



Condições Ambientais de Piscinas Interiores

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica
na Especialidade de Energia e Ambiente

Nuno Alexandre de Almeida Nunes Matias

Júri

Presidente: Professor Doutor Pedro de Figueiredo Vieira Carvalheira

Orientador: Professor Doutor Divo Augusto Alegria Quintela

Vogal: Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar

Coimbra, Setembro, 2011



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
MECÂNICA

Condições Ambientais de Piscinas Interiores

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Autor

Nuno Alexandre de Almeida Nunes Matias

Júri

Presidente: Professor Doutor Pedro de Figueiredo Vieira Carvalheira

Orientador: Professor Doutor Divo Augusto Alegria Quintela

Vogal: Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar

Coimbra, Setembro, 2011

“Precisamos de nos tornar na mudança que desejamos ver no mundo.”

Mahatma Gandhi - líder político indiano, (1869-1948)

Agradecimentos

Os meus agradecimentos mais profundos ao meu professor orientador, Professor Doutor Divo Quintela, pela sua disponibilidade e saber, orientação imprescindível, compreensão, aconselhamento e facultação de material de investigação; à Doutora Emília Telo, pelo seu apoio e contributos para as realizações experimentais, que contribuíram positivamente para tornar este meu trabalho uma realidade. O meu muito obrigado ao grupo de investigação da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra: Doutor Carlos Cavaleiro, Coordenador do Gabinete de Serviços Laboratoriais de Extensão à Comunidade da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, Dr. Rui Manadas e Doutora Eugénia Pina, pela sua cooperação na obtenção de resultados experimentais.

Agradeço ao Professor Doutor Virgílio Oliveira (Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra), a disponibilidade demonstrada na explicação sobre o funcionamento dos equipamentos (Testo 175-T2 e Testo Interface 0554-1170 e Testo 445) relativos ao Conforto Térmico; ao Eng. Paulo Carvalho (Prof. do Instituto Superior Politécnico de Leiria), a disponibilidade na explicação sobre o equipamento Analisador de Climas Interiores Tipo 1213 na ADAI, à Eng^a. Sara Francisco, (ADAI), pela cooperação na realização de amostragens Microbiológicas e ao Dr. António Grilo (Biocant).

Agradeço, também, ao Senhor Vereador da Câmara Municipal de Coimbra, pela autorização, aos respectivos serviços, que facultou a realização de colheitas de ar (Químicas e Microbiológicas) e de medições relativas ao Conforto Térmico em piscinas cobertas; ao Eng. João Salustiano, pela boa vontade em mostrar-me as instalações e ceder-me informação sobre as mesmas; à Dra. Silvina Baptista, pela informação cedida, relativa à qualidade da água dos Complexos; ao Eng. Paulo Rodrigues, ao Dr. Mauro Moreira e aos funcionários e operadores dos Complexos, pela simpatia demonstrada.

A todos estou profundamente grato.

Resumo

Hoje em dia, constata-se uma procura cada vez mais alargada de utilização de piscinas interiores para actividades desportivas, recreativas e terapêuticas. Este tipo de solicitação é uma marca de desenvolvimento e de qualidade de vida da nossa sociedade. Pretende-se, deste modo, que seja uma oferta de qualidade, de forma a que os seus utilizadores retirem o máximo de benefícios, sem que seja posta em causa a sua saúde. Para a obtenção de condições óptimas, tanto a nível da água de piscinas, como da qualidade do ar ambiente interior, é necessário efectuar manutenções periódicas dos sistemas de tratamento da água e de ventilação.

É uma tentativa válida para que, a médio prazo, possam vir a melhorar as condições de conforto e de higiene tanto para os utentes, como para os trabalhadores.

Com este trabalho, pretende-se efectuar amostragens de natureza Química e Microbiológica relacionadas com a Qualidade do Ar, tendo em vista não só a detecção da presença de Trihalometanos, com base nos limites impostos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), recorrendo a um aparelho Personal Air Sampling Pump, mas também de Bactérias e Fungos recorrendo ao equipamento SAS Super IAQ. No que concerne à temática do Conforto Térmico, determinar os parâmetros ambientais (humidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade do ar e temperatura operativa) e os índices PMV, (Voto Médio Previsto), e PPD, (Percentagem de Pessoas Insatisfeitas), recorrendo ao equipamento Analisador de Climas Interiores Tipo 1213. Posteriormente, em função dos resultados obtidos nas actividades experimentais, pretende-se compará-los com os que se encontram estipulados em Normas e em Decretos-Lei para averiguar se os espaços, objecto de estudo, apresentam condições adequadas de conforto e higiene.

Palavras-chave: Piscinas Interiores, Conforto Térmico, Qualidade do Ar, Trihalometanos.

Abstract

These days there is an ever increasing demand for the use of internal pools for sporting, recreational and therapeutic activities. This type of demand is a mark of progress and the standard of living within our current society. It is the intention, therefore, to provide a quality solution in order to ensure that swimmers can obtain the maximum of benefit, without there being a risk to their health or safety. To ensure these optimal conditions, one must consider the routine or periodical maintenance of water treatment and ventilation in order to maintain the water level of the pool and the air quality within the installations.

It is a worthy and valid effort in order to, in the medium term; create improvements to the level of comfort and hygiene for users of the pool and for the employees of the installations.

The intention of this study is to carry out a sampling of the Chemical and Microbiological nature within the Air Quality, taking into account not only the detection of the presence of Trihalomethanes, based upon the limits stipulated by the World Health Organization (WHO), using a Personal Air Sampling Pump, but also Bacteria and Fungi utilizing a SAS Super IAQ. With regards to the theme of Thermal Comfort, determining environmental parameters (relative air moisture, air temperature, air speed and operating temperatures) and the PMV (Predicted Mean Vote) rates, and PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), by using an Indoor Climate Analyzer Type 1213. After which, according to the results obtained during the sampling experiments, the intention is to then compare these to what is stipulated within legislative standards to ascertain as to whether these spaces, the object of this study, present adequate conditions of comfort and hygiene.

Keywords: Internal Pools, Thermal Comfort, Air Quality, Trihalomethanes.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas	ix
Siglas	x
Simbologia.....	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações gerais.....	1
1.2. Motivação	2
1.3. Estruturação da dissertação.....	2
CAPÍTULO 2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE PISCINAS INTERIORES	4
2.1. Agentes químicos.....	4
2.1.1. Cloro.....	6
2.1.2. Tratamento de choque	7
2.1.3. Bromo.....	8
2.1.4. Compostos amoniacaais.....	10
2.1.5. Influência do pH na desinfecção	10
2.2. Agentes biológicos.....	11
2.2.1. Patologias	12
2.2.2. Doença dos legionários	13
2.2.3. Pontos críticos e condições favoráveis.....	14
2.2.4. Redes de água quente e fria.....	16
2.2.5. Vigilância sanitária.....	17
2.2.6. Boas práticas de higiene	18
2.3. Técnicas de manutenção de piscinas.....	19
2.3.1. Tratamentos alternativos	19
2.3.2. Tratamento físico.....	22
CAPÍTULO 3. QUALIDADE DO AR INTERIOR E CONFORTO TÉRMICO.....	26
3.1. Síndrome do edifício doente e doenças relacionadas com os edifícios	26
3.2. Cloraminas e trihalometanos	27
3.3. Deficiências ao nível de sistemas de AVAC	29
3.4. Técnicas de manutenção de sistemas de AVAC.....	29
3.5. Técnicas de ventilação	31
3.6. Processo de evaporação	32
3.7. A perspectiva do RSECE	34
3.8. Conforto térmico.....	36
CAPÍTULO 4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO	41
4.1. Complexo de piscinas - A.....	41
4.1.1. Conforto térmico	41

4.1.2.Qualidade do ar interior.....	45
4.1.2.1.Colheita química - tanque de 25 m.....	45
4.1.2.2.Colheita microbiológica - tanques de 25 m e de 50 m.....	46
4.2.Complexo de piscinas - B	47
4.2.1.Conforto térmico	47
4.2.2.Qualidade do ar interior.....	50
4.2.2.1.Colheita química - tanque de aprendizagem	50
4.2.2.2.Colheita microbiológica - tanques de aprendizagem e de 25 m.....	51
CAPÍTULO 5.CONCLUSÃO	54
Referências Bibliográficas.....	57
Anexo A - Metodologia: Conforto Térmico.....	64
Anexo B - Metodologia: Trihalometanos, Bactérias e Fungos	67
Anexo C - Inquéritos (Conforto Térmico): Complexos A e B.....	73
Anexo D - Plantas dos Complexos A e B.....	75
Anexo E - Resultados Experimentais: Bancadas dos Complexos A e B	77
Anexo F - Resultados Experimentais: Temperatura operativa dos Complexos A e B.....	79
Anexo G - Registos Técnicos: Qualidade da Água	81

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas do tratamento de choque.....	8
Figura 2. Efeito do pH na desinfecção por produtos clorados.....	11
Figura 3. Comparação da capacidade de desinfecção entre o bromo e o cloro, em função do pH.....	11
Figura 4. Riscos microbiológicos de origem fecal.....	12
Figura 5. Riscos microbiológicos de origem não fecal.....	12
Figura 6. Patologias associadas aos contaminantes biológicos.....	13
Figura 7. Efeito da temperatura na vida da legionella.....	16
Figura 8. Etapas de tratamento da água.....	22
Figura 9. Área corporal em função da altura e do peso.....	38
Figura 10. Escala da ASHRAE.....	39
Figura 11. Percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) como função do voto médio previsto (PMV).....	40
Figura 12. Zona ABC: temperatura do ar.....	42
Figura 13. Zona HIJ: temperatura do ar.....	42
Figura 14. Zona ABC: velocidade do ar.....	43
Figura 15. Zona HIJ: velocidade do ar.....	43
Figura 16. Zona ABC: humidade relativa do ar.....	44
Figura 17. Zona HIJ: humidade relativa do ar.....	44
Figura 18. Zona ABC: PPD vs PMV - período da manhã.....	44
Figura 19. Zona ABC: PPD vs PMV - período da tarde.....	44
Figura 20. Zona HIJ: PPD vs PMV - período da manhã.....	45
Figura 21. Zona HIJ: PPD vs PMV - período da tarde.....	45
Figura 22. Concentrações médias de hidrocarbonetos halogenados.....	46
Figura 23. Concentração de clorofórmio por amostra - Complexo A.....	46
Figura 24. Zona LMN: velocidade do ar.....	48
Figura 25. Zona OPQ: velocidade do ar.....	48
Figura 26. Zona LMN: temperatura do ar.....	49
Figura 27. Zona OPQ: temperatura do ar.....	49
Figura 28. Zona LMN: PPD vs PMV - período da manhã.....	49
Figura 29. Zona OPQ: PPD vs PMV - período da manhã.....	49
Figura 30. Zona LMN: PPD vs PMV - período da tarde.....	50
Figura 31. Zona OPQ: PPD vs PMV - período da tarde.....	50
Figura 32. Concentrações médias de hidrocarbonetos halogenados.....	50
Figura 33. Concentração de clorofórmio por amostra - Complexo B.....	50
Figura 34. Voto médio previsto - Complexo A.....	52
Figura 35. Ambiente térmico - Complexo A.....	52
Figura 36. Ambiente interior - Complexo A.....	52
Figura 37. Movimento do ar - Complexo A.....	52
Figura 38. Voto médio previsto - Complexo B.....	53
Figura 39. Ambiente térmico - Complexo B.....	53
Figura 40. Ambiente interior - Complexo B.....	53
Figura 41. Movimento do ar - Complexo B.....	53

Figura 42. Analisador de climas interiores tipo 1213.....	64
Figura 43. Software - ET6028.....	65
Figura 44. Cromatografia gasosa.....	67
Figura 45. GCMS - QP 2010 Plus.....	67
Figura 46. Bomba de amostragem de ar pessoal.....	68
Figura 47. Cromatograma - registo da intensidade do sinal de cada substância em função do tempo de eluição.....	70
Figura 48. SAS Super IAQ.....	70
Figura 49. Tabela de correcção do equipamento.....	72
Figura 50. Planta do Complexo A.....	75
Figura 51. Planta do Complexo B.....	76
Figura 52. Zona DE: PPD vs PMV - período da tarde.....	77
Figura 53. Zona FG: PPD vs PMV - período da tarde.....	77
Figura 54. Zona RS: PPD vs PMV - período da tarde.....	78
Figura 55. Zona K: PPD vs PMV - período da tarde.....	78
Figura 56. Temperatura operativa em função da actividade metabólica e do isolamento térmico do vestuário.....	79

Índice de Tabelas

Tabela 1. Comparação entre os diferentes compostos clorados (cloro inorgânico).....	5
Tabela 2. Cloro orgânico: vantagens e desvantagens.....	6
Tabela 3. Pontos críticos de localização e condições favoráveis para o desenvolvimento de legionella.....	15
Tabela 4. Obrigações e proibições.....	18
Tabela 5. Radiação ultravioleta - vantagens e desvantagens.....	19
Tabela 6. Ozonização - vantagens e desvantagens.....	20
Tabela 7. Ionização - vantagens e desvantagens.....	21
Tabela 8. Valores máximos admitidos para o cobre e prata.....	21
Tabela 9. Valores limite de exposição a cloraminas.....	28
Tabela 10. Valores de exposição ao clorofórmio	29
Tabela 11. Concentrações máximas de referência de poluentes.....	35
Tabela 12. Taxa metabólica em função do tipo de actividade.....	38
Tabela 13. Isolamento térmico em função do tipo de vestuário.....	39
Tabela 14. Parâmetros ambientais - Complexo A.....	42
Tabela 15. Análise microbiológica - Complexo A.....	47
Tabela 16. Parâmetros ambientais - Complexo B.....	48
Tabela 17. Análise microbiológica - Complexo B.....	51
Tabela 18. Temperatura operativa medida nos Complexos A e B.....	80
Tabela 19. Registos técnicos: tanque 50 m - Complexo A.....	81
Tabela 20. Registos técnicos: tanque 25 m - Complexo A.....	81
Tabela 21. Registos técnicos: tanque 25 m - Complexo B.....	82
Tabela 22. Registos técnicos: tanque aprendizagem - Complexo B.....	82

Siglas

ARS Norte - Administração Regional de Saúde do Norte, I. P.

ARSLVT - Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo, I. P.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BRI - Building Related Illnesses

CG - Cromatografia em Fase Gasosa

CNQ - Conselho Nacional de Qualidade

COVT's - Compostos Orgânicos Voláteis Totais

DGGE - Direcção-Geral de Geologia e Energia

DGS - Direcção-Geral da Saúde

FFUC - Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

GCMS - Gas Chromatograph Mass Spectrometer

HEPA - High Efficiency Particulate Air

INRS - Institut National de Recherche et Sécurité

IP-AQSpP - Iniciativa Pública - Água Quente Solar para Portugal

ISO - International Organization for Standardization

LQ - Limite de Quantificação

MEA - Malt Extract Agar

NIOSH - The National Institute for Occupational Safety and Health

NMAM - NIOSH Manual of Analytical Methods

OMS - Organização Mundial de Saúde

PAC - Plano de Acções Correctivas

PMP - Plano de Manutenção Preventiva

PMV - Predicted Mean Vote

PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied

PVSP - Programa de Vigilância Sanitária de Piscinas

QAI - Qualidade do Ar Interior

RODAC - Replicate Organism Direct Agar Contact

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SAS Super IAQ - Surface Air System Super Indoor Air Quality

SBS - Sick Building Syndrome

SCE - Sistema de Certificação Energética

THMs - Trihalometanos

TSA - Trypticase Soy Agar

UFC - Unidades Formadoras de Colónias

UTA's - Unidades de Tratamento de Ar

WHO - World Health Organization

Simbologia

$[Parâmetro]_{MaxT}$ - Valor máximo obtido de todos os pontos de amostragem/medição no edifício [UFC/ m³]

$[Parâmetro]_{MR}$ - Valor de concentração máxima de referência de poluentes no interior dos edifícios (Bactérias e Fungos) [UFC/ m³]

A_{Dubois} - área superficial de corpo nu [m²]

C_{res} - calor seco perdido por respiração [W/ m²]

C_{vest} - calor perdido por convecção através da superfície exterior do vestuário [W/ m²]

E_d - calor perdido por difusão do vapor de água através da pele [W/ m²]

E_{res} - calor latente perdido por respiração [W/ m²]

E_{sw} - calor perdido por evaporação do suor da superfície da pele [W/ m²]

H - produção interna de calor [W/ m²]

HR - humidade relativa do ar [%]

I_{cl} - isolamento térmico do vestuário [m².°C/ W]

K_{vest} - calor perdido por condução através do vestuário, da superfície da pele, até à superfície exterior do vestuário [W/ m²]

M - metabolismo energético por unidade de área de superfície de corpo nu [W/ m²]

Pr - unidades formadoras de colónias corrigida pela probabilidade estatística (conforme a tabela de correcção do equipamento) de múltiplas partículas passarem através do mesmo furo [UFC]

r - unidades formadoras de colónias contadas numa placa de Petri [UFC]

R_{vest} - calor perdido por radiação através da superfície exterior do vestuário [W/ m²]

S - calor armazenado [W/ m²]

T_a - temperatura do ar [°C]

T_{op} - temperatura operativa [°C]

V_a - velocidade do ar [m/ s]

W - trabalho mecânico externo [W/ m²]

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho de investigação são referenciados os tipos de agentes químicos que podem ser aplicados na desinfecção e oxidação da água de piscinas interiores, pela existência de agentes biológicos que podem estar presentes, as diversas técnicas de manutenção de piscinas que devem ser implementadas, assim como as diversas fases que constituem o tratamento físico da água, imprescindível para uma boa qualidade da mesma. Realça-se a importância da Qualidade do Ar Interior e Conforto Térmico em complexos de piscinas e as diversas técnicas de manutenção de sistemas de AVAC, uma vez que estes podem ser uma potencial fonte poluidora do ar atmosférico interior.

Efectuaram-se actividades experimentais no âmbito do Conforto Térmico e da Qualidade do Ar Interior. Relativamente à primeira, procedeu-se à determinação de parâmetros físicos (temperatura do ar, temperatura operativa, humidade relativa do ar, e velocidade do ar) e índices PMV e PPD. No que respeita à Qualidade do Ar Interior, foram realizadas amostragens de natureza Microbiológica (Fungos e Bactérias) e de natureza Química (Trihalometanos).

1.1. Considerações gerais

Hoje em dia, a procura de piscinas, quer para actividades desportivas, quer para actividades recreativas e/ou terapêuticas, tem vindo a aumentar significativamente, devido a uma maior consciencialização da importância social e dos benefícios físicos e psicológicos, a nível da saúde, que esta actividade proporciona. Este aumento deve-se, ainda, a outros factores, nomeadamente a rejeição de frequência de águas fluviais poluídas, a crescente sobrelotação das praias e o prazer de utilização de espaços públicos de qualidade que correspondam aos anseios dos seus utilizadores.

Assim sendo, é da maior importância que a qualidade da água das piscinas não ponha em causa a saúde dos banhistas; daí, ser necessário mantê-la em perfeitas condições de higiene e limpeza. Isto só é conseguido pela implementação de dois requisitos fundamentais: uma desinfecção química correcta e regular e um tratamento físico adequado.

Um outro factor relevante, a considerar em piscinas interiores, consiste na Qualidade do Ar Interior (QAI). Grande parte das pessoas passa cerca de 90% do seu tempo em espaços interiores, existindo, assim, inúmeros perigos que podem pôr em causa a sua saúde e afectar o seu bem-estar. A qualidade do ar interior é um problema cada vez mais emergente, razão de grande parte das queixas dos trabalhadores. Vários estudos demonstram que os ambientes interiores podem ter níveis de poluição superiores aos existentes no exterior, originando problemas a nível da saúde das pessoas, podendo reduzir a sua qualidade de vida. Assim, para manter uma boa qualidade do ar, fundamental não só para o bem-estar, conforto e saúde das pessoas mas também para um aumento da sua produtividade, é imprescindível que os sistemas de AVAC sejam mantidos em boas condições de operacionalidade.

1.2.Motivação

O presente trabalho é uma tentativa modesta nas suas proporções, mas rigoroso na temática que apresenta. É um projecto que envolve as dificuldades próprias de um intuito de divulgação, mas que constituiu um desafio e uma excelente fonte de reflexão ao qual dediquei muitas horas de pesquisa e de trabalho.

O tema que me foi atribuído, Condições Ambientais de Piscinas Interiores, foi uma opção bastante importante, porque é uma temática muito sugestiva, com uma importância cada vez mais actuante nos dias de hoje, proporcionando-me uma pesquisa bastante exaustiva que se revelou útil, com resultados práticos e extremamente enriquecedora a nível pessoal.

1.3.Estruturação da dissertação

A presente dissertação de Tese de Mestrado tem por objectivo o estudo das condições ambientais de piscinas interiores. A estrutura deste trabalho de investigação divide-se em cinco capítulos fundamentais. Os objectivos a realizar em cada capítulo são apresentados de seguida.

No capítulo 1 é efectuada uma breve introdução relativamente ao tema de Tese de Mestrado.

No capítulo 2 é feita alusão aos diversos agentes químicos utilizados em piscinas, de modo a garantirem uma desinfecção e oxidação adequadas salvaguardando a saúde e o bem-estar dos utilizadores. Também são referidos os diversos agentes

biológicos que podem estar presentes no interior de um complexo de piscinas. Por fim, são referidas as diversas etapas que constituem um tratamento físico para a garantia de uma boa qualidade de água.

No capítulo 3 são abordadas as temáticas Qualidade do Ar Interior e Conforto Térmico. São referidos os diversos problemas que podem estar associados à qualidade do ar, não só relativamente à presença de cloraminas e de trihalometanos, resultantes do processo de cloração da água de piscinas, mas também sempre que não seja efectuada a devida manutenção de sistemas de AVAC.

O capítulo 4 é dedicado à apresentação e discussão dos resultados de qualidade do ar e de conforto térmico.

Por último, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais relativas a esta dissertação de Mestrado.

CAPÍTULO 2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE PISCINAS INTERIORES

2.1. Agentes químicos

Os processos de desinfecção têm como objectivo a destruição de organismos patogénicos, por meios químicos (cloro, bromo, ozono...) ou físicos (radiação UV), a fim de impedirem que constituam um risco de infecção significativo (Vasconcelos e Duarte, 2006). Vejamos, então, alguns dos procedimentos de desinfecção, oxidação e manutenção adequados, de forma a serem minimizados os riscos de ocorrência de efeitos adversos para a saúde dos seus utilizadores.

Desinfecção Química

É um tipo de tratamento em que se utilizam produtos químicos que têm como objectivo a desinfecção da água da piscina.

Os desinfectantes mais comuns, utilizados em piscinas, são o Cloro e o Bromo.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (2006), os derivados clorados de origem inorgânica são:

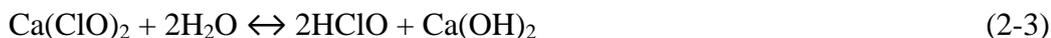
1. Cloro Gás (Cl_2).



2. Hipoclorito de Sódio - Líquido (NaClO).



3. Hipoclorito de Cálcio - Sólido ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$).



Na tabela 1 que se segue, efectua-se uma comparação entre os diferentes derivados clorados que podem ser usados para desinfecção.

Tabela 1. Comparação entre os diferentes compostos clorados (cloro inorgânico) (adaptado de Pedroso, 2009).

	Cloro Gás	Hipoclorito de Sódio	Hipoclorito de Cálcio
Vantagens	- Elevada pureza (99 % de Cloro) - Baixo Custo	- Baixo custo - Libertação rápida de HClO - Pode ser usado para tratamentos de choque	- Elevada concentração de cloro (65 - 70 %) - Pode ser usado para tratamentos de choque
Desvantagens	- Desce ligeiramente o pH - Manuseamento muito perigoso e tóxico - Instabilidade aos raios U.V. - Origina a formação de THMs	- Baixos níveis de cloro (10 - 15 %) - Corrosivo para os equipamentos - Aumenta o pH - Difícil manuseamento - Origina a formação de THMs	- Cuidados na sua aplicação - Aumenta o pH - Origina incrustações pela presença de cálcio - Origina a formação de THMs

Os derivados clorados de origem orgânica são (Pedroso, 2009):

1. Dicloroisocianurato de Sódio ou Cloro 60 / Cloro Rápido ($\text{NaCl}_2\text{H}_3\text{O}_3\text{C}_3\text{N}_3$).



2. Ácido Tricloroisocianúrico ou Cloro 90 ($\text{Cl}_3\text{O}_3\text{C}_3\text{N}_3$).



Trata-se de compostos cristalinos com cheiro a cloro que, ao dissociarem-se na água, originam ácido hipocloroso e Ácido Isocianúrico. À medida que o ácido hipocloroso é consumido, mais ácido isocianúrico se forma diminuindo o efeito oxidante do ácido hipocloroso, sendo, por isso, necessário proceder à sua diluição com água fresca, até se atingir o valor desejado, uma vez que este ácido só é removido por este processo (Pedroso, 2009). De acordo com a Direcção-Geral de Saúde, a concentração de ácido isocianúrico deve ser $\leq 75 \text{ mg/L}$.

Relativamente a estes compostos, não é aconselhável a sua utilização em piscinas cobertas, mas também poderão aí ser aplicados.

As vantagens e desvantagens da aplicação de compostos com Cloro Orgânico encontram-se na tabela 2 que se segue:

Tabela 2. Cloro orgânico: vantagens e desvantagens (adaptado de Pedroso, 2009).

	Cloro Orgânico
Vantagens	- Não alteram significativamente o pH - São produtos de elevada pureza - São de fácil manuseamento e muito estáveis - Baixa formação de THMs - Não são tóxicos
Desvantagens	- Libertam ácido cianúrico - Preço elevado

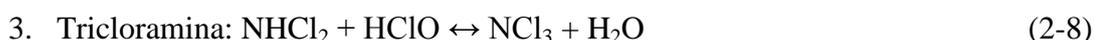
É de notar que o êxito da desinfeccção efectuada por derivados clorados orgânicos e inorgânicos depende sempre dos valores de pH.

2.1.1. Cloro

O cloro é o desinfectante mais utilizado na desinfeccção da água de uma piscina, uma vez que se encontra facilmente disponível nas suas variadas formas (WHO, 2006). É relativamente económico e fácil de aplicar devido à sua alta solubilidade. Ao ser adicionado cloro na água, parte deste é consumido imediatamente, ao destruir os contaminantes presentes. O restante permanece na água como cloro residual (HClO - Ácido Hipocloroso) que actua contra novos contaminantes que possam vir a ser introduzidos na água (banhistas), apresentando-se como uma barreira sanitária (Moreira, Cruz & Magalhães, 2003). Porém, o cloro, ao combinar-se com os resíduos orgânicos dos banhistas (transpiração, urina, fezes, secreções, cremes, cosméticos), forma Cloraminas (cloro combinado) que são um desinfectante muito pobre incapaz de controlar o desenvolvimento de bactérias (Seeger-Clevenger e Cavestri, 2008). Elas mesmas são contaminantes. De acordo com a Administração Regional de Saúde do Norte, o valor limite para a concentração de cloro combinado deverá ser $\leq 0,5 \text{ mg Cl}_2/\text{L}$. Quando o nível de cloraminas na água é elevado, produz-se um forte cheiro a cloro, causando irritação nos olhos, na pele, na faringe e nos pulmões dos banhistas (Vaz, 2001), devendo, por isso, ser mantidas a níveis de concentração tão baixos quanto possível. Se se justificar, deve, então, proceder-se a um tratamento de choque para as eliminar (Pedorso, 2009, Aquaambiente, 2006). A desinfeccção da água, através do cloro, pode gerar outros subprodutos da cloração, para além das cloraminas, designados por Trihalometanos (THMs), principalmente Clorofórmio, formando-se em

grande quantidade (representando cerca de 95% do total de THMs), podendo, alguns, originar doenças do foro oncológico, outros, problemas tóxicos (Pedroso et al., 2005). De acordo com a Direcção-Geral de Saúde, a concentração de cloro residual livre deve variar entre 0,5 – 1,2 mg/L para valores de pH que se encontrem no intervalo $6,9 < pH \leq 7,4$ e 1,0 – 2,0 mg/L para valores de pH pertencentes ao intervalo $7,5 < pH \leq 8,0$, de modo a não pôr em risco a saúde dos seus utilizadores e a assegurar uma desinfectação adequada.

Existem cloraminas de três tipos que dependem do pH, da temperatura e do tempo de reacção (Mesquita, www.apppages.com/docs/PedroMesquita.pdf):



2.1.2. Tratamento de choque

O tratamento de choque consiste numa supercloração, isto é, na adição de cloro à água da piscina numa quantidade superior àquela que é normalmente utilizada e que tem como objectivo a eliminação das cloraminas. Como já foi referido anteriormente, o cloro, ao reagir com a água, vai originar ácido hipocloroso, em que uma parte deste é consumido imediatamente na eliminação de microrganismos e outra parte vai oxidar a amónia, formando-se cloro combinado. Pela visualização da figura 1, constata-se, que em primeiro lugar, ocorre a oxidação de compostos existentes na água (Fe^{+2} , Mn^{+2} , entre outros). De seguida, ocorre a oxidação de compostos amoniacaais formando-se cloro combinado; a concentração deste vai aumentando, à medida que vai sendo aplicado mais cloro até atingir um valor máximo, devido ao facto de toda a matéria orgânica já ter reagido e combinado com o cloro existente na água. Posteriormente, diminui, atingindo um valor mínimo, significando que os subprodutos resultantes da cloração (cloraminas) foram destruídos. Uma vez eliminados, a continuação de adição de cloro irá resultar num aumento proporcional de cloro residual livre preparando-se para actuar contra qualquer impureza que surja na água. O ponto de inflexão encontrado é designado de breakpoint que corresponde à zona de eliminação das cloraminas (Metcalf & Eddy, 1991). Além disto, é de referir que, após efectuado o tratamento de choque, as concentrações de cloro residual existentes na água são elevadas, por isso, é necessário esperar um determinado período de tempo, para a

utilização da piscina, até que as concentrações voltem aos limites normais estabelecidos (Delgado, 2006). Assim, a aplicação de um tratamento de choque é fundamental para a prevenção da acumulação de contaminantes, otimizando, desta forma, a acção do desinfectante utilizado.

Relativamente aos compostos organoclorados referenciados na figura 1, a sua alusão é de pouca importância, uma vez que se está a ter apenas em conta, neste estudo, o processo de eliminação de cloraminas.

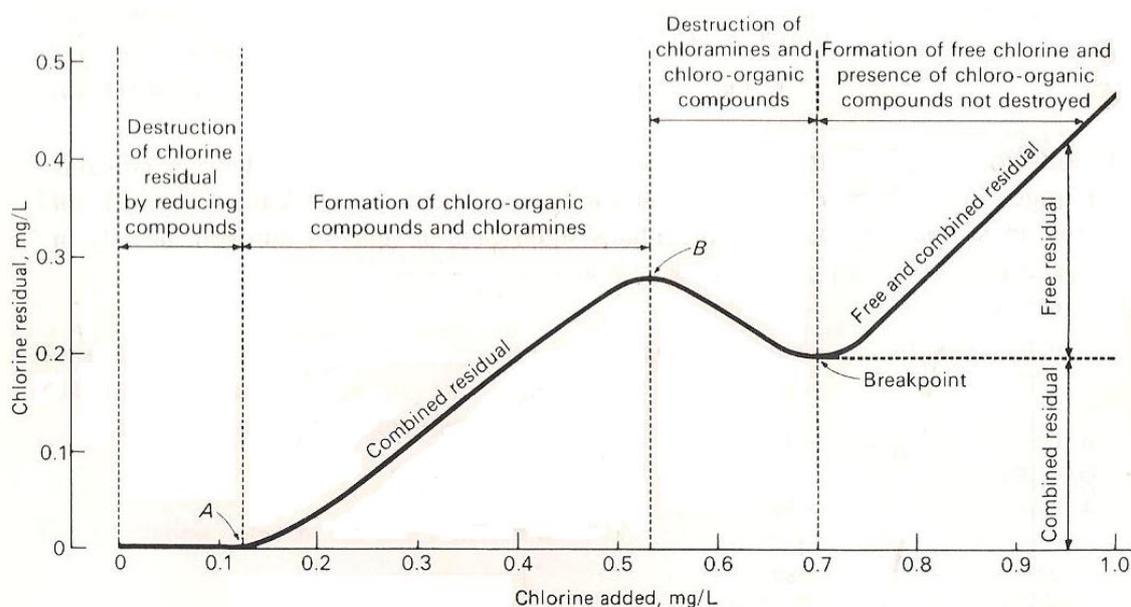


Figura 1. Etapas do tratamento de choque (fonte: Metcalf & Eddy, 1991).

2.1.3. Bromo

O Bromo é um excelente desinfectante, eficaz contra os microrganismos (bactérias, vírus e fungos) promovendo a sua inactivação, de forma a não constituírem um risco de infecção significativo (Vasconcelos e Duarte, 2006). Ao ser adicionado na água, reage com extrema rapidez, destruindo os contaminantes presentes. O restante permanece na água como Bromo residual livre (HBrO - Ácido Hipobromoso) que é responsável pela desinfecção (WHO, 2006). Comparado com o cloro, o bromo oferece as seguintes vantagens (Matos et al., 2006, Duarte 2005):

- Não liberta o odor característico a cloro.
- A eficiência da desinfecção não é reduzida na presença de compostos azotados.
- Em geral, não irrita os olhos e as mucosas.
- Grande eficiência de desinfecção a pH mais elevados.

No entanto, este tratamento químico apresenta um custo bastante elevado, dado que necessita de reforços mais frequentes, por se tratar, comparativamente com o cloro, de um desinfectante mais fraco (Diegues e Martins, 2006, Duarte 2005).

Compostos Bromados (WHO, 2006):

1. Bromo elementar / líquido
2. Bromoclorodimetil-hidantoína (BCDMH) / sólido

Bromo elementar

É um líquido acastanhado, corrosivo, tóxico por inalação, volátil, com produção de fumos tóxicos e irritantes para os olhos e tracto respiratório. Não é um dos desinfectantes mais utilizados para o tratamento da água em piscinas (Duarte, 2005, Pedroso, 2009).



Bromoclorodimetil-hidantoína (BCDMH)

Trata-se de um composto estável, não corrosivo, não é irritante para os olhos, pele e tracto respiratório; a eficiência no tratamento da água é elevada, permitindo um manuseamento seguro e um armazenamento fácil (Duarte, 2005).



, sendo que o ácido hipobromoso (HBrO) é responsável pela desinfecção e o ácido hipocloroso (HClO) é um agente de regeneração do bromo (WHO, 2006).

O bromo pode ser usado em conjunto com o cloro, a fim de se reduzirem os efeitos adversos dos subprodutos.

Tal como acontece com o cloro, a formação de subprodutos está relacionada com a reacção entre os desinfectantes e os compostos orgânicos presentes na água. Assim sendo, o bromo, ao combinar-se com as impurezas existentes na água da piscina, origina Bromo Combinado incluindo as Bromaminas, que praticamente não produzem compostos irritantes sendo muito menos agressivas para os banhistas (Duarte, 2005). Contrariamente às cloraminas, as bromaminas têm um poder desinfectante muito superior para actuar na eliminação de microrganismos (Aquaambiente, 2006).

O bromo não efectua a oxidação dos resíduos orgânicos, pelo que não pode ser utilizado nos tratamentos de choque à água, sendo necessário, para esse efeito, recorrer ao uso de cloro (WHO, 2006).

Em relação ao bromo, os subprodutos resultantes, para além das bromaminas, denominam-se, igualmente, por trihalometanos, principalmente o Bromofórmio (Pedroso, 2009).

O ácido hipobromoso (HBrO), ao reagir com os compostos azotados, pode originar três tipos de bromaminas:



De acordo com a Direcção-Geral da Saúde, as concentrações de Bromo Total devem encontrar-se no intervalo de 2,0 – 4,0 mg/L, para também não pôr em risco a saúde dos banhistas, assegurando uma desinfeccção eficaz.

2.1.4. Compostos amoniacais

São compostos que apresentam uma escassa acção tóxica, cuja existência, mesmo a baixas concentrações, pode originar um aumento não só de bactérias fecais, mas também de outros organismos patogénicos na água (www.apppages.com/docs/PedroMesquita.pdf). Este tipo de compostos dá origem à formação de cloraminas ou bromaminas.

2.1.5. Influência do pH na desinfeccção

O pH é um valor que indica se uma substância é alcalina ou ácida e, idealmente, deve variar entre 7,2 e 7,6 para que, assim, se obtenha sucesso no processo de desinfeccção. O valor do pH do líquido do globo ocular é de 7,4. Deste modo, para se evitar o risco de irritação dos olhos dos utentes, o pH da água da piscina deve também rondar este valor (Pedroso, 2009, Seeger-Clevenger, 2008).

No que diz respeito ao cloro, pode constatar-se (*Vd.* figura 2), que a capacidade de desinfeccção do cloro torna-se cada vez mais elevada perante valores inferiores de pH de 7,2; para valores de pH superiores a 7,6, vai perdendo significativamente a sua capacidade de desinfeccção. Esta situação também pode ser

comprovada pela figura 3, no que respeita à percentagem de ácido hipocloroso (HClO) na zona de pH ideal.

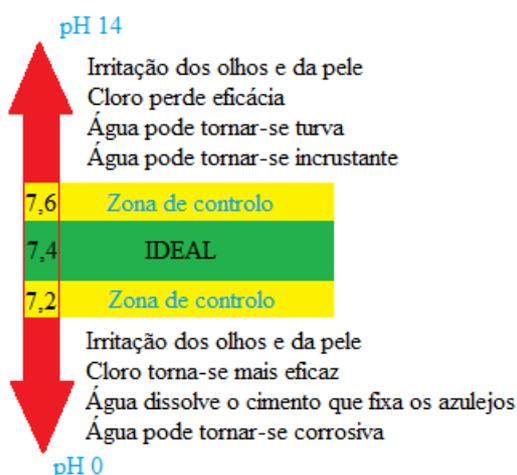


Figura 2. Efeito do pH na desinfecção por produtos clorados (adaptado de Marques, 2009).

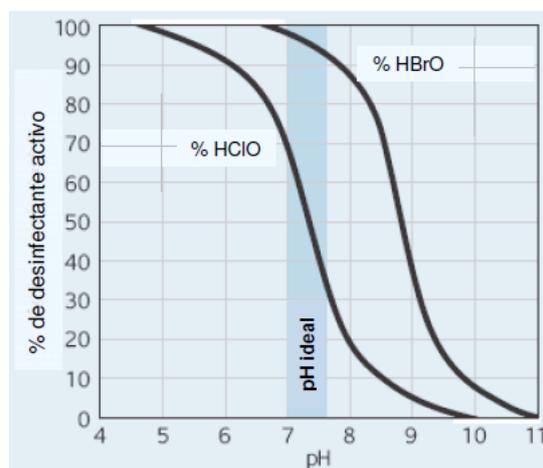


Figura 3. Comparação da capacidade de desinfecção entre o bromo e o cloro, em função do pH (fonte: ARSLVT, 2009).

Opostamente, o bromo é menos sensível ao valor de pH, mantendo, praticamente, toda a sua eficácia perante as oscilações do pH. Esta situação pode ser evidenciada pela figura 7, representada abaixo, pela percentagem de ácido hipobromoso (HBrO) na zona de pH ideal. É importante assinalar que, por exemplo, para um valor de pH de 7 obtém-se uma percentagem de desinfetante de HBrO aproximadamente de 98%, ao passo que para o HClO tem-se um valor de 70%. Esta situação não significa que a desinfecção por bromo seja superior à desinfecção pelo cloro, muito pelo contrário, é necessária uma maior dosagem por bromo para se ter a mesma capacidade de desinfecção por cloro (Diegues e Martins, 2006).

2.2. Agentes biológicos

Existem vários riscos, incontestáveis, associados à contaminação da água das piscinas, quer do ponto de vista dos agentes microbiológicos que podem estar presentes, quer dos produtos químicos utilizados no tratamento da água, com consequências para os utilizadores e profissionais desses espaços públicos (Pedroso, 2009).

As fontes de contaminação microbiológica podem ser de origem fecal, libertadas acidentalmente ou por meros resíduos existentes no corpo dos utilizadores, e

não fecal, resultantes da libertação de matérias orgânicas não fecais (saliva, muco, pele) na água do tanque de natação, podendo suscitar formação de biofilmes (Pedroso, 2009). Nos diagramas seguintes são apresentados alguns desses riscos associados a esses dois tipos de contaminação:

Origem Fecal		
Vírus	Bactérias	Protozoários
Adenovírus	Shigella spp.	Giardia
Hepatite A	E.coli 0157	Cryptosporidium
Norovírus		
Enterovírus		

Figura 4. Riscos microbiológicos de origem fecal (adaptado de WHO, 2006).

Origem não Fecal			
Vírus	Bactérias	Fungos	Protozoários
Molluscipoxvírus	Legionella spp.	Trichophyton spp.	Naegleria fowleri
Papillomavírus	Pseudomonas spp.	Epidemophyton floccosum	Acanthamoeba spp.
Adenovírus	Mycobacterium spp.		Plasmodium spp.
	Staphylococcus aureus		
	Leptospira spp.		

Figura 5. Riscos microbiológicos de origem não fecal (adaptado de WHO, 2006).

De acordo com o Decreto Legislativo Regional nº 16 de 2009, os valores limite legais definidos no interior de edifícios para microrganismos (bactérias e fungos) correspondem a 500 unidades formadoras de colónias por metro cúbico.

2.2.1. Patologias

Os diversos problemas de saúde, associados à utilização de piscinas, aparecem quando o tratamento da água não é feito de forma eficaz. Nunca é demais salientar a importância de manter uma higiene adequada para evitar as diversas patologias que podem pôr em risco a vida do ser humano.

Na figura seguinte são apresentados alguns desses problemas de saúde:

<u>Vírus</u>	<u>Fungos</u>	<u>Bactérias</u>	<u>Protozoários</u>
Verrugas	Micoses	Diarreias	Infecções cutâneas
Faringites	Faringites	Legionelose	Otites
Diarreias	Alergia Sinusal	Náuseas	Rinites
Meningites	Rinites	Otites	Faringites
Hepatite A	Infecções ginecológicas	Sinusites	Pneumonias
Conjuntivites		Meningites	Conjuntivites
Pneumonias			Meningites

Figura 6. Patologias associadas aos contaminantes biológicos (adaptado de WHO, 2006, Carracedo, 2009).

Os factores propícios ao desenvolvimento de microrganismos podem ser: deficiência ou ausência de tratamento de água, elevada concentração de banhistas, deficiência na renovação de água e ar, atmosfera húmida e uso de materiais que possam servir de substrato para microrganismos (Pedroso, 2005).

Em relação às vias de exposição aos agentes biológicos, estas podem ser de três tipos: por ingestão de água, inalação e absorção cutânea (WHO, 2006).

2.2.2. Doença dos legionários

Localização

As bactérias do género *Legionella* encontram-se em ambientes aquáticos naturais e também em sistemas artificiais, como redes de abastecimento de água, redes prediais de água quente e água fria, sistemas de ar condicionado e sistemas de arrefecimento (torres de refrigeração, condensadores evaporativos e humidificadores) existentes em edifícios, nomeadamente em hotéis, termas, centros comerciais e hospitais. Surgem ainda em fontes ornamentais e tanques recreativos, como, por exemplo, **piscinas** (Instituto Português da Qualidade - IPQ, 2010).

Mecanismo de infecção

A exposição a esta bactéria pode provocar uma infecção respiratória, actualmente conhecida por Doença dos Legionários. A pneumonia causada por *Legionella* surge, habitualmente, de forma aguda e pode, nos casos mais graves, especialmente, se diagnosticada tarde ou manifestada em sujeitos muito débeis, levar à morte (Instituto Português da Qualidade - IPQ, 2010, Direcção-Geral da Saúde e

Direcção-Geral do Turismo, 2001). A infecção transmite-se por inalação de gotículas de vapor de água contaminada, aerossóis, de dimensões tão pequenas que veiculam a bactéria para os pulmões, possibilitando a sua deposição nos alvéolos pulmonares. Em regra, cinco ou seis dias depois de um indivíduo inalar bactérias poderão surgir as primeiras manifestações clínicas. No entanto, esse período de incubação pode variar entre dois e dez dias (Direcção-Geral da Saúde e Direcção-Geral do Turismo, 2001, Diegues e Martins, 2010). A ingestão da bactéria não provoca infecção, nem se verifica o contágio de pessoa para pessoa. A doença atinge, em especial, adultos, entre os 40 e 70 anos de idade, com maior incidência nos homens (Direcção-Geral da Saúde e Direcção-Geral do Turismo, 2010, Pond, 2005).

A dose de infecção no ser humano aparenta ser pequena, sendo causada apenas por poucos ou um único microrganismo. Pode chegar-se a esta conclusão, uma vez que, as pessoas afectadas se encontram a uma distância considerável da fonte de aerossóis contaminada (Pond, 2005). O risco de uma pessoa contrair a doença depende de um determinado número de factores incluindo o ambiente onde a bactéria tem capacidade de reprodução, a presença de virulência na bactéria, o seu modo de disseminação, a intensidade de exposição e o quadro de saúde da pessoa exposta. A terapia da Doença dos Legionários consiste na administração de antibióticos. (Miguel, 2007, Pond, 2005).

Grupos sensíveis

Fumadores, pessoas com problemas respiratórios crónicos, com doenças do coração, alcoólicos, doentes renais terminais, infectados com HIV, diabéticos, e de um modo geral, aqueles que apresentam um sistema imunológico mais débil têm maior probabilidade de contrair esta doença. Além disso, indivíduos de idade avançada constituem não só um factor de risco para a contracção da doença, mas pode ser também um perigo letal para os mesmos (Pond, 2005).

2.2.3. Pontos críticos e condições favoráveis

Relativamente aos pontos críticos de localização e às condições favoráveis, para o desenvolvimento de *Legionella*, pode atentar-se na tabela 3 que se segue.

Tabela 3. Pontos críticos de localização e condições favoráveis para o desenvolvimento de legionella (adaptado de Diegues e Martins, 2010).

Pontos críticos	Condições favoráveis
<ul style="list-style-type: none"> - Redes prediais de água quente ($T < 50$ °C) e de água fria ($T > 20$ °C) - Sistemas de ar condicionado - Piscinas, balneários, instalações termais e equipamentos de Spa (banheiras de hidromassagem) - Zonas de água parada e com défice circulação hidráulica - Equipamentos de terapia respiratória (nebulizadores e humidificadores de ventilação assistida) - Chuveiros e torneiras - Fontes decorativas - Sistemas de abastecimento de água (filtros de areia e reservatórios) - Torres de arrefecimento e condensadores evaporativos 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura da água entre 25 °C e 45 °C - Possibilidade de formação de biofilmes - Presença de nutrientes e de sedimentos na água - Défice de desinfectante residual - Má higienização de todo o equipamento (filtros, tubagens...) - Défice de renovação de água - Condições de pH entre 5 e 8 - Zonas propícias para a estagnação da água (reservatórios, depósitos, tubagens de redes prediais, pontos de extremidade das redes pouco utilizadas...) - Humidade relativa superior a 65 % - Presença de materiais porosos e de derivados de silicone nas redes e tubagens associados aos equipamentos que potenciam o crescimento bacteriano - Presença de L-cisteína, sais de ferro e de zinco (devido aos fenómenos de corrosão), relacionados com as propriedades físico-químicas e bacteriológicas da água

Na figura 7, encontram-se os tempos de sobrevivência da Legionella em função da temperatura da água.

Na prática, se a água for mantida acima dos 50 °C, não há qualquer perigo de desenvolvimento de Legionella, ocorrendo, posteriormente, a sua destruição (Diegues e Martins, 2010).

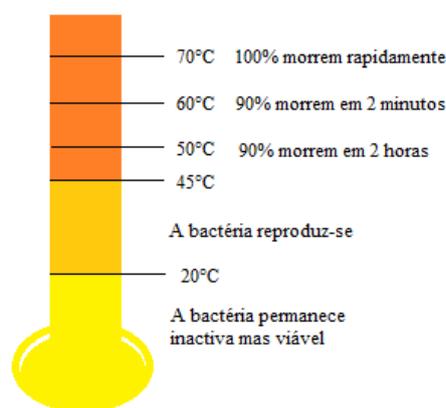


Figura 7. Efeito da temperatura na vida da legionella (adaptado de Diegues e Martins, 2010).

2.2.4. Redes de água quente e fria

As redes de água quente e fria podem ser propícias ao desenvolvimento de Legionella, quer devido ao fraco teor de cloro residual livre, quer devido à entrada de sedimentos por roturas na rede. Neste caso, as zonas que são susceptíveis à formação de aerossóis localizam-se nas saídas dos **chuveiros** na zona dos balneários das piscinas. De acordo com o Decreto Legislativo Regional nº 16 de 2009, a existência de sistemas de água quente para chuveiros em que as temperaturas de armazenamento são inferiores a 60 °C, a presença de colónias de Legionella não deve exceder as 100 unidades formadoras de colónias (UFC) por litro. Assim, é fundamental proceder a operações de limpeza, desinfecção e monitorização não só para as redes de água quente, mas também para as redes de água fria. Então, os métodos aplicáveis a estas situações consistem na Desinfecção Química e no Tratamento Térmico (Direcção-Geral de Saúde e Direcção-Geral do Turismo, 2001).

Estas técnicas de desinfecção deverão ser realizadas sempre que se suspeitar da ocorrência de colonização da água por Legionella pneumophila, ou se se verificarem um ou mais casos da doença dos Legionários; caso a inspecção assim o indique, e ainda se for efectuada alguma alteração ao sistema (Direcção-Geral de Saúde e Direcção-Geral do Turismo, 2001).

Desinfecção Química - Sistemas de água fria

Nesta técnica de desinfecção, deve ser feita a cloração da água existente no reservatório de armazenamento de água fria com hipoclorito de sódio a fim de se obter um valor de cloro residual livre de 20 - 50 mg/L. De seguida, deve ser efectuada uma recirculação da água clorada por todo o sistema de distribuição de água fria procedendo-se, também, à abertura de chuveiros de extremidade. O procedimento a adoptar, de seguida, consiste em fechar todas as saídas do sistema permanecendo parado durante

uma hora no caso da existência de valores de cloro residual livre de 50 mg/L, ou duas horas para um valor de cloro residual livre de 20 mg/L. Se existir suspeita de colonização da água por *Legionella pneumophila* devem ser feitas análises de rotina até que se constate a sua ausência, caso contrário, toda esta metodologia enunciada deverá ser novamente realizada (Direcção-Geral de Saúde e Direcção-Geral do Turismo, 2001).

Tratamento Térmico - Sistemas de água quente

Este método consiste em aumentar a temperatura dos termoacumuladores ou dos depósitos de água quente para valores próximos de 70 °C (as bactérias do género *Legionella* morrem rapidamente) e, simultaneamente, permitir a circulação da água quente por todo o sistema durante uma hora. Em relação aos pontos de extremidade das tubagens (por exemplo, chuveiros), é recomendável que a temperatura da água seja de 60 °C, ou superior, durante um período de pelo menos 5 minutos, após a sua abertura. Caso a rede de distribuição de água se encontre sob suspeita, este procedimento deve ser realizado semanalmente juntamente com a análise bacteriológica até já não se verificar essa suspeição. Se se verificar a ocorrência de colonização da água por *Legionella pneumophila*, a utilização de chuveiros deverá ser interdita aos utilizadores, de modo a evitar a inalação de aerossóis (Direcção-Geral de Saúde e Direcção-Geral do Turismo, 2001).

2.2.5. Vigilância sanitária

A fim de serem obtidas todas as condições de segurança, higiene e saúde tanto para os frequentadores, como para os trabalhadores de piscinas públicas, é fundamental proceder a uma vigilância sanitária.

A implementação de uma vigilância sanitária tem como objectivo fiscalizar e monitorizar, periodicamente, os complexos de piscinas de modo a evitar riscos para a saúde humana em termos de qualidade (temperatura, pH, insuficiência ou ausência de agentes desinfectantes, deficiências da renovação da água...), de características estruturais (relacionadas com o próprio complexo) e condições de funcionamento (formação insuficiente para o tratamento da água por parte dos responsáveis) (DGS, 2009). Esta acção é da responsabilidade das autoridades de saúde.

A acção de um Programa de Vigilância Sanitária de Piscinas (PVSP) engloba três vertentes essenciais:

- **Tecnológica** - Leva a cabo medidas de gestão e manutenção da qualidade da água existente nos tanques, da qualidade do ar, dos equipamentos e superfícies.
- **Analítica** - Consiste na recolha de amostras para análise microbiológica e físico-química.
- **Epidemiológica** - Permite determinar as causas e os factores de risco para a saúde dos utilizadores e trabalhadores das piscinas.

Vai dar-se particular atenção às piscinas de tipo 1 (ou pública): piscina onde a prática da natação e as actividades de animação aquática correlacionadas constituem o objectivo e as funções principais oferecidas (ex. piscinas municipais, piscinas recreativas/lazer, parques aquáticos), e cujo uso é considerado “público” (ARS NORTE - Departamento de Saúde Pública, 2009).

2.2.6.Boas práticas de higiene

A prática da natação é um desporto que estimula o desenvolvimento e o bem-estar dos cidadãos. A prática de actividades físicas e desportivas é reconhecida como um elemento fundamental na educação, cultura e vida social do cidadão.

Apresentam-se, de seguida, algumas das regras de higiene pessoal para se poder utilizar a piscina e pelas quais os utentes devem ser responsáveis:

Tabela 4. Obrigações e proibições (adaptado de Câmara Municipal do Cadaval, 2011).

Obrigações	Proibições
<ul style="list-style-type: none">- Utilizar fato de banho/calções de lycra, chinelos e touca- Utilizar as instalações sanitárias antes de entrar na água- Tomar duche e passar pelo lava-pés antes de entrar na piscina- Remover os cosméticos e cremes antes de entrar na água	<ul style="list-style-type: none">- Fazer as necessidades fisiológicas dentro da piscina- Não conspurcar a água da piscina (cuspir, assoar...)- Utilizar a piscina com ferimentos não cicatrizados ou problemas de pele, com doenças de olhos, nariz ou ouvidos e com doenças contagiosas- Retirar a touca dentro da piscina- Entrada de indivíduos que não ofereçam condições de higiene- Usar calçado não apropriado

2.3. Técnicas de manutenção de piscinas

2.3.1. Tratamentos alternativos

Para além das técnicas de desinfecção e oxidação feitas por cloro e bromo, são de realçar outros tipos de tratamentos. Destacam-se a radiação ultravioleta (UV), a ozonização e a ionização.

Radiação Ultravioleta (UV)

Esta técnica consiste na esterilização da água da piscina que, ao passar por uma lâmpada com um comprimento de onda entre 200 - 300 nm (WHO, 2006), elimina vírus, bactérias, protozoários e algas. Permite uma desinfecção sem adição de produtos químicos (Marco e Doninelli, 2004).

Na tabela que se segue, expõem-se as vantagens e desvantagens deste tipo de tratamento.

Tabela 5. Radiação ultravioleta - vantagens e desvantagens (adaptado de Rebola, 2008).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">- Simples, seguro e limpo- Elimina o uso do cloro causador de irritações, alergias e odores- Não existe risco de super dosagem, uma vez que nada é adicionado à água da piscina, apenas radiação- Baixo investimento e baixo custo operacional- Baixo custo de manutenção- Desinfecção da água	<ul style="list-style-type: none">- Água que não passa pela lâmpada não é esterilizada- Não actua na oxidação do material orgânico presente na água- Se a água se apresentar turva, a luz não consegue atingir toda a extensão necessária- Caso exista um agrupamento de microrganismos, a luz incidirá apenas sobre os da frente, não actuando sobre aqueles que ficam “protegidos” na parte de trás- Não apresenta protecção da água contra a contaminação nos períodos em que o equipamento permanecer desligado

É importante realçar que a aplicação de um sistema de radiação ultravioleta (UV) actua apenas como um auxiliar no tratamento de desinfecção, não efectuando a oxidação, sendo, por isso, necessário, também, a administração de cloro embora menos do que no tratamento por cloro convencional (Rebola, 2008, ARSLVT, 2009).

Ozonização

O ozono é um poderoso bactericida, fungicida, algicida e viricida. É significativamente mais potente que o cloro, eliminando com maior facilidade e rapidez os microrganismos (Panozon Ambiental e Carvalho Comunicações, 2006).

Na tabela que se segue, expõem-se as vantagens e desvantagens deste tipo de tratamento.

Tabela 6. Ozonização - vantagens e desvantagens (adaptado de Diegues e Martins, 2006, Rebola, 2008).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">- Oxidação da matéria orgânica- Desinfecção da água- Seguro e eficaz no tratamento da água- Elimina os desconfortos causados pelo cloro (ardência nos olhos e pele)- Efectua a oxidação de THMs e de cloraminas	<ul style="list-style-type: none">- É instável e permanece na água por pouco tempo (enquanto está a ser produzido)- Não apresenta protecção da água contra a contaminação nos períodos em que o equipamento permanecer desligado- Consiste num tratamento bastante dispendioso

Nesta técnica, a água só permanecerá tratada durante o funcionamento do equipamento; nos casos em que este permanecer desligado, a água da piscina ficará desprotegida contra qualquer contaminação, uma vez que este tratamento não deixa qualquer desinfectante residual na água, sendo necessário também, neste processo, a introdução de cloro ou bromo na piscina (WHO, 2006, ARSLVT, 2009).

Como o ozono consiste num poluente irritante para o sistema respiratório, é importante que as concentrações existentes na atmosfera interior do complexo de piscinas sejam controladas (WHO, 2006).

Ionização

Consiste num tratamento automático por iões metálicos de cobre e prata, no qual, durante o processo de recirculação da água, os iões de cobre e prata são produzidos e introduzidos na água reagindo na presença de microrganismos, eliminando-os (Rebola, 2008).

Na tabela que se segue, expõem-se as vantagens e desvantagens deste tipo de tratamento.

Tabela 7. Ionização - vantagens e desvantagens (adaptado de Panozon Ambiental e Carvalho Comunicações, 2006).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">- É inodoro- Não é irritante para a pele- Não é prejudicial para os olhos- Desinfecção da água- É um tipo de tratamento mais barato do que a radiação ultravioleta	<ul style="list-style-type: none">- Processo baseado em metais pesados (nocivos para a saúde humana)- Estes metais actuam mais lentamente que o cloro na inactivação de microrganismos- Não existe oxidação do material orgânico presente na água

Este tratamento requer uma adição de cloro na água, pois os iões de cobre e prata não actuam sobre certas substâncias que necessitam de ser oxidadas (matéria orgânica: suor, urina, excreções, secreções (nasal, faringe, cutânea), cremes e cosméticos) (Panozon Ambiental e Carvalho Comunicações, 2006).

Tendo em conta o Decreto Regulamentar nº 5 / 97 de 31 de Março, os limites máximos permitidos para teores de cobre e prata na água são os seguintes:

Tabela 8. Valores máximos admitidos para o cobre e prata.

Parâmetros	Valores Recomendados	Valores limite
Cobre	-	2 mg/L
Prata	0,1mg/L	10 mg/L

2.3.2. Tratamento físico

Tão importante como o químico, o tratamento físico contribui para a qualidade da água da piscina. Um sistema de tratamento de água em piscinas é fundamental para a obtenção das condições de saúde e segurança para os seus utilizadores. Estas condições só serão possíveis de alcançar através de uma filtração eficiente, de um período de recirculação adequado, e de uma taxa de renovação apropriada (Taboada, 2009).

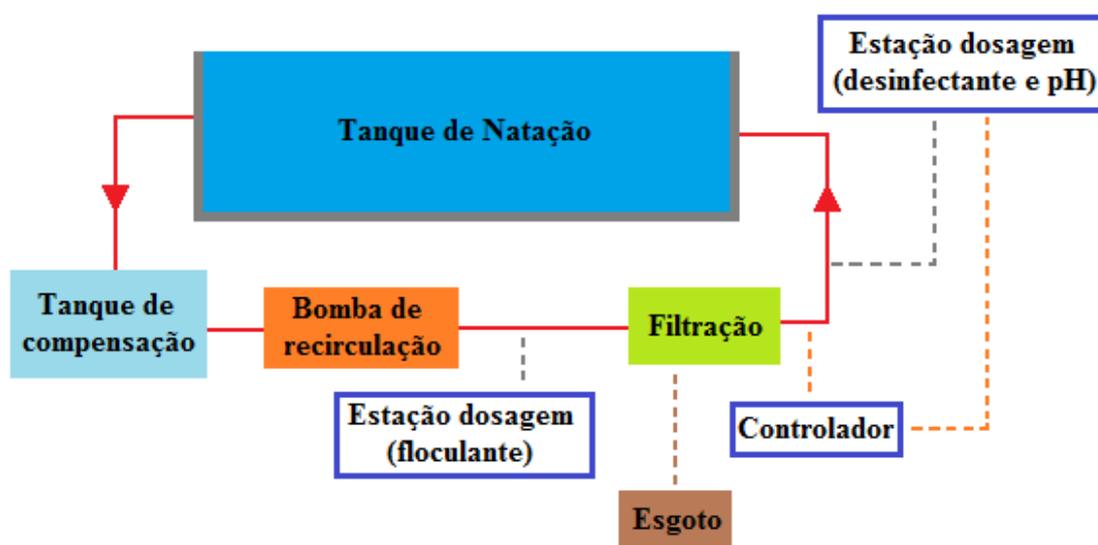


Figura 8. Etapas de tratamento da água (adaptado de WHO, 2006).

Em relação ao período de recirculação da água, para desinfecção e filtração, a Normativa 23 / 93 CNQ estabelece um período máximo de 8h.

No que diz respeito à taxa de renovação de água, a Normativa 23 / 93 CNQ estabelece uma renovação diária de água nova (potável), na proporção mínima de 30 l por dia e por cada banhista, com um mínimo absoluto de 2 % do volume do tanque da piscina. No entanto, este valor poderá sofrer uma alteração, caso as análises realizadas pelas autoridades sanitárias revelem uma água com uma qualidade fora de valores aceitáveis, ou se verificarem insuficiências quanto aos meios para as operações de limpeza diária dos tanques das piscinas. As autoridades poderão impor um novo mínimo de volume de reposição diária de água nova correspondente a 5 % do volume da piscina.

É importante salientar que, tanto o processo de filtração como os processos de desinfecção e oxidação não eliminam totalmente os compostos nocivos existentes na água das piscinas sendo, por isso, fundamental efectuar uma renovação, por diluição, com água fresca/nova (Taboada, 2009).

Tanque de compensação

A aplicação de um tanque de compensação tem como finalidade recolher continuamente a água de transbordo, resultante da entrada de pessoas na piscina, e receber a água nova de compensação devido às perdas por evaporação, por lavagem dos filtros e para renovação de água (ARSLVT, 2009). Além disso, permite também uma recirculação de água constante com consequente passagem pelo sistema de filtragem, sendo posteriormente devolvida ao tanque de natação.

Bomba de recirculação

A fim de se garantir uma boa qualidade da água da piscina, a água deve ser continuamente reciclada, tratada e devolvida ao tanque da piscina. Esta operação será efectuada através de uma bomba de recirculação (Mesquita, www.apppages.com/docs/PedroMesquita.pdf).

Processo de Coagulação / Flocculação

Existem impurezas não solúveis na água que são demasiado pequenas para serem retidas pelos filtros e para que o sistema de filtração seja eficiente, é necessário promover a sua aglutinação. Deste modo, os colóides ou partículas coloidais unem-se formando coágulos, isto é, partículas de pequenas dimensões que posteriormente resultam em aglomerados de partículas maiores (flóculos) (Pedroso, 2009).

Os reagentes mais utilizados como coagulantes são: sais de ferro e alumínio e polímeros orgânicos sintéticos (Pedroso, 2009).

Estação de dosagem - flocculação

É composta por equipamentos de doseamento e de controlo, designados por bombas doseadoras, que permitem introduzir na água os reagentes anteriormente referidos para promover a aglutinação das partículas finas em suspensão (Aquaquímica Lda, 2009).

Filtração

A filtração consiste num processo fundamental para manter a água da piscina limpa e cristalina, retendo as partículas orgânicas e inorgânicas que se encontram em suspensão na água, para além de auxiliar no processo de mistura de

produtos químicos na piscina. Assim que as impurezas transportadas pela água ficam depositadas na areia, a água limpa será canalizada de novo para a piscina (Delgado, 2006, ARSLVT, 2009).

Retrolavagem do elemento filtrante

Nesta operação, quando o filtro atinge o seu ponto máximo de colmatação devido às partículas retidas no processo de filtração, é necessário efectuar a lavagem do próprio filtro. Esta limpeza é feita no sentido inverso ao da filtração. A água percorre o caminho contrário ao da filtração, permitindo a limpeza da areia e as suas impurezas serão canalizadas para o esgoto (Delgado, 2006).

Deste modo, a capacidade de filtração é melhorada a cada processo de retrolavagem do elemento filtrante.

Enxaguamento ou Pré-Filtração

Assim que é feita a lavagem do filtro deve proceder-se a um enxaguamento ou pré-filtração. Esta operação é extremamente importante a fim de se obter uma maior eficiência de filtração, uma vez que podem ter ficado retidas algumas partículas no filtro e no circuito hidráulico no processo da retrolavagem sendo, posteriormente, enviadas para o esgoto (Delgado, 2006).

Controlador

Consiste num equipamento que permite efectuar não só o controlo em tempo real da condição química da água do processo, mas também determinar a sua qualidade permanentemente. No controlador é estabelecido um setpoint tanto para o produto corrector de pH como para o desinfectante. Sempre que se verificar um afastamento do valor do setpoint definido, será feita a comunicação dos dados obtidos pelo controlador às bombas doseadoras mediante um sinal. (Aquaquímica Lda, 2009).

Estação de dosagem - desinfectante e pH

É composta por equipamentos de doseamento, designados por bombas doseadoras, que, em função dos dados obtidos pelo controlador, doseiam uma determinada quantidade de produto corrector de pH, assim como de desinfectantes (produtos químicos) (Aquaquímica Lda, 2009). Ao processo de correcção do valor de pH dá-se o nome de Neutralização. Este procedimento consiste em manter um valor de

pH dentro do intervalo óptimo de 7,4 - 7,6 (valor recomendado) tendo em conta o Decreto Regulamentar nº 5 / 97 de 31 de Março.

Quando o valor do pH se encontrar fora do intervalo estipulado, será necessário efectuar a sua correcção ou com ácido clorídrico (acidificante) caso o valor de pH seja superior a 7,6, ou com soda cáustica (alcalinizante) se o valor de pH for inferior a 7,4 (Pedroso, 2009).

CAPÍTULO 3. QUALIDADE DO AR INTERIOR E CONFORTO TÉRMICO

3.1. Síndrome do edifício doente e doenças relacionadas com os edifícios

Uma boa qualidade do ar interior (QAI) nos edifícios é fundamental para o bem-estar das pessoas. No entanto, esta situação nem sempre se verifica e quando o ar se encontra contaminado pode provocar problemas respiratórios, alergias de pele, cansaço, dores de cabeça, tonturas, vómitos, irritação dos olhos, entre outros. Este fenómeno é designado por Síndrome do Edifício Doente (SBS - Sick Building Syndrome) (Clean Breeze, 2006).

Também podem existir situações em que o SBS se encontre num estado mais avançado e neste caso o resultado não é animador causando doenças irreversíveis. Este segundo fenómeno é designado por Doenças Relacionadas com os Edifícios (BRI Building Related Illnesses) (Clean Breeze, 2006).

Deste modo, a contaminação do ar interior pode ser originada por (Brito, 2008, Valente, 2008):

- 1. Presença de cloraminas e de trihalometanos no ar (banhistas e agentes desinfetantes).**
- 2. Deficiências ao nível dos sistemas de AVAC (projecto e/ou manutenção).**
3. Defeitos nos projectos de design.
4. Produtos de materiais de construção (colas, vernizes, tintas) e equipamentos poluentes.
5. Desenvolvimento de microrganismos.
6. Própria acção humana.
7. Produtos de limpeza.
8. Infiltração de poluentes no interior de edifícios.
9. Grau de limpeza do ar novo captado do exterior.

Estes problemas verificam-se não só nos edifícios antigos, mas também nos edifícios novos ou remodelados.

No âmbito deste trabalho vai prestar-se particular atenção aos pontos 1 e 2.

A análise da QAI é efectuada através da análise de diversos parâmetros tais como: temperatura, humidade relativa, taxa de renovações de ar, concentração de poluentes (dióxido de carbono, monóxido de carbono, compostos orgânicos voláteis...) e agentes biológicos (bactérias, fungos ou leveduras) (Pedro, 2005/06).

Assim sendo, é necessário monitorizar e inspeccionar todos os sistemas e componentes e estabelecer procedimentos de limpeza e de desinfeção adequados.

3.2. Cloraminas e trihalometanos

A presença de cloraminas e de trihalometanos na água da piscina é extremamente perigosa, uma vez que estes subprodutos resultam da decomposição da matéria orgânica, pondo em risco a saúde dos seus utilizadores (utentes, instrutores e trabalhadores em geral). Uma vez presentes na água, verifica-se o transporte tanto de cloraminas, como de THMs para o ar interior de piscinas cobertas, devido à grande volatilidade destes compostos, que sofrem vaporização a partir da água da piscina existindo um potencial de exposição por inalação (Pedroso, 2009, Matos et al., 2006).

Estudos publicados demonstram que existe uma relação de causa - efeito entre a presença de cloraminas na atmosfera interior e o aumento da ocorrência de casos asmáticos, com incidência em instrutores e salva-vidas. Esta situação pode igualmente explicar o aumento, em proporções elevadas, de nadadores de alta competição sofrerem desta mesma patologia. Estudos recentes sugerem que exposições excessivas a tricloraminas, durante a infância, podem provocar danos crónicos nos pulmões das crianças que ficam mais vulneráveis ao desenvolvimento de asma e bronquites recorrentes (Seeger-Clevenger e Cavestri, 2008). A produção de monocloraminas, dicloraminas e tricloraminas é altamente dependente do pH, do ratio entre o cloro e os compostos orgânicos, da temperatura da água, do tempo de reacção e das taxas de ocupação da piscina. (Seeger-Clevenger e Cavestri, 2008, Beleza e Costa, www.apppages.com/docs/piscinascobertasVMBeleza.pdf).

Um pH entre 7,5 e 9,0 é óptimo para a formação de monocloraminas, sendo o pH ideal de 8,3; valores de pH mais baixos, entre 4 e 6, favorecem a formação de dicloraminas, no entanto, para valores inferiores a 4,4 ocorre a formação de tricloraminas. Relativamente ao ratio cloro/compostos orgânicos, quanto mais altos forem os níveis de cloro adicionados à água, maior será a formação de tricloraminas (Seeger-Clevenger, 2008). Quanto à temperatura da água, quanto mais elevada for,

maior será a formação de compostos nocivos. Em termos de ocupação do tanque, quanto maior for o número de banhistas, maior será a contribuição de contaminantes por parte destes. Por fim, quanto menor for o período de reacção dos resíduos orgânicos dos banhistas com o ácido hipocloroso (residual livre), maior será a concentração de cloraminas na água. Como a tricloramina é a mais volátil das três, é importante que se proceda à renovação do ar de modo a evitar a sua acumulação na atmosfera interior. É uma solução dispendiosa, sob o ponto de vista energético mas imprescindível, atendendo a que a renovação da água é pouco significativa neste processo (Beleza e Costa, www.apppages.com/docs/piscinascobertasVMBeleza.pdf, Pedroso, 2009).

Relativamente à presença de THMs, a quantidade destes subprodutos presentes no ar depende de vários factores nomeadamente, da concentração destes na água do tanque, da temperatura da água, da turbulência da superfície da água, da concentração de banhistas, da ventilação, do tamanho do edifício, da dose de cloro ou de bromo utilizada para desinfecção e do pH (WHO, 2006, Seeger-Clevenger, 2008, Pedroso, 2009, Pedroso, 2005). Nos principais THMs incluem-se: Clorofórmio (CHCl_3), Bromodiclorometano (CHBrCl_2), Dibromoclorometano (CHBr_2Cl) e Bromofórmio (CHBr_3) (Matos et al., 2006).

É de salientar que a exposição a estes subprodutos depende principalmente da eficiência do sistema de ventilação.

Segundo o Institut National de Recherche et Sécurité Francês (INRS) (Gérardin et al., 2005), as concentrações limite estabelecidas para cloraminas, em ambientes interiores, apresentam-se na tabela que se segue:

Tabela 9. Valores limite de exposição a cloraminas.

INRS	Cloraminas [mg NCl_3/m^3]
Períodos elevados	0,5
Períodos reduzidos	1,5

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2000), os valores limite de exposição ao composto Clorofórmio, em ambientes interiores, são os seguintes:

Tabela 10. Valores de exposição ao clorofórmio.

WHO	THM [$\mu\text{g CHCl}_3/\text{m}^3$]
Exposição Elevada	136
Exposição Moderada	36
Exposição Reduzida	33

3.3. Deficiências ao nível de sistemas de AVAC

Devido a todos os problemas relacionados com o SBS, BRI, a própria acção humana, assim como a presença de cloraminas e de THMs no ar, é fundamental a existência de um sistema de ventilação. A sua aplicação é extremamente importante, uma vez que promove a circulação do ar condicionado a fim de se obterem as condições não só de conforto térmico mas também de qualidade do ar.

Os sistemas de AVAC têm como objectivos controlar a temperatura interior do ar ambiente, a sua humidade, as impurezas existentes e contribuir para a renovação do ar ambiente (Marques, 2005). Os sistemas de AVAC deverão ser mantidos em condições perfeitas de operacionalidade, para que se atinjam os objectivos pretendidos de conforto térmico, de QAI e de eficiência energética, de modo a não se verificarem determinadas consequências, a curto e a longo prazo, tais como: tosse, febre, dores de cabeça e dores musculares, alergias e problemas respiratórios, sempre que surjam os seguintes factores: défice de manutenção, inexistência de limpeza e de desinfeção, crescimento microbológico e funcionamento em condições adversas (Brito, 2008, Clean Breeze, 2006).

As fontes de potencial poluição do ar interior provocadas pelos sistemas AVAC são: tabuleiros de condensados (água estagnada), condutas de ventilação (fungos, esporos de bolor, ácaros, bactérias, vírus, insectos mortos, roedores e pólen), permutadores de calor, filtros, ventiladores, válvulas, registos de regulação de caudal, atenuadores de ruído, correias de transmissão no fluxo de ar, humidificadores, grelhas e difusores (Pedro, 2006/07).

3.4. Técnicas de manutenção de sistemas de AVAC

Assim sendo, é necessário efectuar uma inspecção prévia das condutas de ventilação antes de se proceder à sua limpeza e desinfeção, através da realização de

colheitas nas suas superfícies. Os métodos a empregar poderão ser: método da Zaragatoa ou método das Placas de Contacto (Pedro, 2005/06).

Método da Zaragatoa

Este método consiste na recolha da amostra microbiológica, através de um contacto íntimo entre a zaragatoa e a superfície irregular, permitindo, assim, uma monitorização das zonas críticas susceptíveis de contaminação (Valente et al., <http://refeitoriohaccp.web.simplesnet.pt/dircontrolo.htm#tecnicatradmicro>).

Método das Placas de Contacto (RODAC)

Neste processo, as placas de contacto do tipo RODAC são constituídas por um meio de cultura ágar sólido e têm um diâmetro aproximadamente de 5 cm. A recolha da amostra é feita através do relevo formado pelo meio da cultura e da superfície a ser testada por pressão. É um processo simples e rápido permitindo, deste modo, efectuar também uma avaliação dos pontos críticos do sistema de ventilação (Valente et al., <http://refeitoriohaccp.web.simplesnet.pt/dircontrolo.htm#tecnicatradmicro>).

Metodologia de limpeza de Sistemas de AVAC

Além destes métodos, as condutas de ventilação poderão ser inspeccionadas através de robots equipados com câmaras de vídeo podendo ser efectuados também registos fotográficos ou através de câmaras endoscópicas que poderão ser colocadas nas aberturas de ventilação, ou em outro local qualquer efectuado pelo operador. Posteriormente, a limpeza de redes de condutas poderá se realizada por aspiração por vácuo controlado, podendo utilizar-se um grupo ventilador de grande capacidade aliado a um sistema eficaz de filtragem equipado com múltiplos filtros em que o último, um filtro Absoluto HEPA (High Efficiency Particulate Air), permite uma retenção de 99,97 % das partículas aspiradas. Caso a situação o exija, a limpeza de condutas poderá ser feita por acção mecânica directa, através da escovagem por controlo remoto, com recurso a varetas rotativas e flexíveis especiais ou robots de limpeza. O processo de escovagem é o mais eficaz na remoção de detritos secos existentes. Estas operações são monitorizadas em tempo real, sendo possível também efectuar os seus registos em vídeo, conduzidas por um técnico responsável (Pedro, 2005/06).

Relativamente aos componentes, que integram os sistemas de AVAC, serão previamente limpos por aspiração e um posterior enxaguamento, sempre que não se

verifique qualquer tipo de contaminação. Se esta existir, posteriormente deverá ser aplicado BAKSIL diluído, um poderoso desinfetante químico, bactericida e fungicida, aplicado com um pulverizador ou com um nebulizador tendo em conta o tipo de acesso e os componentes a tratar. Neste caso, após a aplicação, o sistema de AVAC deverá ser posto em funcionamento, sem ocupação do espaço, de modo a reduzir a concentração deste químico existente nos equipamentos que sofreram tratamento (Pedro, 2005/06).

Plano de Manutenção Preventiva (PMP)

Dado que uma manutenção preventiva consiste num conjunto de operações periódicas de inspecção, monitorização e supervisão, todos os componentes que constituem o sistema de AVAC deverão ser limpos, desodorizados e higienizados com regularidade através da aplicação de BAKSIL. Além disso, deverão ser requisitadas análises microbiológicas, sendo utilizado equipamento específico e laboratórios acreditados, a fim de se reduzirem os agentes biológicos causadores de problemas na saúde humana, melhorando o seu conforto.

De acordo com o Dec. Lei nº 79 / 2006 de 4 de Abril, outra situação que é necessário ter em consideração, consiste no facto de que todos os equipamentos devem estar acessíveis para se proceder à sua manutenção, assim como a existência de portas de acesso para limpeza e inspecção de redes de condutas. Um PMP deverá ser elaborado e permanentemente actualizado a fim de ser comprovado pelo Sistema de Certificação Energética (SCE), cujos objectivos são, de acordo com o Decreto Legislativo Regional nº 16 de 2009, os de assegurar a aplicação e conformidade regulamentar dos edifícios, no que respeita à certificação do desempenho energético, à qualidade do ar interior e à identificação das medidas correctivas ou de melhoria de desempenho para todas as instalações e equipamentos. A verificação destes objectivos é condição necessária para a emissão do Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior. Este processo de certificação implica a actuação de um perito qualificado.

3.5. Técnicas de ventilação

O ar de insuflação, nos espaços a climatizar, pode misturar-se com o ar interior ou pode deslocá-lo. Deste modo, podem ser referidos dois métodos utilizados para efectuar a ventilação dos espaços: ventilação por diluição e ventilação por deslocamento.

Ventilação por Diluição

A ventilação por mistura de ar é a técnica mais antiga e a mais utilizada. Nesta técnica, o ar novo, correspondente ao ar exterior (bem captado e adequadamente filtrado) que é introduzido pelo sistema de climatização (em boas condições de manutenção e limpeza) para renovação do ar do local com fins de higiene e saúde, é insuflado no compartimento a fim de promover uma diminuição na concentração de poluentes nocivos. Essa redução ocorre, pelo facto de que ao ser introduzido ar limpo nesse espaço que contém uma determinada quantidade de poluentes, estes são diluídos na mistura constituída pelo ar viciado e pelo ar novo e, por fim, extraídos do local pelo sistema de climatização. Na maior parte destes sistemas, a insuflação é feita próxima do tecto, de modo a que as maiores velocidades do ar fiquem confinadas às proximidades do tecto e das paredes e que no centro do compartimento e próximo do chão a velocidade seja suficientemente pequena para não provocar desconforto. A remoção de poluentes, nestes casos, ocorre próxima do tecto (Seelig, 2005; Martins et al., 2006).

Ventilação por Deslocamento

Na ventilação por deslocamento de ar, os contaminantes são deslocados e posteriormente removidos. O ar fresco que é insuflado no compartimento, próximo do chão, a baixa velocidade e a uma temperatura próxima da temperatura de conforto, provoca o deslocamento do ar poluído, geralmente mais quente devido às fontes de calor presentes no local (ocupantes, equipamentos), obrigando-o a movimentar-se para junto do tecto onde será extraído. Esta técnica permite uma estratificação da atmosfera interior, de modo a que o ar limpo se encontre na zona ocupada na parte inferior do espaço e o ar que contém os poluentes junto ao tecto (Seelig, 2005; Martins et al., 2006).

O sistema de ventilação deve ser bem projectado a fim de evitar que o ar de insuflação seja logo removido sem ter cumprido a sua função. Esta situação pode ocorrer, caso o local de insuflação seja muito próximo do de extracção (Seelig, 2005). Uma boa ventilação contribuirá para a saúde e conforto dos ocupantes.

3.6. Processo de evaporação

Um factor importante a considerar, em piscinas, é o fenómeno de evaporação, que consiste no contacto da superfície do tanque da piscina com o ar

ambiente interior, ocorrendo uma mudança do estado líquido para o estado de vapor com transferência de calor. Trata-se de uma situação incontornável, visto que, se se pretender atingir condições de conforto não só relacionado com a temperatura do ar, mas também da água, é impossível impedir a formação de vapor na superfície do tanque, com consequências para os utentes. Se o fenómeno de evaporação se agravar e se não se efectuar uma ventilação adequada, o ar vai tendendo para uma situação de quase saturação correspondendo a uma humidade relativa próxima de 100 % (Vaz, 2001).

É ainda de salientar que as estruturas metálicas (aço, alumínio, ferro), existentes no interior dos complexos de piscinas, podem sofrer degradação e posterior cedência, por diminuição de resistência, devido ao fenómeno de corrosão, provocado pela concentração excessiva de vapor, juntamente com o oxigénio, o principal agente oxidante (Fontinha e Salta, 2007). Se se tratar de estruturas de madeira, estas irão apodrecer. Factores como a inadequada selecção do tipo de material, a existência de deficiências de projecto ou de construção/montagem, podem favorecer a ocorrência de corrosão com consequentes elevados custos económicos (Fontinha e Salta, 2007, Couto, 2003).

Caso ocorra o fenómeno de condensação, quando esta se desenvolve em pavimentos de piscinas e balneários, favorecendo o crescimento de fungos e bactérias, é necessário proceder a uma frequente higienização dessas superfícies através de produtos clorados, afim de não se correr o risco de disseminação de infecções fúngicas (tinea pedis, onicomicoses, entre outras): a exposição de pés descalços em superfícies infectadas é um factor de risco (Viegas, 2007).

De acordo com a Normativa 23 / 93 CNQ, esta estabelece uma humidade relativa de 55 - 75 % e uma temperatura do ar (temperatura seca) superior ou igual à da água do tanque com a temperatura mais baixa, com um mínimo de 24 °C, para se obter uma situação de conforto.

É de notar que as perdas mais significativas que ocorrem em piscinas cobertas consistem nas perdas por evaporação, na ordem dos 70 %, seguida das perdas por ventilação de 27 % do consumo global de energia de uma piscina (DGGE e IP-AQSpP, 2004).

A taxa de evaporação é influenciada não só, pela diferença de temperatura praticada na água da piscina e no ar ambiente, mas também pela velocidade do ar logo

acima da superfície da água; pela movimentação da água por parte dos banhistas, resultando num aumento considerável da taxa de transferência de calor entre a água e o meio ambiente, assim como pela área da superfície da piscina. As atmosferas interiores não devem estar nem demasiado secas ou desumidificadas, resultando em condições de elevada evaporação e, conseqüentemente, de consumo de energia para o aquecimento da água, aumento das necessidades de reposição de água, de produtos químicos e de renovação de ar, nem demasiado sobreaquecidas provocando, também, perdas de energia por evaporação e por renovação do ar através da ventilação mecânica para a obtenção de uma temperatura de conforto. Assim, a estratégia mais adequada consiste em obter taxas de humidade relativa elevadas, desumidificar o menos possível e reduzir a temperatura da água da piscina, de forma a assegurar o conforto dos ocupantes, a preservar o edifício e a obter uma boa performance energética (Vaz, 2001, Anna, 2011).

3.7.A perspectiva do RSECE

O RSECE é o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Este Regulamento define um conjunto de requisitos aplicáveis em edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização, os quais, para além dos aspectos da qualidade da envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrangem a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios impondo a realização de auditorias periódicas aos consumos energéticos e à qualidade do ar interior (QAI). A qualidade do ar interior surge também com requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior nos espaços e a concentração máxima dos principais poluentes (Comunicação & Imagem do Grupo SGS Portugal, 2009).

De acordo com este Regulamento, são abrangidos pequenos edifícios de serviços (novos ou grandes reabilitações) com sistemas de climatização igual ou superior a 25 kW de potência instalada, com área útil inferior a 1000 m², no caso geral, ou **500 m²** nos casos de centros comerciais, supermercados, hipermercados e **piscinas cobertas aquecidas** (Comunicação & Imagem do Grupo SGS Portugal, 2009).

O RSECE tem como objectivos: definir condições de conforto térmico e de higiene em espaços interiores, em função da sua utilização, melhorar a eficiência energética global dos edifícios, garantir uma boa qualidade do ar interior (QAI) e monitorizar com regularidade os sistemas AVAC, a fim de garantir a sua manutenção

(Pereira, et al., 2009). A aplicação deste Regulamento é assegurada pelo SCE, sob gestão da Agência para a Energia (ADENE) (Pereira et al., 2009).

Relativamente às auditorias energéticas e de qualidade do ar interior, a sua periodicidade e respectiva obtenção de certificados aos edifícios abrangidos pelo RSECE, é a seguinte:

1. Auditorias Energéticas

- 1ª auditoria energética ao fim de 3 anos de utilização dos edifícios novos.
- Subsequentes auditorias energéticas de 6 em 6 anos.

2. Auditorias da Qualidade do Ar Interior

- De 2 em 2 anos para edifícios ou locais que funcionem como estabelecimentos de ensino ou de qualquer tipo de formação, desportivos e centros de lazer, creches, infantários ou instituições e estabelecimentos para permanência de crianças, centros de idosos, lares e equiparados, hospitais, clínicas e similares.
- De 3 em 3 anos para edifícios ou locais que alberguem actividades comerciais, de serviços, de turismo, de transportes, de actividades culturais, escritórios e similares.
- De 6 em 6 anos para os restantes casos.

De acordo com o Decreto-Lei 79 / 2006 de 4 de Abril, os parâmetros de controlo da qualidade do ar interior que estão previstos no RSECE, atendendo à sua concentração máxima de referência, encontram-se na tabela 11.

Tabela 11. Concentrações máximas de referência de poluentes.

Parâmetros de controlo	Concentração máxima de referência
Partículas em suspensão no ar (PM10)	0,15 mg/ m ³
Dióxido de Carbono	1800 mg/ m ³
Monóxido de Carbono	12,5 mg/ m ³
Ozono	0,2 mg/ m ³
Formaldeído	0,1 mg/ m ³
COVT's	0,6 mg/ m ³
Bactérias	500 UFC/ m ³
Fungos	500 UFC/ m ³

É de referir que, caso efectuada a monitorização de qualquer um destes parâmetros acima referidos ultrapasse o limite recomendado, o proprietário deverá preparar e implementar um Plano de Acções Correctivas (PAC), num prazo máximo de

30 dias, desde a altura em que se efectuou a auditoria da qualidade do ar interior. Se se verificar um problema grave de QAI, o prazo para a sua correcção deverá ser até 8 dias, ou, se necessário, decretar o encerramento imediato do edifício (Valente, 2008).

Desta forma, a implementação do RSECE vai garantir uma melhor qualidade do ar interior dos espaços, melhorando o bem-estar/saúde e o conforto das pessoas; os consumos energéticos serão reduzidos, assim como o nível de deterioração dos equipamentos também será reduzido devido aos planos de manutenção preventiva estabelecidos (Comunicação & Imagem do Grupo SGS Portugal, 2009 e Valente, 2008).

3.8. Conforto térmico

Balanço Térmico do Corpo Humano

O ser humano, para se sentir confortável, tem de ter uma temperatura interna aproximadamente de 37 °C. Os dois sistemas de controlo mais importantes localizam-se na pele e no hipotálamo. Os sensores da pele (sensores de frio) são um mecanismo de defesa que controlam o arrefecimento da temperatura da pele quando desce abaixo dos 36 °C. O do hipotálamo (sensor de calor) defende o corpo humano da temperatura interna quando esta ultrapassa os 37 °C.

Quando o corpo arrefece, para temperaturas inferiores a 36 °C, verifica-se uma situação de hipotermia nomeadamente de vasoconstrição que reduz o caudal de sangue. Posteriormente, há um aumento da taxa metabólica que vai fomentar a produção de calor interno repondo a temperatura do corpo. Quando a temperatura interna do corpo ultrapassa os 37 °C, constata-se uma vasodilatação dos vasos sanguíneos que resulta num aumento do caudal de sangue tendo como consequência o aparecimento da transpiração que é um processo de arrefecimento importante (Simões e Talaia, 2009).

Pelo exposto, a equação de balanço térmico, abaixo apresentada, permite calcular o calor armazenado no corpo (S), que corresponde à diferença entre o metabolismo desenvolvido no corpo e a transferência de calor para o ambiente (ISO 9920, 1995):

$$S = M - W - R_{vest} - C_{vest} - K_{vest} - E_{sw} - E_d - C_{res} - E_{res} [W / m^2] \quad (3-1)$$

Esta equação do balanço térmico permite avaliar de que forma se pode atingir o conforto térmico num dado local de trabalho.

Metabolismo

O calor interno no corpo humano é consequência da energia que é gerada pelo processo de oxidação dos alimentos ingeridos (hidratos de carbono, lípidos e proteínas), processando-se a uma taxa equivalente à quantidade de energia necessária para manter a vida fisiológica e permitir a realização de esforços musculares em função do tipo de actividade a realizar. Este tipo de energia, produzida no interior do corpo, designa-se por Metabolismo (M). A maior parte desta energia é transformada em calor metabólico livre (H) e apenas uma pequena parte desta é convertida em trabalho mecânico externo (W): $M = H + W$. O Metabolismo subdivide-se em Metabolismo Basal e de Actividade/Trabalho. O Metabolismo Basal corresponde à quantidade de energia necessária para a manutenção das funções vegetativas, em repouso físico e intelectual, do ser humano, variando de acordo com o peso, sexo, altura e idade do indivíduo. O Metabolismo de Actividade/Trabalho está directamente relacionado com o aumento de energia resultante do esforço físico produzido (Águas, 2000/01).

De acordo com a ISO 7730 (2005), o conforto térmico consiste numa condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico.

Para que um indivíduo se sinta satisfeito com o ambiente térmico, ele deverá sentir-se termicamente neutro, isto é, não deverá ter nem muito frio, nem muito calor. A fim de se obter esta neutralidade térmica, o seu corpo deverá estar em equilíbrio térmico com o meio ambiente que o rodeia.

Parâmetros do Conforto Térmico

O conforto térmico depende de factores ambientais (temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura média radiante) e individuais (actividade, vestuário).

A unidade utilizada para caracterizar a actividade metabólica é o met. Admitindo que, em média, as pessoas têm uma superfície de pele de $1,8 \text{ m}^2$, então, 1 met equivale a $58,15 \text{ W} / \text{m}^2$ correspondendo ao metabolismo de uma pessoa sentada a descansar ($\approx 105 \text{ W}$) (Águas, 2000/01, ISO 7730, 2005). De acordo com DuBois e DuBois (1916), a área superficial de corpo nu (A_{DuBois}) de uma pessoa é obtida em função da sua altura e do seu peso como é evidenciada pela equação que se segue:

$$A_{DuBois} = 0,202 \cdot Altura^{0,725} \cdot Peso^{0,425} [m^2] \quad (3-2)$$

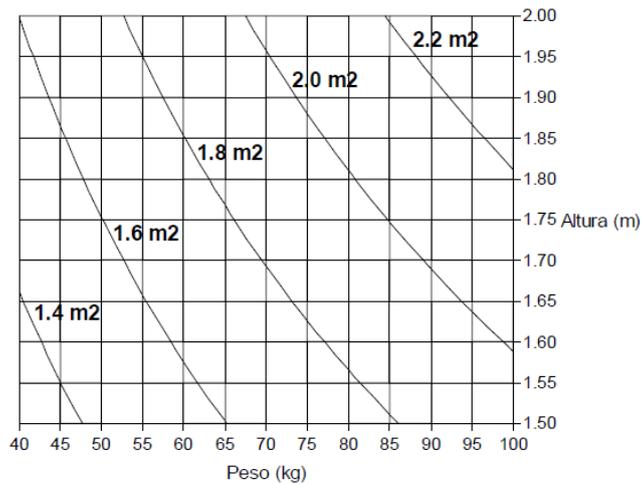


Figura 9. Área corporal em função da altura e do peso (fonte: DuBois e DuBois (1916)).

Na tabela 12 encontram-se alguns valores relativos à taxa metabólica em função do tipo de actividade, atendendo à ISO 7730 (2005).

Tabela 12. Taxa metabólica em função do tipo de actividade.

Tipo de Actividade	Metabolismo [W/ pessoa]	Metabolismo [met]	Metabolismo [W/ m ²]
Deitado	83	0,8	46
Sentado a descansar	104	1,0	58
Actividade sedentária	126	1,2	70
De pé, actividade leve	167	1,6	93
De pé, actividade média	209	2,0	116
Grande actividade	292	2,8	162

Para além da actividade metabólica, um outro factor importante a considerar no conforto térmico consiste no vestuário utilizado por cada pessoa. A protecção térmica cedida pelo vestuário é fundamental, uma vez que garante uma resistência térmica entre o corpo e o meio ambiente, sendo decisivo para o equilíbrio térmico do corpo. Assim, a unidade utilizada para caracterizar o efeito do isolamento térmico (I_{cl}) pela roupa, é o clo. Deste modo, 1 clo corresponde a $0,155 m^2 \cdot ^\circ C / W$ (Águas 2000/01, ISO 7730, 2005).

Na tabela 13 encontram-se alguns valores relativos ao isolamento térmico de peças de vestuário utilizado pelas pessoas, atendendo à ISO 9920 (1995).

Tabela 13. Isolamento térmico em função do tipo de vestuário.

Tipo de Vestuário	I_{cl} [clo]	I_{cl} [m² . °C/ W]
Casaco	0,6	0,093
Jaqueta	0,35	0,054
Camisola de lã	0,28	0,043
T-shirt	0,09	0,014
Calças	0,25	0,039
Calções	0,06	0,0093
Meias	0,02	0,0031
Sapatos (sola fina)	0,02	0,0031

Índices PPD e PMV

O índice PPD, Percentagem de Pessoas Insatisfeitas, estabelece a quantidade estimada de indivíduos insatisfeitos termicamente com o ambiente que os rodeia (Simões e Talaia, 2009, ISO 7730, 2005).

Relativamente ao índice PMV, Voto Médio Previsto, este prevê o valor médio de um grande grupo de pessoas, segundo uma escala de sensações de sete valores inteiros (ISO 7730, 2005).

De acordo com a escala da ASHRAE, a votação das pessoas é efectuada com recurso a esta escala, tendo em conta a sua satisfação ou insatisfação relativamente ao ambiente térmico em que se encontram. Nesta escala, existe uma simetria em relação ao ponto 0, que corresponde a uma situação de conforto térmico ou de neutralidade térmica e apresenta valores de 1 a 3 que podem ser positivos ou negativos em função das sensações de calor ou de frio (Simões e Talaia, 2009). Esta escala da ASHRAE é apresentada na figura que se segue.

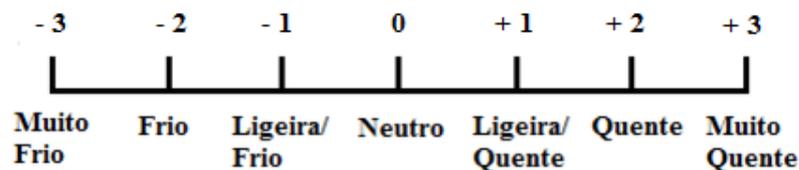


Figura 10. Escala da ASHRAE (adaptado de ASHRAE).

Neste trabalho, o parâmetro PMV é obtido apenas através do equipamento Analisador de Climas Interiores Tipo 1213 da Brüel & Kjær.

Uma vez obtido o índice PMV é possível obter o índice PPD calculado pela equação seguinte:

$$PPD(\%) = 100 - 95 \cdot e^{(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad (3-3)$$

Pela análise da equação acima apresentada, pode concluir-se que, quaisquer que sejam as condições ambientais do espaço, não se conseguem menos de 5 % de pessoas descontentes o que corresponde a um índice PMV de 0 (neutro). De acordo com a ISO 7730 (1984), um espaço apresenta condições de conforto, quando não mais do que 10 % dos seus ocupantes se sentem desconfortáveis, correspondendo a um indicador PMV na gama [-0,5 ; 0,5] (Vd. figura 11).

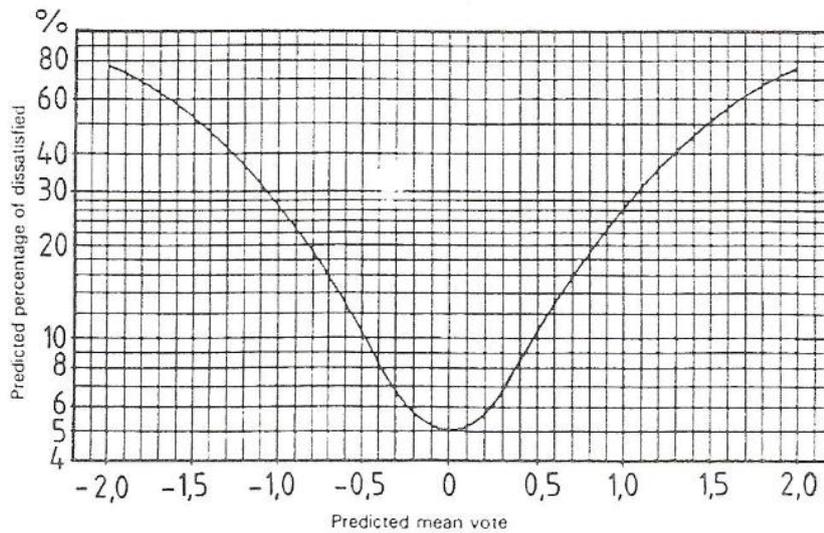


Figura 11. Percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) como função do voto médio previsto (PMV)
(fonte: ISO 7730, 1984).

CAPÍTULO 4.RESULTADOS EXPERIMENTAIS: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO

Foram efectuados dois estudos nos dois Complexos de Piscinas visitados: Conforto Térmico e Qualidade do Ar Interior. Foram realizadas medições no período de menor ocupação (10:00h - 15:00h) e no período de maior ocupação (17:00h - 20:00h) em ambos os Complexos que designaremos por A e B.

4.1.Complexo de piscinas - A

4.1.1. Conforto térmico

Em primeiro lugar, foi feito um estudo relativo ao Conforto Térmico. Os locais onde foram efectuadas as medições foram os seguintes (*Vd.* Anexo D): consideraram-se três locais (A, B, C) em redor do tanque olímpico de 50 m, dois locais nas bancadas inferiores (D, E), dois locais nas bancadas superiores (F, G) e três locais no tanque de 25 m (H, I, J).

Foram utilizados quatro sensores (temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura operativa e humidade relativa) e admitiram-se vários valores de metabolismo, de acordo com o tipo de actividade realizada pelos banhistas; também se consideraram valores distintos para o isolamento térmico do vestuário (I_{cl}).

Nos pontos A, B, C e H, I, J, os quatro sensores foram colocados a uma altura de 1,1 m, correspondendo ao nível do abdómen, para uma pessoa que se encontra em pé (ISO 7726, 1985). No que toca ao metabolismo, foram considerados três valores: 1,4 met para um nível de actividade leve (brincar na piscina, piscina aos fins de semana, caminhada), 1,6 met para um nível de actividade moderada (natação leve), e, por fim, 2,3 met para um nível de actividade excepcional (competições de natação) (Dietas e Hábitos, 2011 e Silva Jr., 2008). Relativamente ao isolamento térmico do vestuário, consideraram-se dois valores: 0,03 clo (calção de banho) para os homens, e 0,04 clo (fato de banho) para as mulheres (ISO 9920, 1995). Relativamente aos outros pontos D, E e F, G os mesmos sensores foram colocados a uma altura de 0,6 m, correspondendo, também, ao nível do abdómen, para uma pessoa que se encontra sentada (ISO 7726, 1985). No que toca ao metabolismo, foi considerado, apenas, um valor de metabolismo de 1,0 met para uma pessoa que se encontra sentada, a descansar (ISO 7730, 1984). No

que diz respeito ao isolamento térmico, considerou-se um único valor de I_{cl} de 0,5 clo, para a estação convencional de arrefecimento (ISO 7730, 1984).

O período de medições correspondeu a 5 minutos por ponto, obtendo-se um valor de cada sensor por minuto.

Os resultados das medições efectuadas para a temática Conforto Térmico foram os seguintes:

Comparando os valores obtidos na Zona ABC, relativos ao tanque de 50 m, do período da manhã, com os do período da tarde, pode constatar-se que, em relação ao parâmetro temperatura do ar, (Vd. figura 12 e tabela 14), os valores obtidos no período da tarde são superiores aos da manhã, devido, não só, a um aumento significativo de banhistas, mas também por se tratar da hora de maior calor ($T_{min.} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $T_{máx.} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, fonte: Instituto de Meteorologia). No entanto, a temperatura do ar, à tarde, na Zona HIJ, é um pouco inferior à da manhã mas, a sua variação, ao longo dos dois períodos, não foi significativa (Vd. figura 13 e tabela 14).

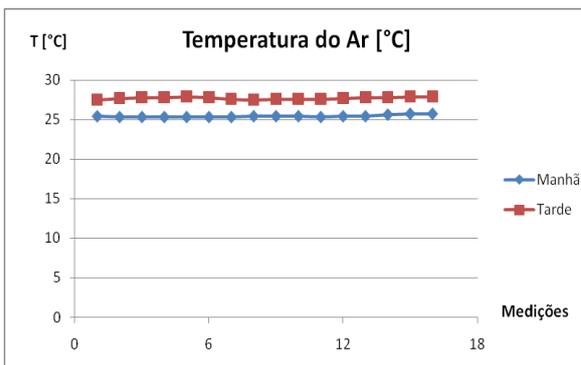


Figura 12. Zona ABC: temperatura do ar.

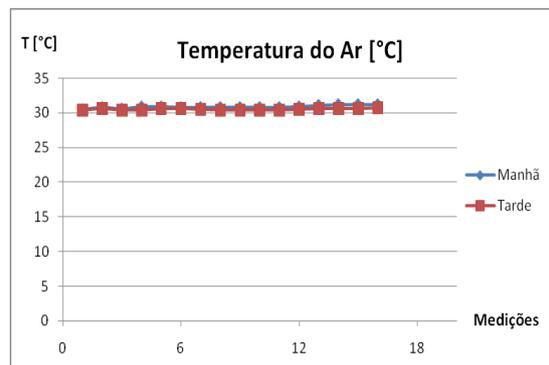


Figura 13. Zona HIJ: temperatura do ar.

Tabela 14. Parâmetros ambientais - Complexo A.

	Zona	T_a [°C]	HR [%]	V_a [m/s]
Manhã	ABC	25,4	68,2	0,16
	HIJ	30,9	61,1	0,40
	DE	26,5	61,0	0,17
	FG	27,0	58,6	0,30
Tarde	ABC	27,7	56,0	0,10
	HIJ	30,5	62,2	0,41
	DE	27,5	61,0	0,16
	FG	27,2	61,3	0,33

Em relação à velocidade do ar, no interior da nave da piscina, na Zona ABC, os valores de ambos os períodos estão bastante próximos (Vd. tabela 14), encontrando-se dentro do limite referenciado pelo Decreto-Lei nº 79 / 2006 de 4 de Abril ($< 0,2$ m/s). Os picos mais acentuados verificados no gráfico, (Vd. figura 14), correspondem à deslocação do equipamento Analisador de Climas Interiores de um local de medição para outro. Em relação à velocidade do ar, na Zona HIJ, os valores obtidos em ambos os períodos estão bastante próximos (Vd. tabela 14) não se encontrando dentro do limite referenciado pelo Decreto-Lei nº 79 / 2006 de 4 de Abril ($< 0,2$ m/s). Os picos mais acentuados verificados no gráfico, (Vd. figura 15), correspondem, não só à deslocação do equipamento Analisador de Climas Interiores de um local de medição para outro, mas também à passagem próxima de utentes pelo sensor de velocidade do equipamento.

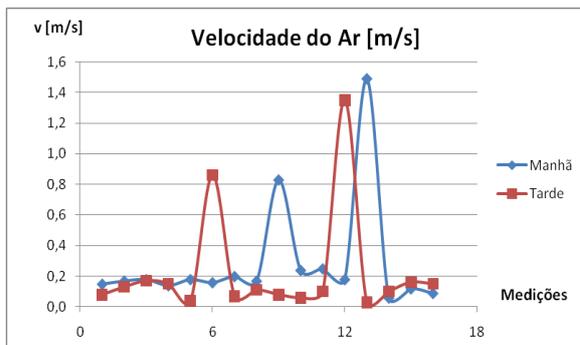


Figura 14. Zona ABC: velocidade do ar.

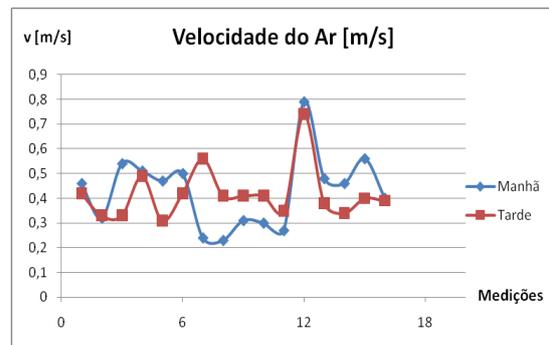


Figura 15. Zona HIJ: velocidade do ar.

No entanto, o parâmetro físico humidade relativa, no período da tarde, na Zona ABC, é inferior ao da manhã, devido ao facto de se verificar que a humidade absoluta se mantém praticamente inalterada e, nestas condições, a diminuição da humidade relativa é uma consequência do aumento da temperatura. Atendendo à Normativa 23 / 93 CNQ, os valores de humidade relativa encontram-se, em geral, dentro do intervalo definido (55 % - 75 %). Relativamente à Zona HIJ, tanque de 25 m, a humidade relativa é superior no período da tarde, correspondendo ao período de maior ocupação havendo, desta forma, uma maior turbulência da água o que favorece o processo de evaporação (Vd. figura 17 e tabela 14). Atendendo à Normativa 23 / 93 CNQ, os valores de humidade relativa encontram-se dentro do intervalo definido (55 % - 75 %).

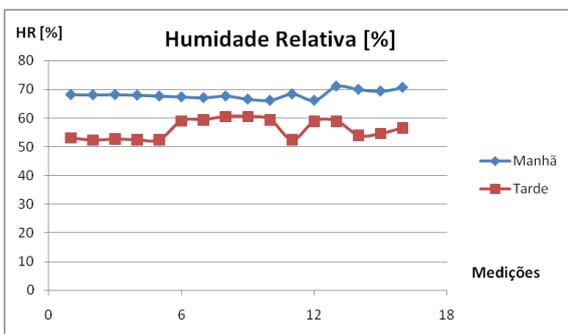


Figura 16. Zona ABC: humidade relativa do ar.

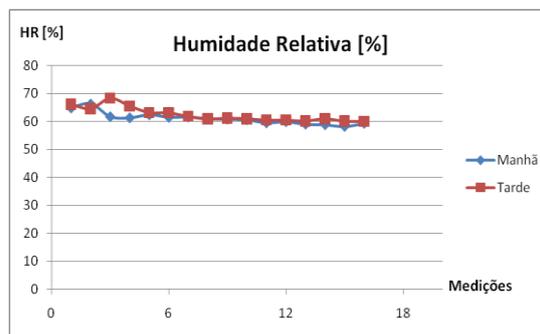


Figura 17. Zona HIJ: humidade relativa do ar.

Índices PMV e PPD

Pela análise dos gráficos obtidos para os índices PPD e PMV, em função do tipo de metabolismo considerado, pode concluir-se que, para uma taxa metabólica de 1,4 met e 1,6 met e um $I_{cl} = 0,1$ clo (Vd. Anexo A), no tanque de 50 m, na Zona ABC, no período da manhã (Vd. figura 18), aquando da saída da água do tanque de natação, a sensação que as pessoas experienciam é ligeiramente fria (PMV ≈ -1), uma vez que nesse dia em que foram efectuadas as medições e a partir dos dados obtidos do registo dos operadores técnicos, a temperatura da água ($T_{\text{água}} = 26,3$ °C) encontrava-se superior à do ar ($T_{\text{méd. ar}} = 25,4$ °C). Para um metabolismo de 2,3, a sensação é de neutralidade térmica (PMV ≈ 0), correspondendo a uma média de 5,6 % de indivíduos insatisfeitos. No período da tarde (Vd. figura 19), como a temperatura do ar era mais elevada ($T_{\text{méd. ar}} = 27,7$ °C), a percentagem de descontentes eleva-se com o aumento da taxa metabólica, assim como, o índice PMV.

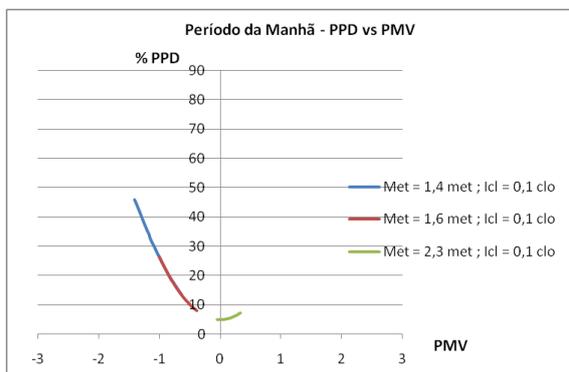


Figura 18. Zona ABC: PPD vs PMV - período da manhã.

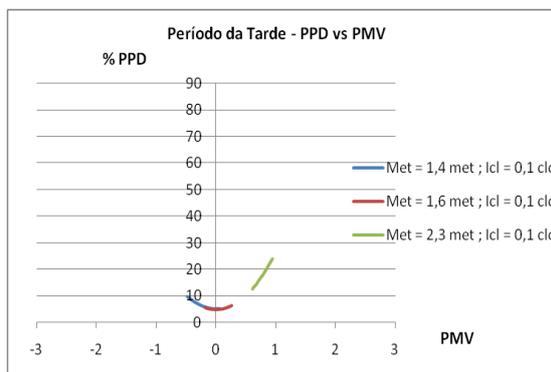


Figura 19. Zona ABC: PPD vs PMV - período da tarde.

Em relação ao tanque de 25 m, Zona HIJ, para temperaturas superiores a 30 °C, no interior da nave, nos dois períodos, e com o aumento da taxa metabólica, é natural que a percentagem de insatisfeitos aumente significativamente (Vd. figuras 20 e 21).

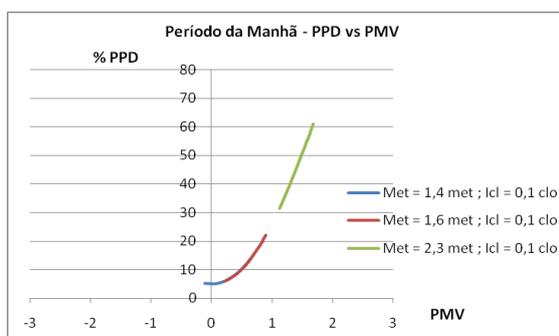


Figura 20. Zona HIJ: PPD vs PMV - período da manhã.

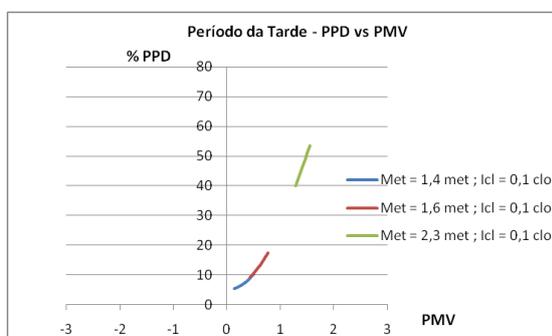


Figura 21. Zona HIJ: PPD vs PMV - período da tarde.

4.1.2. Qualidade do ar interior

4.1.2.1. Colheita química - tanque de 25 m

No que respeita à Qualidade do Ar Interior, a captação de compostos, resultantes da cloração da água de piscinas, trihalometanos, foi feita recorrendo a uma bomba de amostragem de ar. Esta foi colocada num ponto fixo, Zona J, a uma altura de 1,5 m (WHO, 2000) e a uma distância de 1,5 m do tanque de natação e posta a funcionar durante um período compreendido entre 20 - 90 min., de acordo com o indicado no Manual de Métodos Analíticos do NIOSH (NMAM) em função dos tipos de Hidrocarbonetos Halogenados seleccionados, período crítico, de maior ocupação, tendo sido efectuadas 7 amostragens.

A partir dos resultados obtidos nas análises aos Hidrocarbonetos Halogenados, pelo equipamento GCMS (Gas Chromatograph Mass Spectrometer), pode concluir-se que a maior concentração obtida nas amostragens efectuadas correspondeu à substância Clorofórmio, representando cerca de 75 % do total dos trihalometanos captados (Vd. figura 22). Em função dos valores limite impostos pela Organização Mundial de Saúde, pode concluir-se que os trabalhadores encontram-se, em geral, expostos a uma concentração moderada desta mesma substância (Vd. figura 23).

Complexo A - Hidrocarbonetos Halogenados	Conc. Méd. 7 amostras [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1,1,1 - Tricloroetano	nd
1,2 - Dibromo - 3 - Cloropropano	nd
1,2 - Dibromoetano	nd
Bromodiclorometano	4
Bromofórmio	2
Clorofórmio	44
Dibromoclorometano	9
Tetracloroeto de carbono	< LQ
Tetracloroetano	16
Tricloroetileno	nd

Figura 22. Concentrações médias de hidrocarbonetos halogenados [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

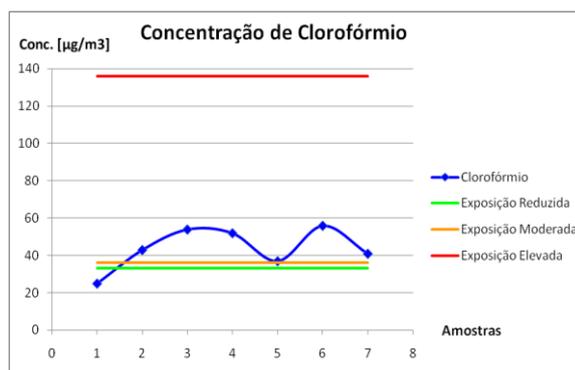


Figura 23. Concentração de clorofórmio por amostra [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - Complexo A.

4.1.2.2. Colheita microbiológica - tanques de 25 m e de 50 m

Neste tipo de colheita, foram realizadas oito, duas para fungos (MEA) e duas para bactérias (TSA) em cada uma das Zonas H e J. Para além destas, procedeu-se, também, a duas colheitas com um meio de cultura - branco que serve de referência do lote para os restantes meios de cultura, uma para fungos e outra para bactérias. Também foram efectuadas oito colheitas, duas para fungos e duas para bactérias em cada uma das Zonas A e C. Depois de efectuadas as colheitas no interior do espaço, procedeu-se, ainda, a quatro colheitas de ar na zona exterior, perto do local de captação de ar novo pelos sistemas de UTA's do Complexo A, duas para fungos e duas para bactérias. O período crítico de colheitas correspondeu ao período de maior ocupação.

Uma vez obtidos os resultados laboratoriais relativos às colheitas, procedeu-se a uma correcção das unidades formadoras de colónias (r), presentes na superfície da placa de Petri, conforme a tabela de correcção do equipamento usado nas amostragens, pela probabilidade estatística de múltiplas partículas passarem através do mesmo furo (Pr).

Pela análise dos resultados, de natureza microbiológica, obtidos, (Vd. tabela 15), no tanque de 25 m, pode concluir-se que a concentração de bactérias e fungos no interior ($106 \text{ UFC}/\text{m}^3$ e $116 \text{ UFC}/\text{m}^3$ respectivamente) é inferior à concentração do exterior ($228 \text{ UFC}/\text{m}^3$ e $346 \text{ UFC}/\text{m}^3$ respectivamente), obedecendo à condição específica nº 1 (Vd. Anexo B). Relativamente à condição específica nº 2, (Vd. Anexo B), os parâmetros, bactérias e fungos, apresentam uma concentração inferior à concentração do parâmetro máximo de referência ($500 \text{ UFC}/\text{m}^3$).

Relativamente ao tanque de 50 m, pode concluir-se que a concentração de bactérias no interior (46 UFC/m³) é inferior à concentração do exterior (228 UFC/m³), obedecendo à condição específica nº 1, no entanto, o parâmetro fungos não obedece à condição específica nº 1 apresentando uma concentração interior (360 UFC/m³), superior à do exterior (346 UFC/m³) em 14 UFC/m³. Relativamente à condição específica nº 2, os dois parâmetros apresentam uma concentração inferior relativamente à concentração do parâmetro máximo de referência (500 UFC/m³).

Uma possível explicação, para a condição específica de não-conformidade nº 2 verificada, (excesso de fungos), é a de poder dever-se à insuficiência de cloro adicionado à água do tanque de 50 m.

Tabela 15. Análise microbiológica - Complexo A.

Complexo A	Agente Biológico	Meio cultura	UFC/m ³	Zona
Tanque 25 m	Bactérias	TSA	106	H
	Fungos	MEA	116	J
Tanque 50 m	Bactérias	TSA	46	C
	Fungos	MEA	360	A
Exterior	Bactérias	TSA	228	Exterior
	Fungos	MEA	346	Exterior

4.2. Complexo de piscinas - B

4.2.1. Conforto térmico

Também aqui foi feito um estudo relativo ao Conforto Térmico. Os locais em que foram efectuadas as medições foram os seguintes (Vd. Anexo D): consideraram-se três locais (L, M, N) em redor do tanque de aprendizagem, três locais no tanque de 25 m (O, P, Q), dois locais nas bancadas do tanque de 25 m (R, S) e, por fim, um local nas bancadas do tanque de aprendizagem (K).

A metodologia adoptada para efectuar as medições nos tanques de 25 m e de aprendizagem é a mesma da adoptada no Complexo A. Os locais em que foram realizadas as medições podem ser visualizados nas plantas do Complexo de Piscinas B, no anexo D. Os resultados das medições efectuadas para a temática do Conforto Térmico foram os seguintes:

Os valores de velocidade do ar, no interior da nave das piscinas, nos dois períodos, nas Zonas LMN e OPQ, são, aproximadamente, iguais encontrando-se dentro do limite referenciado pelo Decreto-Lei nº 79 / 2006 de 4 de Abril (< 0,2 m/s), excepto

quando se efectuou a mudança do equipamento para outro local de medição (Vd. figuras 24 e 25).

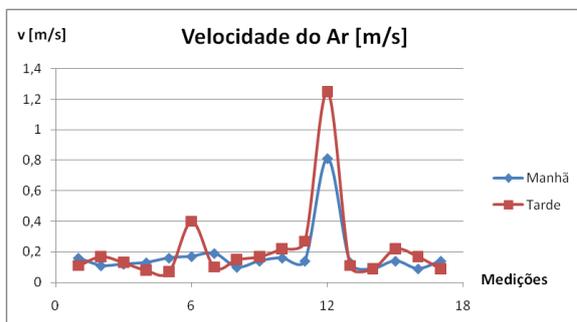


Figura 24. Zona LMN: velocidade do ar.

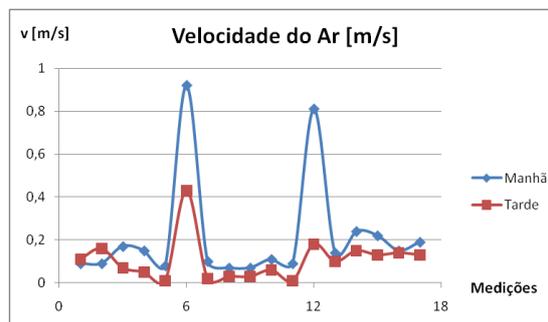


Figura 25. Zona OPQ: velocidade do ar.

No que respeita ao parâmetro humidade relativa, pode constatar-se que a altura do dia em que se verificaram valores mais elevados foi no período da manhã. Esta situação poderá ter ocorrido, uma vez que, como as medições, neste Complexo, foram realizadas numa 2ª feira, e, como aos domingos são efectuados os procedimentos de manutenção pelos operadores técnicos e os sistemas de ventilação não são postos a funcionar, é natural que os valores deste parâmetro tenham sido elevados e no período da tarde mais baixos. A Zona K, nos períodos da manhã e da tarde, correspondeu ao local onde se registaram as humidades relativas mais elevadas, devido ao facto de aquela zona se encontrar longe do local de extracção de ar. Assim, o ar vai tendendo para uma acumulação excessiva de humidade (Vd. tabela 16). Atendendo à Normativa 23 / 93 CNQ, em geral, todos os valores de humidade relativa obtidos encontram-se dentro do intervalo definido (55 % - 75 %).

Tabela 16. Parâmetros ambientais - Complexo B.

	Zona	T _a [°C]	HR [%]	V _a [m/s]
Manhã	LMN	30,2	74,4	0,13
	OPQ	30,4	73,0	0,13
	RS	30,6	74,6	0,12
	K	31,0	75,1	0,12
Tarde	LMN	32,3	69,4	0,14
	OPQ	31,9	67,3	0,08
	RS	31,6	68,1	0,06
	K	32,0	69,9	0,15

No que diz respeito aos valores da temperatura do ar, (Vd. tabela 16 e figuras 26 e 27), no tanque de aprendizagem e no de 25 m, foram superiores no período

da tarde, uma vez que as medições, que foram efectuadas à tarde, corresponderam, não só a um período de maior ocupação, mas também por se tratar da hora de maior calor ($T_{\min.} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $T_{\max.} = 31 \text{ }^{\circ}\text{C}$, fonte: Instituto de Meteorologia).

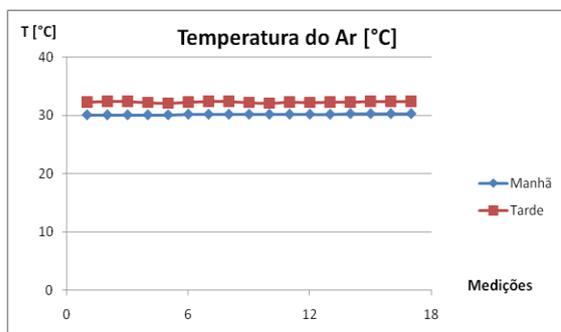


Figura 26. Zona LMN: temperatura do ar.

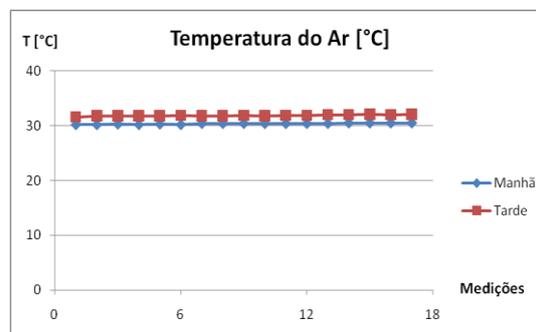


Figura 27. Zona OPQ: temperatura do ar.

Índices PMV e PPD

Pela análise dos gráficos obtidos para os índices PPD e PMV, nas Zonas LMN e OPQ, em função do tipo de metabolismo considerado (1,4, 1,6 ou 2,3 met) e um $I_{cl} = 0,1 \text{ clo}$, pode concluir-se que, nos períodos da manhã, (Vd. figuras 28 e 29), e da tarde, (Vd. figuras 30 e 31), como as temperaturas registadas foram sempre superiores a $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, a percentagem de indivíduos insatisfeitos foi bastante elevada, tendo sido registado um valor mais elevado do índice PPD de 80,8 % (tanque de 25 m, Zona OPQ), no período da tarde, (Vd. figura 31), correspondendo a um valor de metabolismo de 2,3 met. De uma maneira geral, os índices de voto médio previsto para o ambiente interior da nave, nas Zonas LMN e OPQ foram, na larga maioria, superiores a 1 (sensação ligeiramente quente), havendo, mesmo, momentos em que foram registados valores de $PMV \approx 2$ (sensação de quente) para um metabolismo de 2,3 met (Vd. figura 31).

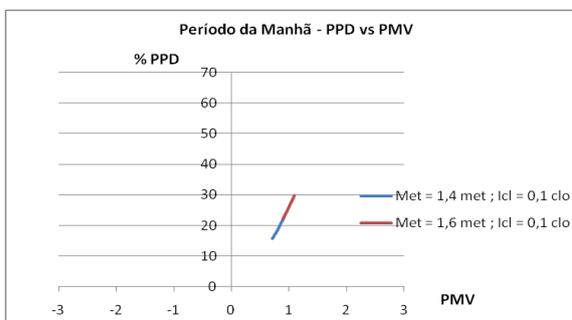


Figura 28. Zona LMN: PPD vs PMV - período da manhã.

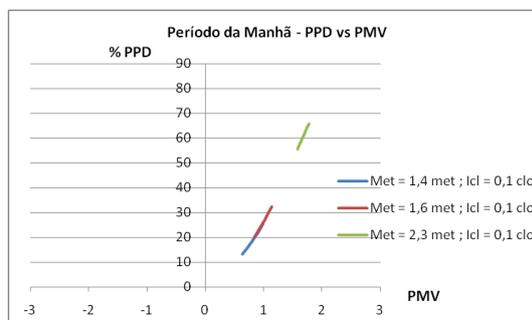


Figura 29. Zona OPQ: PPD vs PMV - período da manhã.

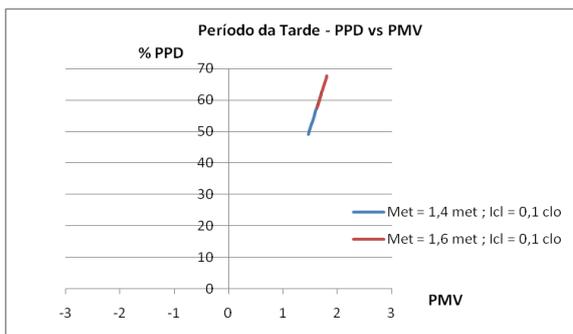


Figura 30. Zona LMN: PPD vs PMV - período da tarde.

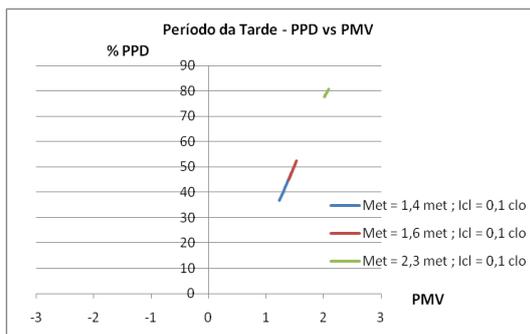


Figura 31. Zona OPQ: PPD vs PMV - período da tarde.

4.2.2. Qualidade do ar interior

4.2.2.1. Colheita química - tanque de aprendizagem

No que respeita à Qualidade do Ar Interior, a captação de compostos, resultantes da cloração da água de piscinas, trihalometanos, foi feita recorrendo a uma bomba de amostragem de ar. Esta foi colocada num ponto fixo, Zona M, a uma altura de 1,5 m (WHO, 2000) e a uma distância de 1,5 - 2 m do tanque de natação. A metodologia adoptada (período de amostragem, período crítico e número de amostragens) para a realização das colheitas químicas no Complexo B é a mesma da adoptada para o Complexo A. A partir dos resultados obtidos nas análises aos Hidrocarbonetos Halogenados, pelo equipamento GCMS, pode concluir-se que a maior concentração obtida nas amostragens efectuadas correspondeu à substância Clorofórmio, representando cerca de 83 % do total dos trihalometanos captados (Vd. figura 32). Em função dos valores limite impostos pela Organização Mundial de Saúde, pode concluir-se que não existe qualquer risco de exposição a esta substância, para os trabalhadores, encontrando-se as concentrações abaixo do limite de exposição reduzida (Vd. figura 33).

Complexo B - Hidrocarbonetos Halogenados	Conc. Méd. 7 amostras [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1,1,1 - Tricloroetano	2
1,2 - Dibromo - 3 - Cloropropano	2
1,2 - Dibromoetano	nd
Bromodichlorometano	1
Bromofórmio	nd
Clorofórmio	15
Dibromodichlorometano	nd
Tetracloroeto de carbono	2
Tetracloroetano	1
Tricloroetileno	nd

Figura 32. Concentrações médias de hidrocarbonetos halogenados [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

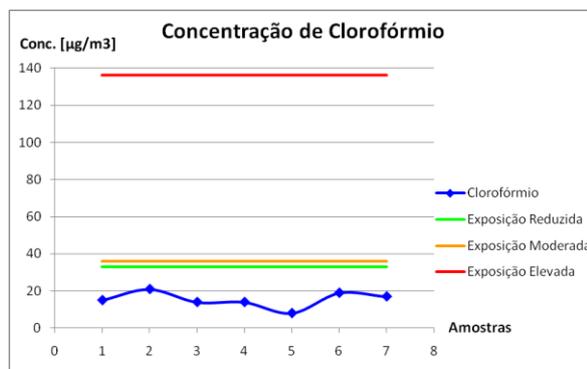


Figura 33. Concentração de clorofórmio por amostra [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - Complexo B.

4.2.2.2. Colheita microbiológica - tanques de aprendizagem e de 25 m

Neste tipo de colheita, foram realizadas dezasseis, duas para fungos (MEA) e duas para bactérias (TSA) em cada uma das Zonas M, N, O e Q.

A metodologia adoptada para efectuar as colheitas com um meio de cultura - branco no interior do Complexo e colheitas no exterior do Complexo é a mesma da adoptada no Complexo A.

Pela análise dos resultados de natureza microbiológica obtidos, (Vd. tabela 17), pode concluir-se que a concentração, tanto de bactérias, como de fungos, no interior do espaço, (96 UFC/m³ e 60 UFC/m³ respectivamente), é inferior à concentração do exterior (180 UFC/m³ e 376 UFC/m³ respectivamente), obedecendo à condição específica nº 1 (Vd. Anexo B). Relativamente à condição específica nº 2 (Vd. Anexo B), os mesmos parâmetros apresentam uma concentração inferior à concentração do parâmetro máximo de referência (500 UFC/m³).

Tabela 17. Análise microbiológica - Complexo B.

Complexo B	Agente Biológico	Meio cultura	UFC/m ³	Zona
T. Aprend. + T. 25 m	Bactérias	TSA	96	M
	Fungos	MEA	60	M
Exterior	Bactérias	TSA	180	Exterior
	Fungos	MEA	376	Exterior

Avaliação Subjectiva: Inquéritos - Conforto Térmico

Procedeu-se à realização de inquéritos aos Trabalhadores (salva-vidas, operadores técnicos, monitores/instrutores), dos dois Complexos de Piscinas, relativamente à temática do Conforto Térmico. O enunciado dos mesmos localiza-se no Anexo C.

No Complexo A, a maioria das respostas dadas, pelos trabalhadores, com recurso à escala da ASHRAE, revela a existência de um ambiente térmico quente, no entanto, aceitável, para a população total dos inquiridos (Vd. figuras 34 e 35).

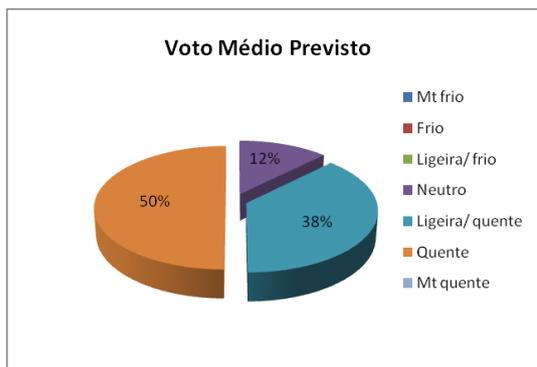


Figura 34. Voto médio previsto - Complexo A.

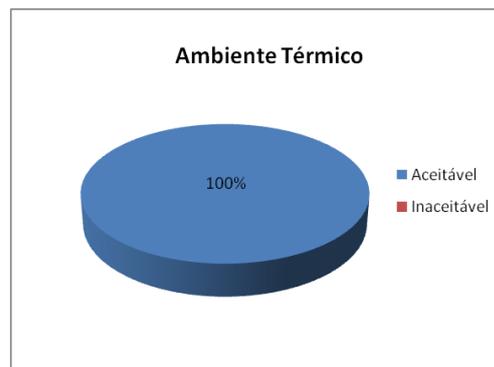


Figura 35. Ambiente térmico - Complexo A.

Relativamente ao ambiente térmico interior, 62 % dos inquiridos revelam não haver necessidade de se efectuar qualquer alteração; os restantes optam por um ambiente mais frio (Vd. figura 36). Relativamente à movimentação do ar, uma maioria significativa de 88 % consideram-na moderadamente aceitável (Vd. figura 37).

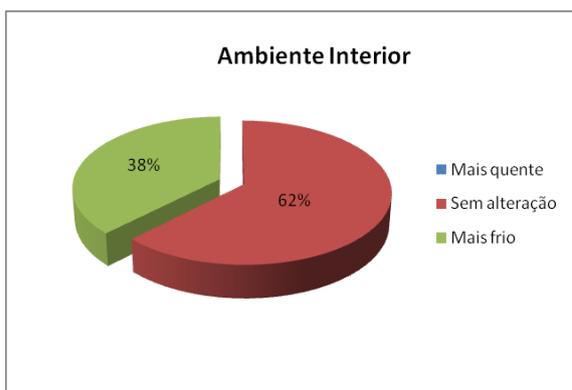


Figura 36. Ambiente interior - Complexo A.

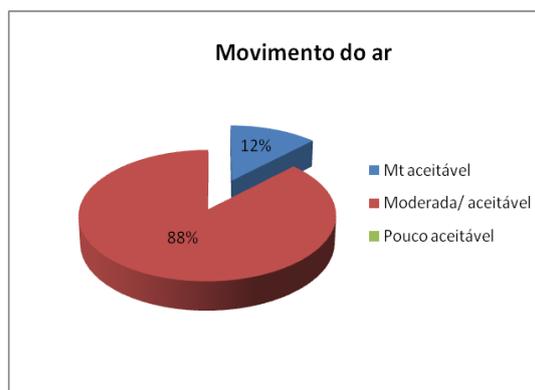


Figura 37. Movimento do ar - Complexo A.

No Complexo B, 56 % das respostas dadas pelos trabalhadores, com recurso à escala da ASHRAE, revelam a existência de um ambiente térmico quente e 11 % um ambiente muito quente, no entanto, aceitável para uma larga maioria (Vd. figuras 38 e 39).

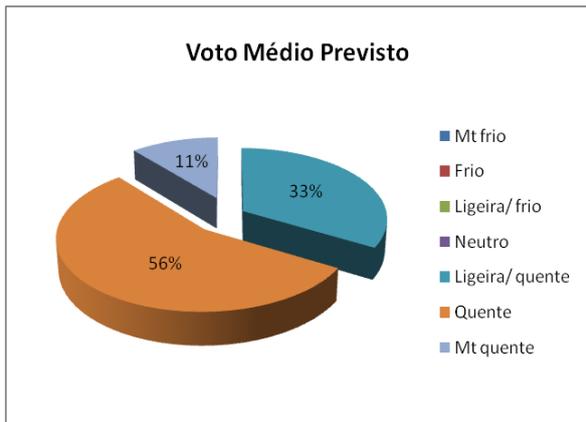


Figura 38. Voto médio previsto - Complexo B.

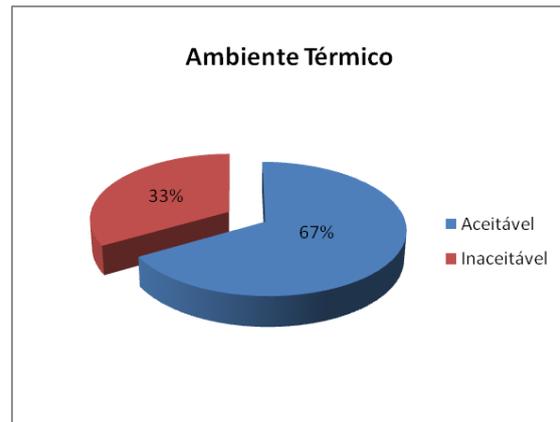


Figura 39. Ambiente térmico - Complexo B.

Relativamente ao ambiente térmico interior, 78 % dos inquiridos desejam um ambiente mais frio; os restantes 22 % preferem-no inalterado (Vd. figura 40). Já no caso B, verifica-se uma situação bastante diferente com 44 % a considerarem a movimentação do ar pouco aceitável (Vd. figura 41). Este resultado reflecte as diferenças entre os movimentos do ar nos dois espaços.

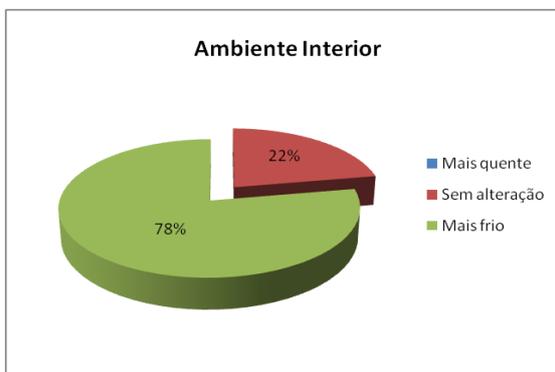


Figura 40. Ambiente interior - Complexo B.

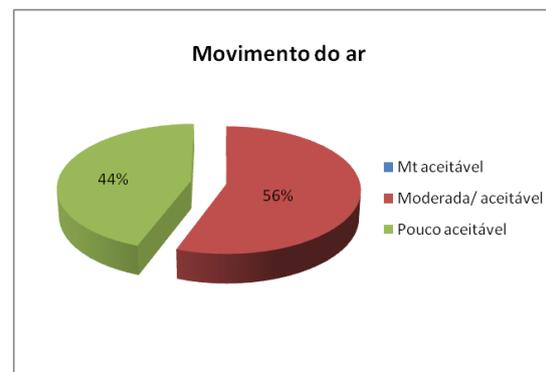


Figura 41. Movimento do ar - Complexo B.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÃO

A realização da presente dissertação de Mestrado teve como finalidade a aquisição de conhecimentos relacionados com a administração de agentes químicos, cloro e bromo, na água, em piscinas interiores e os seus potenciais efeitos em utentes e trabalhadores. Salientou-se a enorme importância que deve ser atribuída ao tratamento físico e às diversas etapas constituintes que são os garantes de uma boa qualidade da água.

Foi, ainda, referida a importância dos sistemas de ventilação que devem ser mantidos em boas condições de operacionalidade, para que se atinjam os objectivos pretendidos de Qualidade do Ar Interior, de Conforto Térmico e de Eficiência Energética.

Permitiu, igualmente, a efectivação de actividades experimentais exaustivas, não só de natureza Microbiológica (Bactérias e Fungos) e Química (THMs), relacionadas com a Qualidade do Ar Interior, mas também de Conforto Térmico (parâmetros físicos, parâmetros individuais e índices PPD e PMV) nos dois Complexos objecto de investigação, tendo sido efectuadas amostragens e medições respectivas, em diversos pontos pré-definidos, nos cais das piscinas e em locais destinados ao público.

Atendendo aos resultados práticos de Conforto Térmico, pode verificar-se que, fazendo uma comparação entre as Zonas ABC e HIJ do Complexo A e as Zonas LMN e OPQ do Complexo B, foi este último que registou as temperaturas e humidades relativas do ar mais elevadas, tendo como consequência um aumento substancial da percentagem de pessoas insatisfeitas com o aumento da actividade metabólica realizada. Em relação à velocidade do ar, pode concluir-se que, no Complexo B, os valores medidos foram inferiores ao limite imposto pelo Decreto-Lei nº 79 / 2006 de 4 de Abril ($< 0,2$ m/s). Esta mesma situação não se verifica, na sua totalidade, no Complexo A. Relativamente às medições efectuadas nas bancadas dos dois Complexos, pelos resultados obtidos, pode concluir-se que é, também, no Complexo B que existe uma maior percentagem de descontentes com o ambiente interior, pela ausência de condições de conforto. Relativamente aos inquéritos de Conforto Térmico, efectuados aos trabalhadores, as conclusões apuradas encontram-se em conformidade com os resultados obtidos pelas medições efectuadas nos dois Complexos de piscinas com o equipamento Analisador de Climas Interiores.

Atendendo aos resultados práticos de Qualidade do Ar Interior, de natureza Microbiológica, realizados nos Complexos A e B, pode concluir-se que, em função das duas situações de não-conformidade estabelecidas pela Nota Técnica do SCE de Outubro de 2009, para os parâmetros bactérias e fungos, foi no Complexo A que se verificaram maiores concentrações, tanto de bactérias como de fungos, existindo, mesmo uma situação de não-conformidade, para o parâmetro fungos, no interior do mesmo Complexo relativamente à zona exterior. No que diz respeito aos resultados de natureza Química, pode concluir-se que foi no Complexo A (tanque de 25 m) onde se registaram as maiores concentrações de trihalometanos, nomeadamente de Clorofórmio, podendo pôr em causa a saúde dos trabalhadores.

Relativamente à temática de Conforto Térmico, foram encontradas algumas dificuldades na concretização da actividade prática, como foi o caso da utilização do equipamento Analisador de Climas Interiores do Tipo 1213, em que um sensor de humidade relativa do ar deixou de funcionar correctamente, tendo sido necessário proceder à sua substituição, recorrendo ao equipamento Testo 445. Houve, também, dificuldades na ligação do equipamento Analisador de Climas Interiores ao computador pessoal, para efectuar a transferência de dados de medições. No que diz respeito à temática Qualidade do Ar Interior, surgiram algumas situações problemáticas na calibração do equipamento Bomba de Amostragem de Ar Pessoal, tendo-se perdido algum tempo na realização desta actividade experimental.

Para além dos temas que foram desenvolvidos no âmbito desta dissertação de Mestrado, extremamente motivante, poder-se-á, ainda, investir mais, no futuro, na área de investigação de subprodutos resultantes da cloração da água de piscinas interiores, nos diversos factores que favorecem a sua formação e nos seus efeitos sobre os ocupantes. Posteriormente, poderão, ainda, ser realizadas outras actividades experimentais, dado o seu potencial interesse e carácter enriquecedor, como é o caso de colheitas microbiológicas nas superfícies dos cais das piscinas. Para além das amostragens efectuadas de Trihalometanos, a 1,5 m de altura, acima da superfície da água, poderiam, também, ser realizadas amostragens de Trihalometanos, a uma altura de 20 cm, acima da superfície da água do tanque, no caso de nadadores de alta competição, e, ainda, amostragens de Cloraminas, a uma altura de 1,5 m acima da água do tanque, no caso de instrutores e salva-vidas, de modo a permitir a comparação dos valores

obtidos com os que se encontram estipulados segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Instituto Nacional de Investigação e Segurança Francês (INRS).

Um factor importante final a considerar nesta dissertação de Mestrado consiste na apresentação de propostas, tendo em vista a implementação de melhorias, em termos de higiene e saúde, nos dois Complexos de piscinas visitados. Relativamente ao Complexo A, a sugestão que se propõe é a de adicionar uma maior quantidade de agentes desinfectantes no tanque de 50 m, no qual se concluiu haver uma concentração elevada de fungos na atmosfera interior face ao exterior, e/ou aumentar as taxas de renovação de ar nessa Zona. No que diz respeito à Zona do tanque de 25 m, deste mesmo Complexo, e ao Complexo B, dever-se-á reduzir a temperatura do ar, de modo a evitar a proliferação de microrganismos. No Complexo B, deverão, ainda, efectuar-se, com maior periodicidade, tratamentos de choque à água no tanque de aprendizagem, de modo a diminuir as concentrações elevadas de cloraminas. Ainda relativamente ao tanque de 25 m, do Complexo A, como foi detectada uma concentração moderada do composto Clorofórmio, dever-se-á aumentar as taxas de renovação de ar, naquela Zona, a fim de impedir que os trabalhadores fiquem expostos a esta substância nociva.

Referências Bibliográficas

- ADENE - Agência para a Energia (2008), “SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.adene.pt/NR/rdonlyres/0000017a/gvzasooiyuocsvtrylxfimcvsyxpfgov/SCManualprocedimentosparaentidadeslicenciadorasVersão12.pdf
- ADENE - Agência para a Energia (2008), “Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.tdgi.pt/sce/01_SCE.pdf
- Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo, I. P. (2009), “Jacúzis - manual das boas práticas para controlo de riscos”. Acedido a 6 de Abril de 2011 em: www.arslvt.min-saude.pt/ARSLVT/EstruturaOrganica/Documents/Jacuzis - manual boas praticas.pdf
- Administração Regional de Saúde do Norte, I. P. (2010), “Orientações para a Execução do Programa de Vigilância Sanitária de Piscinas”.
- Águas, M.P.N. (2000/01), “Conforto Térmico”. Acedido a 23 de Março de 2011 em: http://in3.dem.ist.utl.pt/laboratories/pdf/emee_1.pdf
- Aguiar, F., Alves, S., Barreiros, C., Duarte, M.E., Pires, A.F., Madeira, C.P., Matos, A., Nobre, M.L., Noronha, V., Pacheco, P., Páscoa, S., Pinhal, H. e Ramos, C.D. (2009), “Avaliação da Qualidade do Ar em Piscinas Cobertas”. Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo, I. P. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.gulbenkian.pt/media/files/FTP_files/pdfs/ambiente09/4-AntonioMatos_07-04-09.pdf
- Alegria, A., Sousa, I.J., Santos, S.A., Cavaco, M.A., Coimbra, M.F., Cruz, V., Hespanhol, I., Mateus, I. e Santos, E.P. (1998), “Trihalometanos - Análise da Situação em Portugal”. Acedido a 15 de Fevereiro de 2011 em: www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/065.pdf
- Anna, K. (2011), “Mechanical ventilation system in swimming-pools”. Bachelor Thesis - Mikkeli University of Applied Sciences. Acedido a 1 de Maio de 2011 em: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25183/Thesis_Kalinina_Anna_Mechanical_ventilation_systems_in_swimming_pools.pdf?sequence=1
- Aquaambiente (2006), “CTX-130 Halobrom”. Acedido a 22 de Fevereiro de 2011 em: www.aquaambiente.com/pdf/ctx/CTX-130.pdf
- Aquaambiente (2006), “CTX-23 Cloramin Chock”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.aquaambiente.com/pdf/ctx/CTX-23.pdf
- Aquaquímica, Lda (2009), “Correcção de pH em Água de Abastecimento”. Acedido a 3 de Março de 2011 em: www.apqa.pt/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/Doc530.pdf
- Aquaquímica, Lda (2010), “Legionella - o que é?”. Acedido a 20 de Fevereiro de 2011 em: www.aquaquimica.pt/download/f8caq-explica-legionella-folheto8rd.pdf
- Beleza, V.M. e Costa, R.M.S.S., “Renovação do Ar e da Água em Piscinas Cobertas: sua Correlação”. Acedido a 8 de Abril de 2011 em: www.appages.com/docs/piscinascobertasVMBeleza.pdf
- Benoiel, M.J., Fernando, A.L.A.C., Diegues, P., Soares, A.S., Pinto, A., Martins, V. e Silva, I. (2010), “Prevenção e Controlo de Legionella nos Sistemas de água”. Instituto Português da Qualidade. Acedido a 20 de Fevereiro de 2011 em: www.ipq.pt/backFiles/PrevencaoControloLegionella.pdf
- Borges, J.T., Alberici, R.M., Guimarães, J.R., Eberlin, M.N. e Lindner, A. (2000), “Avaliação da Formação de Trihalometanos em Água de Abastecimento Utilizando-se a Técnica Analítica MIMS (Membrane Introduction Mass Spectroscopy)”. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Acedido a 15 de Fevereiro de 2011 em: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/ii-052.pdf

-
- Brito, F. (2008), “Seminário SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior - Legislação e Aplicação. Manutenção, Análise e Diagnóstico”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.tdgi.pt/sce/05_Analise_Diagn.pdf
- Câmara Municipal de Felgueiras (1993), “Normas de Funcionamento do Complexo das Piscinas Municipais de Felgueiras”. Acedido 15 de Fevereiro de 2011 em: www.cm-felgueiras.pt/NR/rdonlyres/F1DB4137-ECB8-4D2A-BF07-B3189CE5BCFE/36325/NormasdeFuncionamentodoComplexodePiscinasMunicipai.pdf
- Carracedo, M.A.B. (2009), “Piscinas - Perigo da sua utilização”. Unidade operativa de Saúde Pública de Braga. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.saudepublica.web.pt/TrabAmparo/Formacao/Piscinas_Amparo.pdf
- Carvalho, L. H. M., “Complementos de Química I - Módulo de cromatografia”. Acedido a 3 de Abril de 2011 em: <http://home.utad.pt/~lcarv/cromatografia.pdf>
- Cavestri, R.C. e Seeger-Clevenger, D. (2008), “Chemical Off-Gassing from Indoor Swimming Pools”. Acedido a 30 de Abril de 2011 em: <http://rp.ashrae.biz/page/RP1083.pdf>
- Cordeira, R. (2004/05), “Cromatografia Gasosa”. Instituto Superior Técnico. Acedido a 25 de Março de 2011 em: in3.dem.ist.utl.pt/labcombustion/emecourse/presentations/pres3.pps
- Clean Breeze - Solutions for Indoor Air Quality (2006), “Tecnologias de Tratamento de Ar e Água”. Acedido a 1 de Maio de 2011 em: www.eng.eseig.ipp.pt/ecoclimat2006/apresentacoes/5_QAI-ESEIG.pdf
- Comunicação & Imagem do Grupo SGS (2009), “Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.sgs.com/sgs-certificacao-energetica-de-edificios-caderno-tematico-pt-09.pdf
- Conselho Nacional de Qualidade. Directiva CNQ 23 / 93 de 24 de Maio. “A qualidade das piscinas de uso público”.
- Costa, R.L. (2009), “Legionelose - Revisão”. Acedido a 20 de Fevereiro de 2011 em: www.qualittas.com.br/documentos/Legionelose - Ricardo Leite Costa.pdf
- Couto, S.L. (2003), “A Definição Terminológica - Problemas teóricos e práticos encontrados na construção de um glossário no domínio da corrosão”. Tese de Mestrado em Terminologia e Tradução - Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto. Acedido a 14 de Abril de 2011 em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/19409/3/6518TM02P000081690.pdf>
- DECO PRO TESTE (2009), “Cloro da piscina agrava alergias”. www.deco.proteste.pt/prevencao/cloro-da-piscina-agrava-alergias-s576721.htm
- Decreto Legislativo Regional nº 16 de 13 de Outubro de 2009 A.
- Decreto Regulamentar nº 5 / 97 de 31 de Março.
- Decreto-Lei nº 79 / 2006 de 4 de Abril. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.
- Decreto-Lei nº 80 / 2006 de 4 de Abril.
- Delgado, L.A. (2006), “Orientações para o tratamento da piscina da AABB de Barra do Corda”. Acedido a 7 de Abril de 2011 em: http://aquabarra.com.sapo.pt/Apostilas/Delgado/Apostila_07.pdf
- Diegues, P. e Martins, V. (2010), “Sistemas artificiais de água e a problemática da Legionella - riscos associados e sua prevenção”. Acedido a 20 de Fevereiro de 2011 em: https://pt.vwr-cmd.com/bin/public/idocdownload/10019376/Sistemas_artificiais_de_%C3%A1gua_e_a_probrem%C3%A1tica_de_Legionella_Eng_Paulo_Diegues.pdf
- Dietas e Hábitos (2011), “Limite dos Pontos da Dieta dos Pontos”. Acedido a 17 de Junho de 2011 em: <http://dietasehabitros.com.br/tag/taxa-metabolica/>
- Direcção-Geral da Saúde & Direcção-Geral do Turismo (2001), “Doença dos Legionários - Procedimentos de Controlo nos Empreendimentos Turísticos”. Acedido a 22 de Fevereiro de 2011 em: www.dgs.pt/upload/membro.id/ficheiros/i006280.pdf
- Direcção-Geral da Saúde. Circular Informativa nº 31 / DA (2009). Lisboa.

-
- Direcção-Geral da Saúde. Circular Normativa nº 14 / DA (2009). Lisboa.
- Direcção-Geral de Geologia e Energia (DGGE) e Iniciativa Pública Água Quente Solar para Portugal (IP-AQSpP) (2004), “Colectores Solares para Aquecimento de Água - Pavilhões Desportivos e Piscinas”. Acedido a 4 de Maio de 2011 em: www.aguaquentesolar.com/publicacoes/8/piscinas.pdf
- Duarte, M.E. (2005), “Desinfecção da Água: Bromo e Iodo”. Associação Portuguesa de Profissionais de Piscinas, Instalações Desportivas e Lazer. Acedido a 6 de Abril de 2011 em: www.apppages.com/docs/MariaElisaDuarte.pdf
- Félix A., Pedroso, M.J., Lança, I. e Afonso, S. (2005), “Exposição a metais pesados na infância”, “Exposição profissional em piscinas cobertas”, “Controlo e prevenção da Legionella em sistemas prediais de águas”. Boletim do Centro Regional de Saúde Pública do Centro, nº 5, Outubro - Dezembro de 2005. Acedido a 25 de Abril de 2011 em: www.min-saude.pt/NR/rdonlyres/E016697C-B947-49FB-8D2A-60469AF8C9CA/0/BoletimCRSPC_52.pdf
- Fernandes, A.M. (2006), “Cromatografia Iónica”. Acedido a 3 de Abril de 2011 em: www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce5702/cromatografia.pdf
- Fontinha, I.R. e Salta, M.M. (2007), “Desempenho de componentes metálicos em edifícios”. Acedido a 14 de Abril de 2011 em: www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/cpm/v26n3/v26n3a03.pdf
- Gérardin, F., Hecht, G., Hubert-Pelle, G., Subra, I., Gagnaire, F., Héry, M., Massin, N. (2005), “Réduction de L'exposition des travailleurs au trichlorure d'azote par action sur les porcédés dans deux secteurs d'activité”. Acedido a 13 de Julho de 2011 em: [www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ND_2236/\\$File/nd2236.pdf](http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ND_2236/$File/nd2236.pdf)
- Grupo SGS (2008), “Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.qualidademadeira.com.pt/ficheiros/documentos/Seminarios/08_sistema%20certifica%C3%A7%C3%A3o%20energ%C3%A9tica%20e%20qualidade%20ar%20interior_cl%C3%A9udia%20rocha.pdf
- ISO 7726 (1985). “Ambiances thermiques - Appareils et méthodes de mesure des grandeurs physiques”.
- ISO 7730 (1984). “Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD índices and specification of the conditions for thermal comfort”.
- ISO 7730 (2005). “Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria”.
- ISO 9920 (1995). “Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble”.
- Macêdo, J. (2009), “Desinfecção Secundária”. 18º Encontro da Câmara Técnica de Controle de Qualidade (CTCQ) da Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais. 13º Workshop de Fornecedores. Porto Alegre, 2009. Acedido a 30 de Março de 2011 em: www.jorgemacEDO.pro.br/DESINFECcao SECUNDARIA 2009.pdf
- Marco, Doninelli, M. (2004), “Legionella: um perigo mundial”. Acedido a 20 de Fevereiro de 2011 em: www.caleffi.us/pt_PT/caleffi/Details/Magazines/pdf/idraulica_22_pt.pdf
- Marques, J.C.A. (2007), “Cromatografia”. Acedido a 3 de Abril de 2011 em: www3.uma.pt/jcmarques/docs/qaii/QAII02TECSEP2007JCM.pdf
- Marques, J.M.F. (2005), “Manutenção de Uma Instalação de AVAC das Áreas Limpas de Uma Indústria Farmacêutica”. Tese de Mestrado em Manutenção Industrial. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Acedido a 14 de Março de 2011 em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/10932/2/%20Texto%20integral.pdf>
- Marques, L. (2009), “Porque é que se deve tratar a água das piscinas?”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.videos.uevora.pt/quimica_para_todos/qpt_agua_piscinas.pdf

-
- Martins, N., Nunes, T., Oliveira, J. e Gomes, M.T. (2006), “Sub Projecto Odores e Qualidade do Ar”. Acedido a 4 de Abril de 2011 em:
www.aveirodomus.pt/resources/xFiles/scContentDeployer/docs/Doc205.pdf
- Matos, A., Alves, S., Elisa Duarte, M., Pacheco, P. e Pires, A. F. (Proceedings of Healthy Buildings 2006), “Evaluation of the Indoor Air Quality in Swimming Pools”.
- Mesquita, P., “A função dos filtros numa piscina”. Acedido a 28 de Fevereiro de 2011 em:
www.apppages.com/docs/PedroMesquita.pdf
- Metcalfe & Eddy (1991), “Wastewater Engineering”, 3ª Ed., McGraw Hill.
- Miguel, A.L.C.S.F. (2007), “Aplicação da técnica de PCR na pesquisa de bactérias patogénicas em biofilmes de condutas e reservatórios de água do sistema de distribuição da EPAL”. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. Acedido a 6 de Maio de 2011 em: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/140397/1/Tese.pdf>
- Moreira, Cruz e Magalhães, Lda. (2003), “Manual de Manutenção de Piscinas”. Centro Empresarial de Vilar do Pinheiro. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em:
[www.mcmlda.pt/client/documentos/portuguese/MANUAL_DE MANUTENCAO DE PISCINAS.pdf](http://www.mcmlda.pt/client/documentos/portuguese/MANUAL_DE_MANUTENCAO_DE_PISCINAS.pdf)
- NIOSH, (2003). “Hydrocarbons, Halogenated: Method 1003, Issue 3”. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Acedido a 12 de Julho de 2011 em:
www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1003.pdf
- NP 1796 (2007). “Segurança e Saúde do Trabalho. Valores limite de exposição profissional a agentes químicos.”
- NT-SCE-02 (2009), “Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE”. Acedido a 25 de Julho de 2011 em:
www.adene.pt/NR/rdonlyres/039E8147-8487-4303-96DD-6751687486F4/1187/NT_SCE02_Out09.pdf
- Panozon Ambiental e Carvalho Comunicações (2006), “Tratamento de Piscinas de Uso Público - Ozonização, Ionização ou Ultravioleta?”. Acedido a 15 de Fevereiro de 2011 em:
www.ozonebras.com.br/pdf/comparativo.pdf
- Pedro, C.L. (2005/06), “Auditorias Energéticas - Tipos, Metodologia e Instrumentação”. Universidade Lusíada de Lisboa. Acedido a 1 de Março de 2011 em:
www.lis.ulusiada.pt/old/apoio/eficienciaenergeticaedificios_2006_2007/seguro/bibliografia/ima_aula23junho_7julho.pdf
- Pedroso, M. J., Nogueira, J. M. R., “Perigos decorrentes da Utilização de Piscinas / Uniformização das Acções de Vigilância Sanitária a Piscinas”. Acedido a 27 de Agosto de 2011 em:
<http://saudeambiental.com.sapo.pt/docs/Manual%20sobre%20piscinas%20.doc>
- Pedroso, M.J.S.L.C. (2009), “Exposição Ocupacional em Piscinas Cobertas do tipo I e II”. Tese de Mestrado em Saúde Pública - Universidade do Porto, Porto. Acedido a 22 de Fevereiro de 2011 em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/45311/3/Tese%20MSP%20%20M.pdf>
- Pereira, A.M., Leal, S., Martins, O., Júdice e associados (2009), “Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios”. Acedido a 24 de Abril de 2011 em:
www.plmj.com/xms/files/newsletters/2009/Janeiro/CERTIFICACAO_ENERGETICA.pdf
- Pina, A.P.B. (1998), “Piscinas - Qualidade da Água”. www.saudepublica.web.pt/06-saudeambiental/061-Aguas/piscinas.htm
- Piscina Municipal do Cadaval (2011), “Normas de Segurança da utilização livre da Piscina”. Acedido a 3 de Maio de 2011 em:
http://piscina.cadaval.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=15
- Pond, K. (2005), “Water recreation and disease: Plausibility of associated infections: Acute effects, sequelae and mortality”. Acedido a 6 de Maio em:
www.who.int/water_sanitation_health/bathing/recreadis.pdf
- Ramos, J.E., Pitarma, R.A. e Carvalho, M.G. (1998), “Modelação do Conforto Térmico em Salas Climatizadas”. Acedido a 23 de Março de 2011 em:
-

<http://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/102/1/Modela%C3%A7%C3%A3oConfortoT%C3%A9rmicoem%20Salas%20Climatizadas.PDF>

- Rebola, M. (2008), “Desinfecção da água da piscina através de Ionização por cobre/prata”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.mariorebola.com/pdf/artigos/ionizacao.pdf
- Rebola, M. (2008), “Problemas da utilização de produtos clorados no tratamento da água de piscinas”. Acedido a 30 de Abril de 2011 em: www.mariorebola.com/pdf/artigos/cloro.pdf
- Roriz, L.(2006) “Maus exemplos, ou Deficiências a evitar em ventilação mecânica”. Acedido a 29 de Abril de 2011 em: www.ashrae.com.pt/ASHRAEDeficiencias.pdf
- Ruivo, C.R., Inverno, A.C. e Lamarão, A.H. (2003), “Qualidade Térmica Ambiental em Salas de Aula”. Acedido a 23 de Março de 2011 em: http://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/52/1/10_12.pdf
- Seelig, M.F. (2005), “A Ventilação e a Fumaça Ambiental de Cigarros - Um estudo Sobre a Influência das Condições Meteorológicas na Qualidade do Ar de Ambientes Fechados”. Tese de Mestrado em Ciências - Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Meteorologia, Rio Grande do Sul, Brasil. Acedido a 30 de Abril de 2011 em: www.ufpel.edu.br/meteorologia/pos-graduacao/dissertacoes/dissertacoes_completas/marina_seelig.pdf
- Silva Jr., Autran J. (2008), “Bioquímica Aplicada a Atividade Física”. Acedido a 20 de Junho de 2011 em: www.fitoica.com/Biblioteca/Libros/Bioquimica/B01.pdf
- Silva, M. G. (2008), “RSECE - Energia”. ADAI, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.tdgi.pt/sce/03_RSECE%20-%20ENERGIA.pdf
- Silva, P.C.P. (2006). “Térmica dos Edifícios”. Acedido a 25 de Março de 2011 em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6258/8/8%20-%20Capitulo3.pdf>
- Simões, H. e Talaia, M (2009), “Índices PMV e PPD na definição da “Performance” de um Ambiente”. Departamento de Física - Universidade de Aveiro. V encontro Nacional de Riscos. I Congresso Internacional de Riscos. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.nicif.pt/riscos/Documentos/Congressos/I_Cong_Int_Riscos_PDFs/28-Helena_Simoes_Indices_PMV_e_PPD.pdf
- Taboada, J. (2009), “Filtros de Piscina: Uma abordagem financeira”. Acedido a 26 de Abril de 2011 em: www.saudeempiscinas-2009.com/docs/Filtros_de_Piscina_-_TABOADA_J.pdf
- Thoumelin, P., Monin, E., Armandet, D., Julien, M.J., Massart, B., Vasseur, C., Pillon, A.M., Zilliox, M., Balducci, F., Bergeret, A. (2005), “Troubles d’irritation respiratoire chez les travailleurs des piscines”. Acedido a 13 de Julho de 2011 em: [www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/TF_138/\\$File/tf138.pdf](http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/TF_138/$File/tf138.pdf)
- Valente, F., Pinto, J., Jorge, C., Rodrigues, D., Leite, V., “Controlo Analítico - Técnica Tradicional de Microbiologia”. Acedido em: <http://refeitoriohaccp.web.simplesnet.pt/dircontrolo.htm#tecnicatradmicro>
- Valente, J.C. (2008), “RSECE - Qualidade do Ar Interior”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: www.tdgi.pt/sce/04_RSECE%20-%20QA.pdf
- Vasconcelos, J.L.C. e Duarte A.A.L.S (2006), “Tratamento da água de piscinas públicas - Análise comparativa de sistemas de desinfecção aplicada a um caso de estudo”. Acedido a 30 de Março de 2011 em: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6149/4/Aduarte_12%C2%BAENaASB_2006.pdf
- Vaz, F.M.B. (2001), “Caracterização Global das Piscinas Cobertas da Região de Trás-os-Montes”. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto. Acedido a 8 de Abril de 2011 em: http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9580/2/4867_TM_01_C.pdf
- Viegas, C. (2007), “Avaliação da Exposição a Fungos em Piscinas e Ginásios”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em: http://cis.engenheiros.pt/2007/comunicacoes/Carla_Viegas_4C.pdf

-
- Viegas, C. (2007), “Avaliação da Exposição a Fungos em Piscinas e Ginásios - O caso dos profissionais e utilizadores frequentes”. Acedido a 14 de Fevereiro de 2011 em:
http://cis.engenheiros.pt/2007/comunicacoes/Carla_Viegas.pdf
- WHO (2000), “Guidelines for Safe Recreational-water Environments, Vol.2: Swimming pools, Spas and Similar Recreational-water Environments, Chapter 4 - Chemical Hazards”. Acedido a 13 de Julho de 2011 em: www.who.int/water_sanitation_health/bathing/recreaII-ch4.pdf
- WHO (2006), “Guidelines for safe recreational water environments - Volume 2, Swimming pools and similar environments”. Acedido a 1 de Maio de 2011 em:
www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe2full.pdf

ANEXOS

Anexo A - Metodologia: Conforto Térmico

O equipamento utilizado nos Complexos de piscinas para efectuar as medições dos parâmetros relativos ao conforto térmico é o que se apresenta de seguida:

- Analisador de Climats Interiores Tipo 1213, Brüel & Kjær



Figura 42. Analisador de climas interiores tipo 1213.

O Analisador de Climats Interiores, Tipo 1213, consiste num instrumento único, compacto, portátil e de leitura directa dos parâmetros físicos (temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura operativa) necessários para avaliação do ambiente térmico interior, através dos seus quatro transdutores. Estes são ligados por cabo ao Analisador de Climats Interiores e montados num tripé. O Analisador de Climats Interiores permite não só averiguar se o meio ambiente interior existente é satisfatório, mas também permite implementar melhorias ao nível de sistemas de AVAC (Manual do Analisador de Climats Interiores, 1990).

Este aparelho permite efectuar a monitorização dos parâmetros ambientais medidos acima referidos, permitindo guardar, em memória, até 60 registos de cada parâmetro, caso seja programado para tal. Para que a monitorização e aquisição de dados sejam mais pormenorizadas, o Analisador de Climats Interiores é ligado a um computador portátil (software - ET6028) permitindo uma monitorização gráfica (*Vd.* figura 43) dos valores medidos, possibilitando o registo da informação em ficheiro (Manual do Analisador de Climats Interiores, 1990).

O Analisador de Climas Interiores é constituído pelos seguintes acessórios:

- Transdutor MM 0034: Temperatura do ar (t_a).
- Transdutor MM 0060: Temperatura operativa (t_o).
- Transdutor MM 0037: Humidade Relativa do ar (hr).
- Transdutor MM 0038: Velocidade do ar (v_a).
- Adaptadores de Tripé UA 0801 / Delta Arm DH 0492 / Mala transportadora KE 0234.

Devido a problemas relacionados com um sensor de humidade relativa do equipamento Analisador de Climas Interiores, o seu valor foi obtido recorrendo ao equipamento Testo 445.

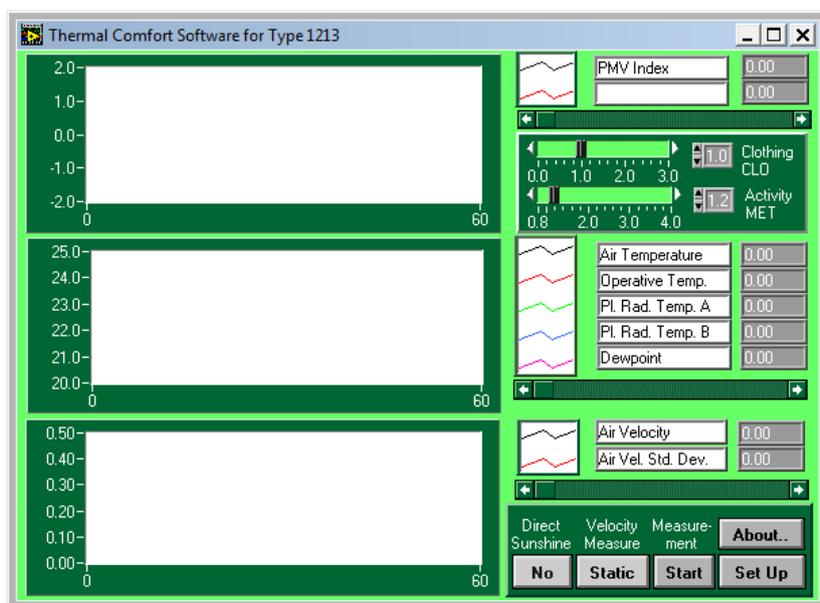


Figura 43. Software - ET6028.

Nota: Como o software ET6028 do Analisador de Climas Interiores não admite valores centesimais de isolamento térmico do vestuário (0,03 e 0,04 clo), foi considerado o valor mais baixo de 0,1 clo, no caso dos banhistas.

Etapas de Montagem - Medições

1. Colocar os adaptadores de tripé UA 0801.

-
2. Fixar os quatro transdutores (temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura operativa) no Delta Arm DH 0492.
 3. Estabelecer a ligação dos transdutores ao equipamento Analisador de Climas Interiores Tipo 1213.
 4. Ligar o aparelho Analisador de Climas Interiores e colocar a gravar.
 5. Conectar o aparelho ao computador para transferência de ficheiros, após efectuadas as medições, alterando os valores de metabolismo e de isolamento térmico do vestuário.
 6. Obter os parâmetros físicos e índices PMV e PPD.

Anexo B - Metodologia: Trihalometanos, Bactérias e Fungos

Cromatografia Gasosa - THMs

Consiste numa técnica de separação e análise de misturas por interação dos seus componentes entre uma Fase Estacionária e uma Fase Móvel. A amostra é injectada (injector da amostra) e arrastada pela fase móvel (gás arrastador), através da coluna que contém a fase estacionária (coluna CG aquecida), onde ocorre a separação da mistura (Vd. figura 44). Neste estudo, as substâncias separadas saem da coluna e passam por um detector de massas que gera um sinal eléctrico proporcional à quantidade de substância separada (Cerdeira, 2004/05), podendo ser visualizado, num cromatograma (Vd. figura 47), o registo do sinal de cada substância em função do tempo de eluição (Marques, 2007).

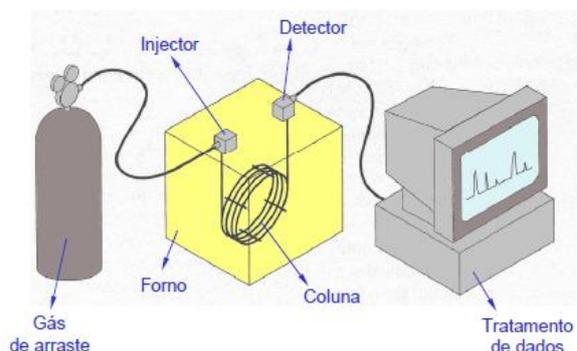


Figura 44. Cromatografia gasosa (fonte: Carvalho, não datado).



Figura 45. GCMS - QP 2010 Plus, Shimadzu.

O equipamento utilizado nos Complexos de piscinas para efectuar as colheitas de natureza química (THMs) é o que se apresenta de seguida:

- Personal Air Sampling Pump, Casella Cel



Figura 46. Bomba de amostragem de ar pessoal.

Etapas de Montagem - Medições

1. Ligar a bomba de amostragem de ar e efectuar a sua calibração em função do fluxo de ar (0,2 L/min.), tendo como base o Manual de Métodos Analíticos do NIOSH para Hidrocarbonetos Halogenados. Para tal, é necessário definir na bomba um fluxo de ar de 1,0 L/min. e, através de dois componentes redutores de fluxo de ar colocados na tubagem, atingir o caudal volúmico pretendido de 0,2 L/min. no calibrador.
2. Seleccionar o local de medição mais propício para a captação de subprodutos (trihalometanos) e proceder à montagem do equipamento (1,5 m acima da superfície da água).
3. Colocar as luvas.
4. Partir o tubo de amostragem num local fora da nave da piscina, por questões de segurança, e inseri-lo na bomba de amostragem o mais rapidamente possível.
5. Dar início à amostragem.
6. Após efectuada a colheita de ar, retirar o tubo de amostragem e tapar as suas extremidades com as tampas vermelhas próprias para o efeito, tendo, no entanto, cuidado ao colocar as tampas para não ocorrer o risco de corte.
7. Identificar a amostra com o local, a data de colheita e o número da amostra.
8. Inserir o tubo de amostragem dentro de um tubo de vidro com tampa de rosca.

-
9. Colocar cuidadosamente o tubo de vidro na mala térmica, com gelo, para conservação da amostra, e transportá-lo, posteriormente, para o laboratório da FFUC no próprio dia.

Preparação da Amostra

1. Colocar as secções da frente e de trás dos sorventes de cada tubo de amostragem em vials separados. A lâ de vidro deve ser inserida no vial que contém a secção da frente do sorvente.
2. Adicionar 1,0 mL de CS₂ (sulfureto de carbono) a cada vial e fechá-los.
3. Deixar repousar durante 30 minutos, com agitação ocasional.

Os Hidrocarbonetos Halogenados, seleccionados do Manual de Métodos Analíticos do NIOSH, a serem detectados no GCMS, são os seguintes: Bromodiclorometano, Dibromoclorometano, Bromofórmio, Clorofórmio, Tetracloro de carbono, Tetracloroetano, 1,1,1 - Tricloroetano, 1,2 - Dibromo - 3 - Cloro - propano, 1,2 - Dibromoetano e Tricloroetileno.

Nota: As Zonas J (tanque de 25 m do Complexo A) e M (tanque de aprendizagem do Complexo B) foram as escolhidas para realizar as amostragens, uma vez que, através de registos técnicos (*Vd.* Anexo G) relacionados com a qualidade da água, os tanques relativos a cada uma dessas Zonas revelam uma concentração de cloraminas superior à dos outros dois tanques (tanque de 50 m do Complexo A e tanque de 25 m do Complexo B) e, portanto, será natural que as concentrações de trihalometanos também sejam elevadas.

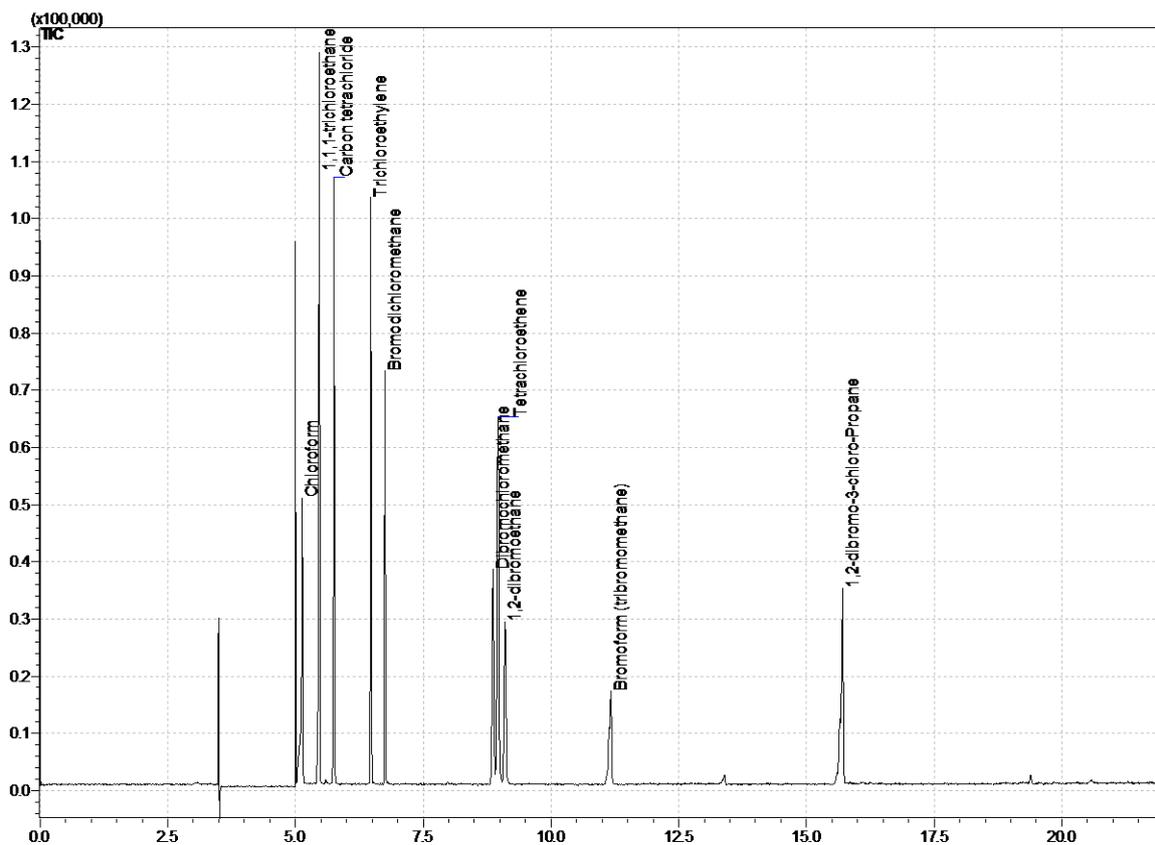


Figura 47. Cromatograma - registo da intensidade do sinal de cada substância em função do tempo de eluição.

O equipamento utilizado nos Complexos de piscinas para efectuar as colheitas de natureza microbiológica (bactérias e fungos) é o que se apresenta de seguida:

- SAS Super IAQ, International PBI



Figura 48. SAS Super IAQ.

Etapas de Montagem - Medições

1. Retirar a tampa protectora de plástico do equipamento.
2. Colocar as luvas.
3. Desinfectar com álcool a parte metálica móvel e o local no aparelho onde é colocada a placa de Petri ($\Phi = 90$ mm).
4. Introduzir a placa de Petri no equipamento, permanecendo este desligado.
5. Posicionar o equipamento na vertical, ao nível das vias respiratórias, e ligá-lo.
6. Efectuada a colheita de ar, retirar a placa de Petri do equipamento, tapá-la e vedá-la com papel parafilm, de modo a não haver qualquer tipo de contaminação.
7. Identificar a amostra, com indicação na tampa da placa, com o local, a data de colheita e o número da amostra.
8. Colocar a amostra rápida e cuidadosamente numa mala térmica.
9. Efectuar duas amostragens para bactérias e duas amostragens para fungos, tendo cada amostragem um período de 2,5 minutos com o equipamento a funcionar.
10. Efectuar duas amostragens, uma para bactérias e outra para fungos, com um meio de cultura - branco, com uma duração de 5 minutos sem o equipamento a funcionar.
11. Após a realização das colheitas, proceder à sua entrega no laboratório Biocant Park (Centro de Inovação em Biotecnologia, localizado no Parque Tecnológico de Cantanhede) num prazo nunca superior a 48h.

Condição específica de Não-Conformidade nº 1 (NT-SCE-02, 2009):

Bactérias: Concentração de bactérias no interior superior à concentração de bactérias no exterior em mais do que 300 UFC/m^3 , nas situações em que a concentração do parâmetro CO_2 verifica no interior a conformidade legal.

Fungos: Concentração de fungos no interior superior à detectada no exterior.

Condição específica de Não-Conformidade nº 2 (NT-SCE-02, 2009):

Bactérias e Fungos: $[\text{Parâmetro}]_{\text{MaxT}} \geq [\text{Parâmetro}]_{\text{MR}}$,
em que o $[\text{Parâmetro}]_{\text{MR}} = 500 \text{ UFC/m}^3$.

Tabela de correcção - Número de UFC presentes na superfície da placa de Petri:

**CORRECTION TABLE TO ADJUST COLONY COUNTS FROM A 401-HOLE
IMPACTOR USING STANDARD 90 mm PETRI PLATES**

Colonies	MP N										
r	Pr										
1	1	41	43	81	90	121	144	161	206	201	278
2	2	42	44	82	92	122	145	162	207	202	280
3	3	43	45	83	93	123	147	163	209	203	282
4	4	44	47	84	94	124	148	164	211	204	284
5	5	45	48	85	95	125	150	165	212	205	287
6	6	46	49	86	97	126	151	166	214	206	289
7	7	47	50	87	98	127	152	167	216	207	291
8	8	48	51	88	99	128	154	168	217	208	293
9	9	49	52	89	100	129	155	169	219	209	295
10	10	50	53	90	102	130	157	170	221	210	297
11	11	51	54	91	103	131	158	171	223	211	299
12	12	52	56	92	104	132	160	172	224	212	301
13	13	53	57	93	106	133	161	173	226	213	303
14	14	54	58	94	107	134	163	174	228	214	305
15	15	55	59	95	108	135	164	175	230	215	307
16	16	56	60	96	110	136	166	176	231	216	310
17	17	57	61	97	111	137	167	177	233	217	312
18	18	58	63	98	112	138	169	178	235	218	314
19	19	59	64	99	114	139	170	179	237	219	316
20	20	60	65	100	115	140	172	180	239	220	318
21	22	61	66	101	116	141	173	181	240	221	321
22	23	62	67	102	118	142	175	182	242	222	323
23	24	63	68	103	119	143	177	183	244	223	325
24	25	64	70	104	120	144	178	184	246	224	327
25	26	65	71	105	122	145	180	185	248	225	330
26	27	66	72	106	123	146	181	186	250	226	332
27	28	67	73	107	124	147	183	187	251	227	334
28	29	68	74	108	126	148	184	188	253	228	336
29	30	69	76	109	127	149	186	189	255	229	339
30	31	70	77	110	128	150	188	190	257	230	341
31	32	71	78	111	130	151	189	191	259	231	343
32	33	72	79	112	131	152	191	192	261	232	346
33	34	73	80	113	133	153	192	193	263	233	348
34	35	74	82	114	134	154	194	194	265	234	351
35	37	75	83	115	135	155	196	195	267	235	353
36	38	76	84	116	137	156	197	196	269	236	355
37	39	77	85	117	138	157	199	197	271	237	358
38	40	78	87	118	140	158	201	198	272	238	360
39	41	79	88	119	141	159	202	199	274	239	363
40	42	80	89	120	142	160	204	200	276	240	365

Figura 49. Tabela de correcção do equipamento.

Anexo C - Inquéritos (Conforto Térmico): Complexos A e B



Estudo de Conforto Térmico

Avaliação Pessoal

Nota: Todas as respostas ao questionário permanecerão confidenciais. Os participantes serão mantidos anónimos.

1. Idade

2. Sexo

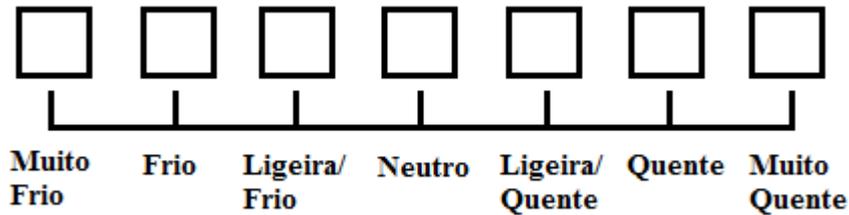
Feminino

Masculino

3. Actividade que desempenha?

4. Como se sente, no presente momento, em termos de Conforto Térmico, no seu local de trabalho?

5. Ambiente Térmico. Por favor, assinale, na escala seguinte, a situação que melhor representa a sua sensação, neste momento:



6. Considera o Ambiente Térmico:

Aceitável

Inaceitável

7. Em termos de Conforto Térmico, preferia que o ambiente estivesse:

mais quente

sem alteração

mais frio

8. Selecciona a condição que melhor representa aquilo que sente, neste mesmo momento, sobre o MOVIMENTO DO AR, no seu local de trabalho:

muito aceitável

moderadamente aceitável

pouco aceitável

9. Preferia:

mais movimento do ar

que não houvesse alterações

menos movimento do ar

10. Que temperatura é que lhe parece que está neste momento? _____ °C

Muito obrigado pela sua colaboração,

Nuno Matias

Anexo D - Plantas dos Complexos A e B

Complexo A:

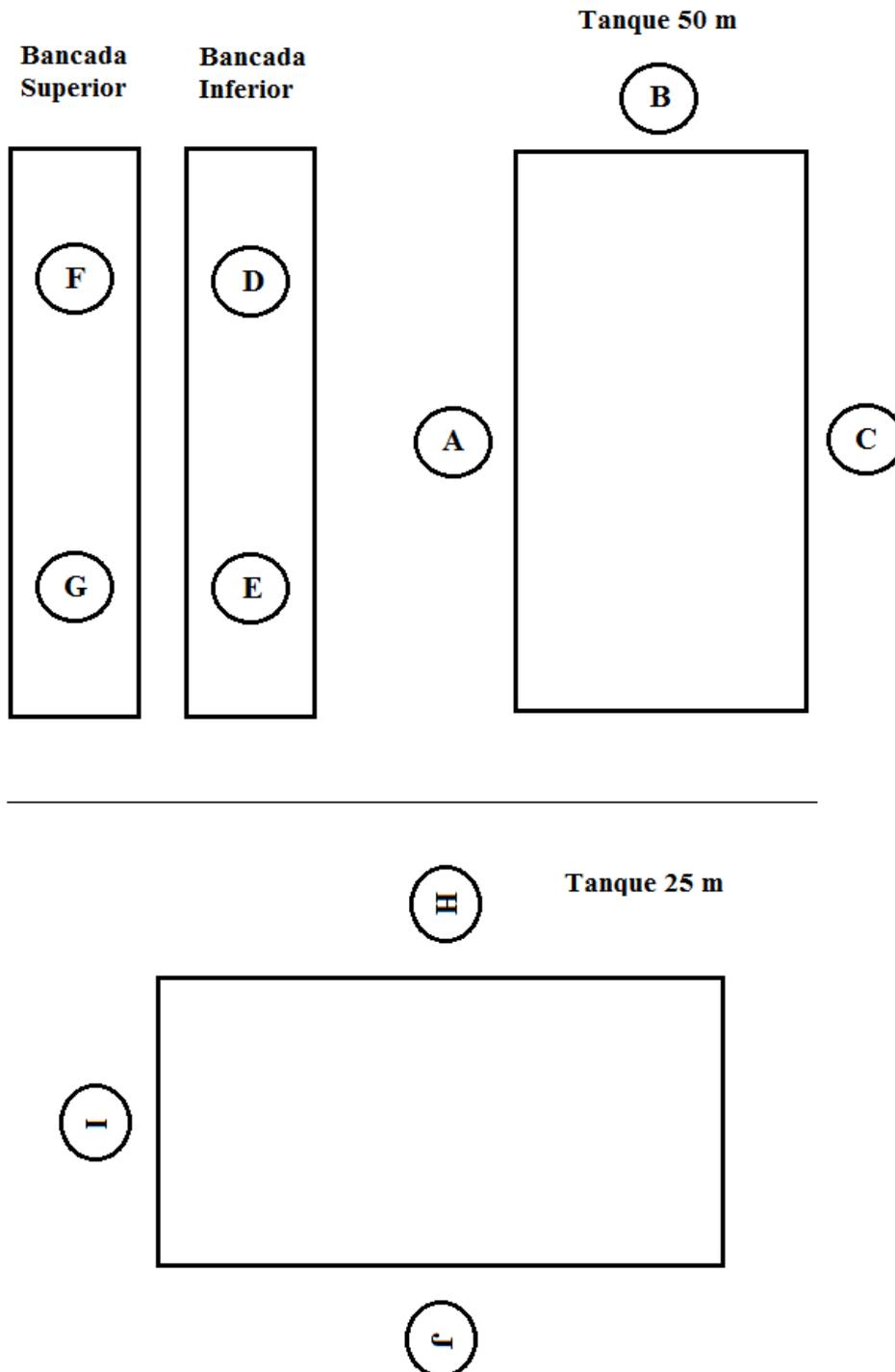


Figura 50. Planta do Complexo A.

Complexo B:

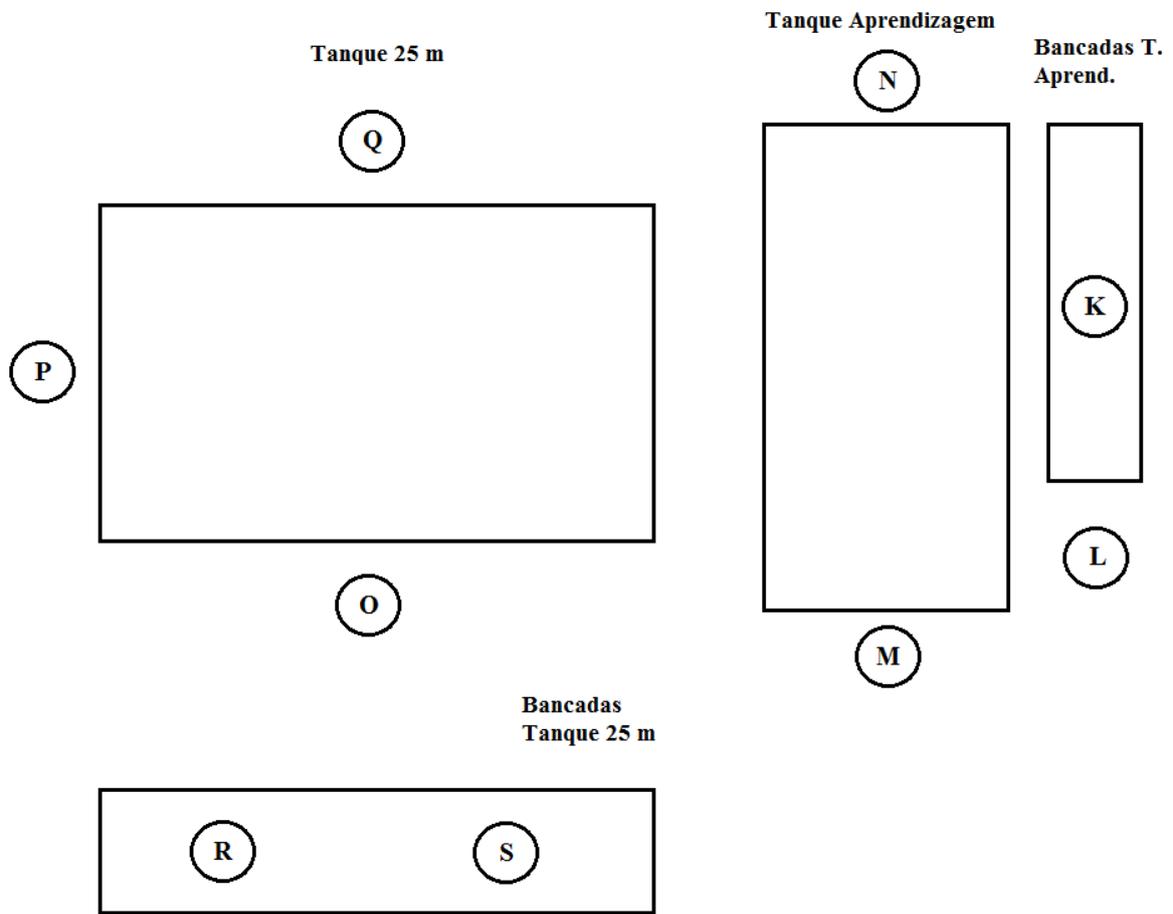


Figura 51. Planta do Complexo B.

Anexo E - Resultados Experimentais: Bancadas dos Complexos A e B

Conforto Térmico - Complexo A

Zonas DE e FG: PPD vs PMV

No que respeita aos valores de actividade metabólica e de isolamento térmico do vestuário, na Zona DE (bancadas inferiores), no período da tarde, os espectadores sentem-se confortáveis com o ambiente interior, existindo cerca de 5 % de indivíduos insatisfeitos, correspondendo a um indicador $PMV \approx 0$ (Vd. figura 52). Na Zona FG (bancadas superiores), no período da tarde, existem cerca de 8 % de indivíduos insatisfeitos, correspondendo, igualmente, a um indicador $PMV \approx 0$ (Vd. figura 53), encontrando-se, as duas Zonas, em conformidade com a ISO 7730 (1984), segundo a qual, um espaço apresenta condições de conforto, quando não mais do que 10 % dos seus ocupantes se sentem desconfortáveis.

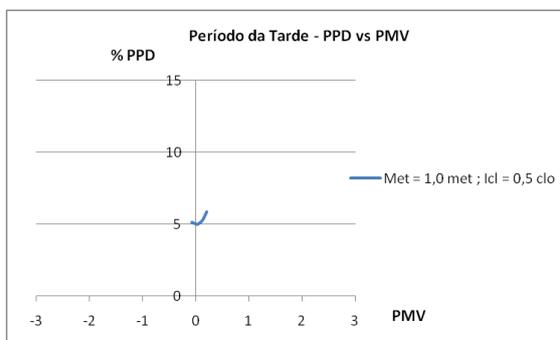


Figura 52. Zona DE: PPD vs PMV - período da tarde.

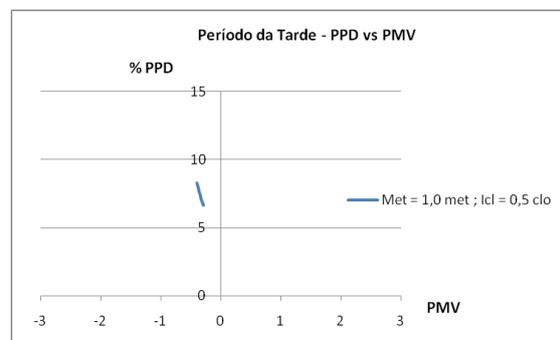


Figura 53. Zona FG: PPD vs PMV - período da tarde.

Conforto Térmico - Complexo B

Zonas RS e K: PPD vs PMV

No que respeita aos valores de actividade metabólica e de isolamento térmico do vestuário, na Zona RS, bancadas do tanque de 25 m, no período da tarde, os espectadores não se sentem confortáveis com o ambiente interior, existindo, quase 60 % de indivíduos insatisfeitos (Vd. figura 54). Na Zona K, bancadas do tanque de aprendizagem, no período da tarde, existem, igualmente, cerca de 60 % de indivíduos insatisfeitos (Vd. figura 55). Estas duas Zonas não se encontram, pois, em conformidade com a ISO 7730 (1984), segundo a qual, um espaço apresenta condições de conforto, quando não mais do que 10 % dos seus ocupantes se sentem desconfortáveis.

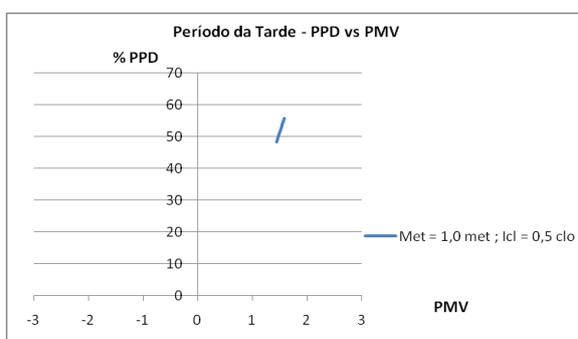


Figura 54. Zona RS: PPD vs PMV - período da tarde.

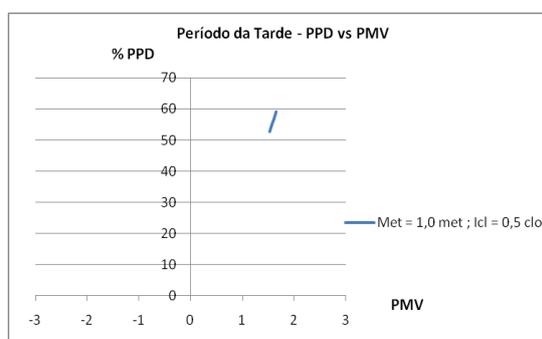


Figura 55. Zona K: PPD vs PMV - período da tarde.

Anexo F - Resultados Experimentais: Temperatura operativa dos Complexos A e B

Relativamente ao parâmetro temperatura operativa, pode verificar-se que, pela visualização gráfica (Vd. figura 56) das temperaturas operativas que são obtidas em função do isolamento térmico do vestuário e da actividade metabólica, para valores de actividades de 1,4, 1,6 e 2,3 met, a ISO 7730 (1984) recomenda temperaturas operativas de 26,5, 26 e 24,5 °C, respectivamente, para um isolamento térmico do vestuário de 0,1 clo. No caso de um $I_{cl} = 0,5$ clo e um $Met = 1,0$ met, a ISO 7730 (1984) estabelece uma temperatura operativa de 26 °C.

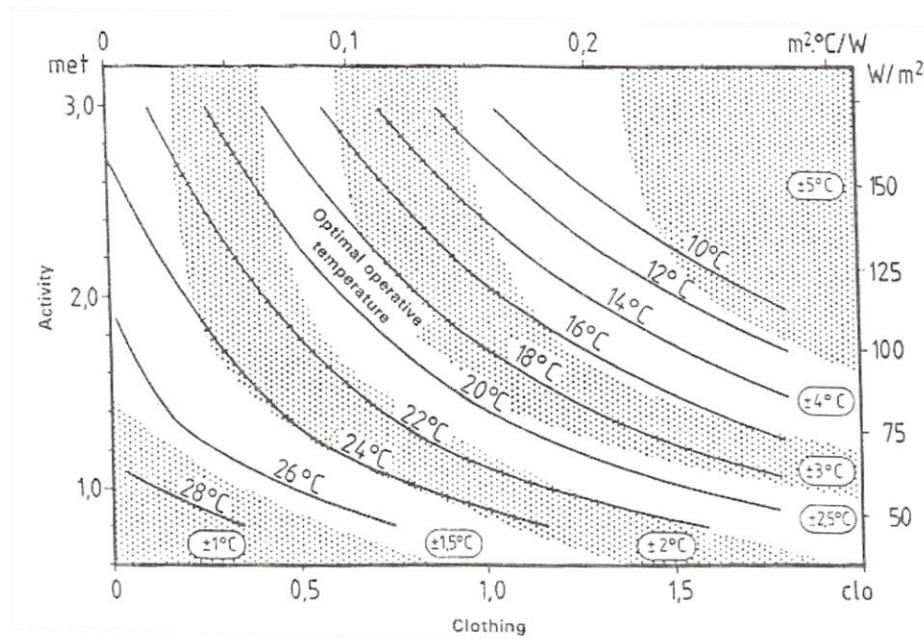


Figura 56. Temperatura operativa em função da actividade metabólica e do isolamento térmico do vestuário (fonte: ISO 7730, 1984).

Na tabela seguinte, apresentam-se os dados resultantes das medições efectuadas pelo sensor de temperatura operativa nos dois Complexos, sendo possível verificar se a temperatura operativa, que existe nos espaços, é ou não a mais adequada às diversas actividades metabólicas realizadas e aos tipos de isolamento térmico do vestuário.

Tabela 18. Temperatura operativa medida nos Complexos A e B.

	Zona	T _{op} [°C]	Zona	T _{op} [°C]
Manhã	ABC	25,5	LMN	29,9
	HIJ	29,7	OPQ	29,9
	DE	26,4	RS	30,2
	FG	26,8	K	30,5
Tarde	ABC	27,3	LMN	31,8
	HIJ	29,6	OPQ	31,0
	DE	27,2	RS	31,0
	FG	27,1	K	31,5

Anexo G - Registos Técnicos: Qualidade da Água

Tabela 19. Registos técnicos: tanque 50 m - Complexo A.

Tanque 50 m		Data	Temp. água	Temp. ar	pH	Cloro residual	Cloraminas	Cloro total	HR
Medição	Hora [h]		[°C]	[°C]		[mg Cl ₂ /L]	[mg Cl ₂ /L]	[mg Cl ₂ /L]	[%]
1	14:00	22-06-2011	26,3	25,8	7,1	1,34	0,31	1,65	61,2
2	18:00	22-06-2011	26,3	26,9	7,0	1,30	0,24	1,54	60,6
3	08:30	23-06-2011	27,1	25,4	7,2	1,28	0,23	1,51	64,6
4	16:00	23-06-2011	26,9	25,7	7,0	1,13	0,23	1,36	65,3
5	14:00	24-06-2011	26,9	30,0	7,0	1,49	0,25	1,74	55,0
6	19:00	24-06-2011	26,7	29,9	7,1	1,38	0,30	1,68	49,1
7	14:00	25-06-2011	26,7	28,3	7,0	1,48	0,31	1,79	51,1
8	19:00	25-06-2011	24,5	29,1	7,0	1,35	0,34	1,69	51,9
9	08:45	26-06-2011	26,9	27,3	7,0	1,48	0,19	1,67	56,5
10	13:00	26-06-2011	27,0	27,5	7,1	1,53	0,22	1,75	56,0
11	14:00	27-06-2011	27,1	29,2	7,1	1,32	0,26	1,58	65,4
12	19:00	27-06-2011	27,2	29,2	7,0	1,31	0,26	1,57	63,7
13	13:00	28-06-2011	27,0	27,6	7,0	1,40	0,26	1,66	57,4
Valor Médio			26,7	27,8	7,0	1,37	0,26	1,63	58,3

Tabela 20. Registos técnicos: tanque 25 m - Complexo A.

Tanque 25 m		Data	Temp. água	Temp. ar	pH	Cloro residual	Cloraminas	Cloro total	HR
Medição	Hora [h]		[°C]	[°C]		[mg Cl ₂ /L]	[mg Cl ₂ /L]	[mg Cl ₂ /L]	[%]
1	06:45	22-06-2011	26,4	28,4	7,4	1,31	0,25	1,56	74,0
2	14:00	22-06-2011	29,4	28,7	7,4	0,93	0,47	1,40	70,1
3	18:00	22-06-2011	29,2	30,0	7,1	1,25	0,25	1,50	62,0
4	08:30	23-06-2011	29,6	28,7	7,3	1,28	0,32	1,60	75,0
5	16:00	23-06-2011	29,9	28,9	7,3	1,27	0,31	1,58	70,2
6	06:45	24-06-2011	29,4	29,0	7,4	1,33	0,30	1,63	66,7
7	14:00	24-06-2011	29,9	31,0	7,4	1,65	0,29	1,94	58,0
8	19:00	24-06-2011	29,8	31,1	7,4	1,56	0,26	1,82	66,4
9	07:00	25-06-2011	29,9	29,2	7,3	1,34	0,24	1,58	56,2
10	14:00	25-06-2011	29,6	30,9	7,4	1,48	0,25	1,73	63,7
11	19:00	25-06-2011	29,6	31,2	7,3	1,58	0,21	1,79	65,7
12	08:45	26-06-2011	29,4	29,0	7,5	1,67	0,36	2,03	67,0
13	13:00	26-06-2011	29,5	29,5	7,5	1,70	0,43	2,13	70,0
14	08:00	27-06-2011	28,9	29,8	7,6	1,62	0,29	1,91	69,0
15	14:00	27-06-2011	28,9	30,8	7,5	1,53	0,23	1,76	70,3
16	19:00	27-06-2011	28,9	30,5	7,5	1,53	0,25	1,78	68,7
17	13:00	28-06-2011	28,7	29,7	7,4	1,52	0,28	1,80	61,3
18	18:00	28-06-2011	28,9	-	7,4	1,54	0,24	1,78	-
Valor Médio			29,2	29,8	7,4	1,45	0,29	1,74	66,7

Tabela 21. Registos técnicos: tanque 25 m - Complexo B.

Tanque 25 m		Data	Temp. água	Temp. ar	pH	Cloro residual	Cloraminas	Cloro total	HR
Medição	Hora [h]		[°C]	[°C]		[mg Cl2/L]	[mg Cl2/L]	[mg Cl2/L]	[%]
1	13:20	20-06-2011	28,0	29,2	7,4	1,51	0,24	1,75	70,9
2	19:00	20-06-2011	28,0	29,3	7,4	1,81	0,18	1,99	74,7
3	13:20	21-06-2011	28,0	28,7	7,4	1,64	0,33	1,97	70,7
4	19:00	21-06-2011	28,0	30,6	7,4	1,62	0,21	1,83	72,8
5	13:00	22-06-2011	28,0	28,3	7,5	1,79	0,27	2,06	62,8
6	18:00	22-06-2011	28,0	28,4	7,5	1,68	0,25	1,93	68,4
7	11:15	23-06-2011	28,2	29,3	7,4	1,23	0,23	1,46	78,4
8	07:00	24-06-2011	28,0	27,3	7,5	1,40	0,25	1,65	73,1
9	18:00	24-06-2011	28,0	27,1	7,5	1,53	0,27	1,80	70,0
10	12:00	25-06-2011	28,1	30,0	7,4	1,40	0,18	1,58	59,7
11	12:00	26-06-2011	28,2	30,0	7,4	1,57	0,19	1,76	-
12	13:30	27-06-2011	28,3	30,8	7,5	1,48	0,18	1,66	-
13	22:00	27-06-2011	28,2	30,0	7,4	1,40	0,22	1,62	-
Valor Médio			28,1	29,2	7,4	1,54	0,23	1,77	70,2

Tabela 22. Registos técnicos: tanque aprendizagem - Complexo B.

Tanque Aprendizagem		Data	Temp. água	Temp. ar	pH	Cloro residual	Cloraminas	Cloro total	HR
Medição	Hora [h]		[°C]	[°C]		[mg Cl2/L]	[mg Cl2/L]	[mg Cl2/L]	[%]
1	13:20	20-06-2011	29,8	29,3	7,3	1,33	0,47	1,80	70,9
2	19:00	20-06-2011	30,3	29,3	7,4	1,42	0,47	1,89	74,7
3	13:20	21-06-2011	30,3	28,7	7,5	1,63	0,46	2,09	70,7
4	20:00	21-06-2011	30,0	30,6	7,5	1,52	0,51	2,03	72,8
5	13:30	22-06-2011	30,3	28,3	7,5	1,59	0,60	2,19	62,8
6	18:00	22-06-2011	30,3	28,1	7,4	1,46	0,52	1,98	68,4
7	11:15	23-06-2011	30,3	29,3	7,4	1,20	0,58	1,78	78,4
8	07:00	24-06-2011	30,3	27,3	7,4	1,42	0,43	1,85	73,1
9	18:00	24-06-2011	30,3	27,1	7,4	1,60	0,45	2,05	70,0
10	12:00	25-06-2011	30,3	30,0	7,3	1,41	0,52	1,93	59,7
11	12:00	26-06-2011	30,3	30,0	7,4	1,63	0,54	2,17	-
12	13:30	27-06-2011	30,3	30,8	7,4	1,21	0,42	1,63	-
13	22:00	27-06-2011	30,3	30,0	7,3	1,27	0,55	1,82	-
Valor Médio			30,2	29,1	7,4	1,44	0,50	1,94	70,2