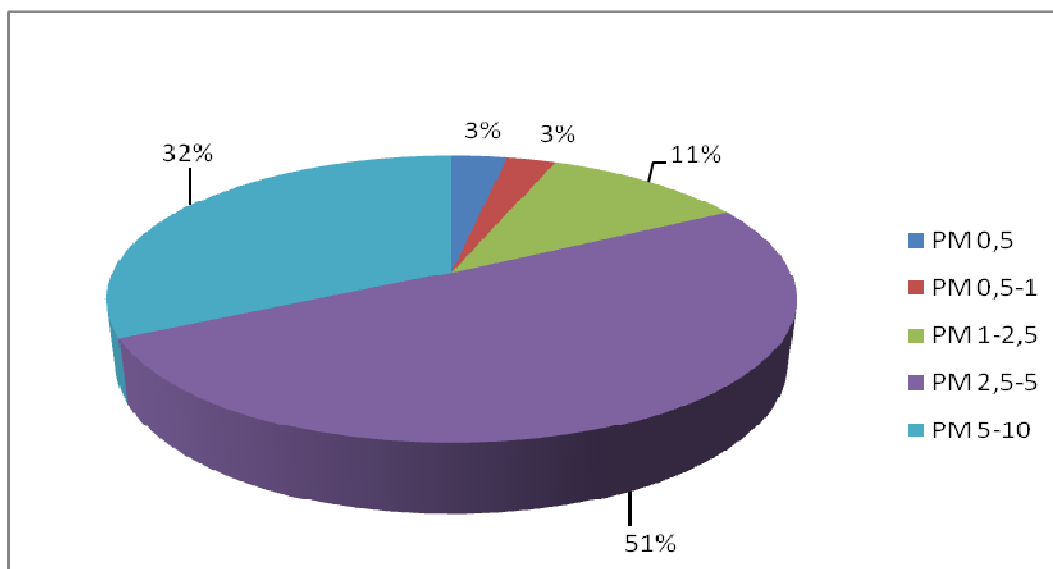


Figura 5.42 - Distribuição das partículas (em percentagem)

51% são referentes às partículas de diâmetro compreendido entre 2,5 até 5 μ m e 32% às que têm diâmetro entre 5 a 10 μ m.

5.4. Café 4

Temperatura: No início das medições, às 15h52, a temperatura medida foi de 21,4°C. A partir deste momento, há uma ligeira subida até 21,9°C (às 16h02), mantendo-se entre este valor e 21,8°C até às 16h10. Depois, vai oscilando entre 22°C até que atinge um máximo de 22,6°C, registado às 16h46 (quando estavam 6 pessoas na sala). O mínimo valor registado para a temperatura foi de 21,4°C no início das medições, quando estavam 3 pessoas na sala. A porta de acesso ao exterior estava aberta.

Humidade (HR): A HR registada às 15h52 foi de 54,4%, apresentando algumas variações. O valor máximo foi registado às 16h11, de 55,6%. O valor mínimo registado foi de 49,3%, às 16h49.

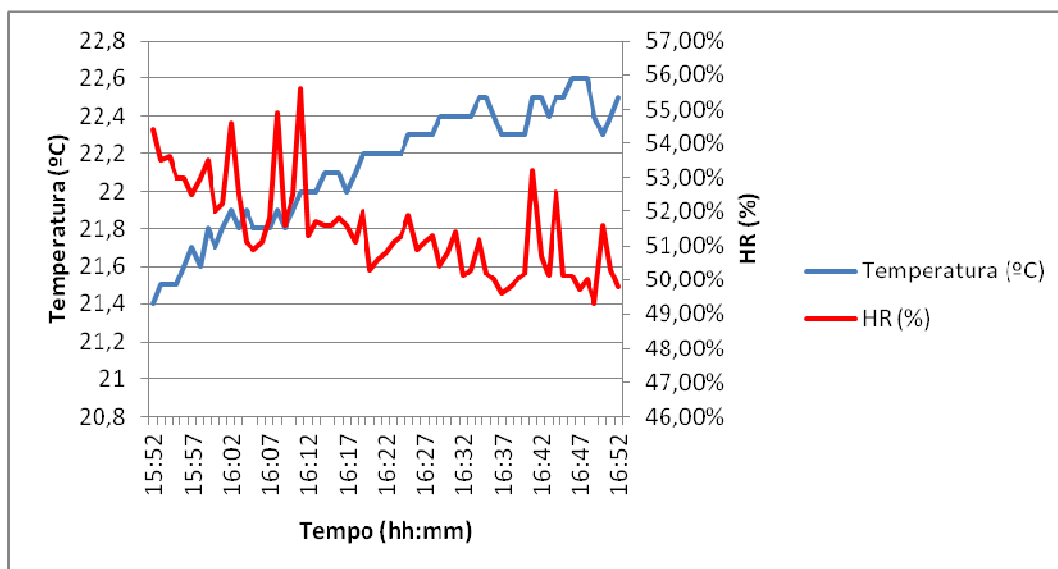


Figura 5.43 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): Às 15h52, a concentração medida no interior da sala foi de 632ppm. Nesta altura, encontravam-se 3 pessoas na sala, estando 1 delas a fumar. Quando 2 das 3 pessoas estavam a fumar, a concentração de CO₂ aumentou até 1028ppm (às 16h03), notando-se depois um declínio quando nenhuma das pessoas estava a fumar, até 559ppm, às 16h06.

O valor máximo registado para a concentração de CO₂ foi de 1028ppm, tendo ultrapassado o limite imposto pelo RSECE (1000ppm). O valor mínimo foi de 513ppm, registado às 16h38, quando estavam 5 pessoas na sala, estando 3 delas a fumar.

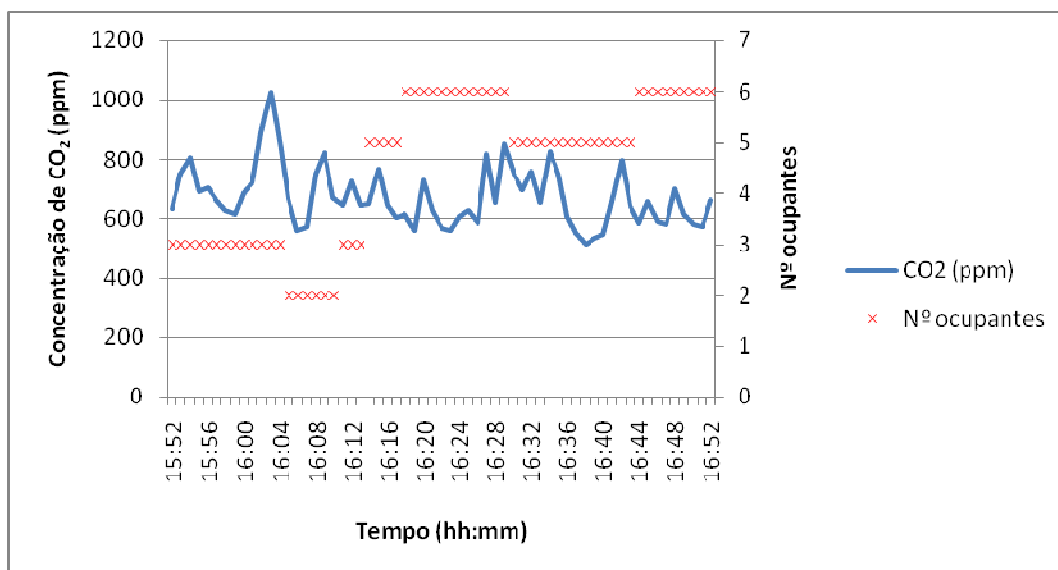


Figura 5.44 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: No início das medições, às 15h53, o valor registado para as PM_{10} foi de $60,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, havendo depois uma ligeira diminuição e logo de seguida um aumento até $158,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$, às 16h06. Neste momento, estavam 3 pessoas na sala, 2 delas a fumar. Este valor diminuiu até $64,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 16h14), voltando a aumentar até $255,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quando estavam 6 pessoas na sala e 3 delas a fumar. Há uma diminuição até $57,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 16h34), podendo este valor ser justificado por não se encontrar nenhuma das 5 pessoas presentes na sala a fumar. Quando 4 das 5 pessoas estavam a fumar, notou-se um grande aumento na concentração de PM_{10} , registando o valor de $274,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ às 16h45. Às 16h50, quando havia apenas 1 pessoa a fumar (6 ocupantes), a concentração diminuiu para $117,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A concentração máxima foi registada às 16h45 (de $274,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$), quando havia 6 ocupantes, 4 deles a fumar. A concentração mínima foi de $51,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 15h55), quando estavam 3 pessoas na sala, estando 1 delas a fumar.

O limite para as PM_{10} ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado às 16h06, das 16h18 até às 16h26, das 16h41 até às 16h48. Este valor foi ultrapassado quando o espaço tem 1/3 da lotação.

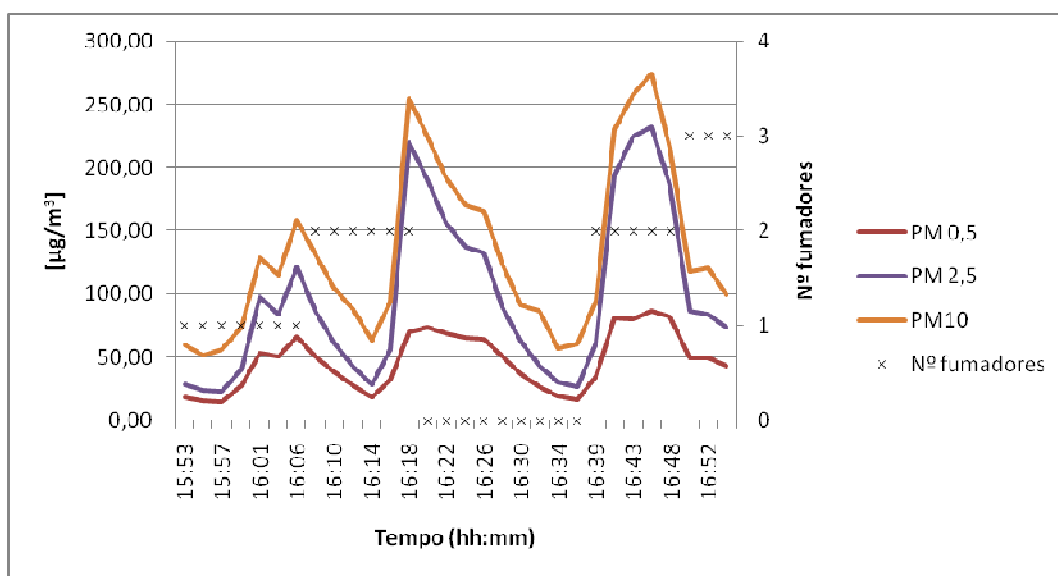


Figura 5.45 – Relação entre a concentração de partículas (PM 's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

Ao observarmos o gráfico que relaciona a concentração de partículas com o tempo de medição, é evidente a elevada concentração de partículas com dimensão $0,3\mu\text{m}$ e $0,5\mu\text{m}$.

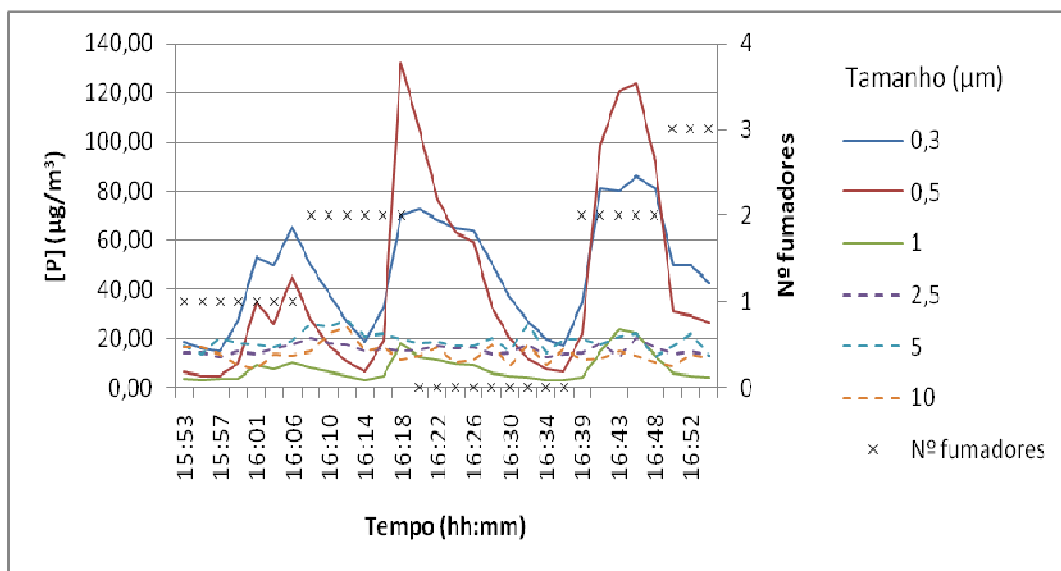


Figura 5.46 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

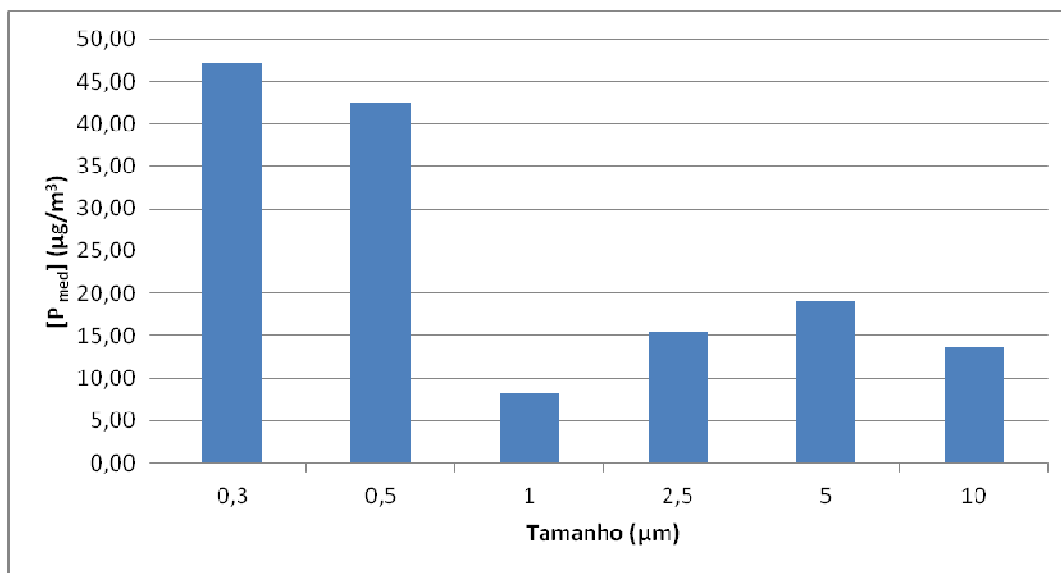


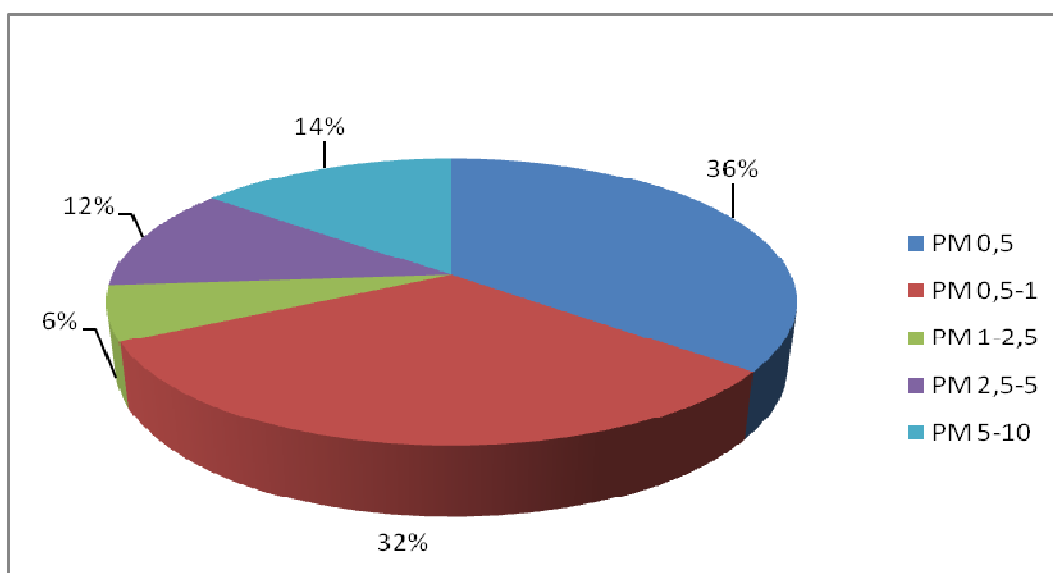
Figura 5.47 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.12 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tamanho (μm)
47,11	0,3
42,48	0,5
8,09	1
15,51	2,5
19,14	5
13,65	10

As concentrações médias mais elevadas correspondem às partículas de menores dimensões (0,3 μm e 0,5 μm).

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

**Figura 5.48** - Distribuição de partículas (em percentagem)

36% das partículas correspondem às $\text{PM}_{0,5}$ e 32% às que apresentam um diâmetro entre 0,5 e 1 μm .

5.5. Café 5

Temperatura: No início das medições, às 14h30, o valor da temperatura era de 30,2°C, podendo este valor ser justificado pela não estabilização do aparelho. Verifica-se uma clara diminuição até 27,6°C (às 14h50), sendo este o valor mais baixo registado. A temperatura depois aumentou um pouco até 27,8°C.

Humidade (HR): A HR registada às 14h30 foi de 46,6%, verificando-se variações até 4% às 14h36 (50,6%). O valor mais alto da HR foi medido às 15h07 e foi de 52,5%. O valor mínimo foi de 48,7%, registado às 15h28.

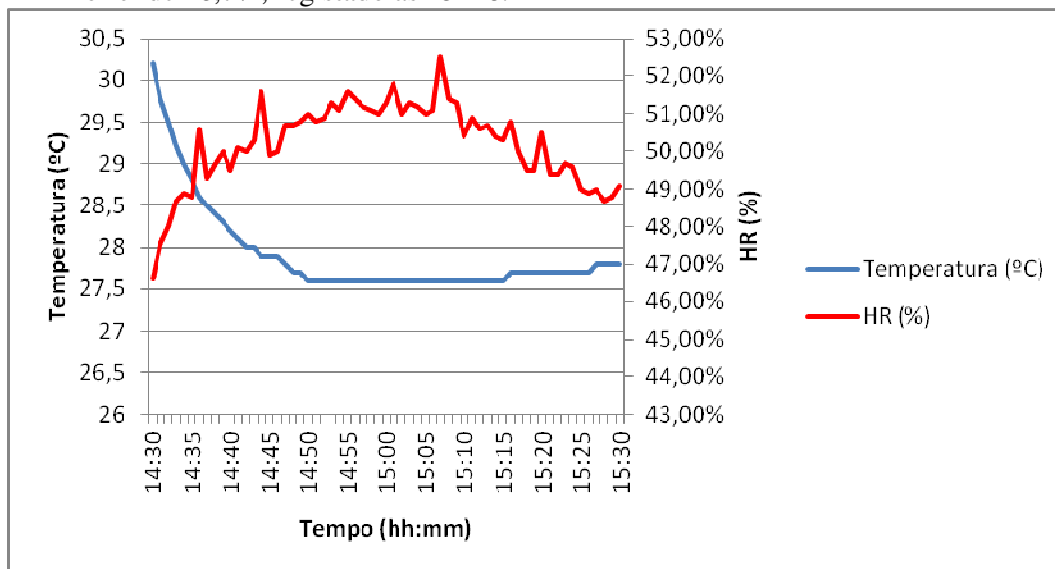


Figura 5.49 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): Às 14h30, no interior da sala, a concentração registada foi de 548ppm, havendo depois variações de cerca de 100ppm até às 14h39. Nota-se uma ligeira subida da concentração de CO₂ às 14h40, quando estavam 3 pessoas na sala e 2 delas a fumar. Às 14h52, quando havia 3 pessoas no interior da sala e nenhum fumador, há uma diminuição da concentração do CO₂. A concentração mínima registada foi de 399ppm, às 15h01, quando estavam 3 pessoas na sala e nenhuma a fumar. O valor máximo foi de 578ppm, às 15h08, quando havia 4 pessoas na sala, mas nenhuma a fumar.

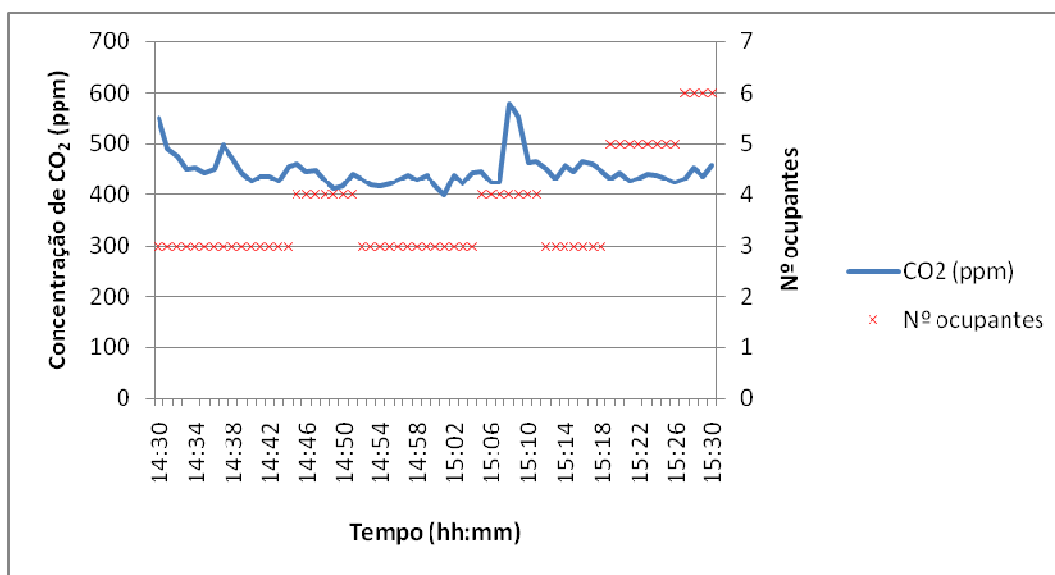


Figura 5.50 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: No início das medições (às 14h33), o valor registado para as PM_{10} foi de $81,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, havendo de seguida uma diminuição até $39,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 14h41), momento em que não havia fumadores presentes. Há um aumento até $529,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 14h46), quando havia 2 fumadores presentes. Nota-se de seguida uma diminuição até $58,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 15h03), altura em que das 3 pessoas presentes na sala, nenhuma estava a fumar. Quando havia 5 ocupantes, estando 2 deles a fumar, verifica-se um aumento da concentração até $277,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, às 15h22. Depois, nota-se uma diminuição, pois já ninguém se encontrava a fumar.

A concentração máxima foi de $529,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registada às 14h46, quando estavam presentes 4 ocupantes, 2 deles fumadores. A concentração mínima registada foi $39,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (às 14h41), quando não havia fumadores e havia 3 ocupantes na sala.

O limite para as PM_{10} ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado das 14h43 até às 14h48 e das 15h22 às 15h24. O espaço tinha apenas 1/8 da lotação.

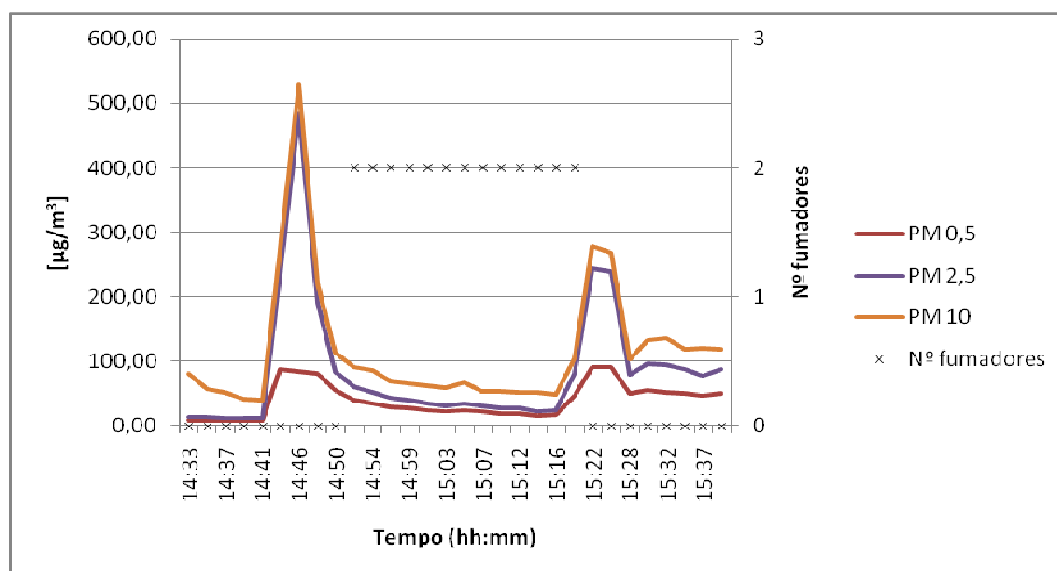


Figura 5.51 – Relação entre a concentração de partículas (PM 's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

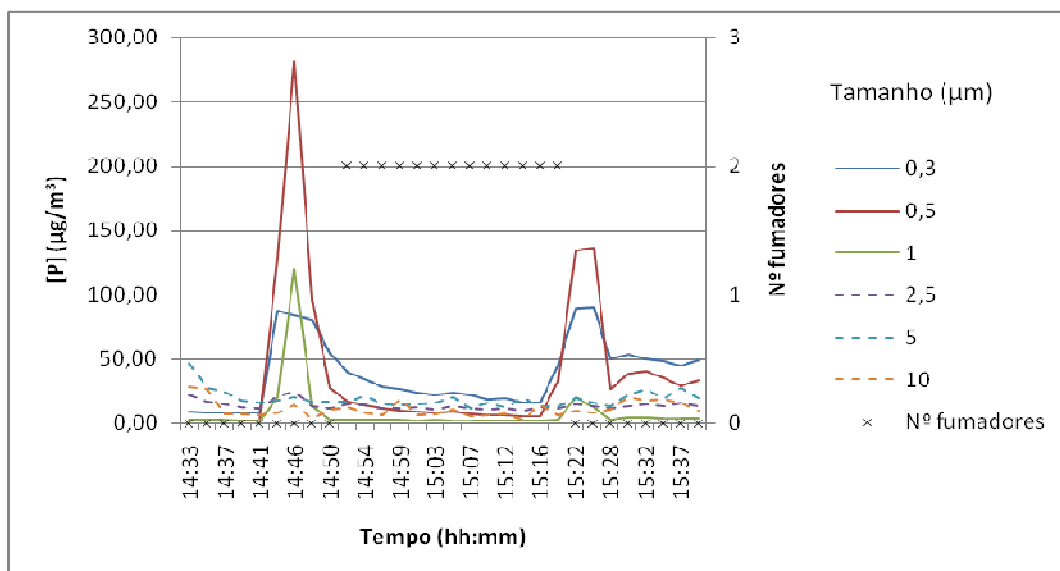


Figura 5.52 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

As partículas que apresentam concentrações mais elevadas são as partículas presentes no fumo de tabaco, ou seja, as partículas com dimensões entre 0,01 e 1 µm.

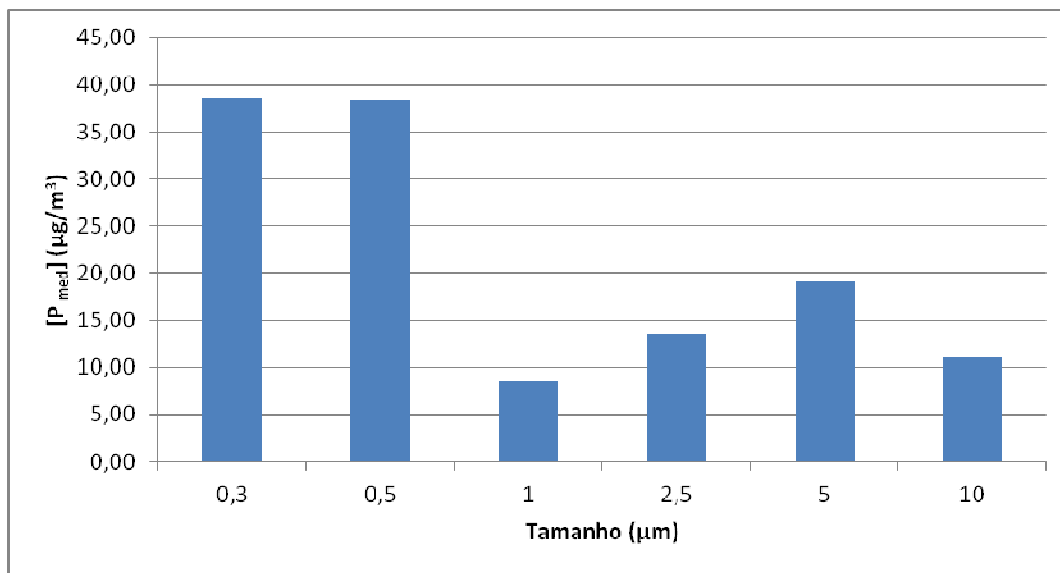


Figura 5.53 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.13 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tamanho (μm)
38,50	0,3
38,34	0,5
8,55	1
13,65	2,5
19,05	5
11,06	10

Durante o período de medição, é evidente a contribuição das partículas de dimensão $0,3\mu\text{m}$ e de $0,5\mu\text{m}$.

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

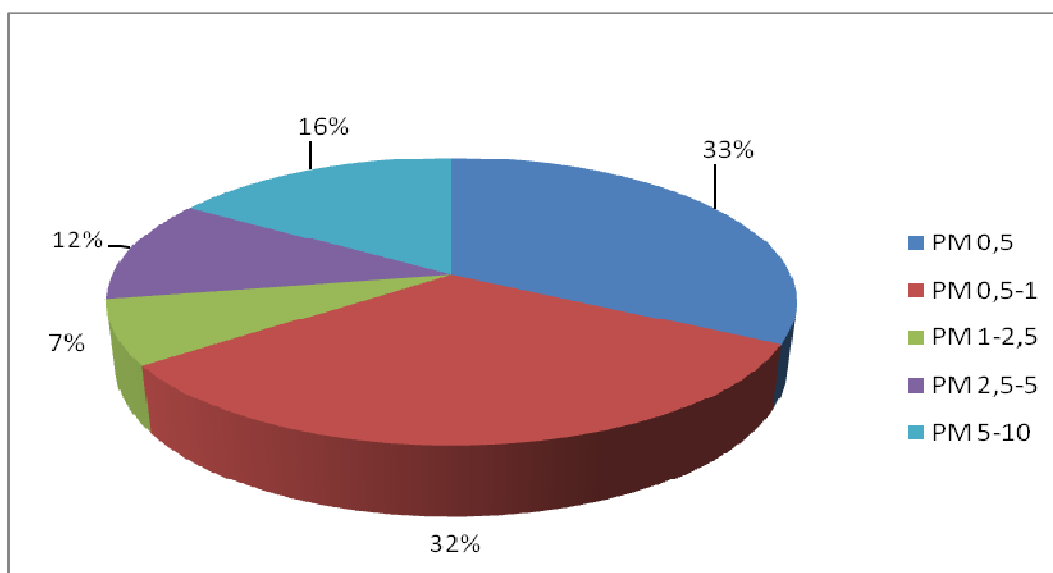


Figura 5.54 - Distribuição das partículas (em percentagem)

É notória a influência das partículas presentes no fumo de tabaco nas medições efectuadas. 33% das partículas referem-se às $\text{PM}_{0,5}$ e 32% às partículas correspondentes ao intervalo $0,5 - 1\mu\text{m}$ de diâmetro.

5.6. Bar 1

Temperatura: Às 14h, no início das medições, o valor da temperatura era de $24,4^\circ\text{C}$, verificando-se um aumento até 25°C (às 14h24), mantendo-se este valor até às 14h34,

voltando a subir até ao final da medição (25,5°C). A temperatura mais elevada foi de 25,5°C, registada às 15h (no final da medição). O valor mais baixo foi registado às 14h01 (24,3°C).

Humidade (HR): O valor registado às 14h foi de 39,2%, continuando razoavelmente constante até às 14h07. Oscila um pouco entre 39% e 38,4%. O valor mais baixo foi de 38,4%, registado às 14h21. O valor mais alto foi medido às 14h02 e às 14h10 (39,5%).

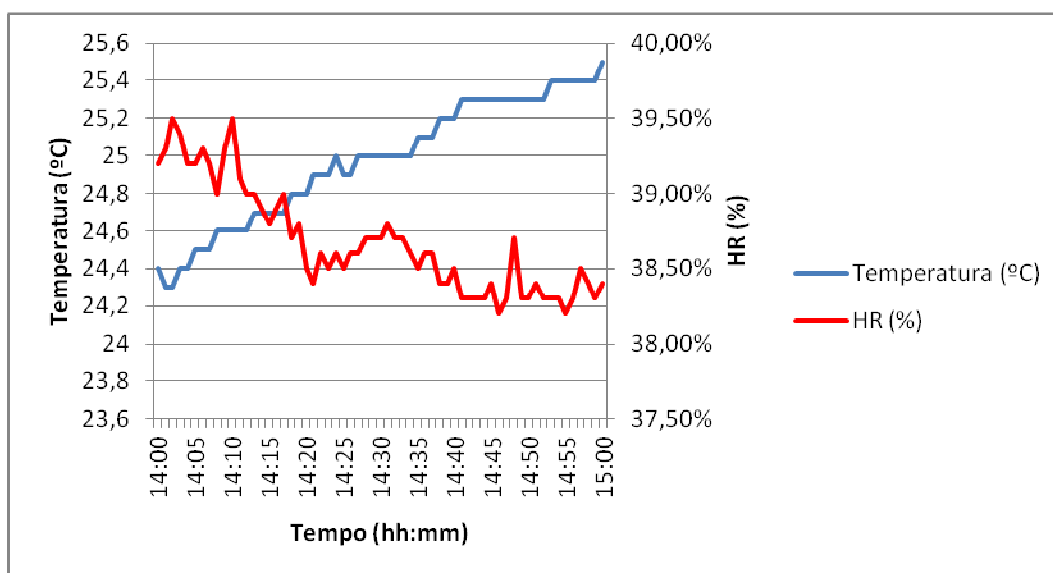


Figura 5.55 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): No interior da sala, às 14h, a concentração de CO₂ era de 462ppm, havendo uma subida até 489ppm às 14h02, quando estavam 12 pessoas na sala, mas nenhuma delas a fumar. Este valor desce ligeiramente, voltando a subir às 14h08, quando havia 13 ocupantes na sala, 2 deles a fumar.

O valor mínimo registado foi de 425ppm, às 14h53. Neste momento, encontravam-se 16 pessoas na sala, estando 2 a fumar. O valor mais alto foi de 497ppm, medido às 14h10, quando havia 13 ocupantes, estando 2 deles a fumar. O limite não foi ultrapassado.

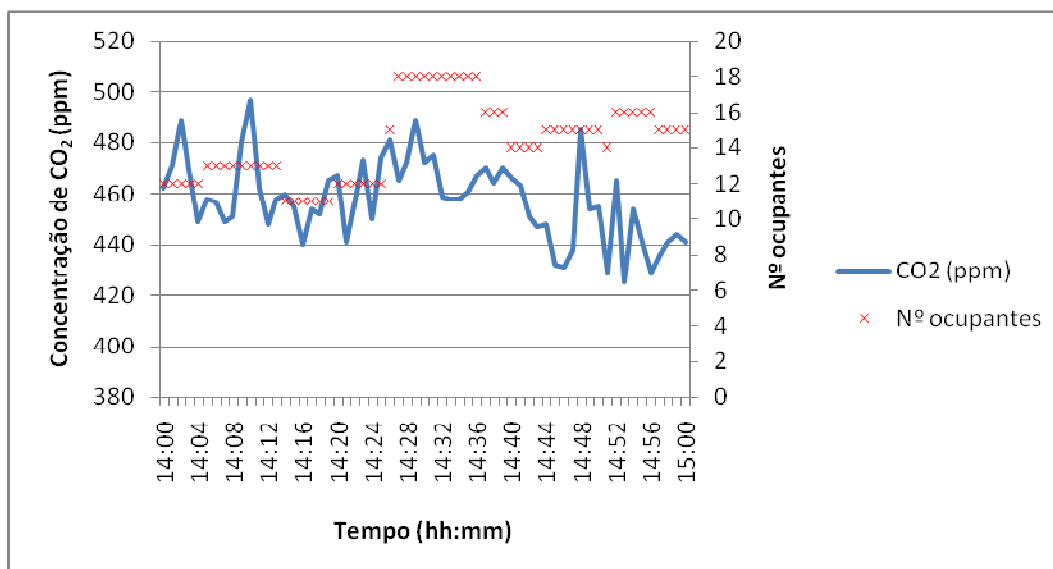


Figura 5.56 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: Às 14h, no início das medições, o valor registado para as PM₁₀ foi de 59,67 µg/m³, diminuindo até 38,41 µg/m³, às 14h06, subindo de seguida, quando havia 13 ocupantes, estando 2 deles a fumar, até 127,51 µg/m³ (às 14h14). Às 14h35 verifica-se nova subida, quando se encontravam 18 pessoas na sala, 6 delas a fumar. Quando estavam 14 pessoas na sala, 2 delas a fumar, às 14h40 verifica-se uma diminuição. Nota-se depois um aumento da concentração quando se encontram 15 pessoas na sala, 2 a fumar (às 14h48).

A concentração máxima foi de 131,67 µg/m³, às 14h38, quando havia 16 pessoas na sala, 5 delas a fumar. A concentração mínima foi registada às 14h06, e foi de 38,41 µg/m³. Nesta altura, estavam 13 pessoas na sala e 1 delas a fumar.

O limite para as PM₁₀ (150 µg/m³) não foi ultrapassado.

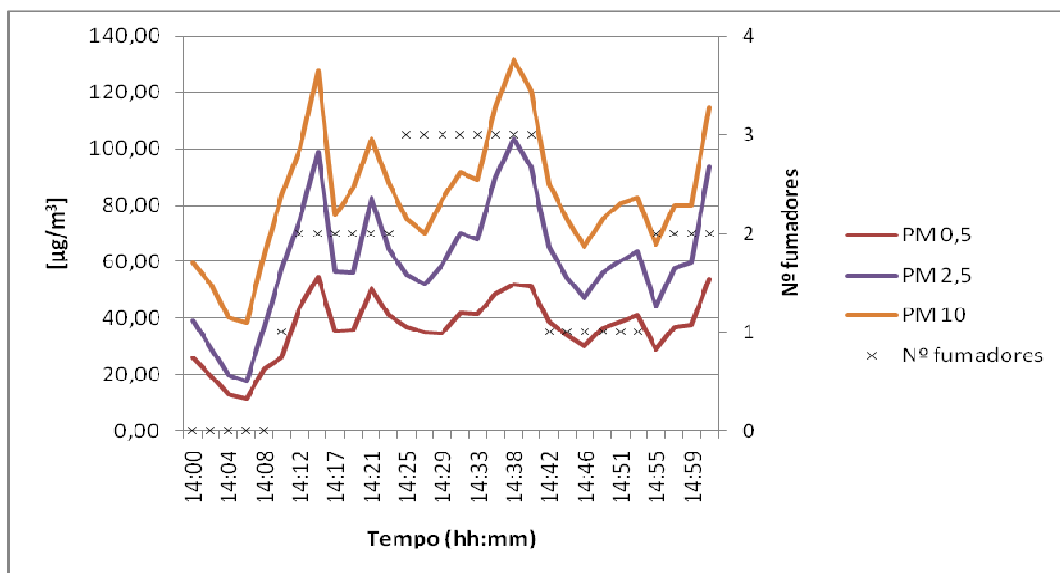


Figura 5.57 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

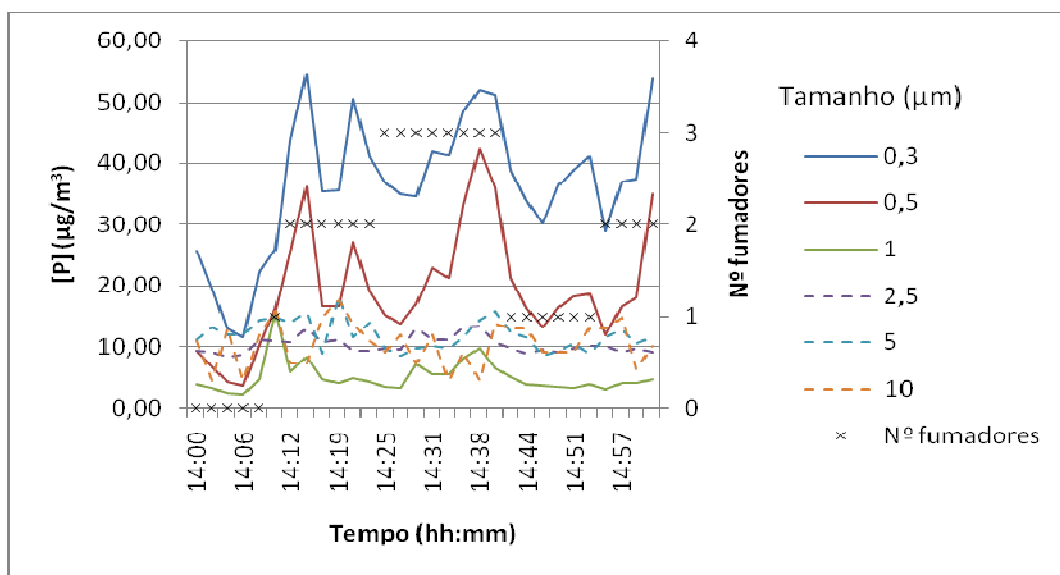


Figura 5.58 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

As concentrações mais altas de partículas observam-se para partículas de 0,3µm e de 0,5µm de diâmetro.

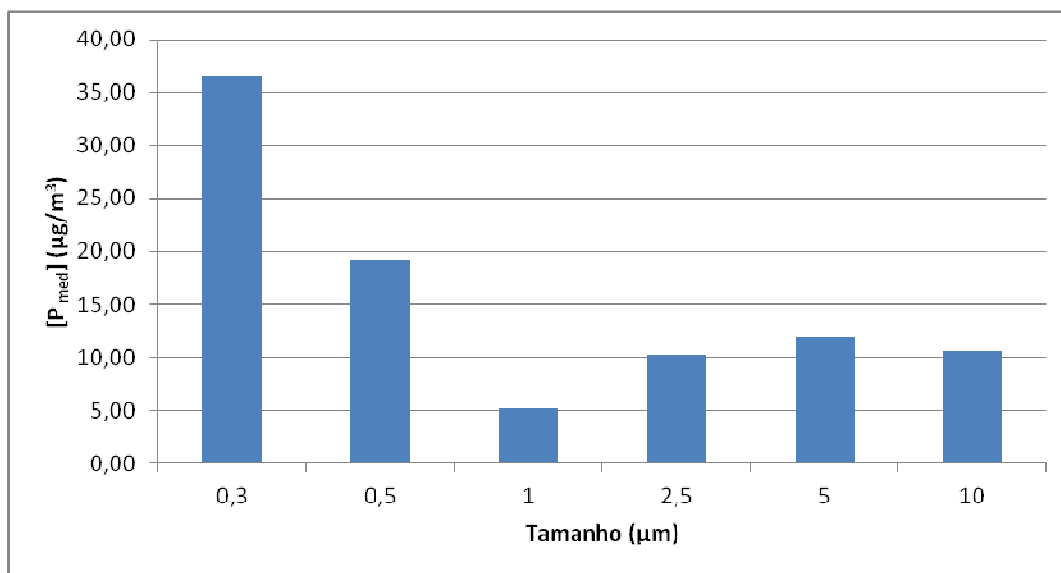


Figura 5.59 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.14 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
36,61	0,3
19,25	0,5
5,15	1
10,28	2,5
11,97	5
10,57	10

Durante o período de medição, nota-se a elevada concentração de partículas de 0,3µm e de 0,5µm.

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

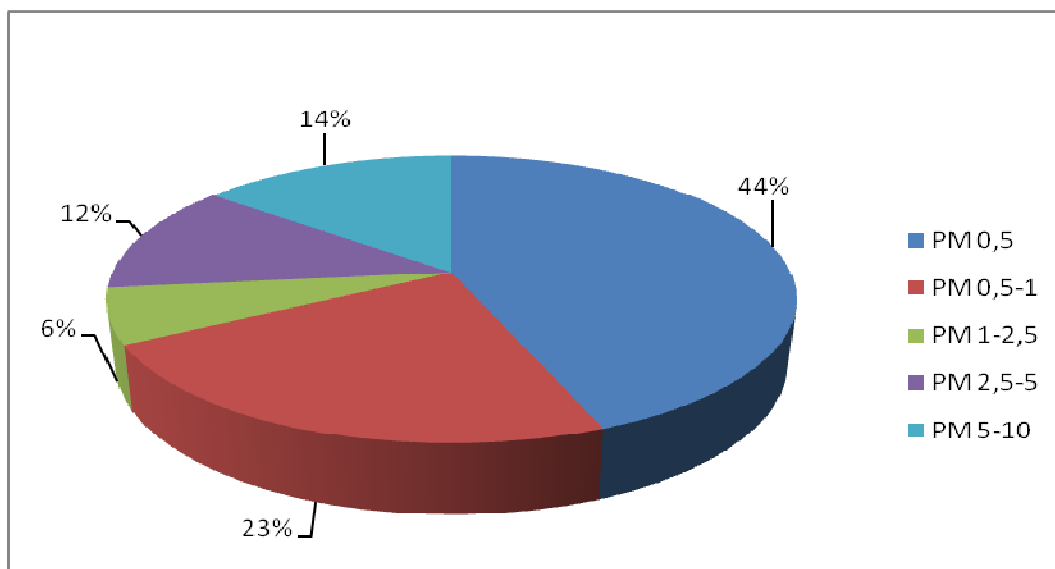


Figura 5.60 - Distribuição das partículas (em percentagem)

44% das partículas medidas dizem respeito a $PM_{0,5}$ e 23% às partículas com diâmetro entre 0,5 e $1\mu m$.

Com a análise destes gráficos é visível a influência das partículas presentes no fumo de tabaco.

Partículas no Ar Exterior

Nas proximidades do Bar 1, as partículas com maior concentração são as de $2,5\mu m$ e $5\mu m$, podendo ser relativas ao tráfego.

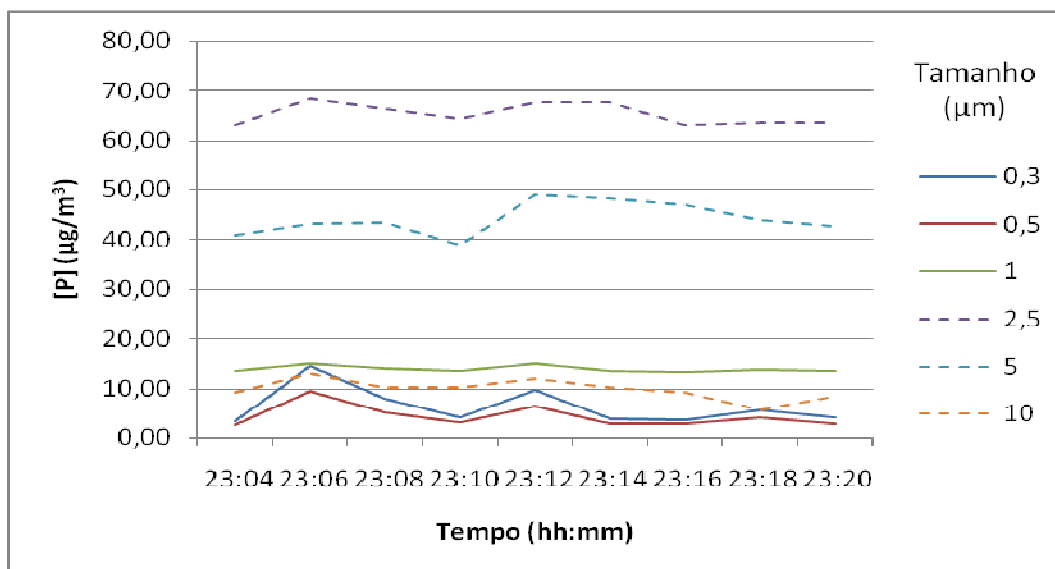


Figura 5.61 - Variação da concentração de partículas ao longo do período de amostragem

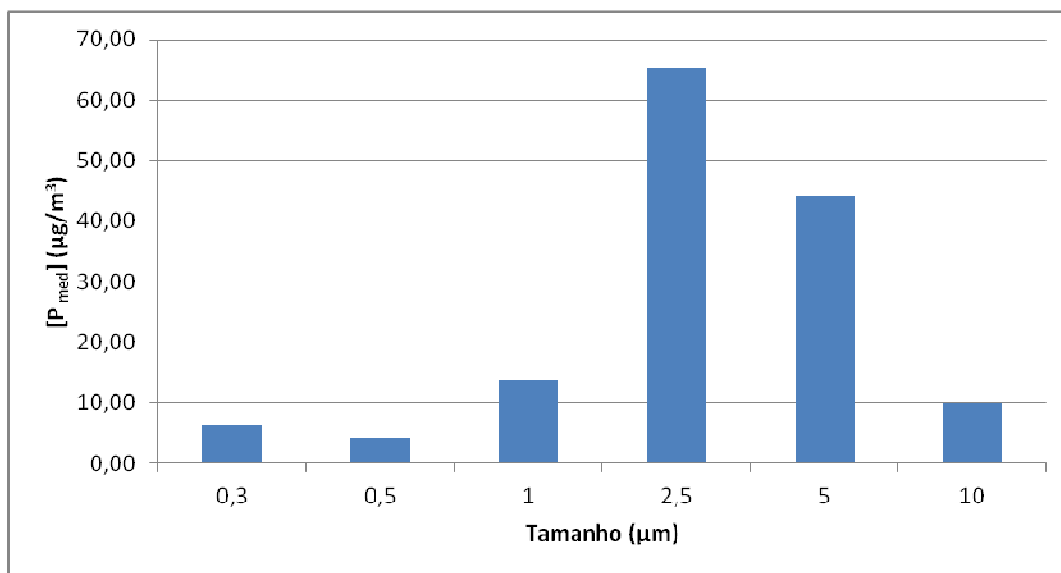


Figura 5.62 - Concentração média de partículas durante o período de medição

As partículas de 2,5µm apresentam uma concentração média de 65,31 µg/m³ e as de 5µm têm concentração média de 44,39 µg/m³, durante o período de medição.

Tabela 5.15 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
6,31	0,3
4,28	0,5
13,80	1
65,31	2,5
44,29	5
9,76	10

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

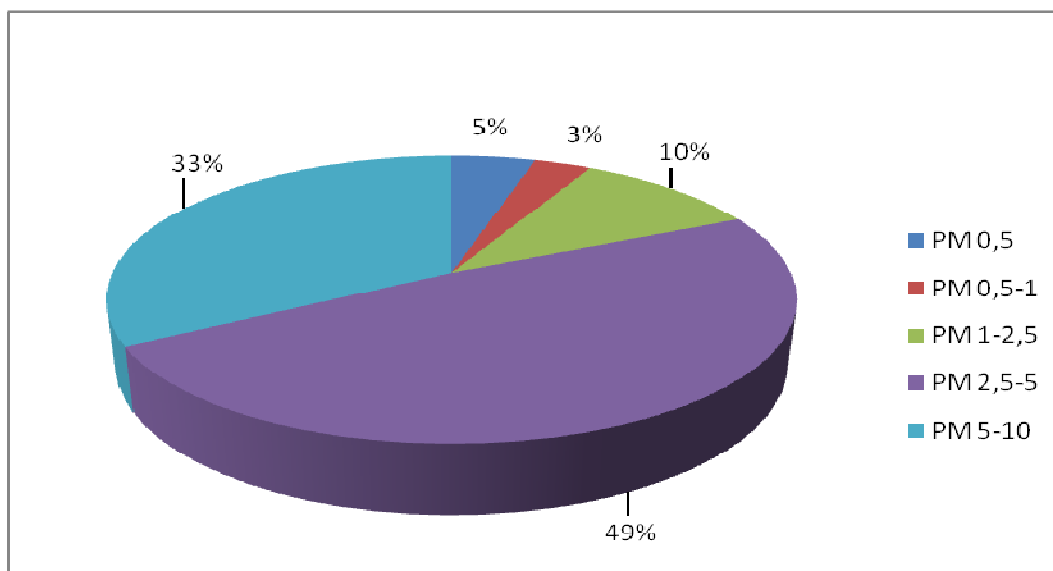


Figura 5.63 - Distribuição das partículas (em percentagem)

49% das partículas apresentadas referem-se às partículas compreendidas no intervalo de 2,5 a 5 μ m e 33% às partículas que têm diâmetro entre 5 até 10 μ m.

5.7. Café 6

Medições efectuadas no dia 10 de Maio:

Temperatura: No início das medições, às 11h, a temperatura medida foi de 23,3°C, mantendo-se relativamente constante até às 11h04, aumentando “linearmente” a partir desta altura. A temperatura mais baixa foi medida às 11h (23,3°C) e o valor mais elevado foi de 25,8°C, registado às 11h48 e das 11h50 até às 12h.

Humidade (HR): O valor registado às 11h foi de 54%, variando cerca de 1% até às 11h06, havendo depois uma descida até 51,7% (às 11h07). O valor mais baixo foi de 47,9% registado às 11h42 e o valor mais alto foi de 54%, às 11h.

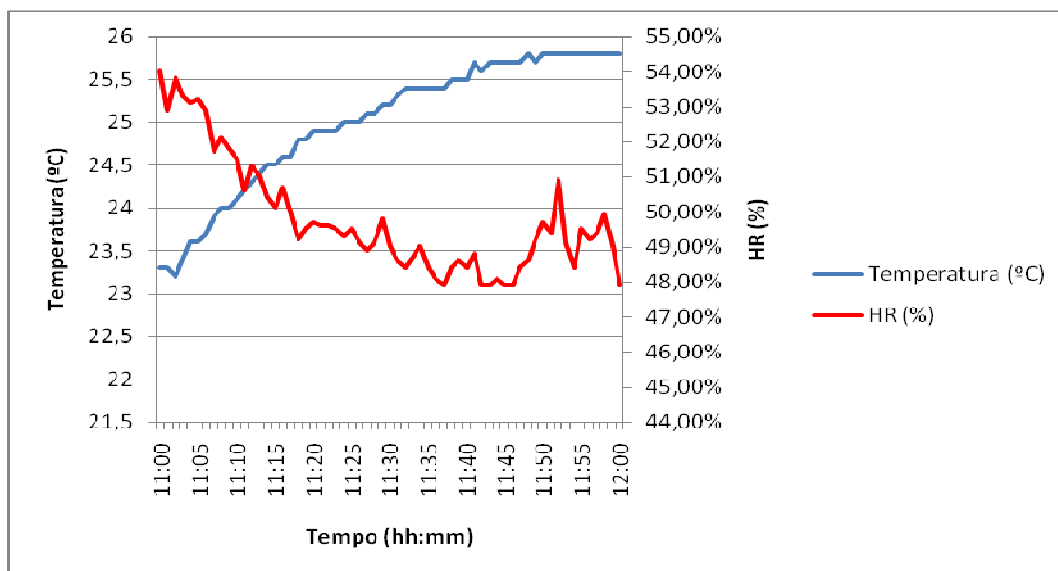


Figura 5.64 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): Às 11h, no interior da sala, a concentração de CO₂ era de 708ppm, quando havia 15 ocupantes na sala, estando 4 deles a fumar. Há uma diminuição deste valor até 621ppm (às 11h04), mantendo-se o nº de ocupantes e de fumadores na sala. A concentração de CO₂ vai variando em cerca de 40ppm até às 11h14. Às 11h15 verifica-se uma descida, pois nesta altura encontravam-se apenas 7 pessoas no interior do estabelecimento, estando 1 delas a fumar (557ppm), mantendo-se este valor com pequenas oscilações de cerca de 50ppm até às 11h29. A partir das 11h30, nota-se uma diminuição devido ao nº de ocupantes vs nº de fumadores (9 ocupantes e nenhum fumador), até às 11h39. Às 11h40, existem 7 pessoas na sala, estando 1 delas a fumar e a partir deste momento, a concentração de CO₂ vai variando cerca de 200ppm até ao final da medição.

O valor mais elevado foi registado às 11h59 e foi de 644ppm. O valor mais baixo foi de 469ppm, tendo sido registado às 11h37.

O nível máximo (1000ppm) não é ultrapassado.

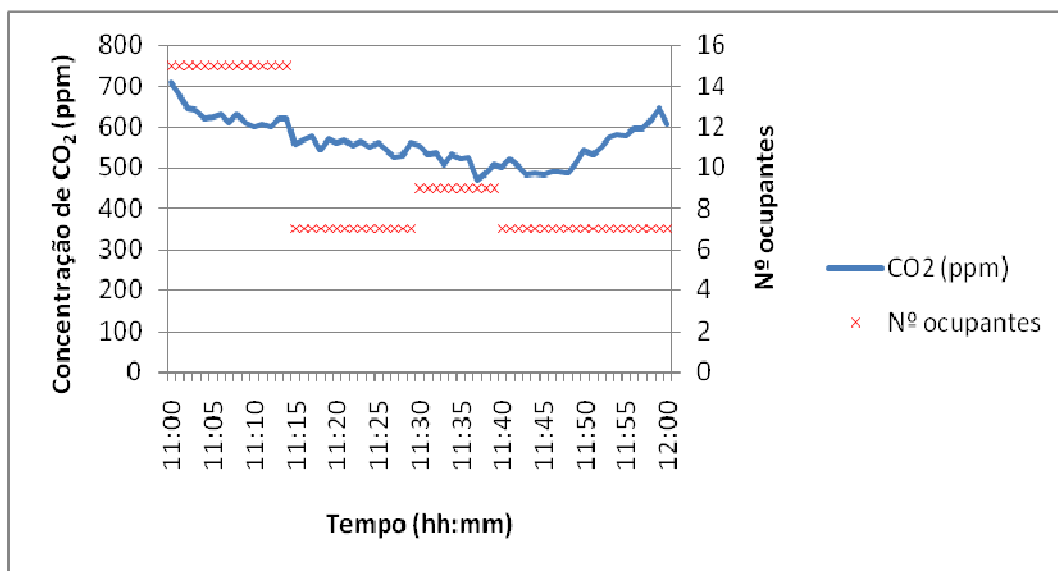


Figura 5.65 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: No início das medições, às 11h02, o valor registado para as PM₁₀ foi de 25,46 µg/m³, diminuindo até 7,42 µg/m³ (às 11h06), aumentando de seguida.

O valor mais alto foi de 215,05 µg/m³ e foi registado às 11h12, quando estavam 15 pessoas na sala, 4 delas a fumar. O valor mais baixo foi medido às 11h06, de 7,42 µg/m³.

O limite para as PM₁₀ é de 150 µg/m³ e foi ultrapassado das 11h08 às 11h12 e às 12h48. Este valor foi ultrapassado quando o espaço tem 1/5 da lotação.

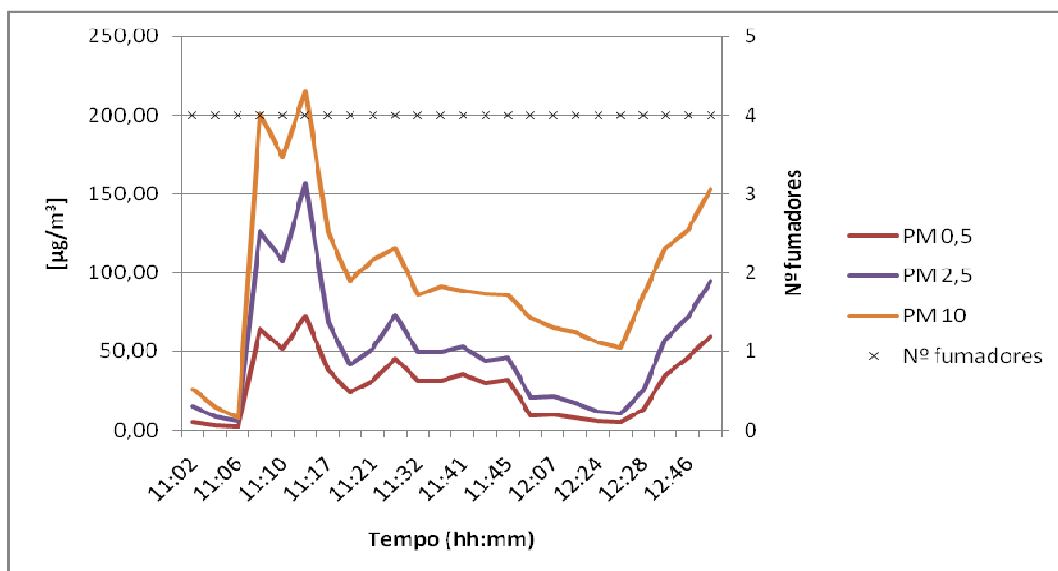


Figura 5.66 – Relação entre a concentração de partículas (PM's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

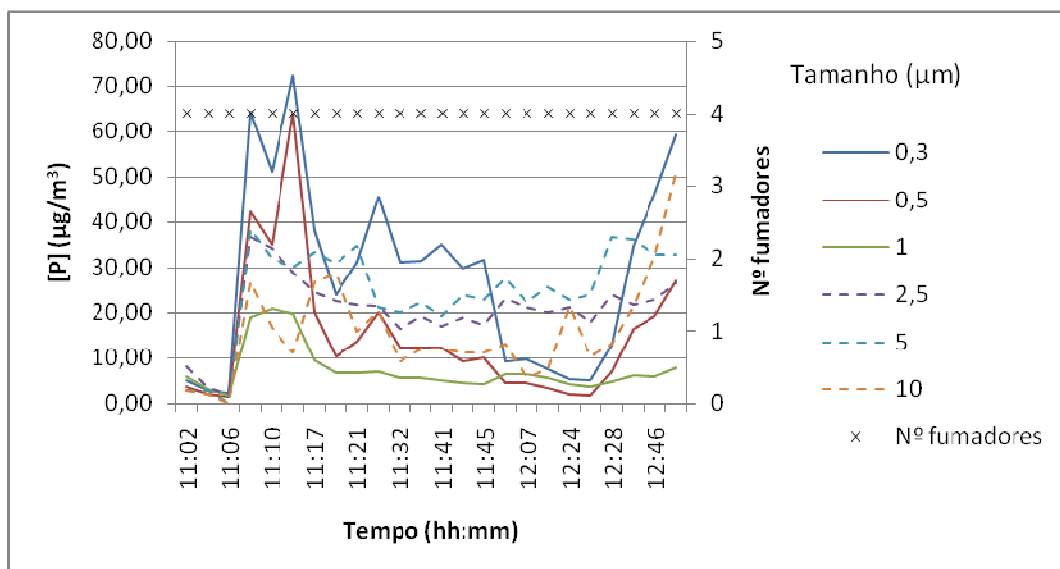


Figura 5.67 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

A concentração mais elevada é observada para as partículas de 0,3µm, sendo a concentração média destas partículas, durante o período de medição, de 28,55 µg/m³.

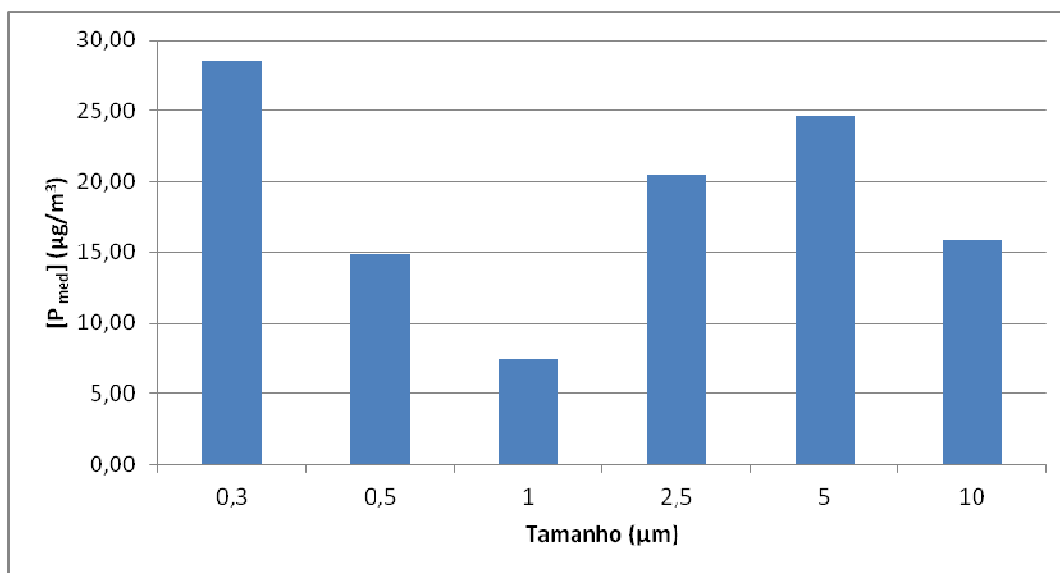
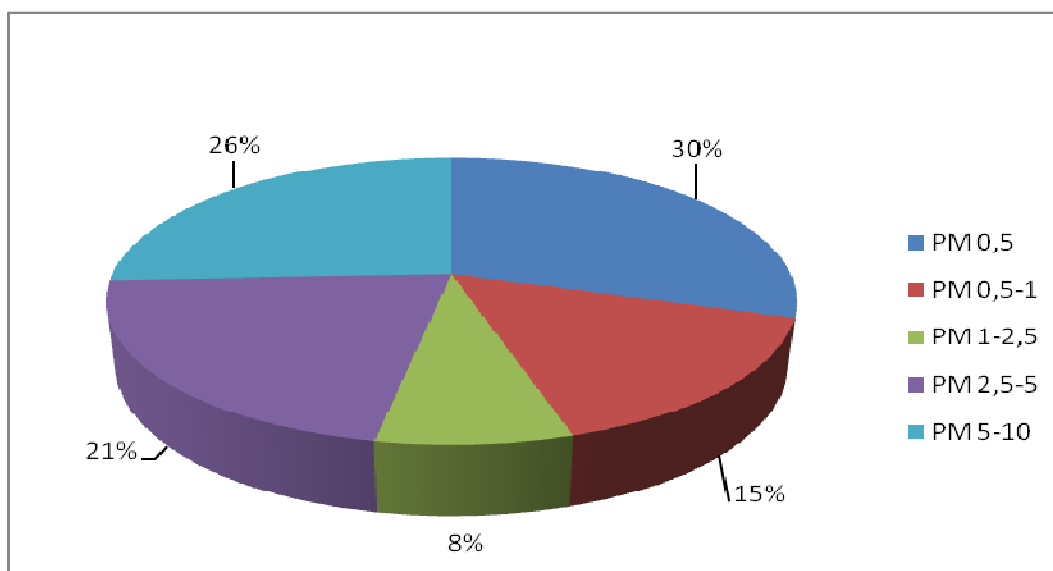


Figura 5.68 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.16 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tamanho (μm)
28,55	0,3
14,85	0,5
7,41	1
20,43	2,5
24,69	5
15,87	10

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

**Figura 5.69** - Distribuição das partículas (em percentagem)

30% correspondem às $\text{PM}_{0,5}$.

Medições efectuadas no dia 17 de Maio:

Temperatura: Às 18h04, a temperatura medida foi de $24,7^\circ\text{C}$, diminuindo até $23,5^\circ\text{C}$, às 18h17, subindo de seguida até $23,7^\circ\text{C}$, voltando a descer até $23,4^\circ\text{C}$, sendo este o valor mais baixo registado (às 18h21). O valor mais elevado foi de $24,7^\circ\text{C}$, às 18h04.

Humidade (HR): O valor registado às 18h04 foi 51,8%, subindo até 54%, às 18h09, descendo novamente até 53,6% às 18h12. Verifica-se depois uma subida até ao máximo registado (55,1% às 18h17). O valor mais baixo foi de 51,8%, às 18h04.

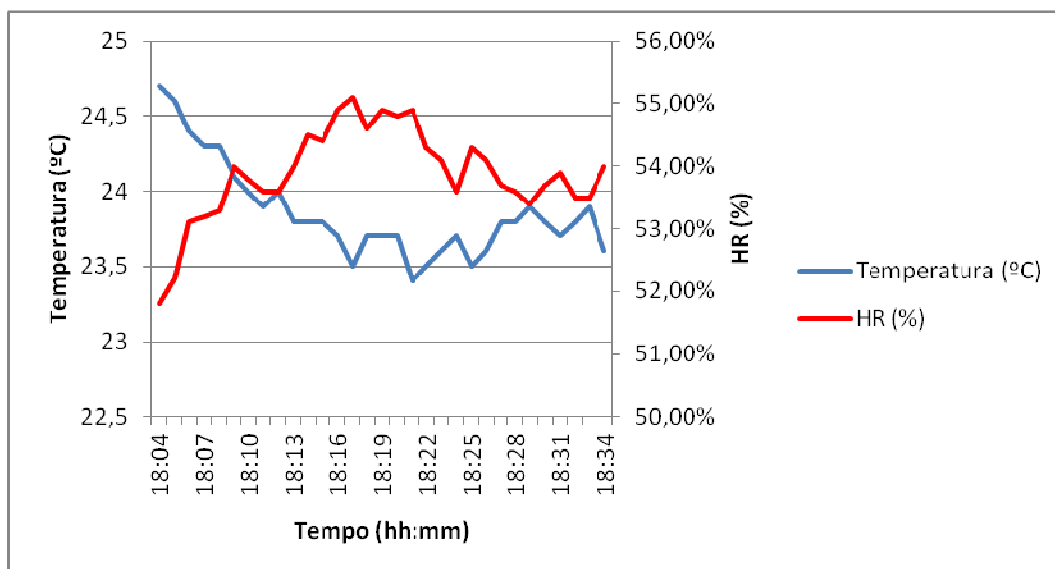


Figura 5.70 - Evolução temporal da temperatura e da humidade relativa

Dióxido de Carbono (CO₂): No interior da sala, às 18h04, a concentração de CO₂ era de 554ppm, quando havia 15 ocupantes, estando 2 deles a fumar. A concentração de CO₂ regista variações de cerca de 100ppm até às 18h24. A partir das 18h25, quando se encontram 20 ocupantes na sala, estando 2 deles a fumar, a concentração de CO₂ vai aumentando de 427ppm até às 460ppm.

O valor mais alto foi registado às 18h04 e foi de 554ppm e o valor mais baixo foi de 427ppm, às 18h25.

O nível máximo admitido pelo RSECE para o CO₂ é de 1000ppm e não foi ultrapassado.

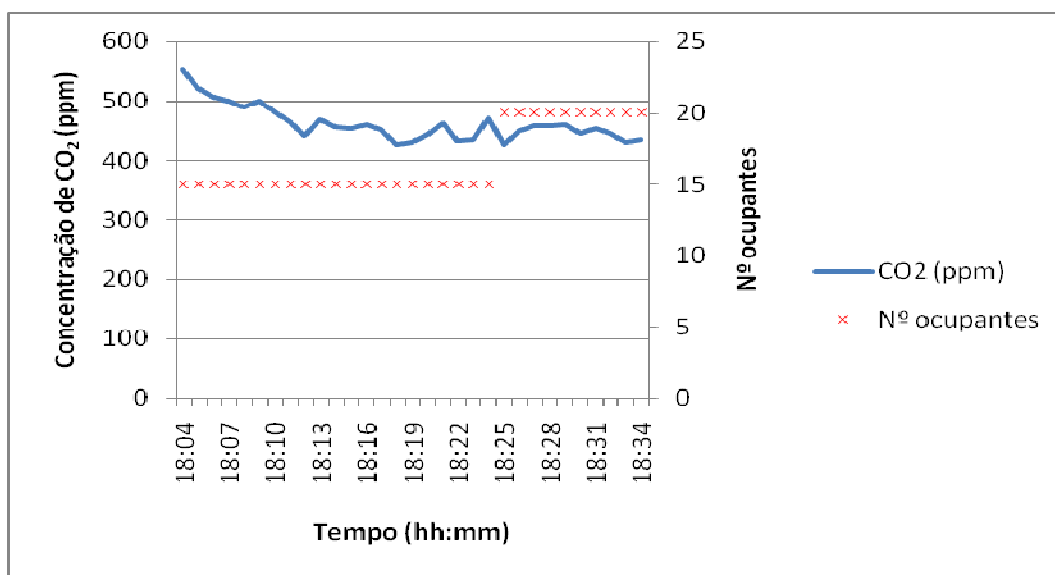


Figura 5.71 - Relação entre a concentração de CO₂ e o número de ocupantes da sala

Partículas: Às 18h07, no início das medições, o valor para as PM_{10} foi de $81,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, variando um pouco até às 18h25. Às 18h27 regista-se o valor máximo, de $131,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Neste momento, havia 20 ocupantes na sala, estando 2 deles a fumar. O valor mínimo foi de $80,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medido às 18h15.

O limite estabelecido para as PM_{10} ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) não foi ultrapassado.

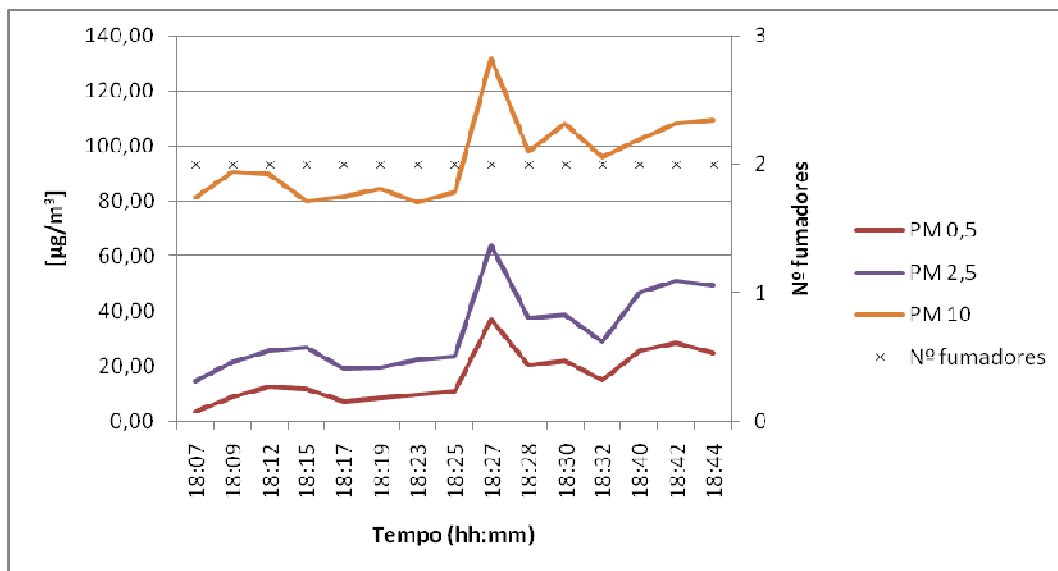


Figura 5.72 – Relação entre a concentração de partículas (PM 's) e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

Neste caso, as partículas que apresentam maior concentração são as de $2,5\mu\text{m}$, seguidas das de $5\mu\text{m}$.

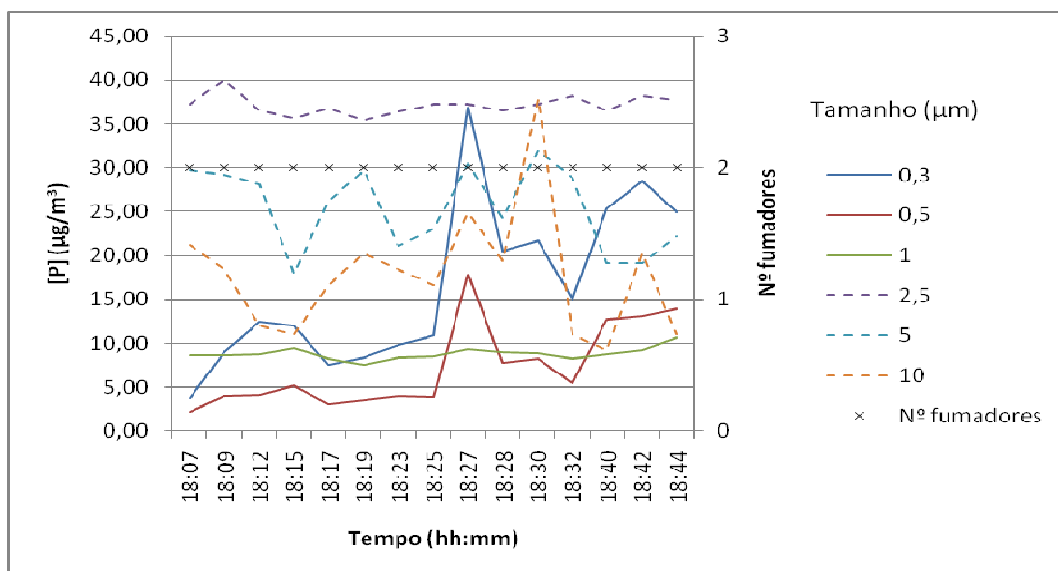


Figura 5.73 - Relação entre a concentração de partículas e o número de fumadores ao longo do período de amostragem

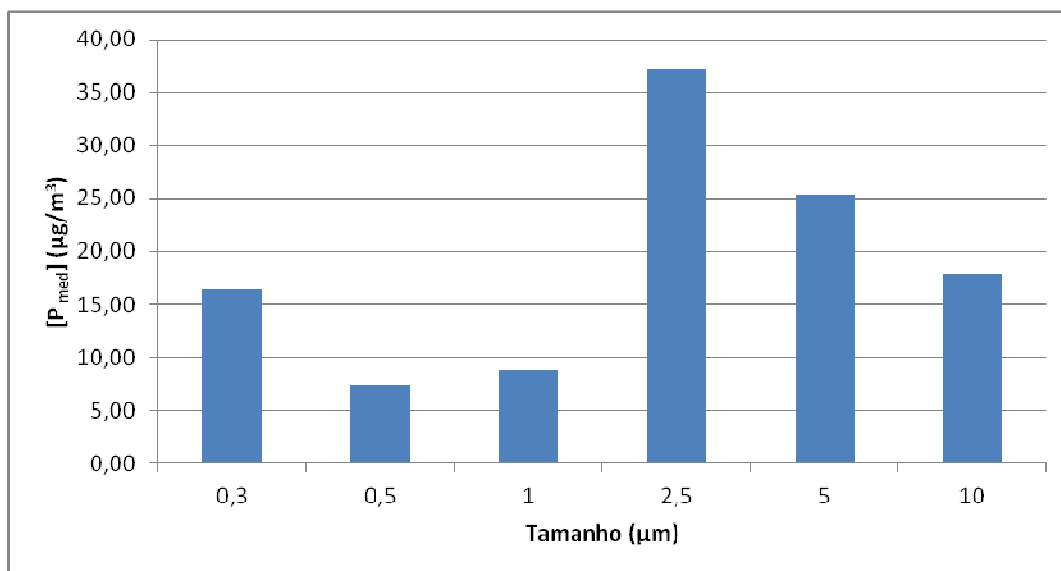


Figura 5.74 - Concentração média de partículas durante o período de medição

Tabela 5.17 - Relação entre a concentração média de partículas durante o período de medição e o seu tamanho

Concentração média de partículas (µg/m ³)	Tamanho (µm)
16,41	0,3
7,29	0,5
8,79	1
37,13	2,5
25,38	5
17,94	10

O valor mais elevado para a concentração média de partículas, durante o período de amostragem é verificado para as partículas com diâmetro 2,5µm.

No gráfico seguinte apresenta-se a distribuição de partículas suspensas no ar (em percentagem) durante o período de medição.

39% das partículas são referentes às partículas com diâmetro compreendido entre 2,5 e 5µm.

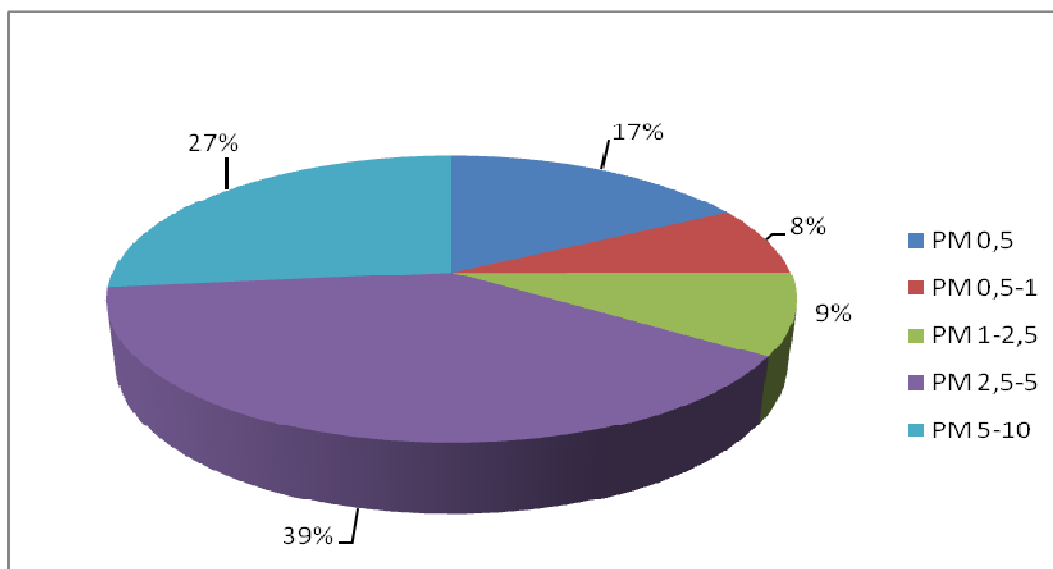


Figura 5.75 - Distribuição das partículas (em percentagem)

Os resultados obtidos no presente estudo permitem caracterizar com dados objectivos os níveis de fumo do tabaco ambiental a que as pessoas estão sujeitas em locais públicos. É importante controlar esta exposição, pois não há nenhum nível de exposição ao fumo do tabaco ambiental (FTA) que se possa considerar sem risco e quanto maior for a concentração de FTA, maior o risco para a saúde.

Uma pessoa que esteja exposta durante toda a vida laboral a uma concentração de $0,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ de nicotina, pode ver aumentado o risco de contrair cancro de pulmão, de 1 em 10000. Isto significa que, em cada 10000 pessoas expostas a esta concentração de nicotina durante uma vida laboral de aproximadamente 40 anos, uma desenvolverá um cancro de pulmão atribuível a esta exposição. Da mesma forma, se estiver exposta durante toda a vida laboral a uma concentração de $2,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de nicotina, provocaria um excesso de risco de cancro de pulmão de 3 em 10000 (Repace e Lowrey, 1993).

A exposição ao FTA deve ser encarada como um grave problema de saúde pública, além das questões individuais de “estilo de vida” e da simples questão da liberdade de uso indiscriminado do tabaco em qualquer local. A única forma de proteger os não fumadores é criando ambientes livres de tabaco, por meio de legislação (Precioso et al., 2007).

Ao analisarmos os dados apresentados neste estudo, constata-se que é necessário reforçar a implementação e sobretudo o cumprimento de políticas sem fumo nos locais de trabalho e em locais públicos. Isso beneficiaria a saúde dos trabalhadores, com a melhoria da qualidade do ambiente de trabalho e como medida reforçadora de um ambiente que facilite aos fumadores o abandono do fumo do tabaco (Precioso et al, 2007).

Os resultados apresentados poderão ser importantes no processo de avaliação do impacto da lei de controlo do tabaco que vier a ser implementada em Portugal. A medição de marcadores químicos e do ar, comparando os valores obtidos antes e depois da aplicação da lei, permitirão quantificar de maneira objectiva a diminuição dos níveis de FTA.

6. Conclusões

Com este trabalho pretendeu-se caracterizar a QAI de pequenos edifícios de serviços, onde é permitido fumar. Como guia para actuação e para que nada fosse esquecido, recorreu-se à Nota Técnica que foi revista no ano de 2009, nesta encontra-se toda a metodologia de apoio ao RSECE para auditorias periódicas à QAI em edifícios de serviços existentes.

De acordo com a mesma, o primeiro passo de uma auditoria é finalizado com uma visita preliminar onde se efectua um levantamento de todas as situações de incumprimento regulamentar.

No sector da restauração e similares, a grande maioria dos estabelecimentos optou pela proibição de fumar no interior. Ao nível do cumprimento da lei, podemos afirmar que mais de 90% das pessoas cumprem a lei e não fumam em espaços onde é proibido fumar.

Podemos concluir que esta lei veio dar uma protecção considerável aos não fumadores relativamente à exposição involuntária ao fumo do tabaco, mas não uma protecção total. O facto de a lei permitir que se possa fumar em alguns locais da restauração e similares, fez com que ainda haja muitos clientes e sobretudo trabalhadores expostos ao fumo passivo.

Com este estudo concluímos que, dos sete estabelecimentos onde se efectuaram as medições, seis deles cumprem a legislação no que diz respeito ao nível máximo admitido pelo RSECE para o CO₂ (1000ppm). No Café 4, este valor foi ultrapassado às 16h03. Relativamente à concentração de partículas com tamanho inferior a 10µm (PM₁₀), o limite estabelecido para estas (150 µg/m³) foi excedido em seis estabelecimentos, quando os espaços não estavam lotados. A taxa de geração das PM₁₀ impõe mais restrições, visto ser um parâmetro cumulativo.

Nas medições efectuadas para analisar a eficácia do sistema de ventilação existente na sala de fumadores do Café 1, é notável a interferência das partículas presentes no fumo do tabaco. Em todas as medições efectuadas à sala de fumadores, as partículas que apresentaram maior concentração média foram as partículas com menores diâmetros (0,3µm e 0,5µm), enquanto nas medições feitas na sala de não fumadores as que apresentaram maior concentração média foram as partículas de 10µm de diâmetro, excepto no caso em que as janelas da sala de fumadores se encontravam abertas e o sistema de ventilação desligado.

Os factos aqui apresentados salientam os malefícios da exposição ao FTA e mostram que a ventilação não soluciona o problema imposto por ele em ambientes fechados, sendo por isso a única solução viável a proibição do fumo.

Os valores apresentados relativamente à concentração de partículas no ar exterior nas proximidades de alguns estabelecimentos (as partículas que apresentam maior concentração média durante o período de amostragem são as de 2,5µm de diâmetro) podem ser justificados pelo tráfego automóvel, pois os estabelecimentos localizam-se numa zona urbana.

Existem graves lacunas técnicas na Lei do Tabaco, que ao remeter para o RSECE os limites quantitativos do parâmetro PM_{10} , comete o erro crasso de exigir para um ambiente com fumo os mesmos valores que para um espaço isento de FTA. Para garantir a satisfação dos valores impostos para este parâmetro seriam necessárias taxas de renovação do ar extremamente elevadas, o que se iria reflectir num incómodo para os ocupantes, dado que aumentaria drasticamente a velocidade do ar no interior. Em suma, as soluções possíveis para a situação constatada corresponderiam à total proibição da existência de espaços com permissão de fumo ou à revisão dos limites referidos anteriormente.

Segundo o relatório do US Surgeon General, num espaço interior, mesmo separando os fumadores dos não fumadores, e/ou “limpando” o ar (através de sistema de ventilação), não se consegue eliminar por completo a exposição ao fumo ambiental do tabaco (USDHHS, 2006). Por outro lado, US Surgeon General sublinha ainda que “*There is No Risk-Free Level of Exposure to Secondhand Smoke*” (USDHHS, 2006, p. 11), ou seja, mesmo que só se respire uma quantidade mínima de fumo de tabaco, estamos a colocar a nossa saúde em risco.

Por esses motivos consideramos que para uma total protecção da exposição ao FTA, deverá ser proibido fumar nos locais de trabalho e locais públicos, incluindo bares, restaurantes, em edifícios de saúde e educação e também em transportes públicos. Até porque no contexto da actual lei, existe a percepção, ainda não comprovada que os locais onde é permitido fumar ou nos estabelecimentos para fumadores, viram aumentada a concentração de fumo do tabaco pelo aumento da concentração de fumadores/as, o que aumenta a dose diária de inalação do FTA, sobretudo para os trabalhadores/as.

As leis de controlo do tabagismo que impõem restrições ao consumo, para além das vantagens na saúde dos não fumadores, têm outras vantagens, designadamente promovem a redução ou a cessação tabágica.

O relatório do Parlamento Europeu salienta que nos países em que foi introduzida a proibição total de fumar em locais públicos fechados, e após a revisão dos diferentes estudos elaborados, não foi visível uma redução no volume de negócios no sector da restauração, e acrescenta que “*uma política responsável tem a obrigação de criar um ambiente em que fumar já não seja considerado normal*”.

O cumprimento generalizado da lei do tabaco em Portugal e nos outros países onde leis mais restritivas foram aplicadas, deixa antever que é possível ir um pouco mais além e terminar com as excepções de fumar em alguns locais.

7. Bibliografia

Abreu, J. (2009). “Auditoria à Qualidade do Ar Interior num grande edifício de serviços”, Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.

ADENE – Agência para a Energia (2009), <http://www.adene.pt> (acedido em 9/4/2011).

APA, A. P. - Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico, Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, 2009.

Asadi, E., Costa, J., Gameiro, M. (2011). “Indoor air quality audit implementation in a hotel building in Portugal”. *Building and Environment* 46: 1617-1623.

Ashley, M., Saunders, P., Mullard, G., Prasad, K., Mariner, D., Williamson, J., Richter, A. (2010). “Smoking intensity before and after introduction of the public place smoking ban in Scotland”. *Regulatory Toxicology Pharmacology*

Burroughs, H., Hansen, S. (2008). "Managing Indoor Air Quality", USA: Fourth Edition.

Calheiros, J. (2006). “Fumo ambiental e saúde”. *Revista Portuguesa de Clínica Geral*. 22:197-245-253.

Carrington, J., Watson, A., Gee, I. (2003). “The effects of smoking status and ventilation on environmental tobacco smoke concentrations in public areas of UK pubs and bars”. *Atmospheric Environment* 37: 3255-3266.

Carrión, F., Pellicer, C. (2002). “El tabaquismo passivo en la infancia: nuevas evidencias. *Prevención Tabaquismo*.” 4(1): 20-5.

CCOHS, C. C. (2004) "Indoor Air Quality, Health and Safety Guide", Canada: 2nd Edition.

Costa, J. (2008). "Caracterização do Ar Interior". Cursos SEC na FCTUC, Módulo - Qualidade do Ar Interior, secção 3.1. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Portugal.

Costa, J. (2008). "Caracterização e Análise Microbiológica do Ar Interior". Cursos SCE na FCTUC, Módulo - Qualidade do Ar Interior, secção 3.5. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Portugal.

Costa, J. (2008). "Projecto de Instalações de AVAC: Boas práticas para assegurar a Qualidade do Ar Interior". Cursos SCE na FCTUC, Módulo - Qualidade do Ar Interior, secção 5.2. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Portugal.

Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril. Publicado no Diário da República, I Série-A, Nº 67. Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.

Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril. Publicado no Diário da República, I Série-A, Nº 67. Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.

Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril. Publicado no Diário da República, I Série-A, Nº 67. Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

EPA – Agency United States Environmental Protection (2009), <http://www.epa.gov/> (acedido em 9/4/2011).

EUROPEIAS, C. D. (2007). LIVRO VERDE - Por uma Europa sem fumo: opções estratégicas a nível comunitário.

Fernandes, E. (2009). "A Problemática e as Políticas da Qualidade do Ar Interior". Seminário Qualidade do Ar Interior – Novas Problemáticas. Novas Políticas. Novas Práticas. Porto, Portugal.

Fernández, E., Fu, M., Martínez, C., Martínez-Sánchez, J., López, M., Martín-Pujol, A., Centrich, F., Muñoz, G., Nebot, M., Saltó, E. (2008). "Secondhand smoke in hospitals of Catalonia (Spain) before and after a comprehensive ban on smoking at the national level". *Preventive Medicine* 47: 624-628.

Gameiro, M. (2008). "Introdução ao Novo RSECE". Cursos SCE na FCTUC, Módulo RSECE - Qualidade do Ar Interior, secção 1. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Portugal.

Gameiro, M. (2008). "A Poluição no ambiente interior". Cursos SCE na FCTUC, Módulo RSECE - Qualidade do Ar Interior, secção 2. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Portugal.

Gameiro, M. (2008). "Medições de Concentração de Gases". Cursos SCE na FCTUC, Módulo RSECE - Qualidade do Ar Interior, secção 3.4. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Portugal.

Godishi, T., Spengle, J. (1996). "Relationships Between Ventilation and Indoor Air Quality: A Review". *Indoor Air* 6: 135-145.

Gorini, G., Moshammer, H., Sbrogi, L., Gasparini, A., Nebot, M., Neuberger, M., Tamang, E., Lopez, M., Galeone, D., Serrahima, E. (2008). "Italy and Austria before and after study: second-hand smoke exposure in hospitality premises before and after 2 years from the introduction of the Italian smoking ban". *Indoor Air* 18: 328-334.

Haliou, C., Santamouris, M., Helmi, A., Kapsalaki, M., Saliari, M., Spanou, A., Tsakos, D. (2009). "Exposure to fine particulate matter in ten night clubs in Athens Greece: Studying the effect of ventilation, cigarette smoking and resuspension". *Science of the Total Environment* 407: 4894-4901.

Hammond, S. (1993). "Evaluating exposure to environmental tobacco smoke". Winegar ED, Lawrence H, editors. *Keith Sampling and analysis of airborne pollutants*. New York: Lewis; p. 319-37.

Hirayama, T. (1990). "Life-style and mortality: a large-scale cesus based cohort study in Japan." New York: Karger. *Smoking and mortality*; p.54.

Kaufman, P., Griffin, K., Cohen, J., Perkins, N., Ferrence, R. (2010). "Smoking in urban outdoor public places: Behaviour, experiences, and implications for public health". *Health & Place* 16: 961-968.

Lee, J., Lim, S., Lee, K., Guo, X., Kamath, R., Yamato, H., Abas, A., Nandasena, S., Nafees, A., Sathiakumar, N. (2010). "Secondhand smoke exposures in indoor public places in seven Asian countries". *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 213: 348-351.

Liddament, M. (2000). "A Review of Ventilation and the Quality of Ventilation Air". *Indoor Air* 10: 193-199.

Liu, K., Alevantis, L., Offermann, F. (2001). "A Survey of Environmental Tobacco Smoke Controls in California Office Buildings". *Indoor Air* 11: 26-34.

López, M., Nebot, M., Sallés, J., Serrahima, E., Centrich, F., Juárez, O. et al (2004). "Medición de la exposición al humo ambiental de tabaco en centros de enseñanza, centros sanitarios, medios de transporte y lugares de ocio". *Gac Sanit.* 18(6):451-7.

LQAI - Laboratório de Qualidade do Ar Interior (2009), <http://www.lqai.com/> (acedido em 13/4/2011).

Meyers, D., Neuberger, J., Jianghua, H. (2009). "Cardiovascular Effect of Bans on Smoking in Public Places:A Systematic Review and Meta-Analysis". *Journal of the American College of Cardiology* Vol. 54, nº 14.

Nebot, M., López, M., Gorini, G., Neuberger, M., Axelsson, S., Pilali, M. et al (2005). "Environmental tobacco smoke exposure in public places of European cities". *Tob Control* 14(1):60-3.

Nota Técnica NT-SCE-02, "Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE" (versão provisória), Agência para a Energia - ADENE, 2009.

Ott, W., Siegmann, H. (2006). "Using multiple continuous fine particle monitors to characterize tobacco, incense, candle, cooking, wood burning, and vehicular sources in indoor, outdoor, and in-transit settings". *Atmospheric Environment* 40: 821-843.

Precioso, J., López, M., Calheiros, J., Macedo, M., Ariza, C., Sanchez, F., Schiaffino, A., Fernández, E., Nebot, M. (2007). "Poluição do ar interior provocada pelo fumo do cigarro em locais públicos de Portugal". *Revista Saúde Pública* 41(5): 808-13.

Precioso, J., Calheiros, J., López, M., Ariza, C., Nebot, M., Fernández, E., Rebelo, L. (2008). "Avaliação do cumprimento da lei nº 37/2007 de Prevenção do Tabagismo no sector da restauração do Concelho de Braga". Lisboa: Direcção Geral de Saúde.

Raynal, A., Burge, P., Robertson, A., Jarvis, M., Archibald, M., Hawkin, D. (1995). "How much does Environmental Tobacco Smoke Contribute to the Building Symptom Index?". *Indoor Air* 5: 22-28.

REHVA, G. (2008). *Ventilação e Fumo – Redução da exposição a FTA em edifícios*. Lisboa: Hakon Skistad and Ben Bronsema Editors.

Repace, J., Lowrey, A. (1993). "An enforceable indoor air quality standard for environmental tobacco smoke in the workplace". *Risk Anal.* 13(4): 463-75.

Rivero, L., Persson, J., Romine, D., Taylor, J., Toole, T., Trollman, C., Au, W. (2006). "Towards the world-wide ban of indoor cigarette smoking in public places". *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 209: 1-14.

Samet, J., Bohanon, H., Coultas, D., Houston, T., Persily, A., Schoen, L., et al.(2005). *Environmental Tobacco Smoke*.

Sánchez-Martínez, F., López, M., Nebot, M., Ariza, C. y Grupo de Evaluación de la Ley 28/2005. (2007). "Exposición al humo ambiental de tabaco en centros de trabajo previal a la entrada en vigor de la Ley 28/2005 de medidas sanitárias frente al tabaquismo." *Med Clin (Barc)*. 129(3):100-3.

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 PM2.5". *Atmospheric Environment* 43: 6376-6382.

Slezakova, K., Pereira, M., Alvim-Ferraz, M. (2009). "Influence of tobacco smoke on the elemental composition of indoor particles of different sizes". *Atmospheric Environment* 43: 486-493.

Thrasher, J., Besley, J., González, W. (2010). "Perceived justice and popular support for public health laws: A case study around comprehensive smoke-free legislation in Mexico City". *Social Science & Medicine* 70: 787-893.

Widome, R., Samet, J., Hiatt, R., Luke, D., Orleans, T., Ponkshe, P., Hyland, A. (2010). "Science, Prudence, and Politics: The Case of Smoke-Free Indoor Spaces". *Ann Epidemiol* 20: 428-435.

World Health Organization. (1987). "Regional Office for Europe. Air quality guidelines for Europe". 2.ed. Copenhagen. WHO Regional Publications. European Series, 91.

World Health Organization. (1999). "International consultation on environmental tobacco smoke and child health". Geneva.

Xiao, L., Yang, Y., Li, Q., Wang, C., Yang, G. (2010). "Population-Based Survey of Secondhand Smoke Exposure in China". *Biomedical and Environmental Sciences* 23: 430-436.

Zhang, B., Bondy, S., Ferrence, R. (2009). "Do indoor smoke-free laws provide bar workers with adequate protection from secondhand smoke?". *Preventive Medicine* 49: 245-247.

8. Anexo A



Figura A.1 - Fluke 975 AirMeter™



Figura A.2 - Medidor de partículas LightHouse Handheld 3016 IAQ.



Figura A.3 - Medidor de CO₂, O₃, CO e COV_{totais} GrayWolf DirectSense modelo IQ 610.



Figura A.4 - Medidor da concentração de CO₂ Sensotron PS32.

9. Anexo B

Tabela B.1 - Características dos equipamentos de medição

Tipo	Poluente / Parâmetro	Equipamento	Gama	Precisão	Resolução	Método
Físicos	Temperatura	GrayWolf DirectSense IQ-610	-10 a 70 °C	±0,3 °C	0,1 °C	Sonda resistiva Pt100
	Humidade Relativa (HR)		0 a 100 %	±2%HR, < 80%HR; ±3%HR, > 80%HR;	0,01%HR	Sonda capacitiva
Químicos	Partículas suspensas no ar (PM ₁₀)	LightHouse Handheld 3016 IAQ	Limite máx.: 1,4×10 ⁸ partículas/m ³ @ 5% de perdas por coincidência Tamanhos: 0,3-10 µm	Eficiência de contagem: 50% @ 0,3µg; 100%, para partículas > 0,45 µm	0,01 µg/m ³	Método de contagem de partículas com díodo Laser. Aspiração com sonda isocinética (2,83 L/min), recolha em filtro interno HEPA (>99.997% @ 0.3 µm).
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	Sensotron PS32	0 a 5.000 ppm	± 10 + 3 % do valor medido	1 ppm	Infra-vermelho não dispersivo (NDIR)
	Monóxido de Carbono (CO)	GrayWolf DirectSense IQ-610	0 a 10.000 ppm	±3% do valor lido ±50 ppm	1 ppm	Infra-vermelho não dispersivo (NDIR)
	Ozono (O ₃)		0 a 500 ppm	±2ppm, <50ppm; ±3% vl, >50ppm	0,1 ppm	Electroquímico
	Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV _{totais})		0 a 1 ppm	...	0,01 ppm	Electroquímico
	Formaldeído (HCHO)		20 to 20.000 ppb	...	1 ppb (Lim. detecção: <20 ppb)	Detector de foto ionização (PID) com lâmpada de 10,6 eV. Calibração padrão para isobutileno.
	Formaldeído (HCHO)	Riken Keiki, HCHO Detector FP 30	0 a 1 ppm	0,08 ppm	0,01 ppm	Fotometria fotoelétrica, usando uma tablete para detecção
Microbiológicos	Bactérias	SAS SUPER IAQ cod. 90593	(Aerobioclect or com caudal de aspiração constante de 100 L/min)	...	...	Colheitas em duplicado de 250 L de ar (2,5 min), com impacto directo em Tryptone Soya Agar (TSA). Suporte: placas Petri de 90 mm diâmetro. Incubação a 35-37 °C, durante 48 h.
	Fungos			...	...	Colheitas em duplicado de 250 L de ar (2,5 min), com impacto directo no meio de cultura, de Malt Extract Agar (MEA). Suporte: placas Petri de 90 mm diâmetro. Incubação a 22-25°C, durante 4 dias.
	<i>Legionella</i>	Colheita de 1 L de água em frasco de PVC esterilizado, selado	...	...	...	Método de ensaio: por filtração, com concentração da amostra de 1 L até volume final de 10 mL. Detecção por cultivo em GVPC, com volume de inóculo de 0,1 mL. Temperatura de incubação: 37 °C

Tabela B.2 - Características do equipamento de medição Lighthouse Handheld 3016 IAQ

Parâmetros Medidos	Gama	Precisão	Resolução	Método
<i>Partículas suspensas no ar (PM₁₀)</i>	Limite máx.: 1,4×10 ⁸ partículas/m ³ @ 5% de perdas por coincidência Tamanhos: 0,3-10 µm	Eficiência de contagem: 50% @ 0,3µg; 100%, para partículas > 0,45 µm	0,01 µg/m ³	Método de contagem de partículas com diodo Laser. Aspiração com sonda isocinética (2,83 L/min), recolha em filtro interno HEPA (>99,997% @ 0.3 µm).

Tabela B.3 – Características do equipamento de medição Fluke 975 AirMeter™

Parâmetros Medidos	Faixa	Resolução do Visor	Precisão em % da leitura
<i>Temperatura</i>	-5° a 140 °F -20° a 60 °C	0,1 °F 0,1 °C	± 0,9 °C /± 1,62 °F de 40 °C a 60 °C ± 0,5 °C /± 1,00 °F de 5 °C a 40 °C ± 1,1 °C /± 1,98 °F de -20 °C a 5 °C
<i>Humidade Relativa</i>	10 a 90 % de humidade relativa, sem condensação	1 %	± 2 %RH de 10 %RH a 90 %RH Especificação de histerese: 1 %
<i>Velocidade do Ar</i>	50 a 3000 fpm 0,25 a 15 m/s	1 fpm 0,005 m/s	4 % ou 4 fpm* 3 % ou 0,015 m/s*; vale mais alto. * A especificação de precisão só é válida para leituras de velocidade acima de 50 fpm.
<i>CO₂</i>	0 a 5000 ppm	1 ppm	Tempo de aquecimento: 1 min (5 minutos para alcançar plenamente a especificação) 2,75 % + 75 ppm
<i>CO</i>	0 a 500 ppm	1 ppm	± 5 % ou ± 3 ppm, valendo o valor mais alto, a 20 °C e 50 %RH Redução adicional de capacidade em relação à temp.: ± 0,6 % /°C da temperatura de calibração ± 0,6 % /°C < 20 °C Desvio a longo prazo: < 2 % por mês Desvio máximo em condições áridas ou húmidas de armazenagem: ± 0,6 % por dia (Condições de armazenagem de referência: 50 °C, 15 %RH e 30 °C, 95 %RH)