



1 – Objetivo do estudo e enquadramento do trabalho

Nesta dissertação propõe-se efetuar a avaliação da qualidade do ar interior (QAI) e o conforto térmico do departamento de Imagiologia do Hospital Distrital de Santarém (HDS), sendo os principais objetivos a análise da situação atual e a realização de medições para aferir a QAI e o conforto térmico à qual os médicos, técnicos e pacientes estão expostos. A análise em questão tem, ainda, o objetivo de verificar se a qualidade do ar é adequada ao exercício das funções laborais nos pontos de medição determinados.

Para desenvolver este trabalho foi necessário realizar uma análise inicial da situação atual do departamento de imagiologia do HDS, identificando os principais problemas associados à QAI e ao conforto térmico, para que, posteriormente seja possível apresentar medidas adequadas que visem a sua resolução. Assim foram escolhidos os pontos de medição e os parâmetros adequados a monitorizar no local supra citado. Para efetuar a avaliação em questão foram aplicadas as metodologias analíticas necessárias para as medições e o respetivo tratamento gráfico, a fim de aferir a QAI e o conforto térmico do departamento de imagiologia do HDS. Finalmente, e no que necessário, são propostas medidas a adotar com o objetivo de melhorar a QAI e o conforto térmico do referido departamento e as inerentes condições de trabalho das pessoas expostas.

2 – Introdução

Desde a revolução industrial, as economias mundiais sofreram mudanças radicais, e a produção em massa tornou-se uma realidade, justificada pela necessidade de alimentar essas economias. Nesta época, o problema ambiental não era sequer considerado, os recursos naturais eram mais do que abundantes e a sua degradação era um cenário impensável. O ambiente e natureza eram vistos como algo a conquistar, e existia a noção (principalmente no mundo Ocidental) de progresso e civilização contra o natural e “selvagem”, ou seja, o velho conflito homem/natureza que não passa, na sua essência, duma questão de poder e domínio assente no frágil ego humano.

A revolução industrial marcou exatamente o ponto de viragem, pois desde então a degradação do mundo natural ocorreu a um ritmo alucinante e, de um momento para o outro, os recursos naturais, antes inesgotáveis, revelam hoje uma fragilidade preocupante.

Com a ocorrência de inúmeros acidentes industriais à escala global, com a escassez de muitos recursos naturais, com o problema do efeito de estufa, da camada do ozono, com o aumento dos poluentes no ar exterior e conseqüentemente no ar interior, entre outros, aumentou a necessidade de se começar a modificar a atitude do homem perante o ambiente. Esta atitude fez-se sentir ao nível dos governantes e refletiu-se numa série de atos legislativos (muitos de carácter não vinculativo) de âmbito internacional, comunitário, e nacional, que surgiram na segunda metade do século XX.



A legislação específica que Regulamenta os Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios somente foi elaborada em 1992 com o Decreto-lei nº 156/92 que não chegou a ser aplicado. Posteriormente foi aprovado o Decreto-Lei nº 118/98 que somente apresentava como referência, para ambientes interiores, a temperatura, a humidade e algumas condições de conforto térmico (aquecimento, ventilação e ar condicionado – AVAC). Em 2006 foi aprovada a legislação específica que Regulamenta os Sistemas Energéticos de Climatização e a QAI em Edifícios (RSECE) com a publicação do Decreto-Lei nº 79/2006. Este Decreto-Lei para além de algumas condições de conforto térmico já contempla os valores limite de exposição aos poluentes a que estamos frequentemente sujeitos em ambientes interiores.

A importância desta legislação prende-se com os hábitos de vida nas zonas urbanas, uma vez que passamos mais de 90 % do tempo no interior de edifícios e inspiramos cerca de 12.000 a 15.000 litros de ar por dia. Desse tempo 12 a 13 horas diárias são passadas no interior das nossas casas e 8 a 9 no interior do nosso local de trabalho. Em locais interiores a poluição existente é cerca de 2 a 5 vezes superior à poluição em ambiente externo, atingindo os poluentes valores 100 vezes maiores que os encontrados em ambientes exteriores. Obviamente que a qualidade de vida da população é indissociável dos níveis de qualidade do ar que respira. Nas sociedades contemporâneas, a QAI dos edifícios assume uma relevância especial, na medida em que a respiração de um ar poluído tem comprovados efeitos negativos no bem-estar das pessoas, afetando-lhes a saúde, o conforto e a produtividade (1). Estes números são tão elevados porque estamos frequentemente expostos a uma diversificada mistura de poluentes provenientes de fontes várias: fumo de tabaco, combustão de derivados do petróleo, tintas, vernizes, materiais com amianto, materiais e equipamentos emissores de radiações, fotocopiadoras, carpetes, mobiliário, inseticidas, produtos de limpeza, cosméticos e perfumes, lareiras, aparelhos de refrigeração e aquecimento, ocupação humana excessiva dos espaços de trabalho; para além de outras fontes existentes no exterior. Em alguns edifícios é possível encontrarem-se concentrações preocupantes de pólen, fungos, ácaros e bactérias (2).

A enorme diversidade de fontes que degradam a qualidade do ar nos recintos fechados é responsável pelo "síndrome de edifício doente" (SED) e a consequente "doença relacionada com o edifício" (DRE), conjunto lato de sintomas médicos, desconforto ambiental e queixas face a odores desagradáveis sentidos pelos ocupantes dos edifícios relacionados com a permanência no seu interior. Hoje em dia descreve-se mais precisamente como, irritações das membranas mucosas, sintomas do sistema nervoso central, rigidez do tronco, alergias e afeções da pele, náuseas, vertigens, problemas respiratórios, dificuldade de concentração, tosse seca, fadiga, dores de cabeça e tonturas. Estes vão-se agravando ao longo do dia, com a permanência no edifício afetado. Com a



exposição prolongada surgem as alergias e outras doenças respiratórias crónicas, ou mesmo doenças mais graves, muitas delas originadas por microrganismos em suspensão na atmosfera que se designam por bioaerossóis (fungos, bactérias, vírus, entre outros) (3).

O controlo do SED não é fácil. Controlar as fontes de contaminação é, de um modo geral, o meio mais eficiente a utilizar para melhorar a QAI e prevenir o SED mas as análises às amostras de ar, podem não revelar concentrações significativas de nenhum dos poluentes presentes, pelo que o problema é muitas vezes devido à combinação dos efeitos de muitos poluentes presentes em baixas concentrações, influenciado por outros fatores ambientais como o conforto térmico (sobre aquecimento ou o sub aquecimento, os valores extremos de humidade e deficiências na circulação de ar) (4).

Para haver uma redução dos fatores de poluição e, por conseguinte, uma boa QAI e um conforto térmico adequado, é indispensável haver uma ventilação eficaz que apresente uma renovação do ar com o oxigénio necessário ao metabolismo dos ocupantes.

O aumento da qualidade de vida da população portuguesa tem conduzido a uma maior exigência a nível de conforto habitacional e laboral, nomeadamente na melhoria de calafetagens como resposta contra o ruído e fluxos de ar indesejáveis (edifícios estanques), agravando a QAI quando não existem condições de ventilação adequadas.

As alterações económicas ocorridas nos últimos anos em Portugal levaram a uma melhoria tecnológica e à crescente utilização de novos materiais de construção de que são exemplo os produtos derivados da madeira, os polímeros e as alcatifas que constituem fontes emissoras de substâncias altamente poluentes do ambiente interior. A conjugação das circunstâncias supra citadas pode conduzir a uma redução significativa da QAI nos edifícios residenciais e laborais em Portugal. Para evitar a ocorrência de tal situação, os níveis de ventilação das habitações devem ser tais que os valores da concentração dos diversos poluentes existentes no local sejam inferiores aos valores mínimos de referência.

Segundo a *Organização internacional de Trabalho* (OIT), as causas do aumento de contaminantes do ar interior, documentadas em estudos da qualidade do ar, subdividem-se em: 52 % causadas pela ventilação inadequada; 17 % pela contaminação originada no interior do edifício; 11 % pela contaminação originada no exterior do edifício; 5 % pela contaminação microbiana; 3 % pela contaminação originada por materiais de construção e 12 % resultam de causas desconhecidas.

Em todos os ambientes interiores existem contaminantes químicos e biológicos, mas o meio hospitalar requer uma especial atenção dadas as especificidades dos trabalhos ali realizados. Estes locais devem ter uma verificação apertada e devem ser sujeitos às mais diversas análises a fim de se evitar a contaminação química ou biológica dos pacientes. Apesar disto, existem muito poucos dados de ensaios conclusivos sobre a relação causa efeito resultante da exposição a poluentes químicos e biológicos em ambiente hospitalar.



A falta de uma rotina adequada de procedimentos básicos como a troca de filtros e limpeza e manutenção de equipamentos podem levar a uma deterioração do ar interior de tal ordem que a transmissão de contaminantes por via aérea seja alarmante. Também existe pouca informação sobre contaminação biológica por via aérea no referido meio.

A localização dos hospitais é um fator preponderante, especialmente pelo fato de se localizarem em áreas urbanas e estarem sujeitos a elevados índices de poluição exterior. A baixa QAI nos hospitais pode afetar diretamente a saúde de seus utilizadores, sobretudo a de pacientes, que já se encontram com seu sistema imunológico afetado, portanto, mais suscetíveis às influências externas e pode também influenciar a sua recuperação (5).

Segundo o *Observatório Nacional de Doenças Respiratórias* as doenças alérgicas atingem atualmente um terço da população portuguesa, com uma incidência da asma claramente crescente em crianças nos últimos anos. Estes fatores são um forte indicador da deterioração da QAI. Segundo conclusões do referido observatório estas doenças continuam a ser muito frequentes em Portugal, ainda que muitas vezes subvalorizadas e/ou subdiagnosticadas. Nos doentes internados em hospitais as maiores taxas de mortalidade são referentes a doenças respiratórias sujeitas a ventilação (36,4 %), tumores malignos (31,4 %), fibrose pulmonar (25,7 %) e pneumonias (18,3 %).

3 – Estado da arte

3.1 – A QAI e conforto térmico à escala global

A qualidade do ar tem vindo a tornar-se um assunto preocupante dado que os problemas ambientais se têm multiplicado um pouco por todo o mundo. Estes problemas põem em risco os ecossistemas, mas também são responsáveis por notáveis implicações na saúde das populações.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a exposição à poluição dentro de portas poderá matar 3 milhões de pessoas, por ano, em todo o Mundo. As doenças causadas pela má QAI já estão entre as principais causas de pedidos de afastamento do trabalho tanto nos Estados Unidos da América (EUA) como na Europa. A OMS contabilizou a contribuição de uma variedade de fatores de risco e doenças e determinou que a poluição do ar interior é o 8º fator de risco mais importante, e que este é responsável por 2,7 % do conjunto de casos de doenças no mundo (6).

As doenças alérgicas são causas frequentes de morbidade, podendo ocasionar, em casos extremos, situações mortais, que são dramáticas na medida em que atingem grupos etários muito jovens. A nível europeu considera-se que 25 a 30 % da população sofre de diferentes tipos de alergias (7)



Na Europa foi publicada a Diretiva Europeia 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios e quando se deu a sua transposição em 2006 Portugal incluiu a QAI (químicos e biológicos a monitorizar e respetivos valores de exposição máximos para ambientes interiores – Decreto-Lei nº 79/2006 que Regulamenta os Sistemas Energéticos de Climatização e a QAI em Edifícios) num dos decretos que esta diretiva deu origem. A legislação existente neste âmbito é uniformizada a todos os países como enquadramento mínimo a ser utilizada, podendo estes aplicá-la, complementá-la e estipular valores inferiores aos limites máximos exigidos quando a transpõem para legislação interna.

No Reino Unido a política da QAI não foi incluída na transcrição da diretiva Europeia 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios. Tal como nos EUA este país não tem uma legislação específica relativa à QAI mas tem uma política assente nas recomendações do *Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP)* para a QAI em casas e utiliza também as diretrizes da OMS, da *American Conference Of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* e do *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*. A *Health and Safety Executive* tem publicado diretrizes sobre a limitação da exposição a níveis prejudiciais de poluentes atmosféricos no trabalho. Além destas entidades a *Health Protection Agency* também tem efetuado estudos que podem servir de referência para alguns parâmetros da QAI.

Nos EUA há uma forte preocupação com a QAI e já existem diversos estudos efetuados. É curioso ver a importância que este tema tem, sendo classificado pela *United States Environmental Protection Agency (EPA)* em 4º lugar dos riscos ambientais na América. Segundo esta agência governamental 1,34 milhões de edifícios de escritórios em todo o mundo têm problemas de QAI e 30 % de todos os empregados de escritório são potencialmente expostos aos efeitos da falta de qualidade do ar que respiram no seu local de trabalho.

A mesma entidade refere que mais de 50 milhões de americanos sofrem de asma, alergias e outras doenças do trato respiratório, que a bronquite crónica e enfisemas pulmonares aumentaram mais de 85 % entre 1970 e 1987, que cerca de 100.000 americanos morrem anualmente de doenças pulmonares e, ainda, que cerca de 50 % das escolas americanas têm fraca ventilação.

O *American College of Allergists* refere que 50 % de todas as doenças são causadas (ou agravadas), pela má qualidade do ar existente no interior dos edifícios. Vários estudos realizados pela mesma entidade concluíram que 2 em cada 3 problemas relacionados com a falta de QAI nos edifícios devem-se aos sistemas de AVAC.

O Centro de Controlo e Prevenção Hospitalar dos EUA estima que somente no seu território as infeções hospitalares são responsáveis por 1,7 milhões de infetados e 99 mil mortes por ano. Destas, estima-se que 15 % ocorrerão na forma de pneumonia.



Segundo a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) nos UEA existe uma forte preocupação com a QAI, sendo este um tema dos “mais quentes” na indústria. Muitas equipas de investigação estão a trabalhar para definir métodos de medição da QAI. Outros estão a desenvolver sensores para medir esses parâmetros com precisão. Esta investigação está a ser desencadeada a fim de produzir legislação específica para regulamentar a QAI. A instituição supra citada criou um guia de QAI com as melhores práticas para a construção e também diretrizes “ANSI/ASHRAE Standards 62,1 e 62,2 que são os padrões reconhecidos para projeto de ventilação e para a QAI aceitável. Estas fornecem as informações necessárias para garantir que os projetos são concebidos segundo as mais recentes exigências. Estes são os únicos documentos reconhecidos como padrão de QAI.

No Brasil este tema também está na ordem do dia nas não existe muita informação nem legislação associada. Uma das poucas regulamentações existentes sobre o assunto é a Resolução RE nº 9/2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece padrões referenciais de QAI em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, no que diz respeito a definição de valores máximos recomendáveis para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interior, a identificação das fontes poluentes de natureza biológica, química e física. Estabelece também os métodos analíticos através de normas técnicas associadas (Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004).

Existe ainda a portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998 que aprova o regulamento técnico com as medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a QAI e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. A norma NBR-10.719 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece as diretrizes para a elaboração dos respetivos relatórios técnicos.

Em Portugal, com a aprovação em 2006 da legislação específica que Regulamenta os Sistemas Energéticos de Climatização e a QAI (Decreto-Lei n.º 79/2006) verificou-se uma melhoria na climatização e no QAI mas ainda há muito a fazer e muito a investigar nesta área, uma vez que a informação existente é escassa e a sua aplicação nem sempre é linear. No caso hospitalar Portugal tem que desenvolver mais e melhor legislação para colmatar as lacunas existentes porque estamos a lidar com utentes com sistemas imunitários fragilizados expostos a bactérias e fungos com capacidade para se espalharem por via aérea. Esta combinação de fatores leva ao aparecimento das infeções hospitalares. Os números do Programa Nacional de Controlo de Infeção permitem inferir que cerca de 10 % dos doentes internados nos hospitais portugueses contraíram uma infeção no seu internamento e que 10 % destes irão falecer. Assim, cerca de 10 mil pessoas por ano



morrem em consequência de infeções hospitalares. Para além das consequências pessoais e sociais destes casos, existe também um custo económico, já que se calcula que um doente infetado fique internado, em média, mais 11 dias, custando 2,8 vezes mais que os restantes.

3.2 – Parâmetros legais a monitorizar, fontes e efeitos na saúde

3.2.1 – Parâmetros legais a monitorizar

O Decreto-Lei nº 79/2006 menciona que os parâmetros a monitorizar relativamente à QAI são:

- Parâmetros Químicos:

- Partículas suspensas no ar (PM10);
- Dióxido de carbono;
- Monóxido de carbono;
- Ozono;
- Formaldeído;
- Compostos orgânicos voláteis Totais (COVT);
- Radão.

- Parâmetros Microbiológicos:

- Microrganismos (bactérias);
- Microrganismos (fungos);
- *Legionella*.

De acordo com o mesmo Decreto-Lei a *Legionella* e o radão só serão monitorizados se necessário.

A norma ISO 7730 identifica os parâmetros ambientais e individuais a aferir para o conforto térmico, a fim de sabermos se as condições do ambiente térmico são adequadas para desempenhar as funções pretendidas. São estes:

- Temperatura de bolbo seco;
- Temperatura de bolbo húmido;
- Humidade relativa;
- Humidade absoluta;
- Temperatura radiante média;
- Velocidade do ar;
- Taxa metabólica por atividade;



- Resistência térmica da roupa;
- Eficiência mecânica;
- Pressão parcial de vapor.

3.2.2 – Parâmetros químicos e respetivas fontes

3.2.2.1 – Partículas suspensas no ar (PM₁₀)

As partículas ou aerossóis são definidos como a matéria sólida ou líquida em suspensão no ar, com um diâmetro aerodinâmico entre 0,005 e 100 µm (PM_x). Poeira, fumo, organismos como vírus, grãos de pólen, bactérias e esporos de fungos constituem a matéria particulada sólida, ao passo que as substâncias no estado vapor constituem a matéria particulada líquida. A gama de tamanhos das partículas ou aerossóis preocupantes para a saúde humana é de 0,1 a 10 µm. As partículas inferiores a 0,1 µm são geralmente inaladas, enquanto as partículas superiores a 10 µm são filtradas pelo nariz. As partículas pequenas que chegam à região torácica, são responsáveis pela maioria dos efeitos adversos na saúde, e foram desenvolvidas normas para estas partículas de tamanho ≤10 µm, também genericamente conhecidas por PM₁₀ (4). Esta categoria ainda pode ser subdividida em outras duas: as partículas inaláveis finas, ou PM_{2,5}, que são aquelas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 µm, e as partículas inaláveis grossas, que são aquelas cujo diâmetro está entre 2,5 e 10 µm.

As partículas suspensas no ar são formadas por compostos sólidos ou líquidos produzidos pela combustão ou por processos mecânicos ou químicos. O sistema AVAC, cozinhar, fumar, aspirar, limpar e especialmente a queima de combustíveis sólidos, foram identificados como as principais fontes interiores de PM₁₀, além da entrada de partículas do exterior. As pequenas partículas podem permanecer suspensas no ar por longos períodos (8).

Os ocupantes dos espaços interiores são também fontes de emissão de material particulado, não só pela agitação do ar que provocam como pela libertação de pequenas partículas do seu vestuário e ainda pela descamação da sua própria pele.

A legislação nacional aponta como concentração máxima de referência para as partículas PM₁₀ o valor de 0,15 mg/m³.

3.2.2.2 – Dióxido de carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é um gás incolor e inodoro. É um constituinte da atmosfera (330-350 ppm). A sua concentração no ar interior de edifícios pode, sob determinadas circunstâncias, dar uma boa indicação da taxa de ventilação. É gerado no interior principalmente através no metabolismo humano. As pessoas no ambiente de serviços



exalam dióxido de carbono a uma taxa de cerca de 0,3 L/min quando executam tarefas leves. As concentrações de dióxido de carbono nos espaços interiores aumentam quando se verificam elevadas taxas de ocupação e atividades físicas mais intensas. Além disso, o dióxido de carbono também é gerado em processos de combustão (por exemplo: tabaco, lareiras, esquentadores, fogões) (9).

Embora a principal função do sistema de AVAC seja a obtenção de conforto térmico, este deve introduzir ar exterior de modo a diluir os poluentes e odores gerados no local de trabalho ou no espaço público. Uma vez que os edifícios modernos têm uma ventilação natural (infiltração) inferior à dos antigos, e porque os ocupantes, os equipamentos e as mobílias produzem poluentes químicos, é importante adicionar ar exterior limpo ao espaço de trabalho ocupado. O que torna inconveniente o uso de ar exterior durante as épocas de aquecimento e arrefecimento são os custos adicionais provenientes das operações de filtração, aquecimento/arrefecimento, humidificação/desumidificação e de distribuição do ar. É atualmente reconhecido, que os requisitos de conservação de energia e de QAI devem ser ponderados de modo a fornecer padrões de qualidade em termos de saúde, conforto, e um local de trabalho produtivo ou espaço público agradável aos ocupantes (4).

As concentrações de dióxido de carbono nos espaços interiores variam de acordo com o local, ocorrência, hora do dia, tendendo em aumentar durante o dia. Os níveis típicos encontrados num espaço em avaliação variam entre 600 e 800 ppm. O ASHRAE Standard 62-1989, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, recomenda uma taxa mínima de ventilação de 10 L/s por pessoa para assegurar uma boa QAI no local de trabalho. Para ocupação e atividades normais, esta taxa mínima de ventilação exterior de 10 L/s por pessoa iria resultar numa concentração de dióxido de carbono de 850 ppm em condições de estado estacionário no espaço ocupado (4).

Os níveis de dióxido de carbono devem ser usados com precaução como indicadores de QAI aceitável. A premissa básica é de que se o sistema de AVAC não está a remover o dióxido de carbono, então os outros poluentes estão provavelmente a acumular-se na mesma proporção. No entanto, pode haver uma maior fonte de contaminação interior, mesmo com níveis de concentração baixos de dióxido de carbono. A comparação de uma concentração elevada (pico de leitura de dióxido de carbono) entre salas e entre zonas de manipulação pode ajudar a identificar e diagnosticar várias deficiências na ventilação (4).

De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência de dióxido de carbono é de 1800 mg/m³ (984 ppm).

3.2.2.3 – Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro e tóxico. É um produto da combustão incompleta de combustíveis como o petróleo, carvão, madeira, gás, etc. A



poluição por monóxido de carbono ocorre quando os gases de combustão não são devidamente ventilados para o exterior ou devido ao retorno desses gases no edifício. O monóxido de carbono deve ser medido sempre que ocorrerem queixas de odores de exaustão, ou se houver qualquer outra razão para suspeitar de um problema interno com gases de combustão (4).

Em geral nos edifícios e nas grandes superfícies interiores, as diversas fontes de combustão existentes, (garagens, restauração, sistemas de aquecimento de águas, etc.) estão ligadas entre si por corredores, escadas comuns, plataformas de carga, etc., ou têm vias de comunicação através do sistema de ventilação de ar, levando ao transporte e circulação dos poluentes através destes espaços. As entradas de ar localizadas ao nível do piso da rua, ou adjacentes a fontes de combustão, também podem transportar os poluentes vindos de exterior pelas diversas áreas (4).

O ASHRAE Standard 62-1989 tem um valor limite de exposição, média de 8 horas, para o monóxido de carbono que não deve exceder os 9 ppm. No entanto, valores acima dos 5 ppm indicam a presença indesejável de poluentes provenientes de combustão.

A OMS nas suas diretrizes indica concentrações máximas consoante o tempo de exposição: 15 minutos – 100 mg/m³; 1 hora – 35 mg/m³; 8 horas – 10 mg/m³ e para 24 horas - 7 mg/m³.

O Decreto-lei nº 79/2006 de 4 de Abril indica como concentração máxima de referência para o monóxido de carbono o valor de 12,5 mg/m³ (10,7 ppm).

3.2.2.4 – Ozono (O₃)

O ozono é um gás instável que ocorre naturalmente no ambiente formando-se na estratosfera através da ação dos raios ultravioleta, e a sua concentração varia com a altitude e latitude. Este gás, é extremamente oxidante e reativo sendo um poluente perigoso para a saúde quando presente nem excesso na troposfera (4).

As fontes interiores de ozono (por ex., geradores de ozono, purificadores de ar electrostáticos, fotocopiadoras, e impressoras a laser) podem ser responsáveis por elevadas concentrações interiores, no entanto o ozono exterior é a maior fonte de ozono interior. Geralmente é seguro estar no interior em dias de grandes concentrações de ozono exteriores, a não ser que exista um equipamento gerador de ozono no interior (4).

As concentrações de ozono nos espaços interiores podem variar significativamente, entre 10 % a 80 % dos níveis do exterior. Esta variação é causada por diversos fatores tais como, infiltração de ar, insuflação pelos sistemas AVAC, a circulação do ar interior, a temperatura, a luminosidade, a humidade relativa e a composição das superfícies interiores (por exemplo, tapetes, tecidos, mobília, etc.) e por reações com outros componentes do ar interior. Nas situações em que existe uma fonte de ozono no interior, tal como purificadores



de ar com geração de ozono, fotocopiadoras, etc., as concentrações de ozono podem variar entre os 0,12 e os 0,80 ppm (4).

De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência de ozono é de $0,2 \text{ mg/m}^3$ (0,10 ppm).

3.2.2.5 – Formaldeído (HCHO)

O formaldeído é um gás incolor. O odor irritante indica, frequentemente, a sua presença numa concentração superior a 0,2 ppm. As principais fontes de formaldeído são os materiais dos edifícios, os contraplacados, os tecidos/decoração, tintas, líquidos de limpeza, materiais de isolamento térmico e acústico como a fibra de vidro, adesivos, vernizes e cosméticos, etc. (4; 10).

As concentrações nos espaços interiores dependem das fontes presentes, da ventilação, da temperatura interior e exterior, e da humidade. As concentrações de formaldeído também variam ao longo do dia, e da estação do ano. Os resultados das medições podem ser comparados com as várias normas existentes, devendo os níveis nos espaços interiores em avaliação ser inferiores a 0,1 ppm (4).

De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência de formaldeído é de $0,1 \text{ mg/m}^3$ (0,08 ppm).

3.2.2.6 – Compostos orgânicos voláteis (COV)

O termo composto orgânico cobre todos os compostos químicos que contêm átomos de carbono e de hidrogénio. Os compostos orgânicos voláteis (COV) são os compostos orgânicos que têm pontos de ebulição aproximadamente na gama de 50-250 °C. Existem provavelmente vários milhares de químicos, sintéticos e naturais, que podem ser designados como COV. Destes, mais de 900 foram identificados no ar interior, com mais de 250 registados em concentrações superiores a 1 ppb. Dada a existência de uma grande quantidade de COV no ar interior, para facilitar o seu tratamento é feita uma divisão em várias classes. Esta divisão pode ser feita de acordo com as suas características químicas (alcanos, aromáticos, aldeídos, etc.), as suas propriedades físicas (ponto de ebulição, pressão de vapor, número de átomos de carbonos, etc.), ou os seus potenciais riscos para a saúde (irritantes, neurotóxicos, carcinogéneos, etc.) (4).

A medição e a identificação individual dos COV são dispendiosas e consome tempo porque os COV presentes em concentrações muito baixas são difíceis de identificar, ou de medir. O conceito de COV totais (COVT) foi desenvolvido para lidar com esta situação. As medições de COVT registam o total de COV presentes sem distinguir os diferentes compostos. Assim, se for analisada uma mistura de COV do ar interior, o resultado é em geral expresso como COVT. Isto significa que um único valor representa a mistura de COV.



Todos os edifícios contêm uma grande variedade de fontes de COV, tais como os plásticos, fumo de cigarro, cera do chão, produtos de limpeza, substâncias associadas à combustão, impressoras, fotocopiadoras, materiais de construção, acabamentos, decoração, carpetes, mobiliário, pisos, processos metabólicos, sprays para o cabelo, e o ar exterior, uma vez que parte dos COV encontrados no ambiente interior tem lá a sua proveniência. Fatores como estação do ano, temperatura e humidade relativa alteram as concentrações de COV (4; 11; 12). Diversos autores ressaltam que os COV estão diretamente relacionados aos sintomas do SED (13).

As concentrações de COV no ar ambiente exterior são em geral baixas $<100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto as concentrações em espaços interiores podem ser substancialmente elevadas desde alguns microgramas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a miligramas por metro cúbico (mg/m^3).

Os valores limites, para os COV individuais, que foram adotados pela ACGIH, não são apropriados para os ambientes interiores dos edifícios, por várias razões. Por exemplo, estes valores aplicam-se a trabalhadores da indústria que podem estar expostos a alguns poluentes conhecidos, em elevadas concentrações durante uma semana de trabalho de 40 horas. Aos trabalhadores da indústria é geralmente fornecido equipamento de proteção adequado (por exemplo: fontes de ventilação, roupas de proteção ou máscaras faciais, equipamento de respiração) (4).

Os ocupantes dos espaços interiores em geral estão expostos, a um largo espectro de poluentes em baixas concentrações, por períodos, frequentemente superiores a 40 horas por semana sem equipamento de proteção. Não é ainda conhecido o efeito sinérgico destes compostos no conforto do ocupante. Assim, parece que seria mais apropriado estabelecer limites individuais muito mais baixos que os valores limites do ACGIH. O ASHRAE Standard 62-1989 recomenda que se use um décimo dos valores limites do ACGIH para compostos dos quais não existem normas de conforto. A Comunidade Europeia apontou como objetivo para COVT um valor de $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$, onde nenhum COV individual deve exceder os 10 % da concentração de COVT (4).

De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência de COVT é de $0,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ (0,26 ppm – isobutileno).

3.2.2.7 – Radão (Rn)

Todos estamos permanentemente expostos à radioatividade natural. Esta tem origem na radiação radioativa que vem do espaço (radiação cósmica) e, na radioatividade natural dos elementos que podem ser encontrados no meio ambiente (radiação terrestre). O ser humano está completamente adaptado a este nível natural de radiação, por tanto, na maioria dos casos a radioatividade natural não representa um risco para a saúde (4).



O gás radão é diferente no que diz respeito ao que ocorre naturalmente. Este gás é radioativo e é continuamente produzido pelo decaimento natural do urânio que se encontra em quase todos os solos e, que está presente em toda a parte, solo, água e ar. Níveis particularmente elevados de radão ocorrem em regiões onde os solos ou rochas são ricos em urânio (especialmente em regiões ricas em granito ou xisto) (4).

Dado que o radão é um gás, a fração de radão produzido no solo pode entrar num edifício através de rachas nas fundações, afrouxamento das penetrações dos canos, abertura de fossas/reservatórios, etc., e, acumular-se em áreas mal ventiladas.

Durante as estações frias quando as janelas estão fechadas e os aquecedores ligados, a diferença de temperatura entre o interior e o exterior das habitações, origina um gradiente térmico, causando um efeito de escoamento térmico. O ar quente na casa sobe e, cria uma diferença de pressão nas partes inferiores do edifício. Esta sucção no nível inferior, tal como nas caves, arrasta o radão do solo para o edifício (4).

A concentração de radão e partículas nos espaços interiores depende de (4):

- Quantidade de urânio e rádio presentes no solo;
- Rachas nas paredes e fundações do edifício;
- Impermeabilidade entre diferentes pavimentos;
- Existência de um pavimento de cimento na cave ou no piso térreo dos edifícios.

As autoridades de saúde europeias recomendam fortemente que se mantenham os níveis de radão interior abaixo dos seguintes limites:

- Para casas construídas antes de 1996: 400 Bq/m³;
- Para casas construídas após 1996: 200 Bq/m³;

A diretiva do Conselho Europeu 96/29 EURATOM de 13 de Maio de 1996, também chama a atenção para os níveis do radão nos locais de trabalho. Esta diretiva deve ser adotada em cada um dos países da União Europeia.

De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência de radão é de 400 Bq/m³.

3.2.3 – Parâmetros microbiológicos e respetivas fontes

3.2.3.1 – Microrganismos (bactérias e fungos)

A contaminação do ar interior por microrganismos, nomeadamente fungos (bolores e leveduras) e bactérias pode constituir um grave risco para a saúde.

Os fungos são organismos heterotróficos (necessitam de uma fonte externa de carbono para produzir o seu alimento) incluindo um grande número de organismos decompositores e parasitas (4).



As bactérias são organismos unicelulares, procariontes que podem ser encontradas de forma isolada ou em colónias (4).

Os principais fatores que favorecem a proliferação de microrganismos no ar interior são um nível de humidade elevado, a ventilação reduzida, a disponibilidade de nutrientes, a temperatura adequada ao seu desenvolvimento e a existência de fontes de contaminação interiores (sistemas AVAC que incluam condensação de água ou possuam água no seu processo de funcionamento, materiais de construção e de decoração, infiltrações de água, ocupantes do espaço) e exteriores (tomadas de ar) (4).

O número excessivo de fungos ou a presença de espécies potencialmente patogénicas podem afetar o bem-estar e a saúde dos ocupantes dos edifícios. Os fungos podem também produzir COV (característico cheiro a bolor) que são libertados durante um período de crescimento rápido e de elevada atividade (4).

A maioria das bactérias existentes no ar interior de edifícios são provenientes da pele e trato respiratório humano. As bactérias de origem humana não apresentam, em geral, riscos para a saúde (4).

A qualidade microbiológica do ar em ambientes internos climatizados já foi avaliada e o indivíduo é contaminado por via aérea quando o agente microbiano é inalado e retido no trato respiratório em local propício ao seu desenvolvimento. Assim, as doenças no sistema respiratório têm especial importância no estudo da QAI (14).

De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência de bactérias e fungos é de 500 UFC/m³.

3.2.3.2 – Legionella

A *Legionella* é uma bactéria ambiental capaz de sobreviver numa ampla gama de condições físico-químicas, multiplicando-se entre 20 e 45 °C, destruindo-se a partir dos 70 °C. A sua temperatura ótima de crescimento é a gama dos 35 a 37 °C. O seu local de crescimento são as águas superficiais, tais como lagos, rios e águas estagnadas, formando parte da sua flora bacteriana. Desde estes reservatórios naturais, a bactéria pode colonizar os sistemas de abastecimento das cidades e, através da rede de distribuição de água, incorporar-se nos sistemas de água sanitária (tanto fria como quente) e outros sistemas que requeiram água para o seu funcionamento como é o caso das torres de refrigeração (3).

Bactérias como esta podem ser um importante fator de risco para a QAI. A doença do legionário é uma infeção que pode resultar em pneumonia se for disseminada a partir de um ponto amplificador para uma zona em que se encontre presente um potencial hospedeiro. As torres de arrefecimento, condensadores de evaporação e sistemas de água quente podem ser considerados zonas de amplificação para a *Legionella* que é disseminada no ar por aerossóis (4).



De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência para a *Legionella* é 100 UFC/L de água.

3.2.4 – Parâmetros físicos de conforto térmico e respetivas fontes

O conforto térmico é um estado de espírito no qual a pessoa sente satisfação com o ambiente térmico. Os fatores que afetam o conforto térmico são a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a estratificação, o movimento do ar, a humidade relativa, o nível de atividade e o vestuário (4).

O homem necessita de ter a sua temperatura corporal aproximadamente constante ($37 \pm 0,8$ °C) – Homeotermia. Este equilíbrio existe quando o fluxo de calor produzido e recebido pelo organismo iguala o fluxo de calor cedido pelo organismo ao ambiente envolvente. Para existir conforto térmico é necessário equilíbrio térmico, ausência de arrepios, débito de sudação ótimo, temperatura cutânea média ótima, pele relativamente seca e ausência de secreta nas mucosas bucofaríngeas (15).

Existem dois tipos de parâmetros do equilíbrio supra mencionado, os ambientais e os individuais, que estão relacionados com algumas variáveis, sendo as mais importantes apresentadas seguidamente.

3.2.4.1 – Parâmetros ambientais

3.2.4.1.1 – Temperatura do ar

Indica o grau de calor do corpo. A temperatura máxima autorizada resulta da combinação de três temperaturas: seca (ou de bolbo seco), húmida (ou de bolbo húmido) e de radiação (16).

Como o HDS não se enquadra no RCCTE (DL 80/2006) pela sua dimensão, existe uma lacuna legislativa no que concerne à temperatura neste tipo de ambiente de trabalho.

Fomos procurar a legislação que melhor se enquadra nesta tipologia de edifício e vimos que o regulamento geral de segurança do trabalho nos estabelecimentos comerciais, de escritório e serviços (Decreto-Lei nº 243/86 de 20 de Agosto) indica os valores em que a temperatura deve oscilar no ambiente de trabalho, sendo eles de 18 a 22 °C.

3.2.4.1.2 – Humidade do ar

Constitui uma medida da quantidade de humidade que se encontra no ar. Exprime-se como humidade absoluta – massa de vapor de água pela massa de ar (g/kg) ou como humidade relativa – percentagem de vapor de água no ar ambiente em relação à quantidade contida no ar saturado à mesma temperatura e à mesma pressão (16).



Pelos motivos citados na temperatura fomos igualmente procurar a legislação em que melhor se enquadra esta tipologia de edifício e vimos que o mesmo regulamento também nos fornece valores em que a humidade deve oscilar, sendo eles de 50 a 70 %.

3.2.4.1.3 – Velocidade do ar

A velocidade do ar consiste na velocidade de circulação do mesmo no interior do edifício (m/s). Este ar é fornecido pelo sistema de climatização e consiste na renovação do ar vindo do exterior para o interior do edifício. Este é um dos principais fatores que influenciam a QAI, diluindo assim os seus poluentes (16).

A velocidade do ar está diretamente ligada do movimento do ar num edifício e este é identificado como um parâmetro de conforto tendo como componentes a deslocação do ar por convecção e por ventilação. Em média 4 renovações de ar por hora num espaço, fornecem uma circulação de ar adequada, assim como uma dispersão contínua dos poluentes. A ASHRAE recomenda que a circulação média de ar de uma zona ocupada, para o período de inverno, não deve exceder 0,15 m/s, e no verão não deve exceder 0,25 m/s. Quando a ocupação ou o uso do espaço muda é provável que o fornecimento de ar ao edifício tenha de ser alterado (4)

No Decreto-Lei nº 79/2006, anexo VI são especificados os caudais mínimos de ar novo a usar de acordo com a tipologia dos espaços. No caso dos hospitais são indicados diferentes caudais mínimos de ar novo, consoante os locais, conforme se apresenta na tabela seguinte.

Tabela nº 1 – Caudais mínimos de ar novo nos hospitais (DL nº 79/2006, anexo VI)

| Local | Caudal mínimo de ar novo (m³/h.ocupante) |
|----------------------|--|
| Quartos | 45 |
| Áreas de recuperação | 30 |
| Áreas de terapia | 30 |

A velocidade do ar recomendada pelo mesmo Decreto-Lei é < 0,20 m/s. Esta não pode ser muito elevada porque torna-se num fator de desconforto térmico.

3.2.4.2 – Parâmetros individuais

3.2.4.2.1 – Vestuário

O vestuário é caracterizado através da sua resistência térmica, nas unidades m^2K/W . À semelhança do metabolismo, o vestuário apresenta uma unidade própria, o clo, que corresponde à resistência térmica de $0,155 m^2K/W$. A tabela seguinte apresenta os valores de resistência térmica, I_{vest} , de diferentes tipos de vestuário.

Tabela nº 2 – Valores de resistência térmica de diferentes tipos de vestuário (16).

| Vestuário | Resistência térmica (I_{vest}) (clo) | Resistência térmica (I_{vest}) (m^2K/W) |
|--|---|--|
| Nu | 0 | 0 |
| Calções | 0,1 | 0,016 |
| Vestuário tropical | 0,3 | 0,047 |
| Vestuário leve de verão | 0,5 | 0,078 |
| Vestuário de trabalho | 0,7 | 0,124 |
| Vestuário de inverno para ambiente interior | 1,0 | 0,155 |
| Fato completo | 1,5 | 0,233 |

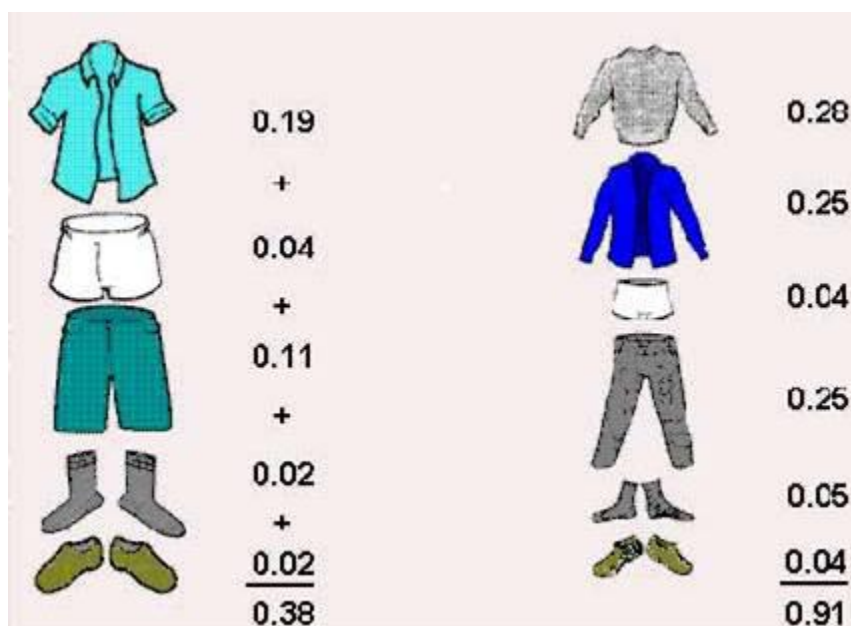


Figura nº 1 – Soma de valores de resistência térmica de diferentes tipos de vestuário (17)

3.2.4.2.2 – Metabolismo

É definido pela quantidade de energia produzida pelo corpo, depende da atividade desenvolvida e exprime-se em Met.. 1 met. é igual a 58,2 W/m², ou seja a energia produzida por unidade de superfície do corpo de uma pessoa sentada em repouso (16).

Tabela nº 3 – Valores de metabolismo por tipologia de atividade (15)

| Tipo de atividade | Metabolismo (W/pessoa) | Metabolismo (met) | Metabolismo (W/m ²) |
|------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Deitado | 85 | 0,8 | 47 |
| Sentado a descansar | 104 | 1,0 | 58 |
| Atividade sedentária | 126 | 1,2 | 70 |
| De pé, atividade leve | 167 | 1,6 | 93 |
| De pé, atividade média | 210 | 2,0 | 117 |
| Grande atividade | 315 | 3,0 | 175 |

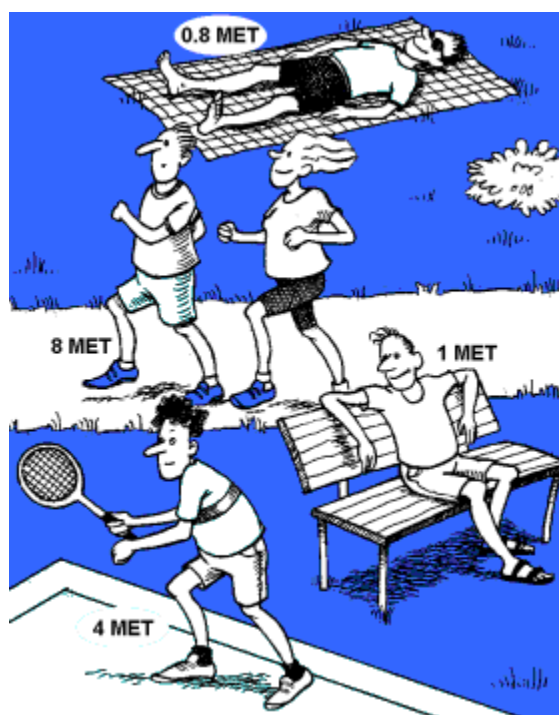


Figura nº 2 – Valores do metabolismo por tipologia de atividade (17)

Para além dos parâmetros de conforto térmico contemplados no Decreto-lei nº 79/2006 que se aplicam a este hospital, uma vez que é um edifício de serviços com uma área superior a 1000 m² (RSECE) e do Decreto-lei nº 243/86, aplica-se a Norma internacional de conforto térmico EN ISO 7730 que se baseia no trabalho de investigação de Fanger. O modelo de Fanger baseia-se numa análise detalhada da forma como o corpo



troca calor com o exterior quando se encontra em conforto, ou próximo das condições de conforto. O modelo foi desenvolvido através de inquéritos feitos a grupos de pessoas colocadas em ambiente controlado. Estes inquéritos permitiram estabelecer a relação entre as condições de equilíbrio térmico e a sensação térmica dos ocupantes. De forma a simplificar os resultados definem-se categorias de conforto térmico para diferentes utilizações.

De acordo com a norma existe conforto térmico sempre que:

- Existe equilíbrio térmico e os mecanismos de termorregulação estão em atividade reduzida;

- Não existem condições de desconforto local devido a:

- “Correntes” de ar;

- Assimetria radiativa;

- Elevado gradiente de temperatura, na vertical (estratificação térmica);

- Temperatura do pavimento.

Intervalo de aplicação do modelo de Fanger:

- Metabolismo: de 46 a 230 W/m² (0,8 a 4 met);

- Vestuário de 0 a 2 clo;

- Temperatura do ar, de 10 a 30 °C;

- Temperatura radiante média de 10 a 40 °C;

- Velocidade relativa do ar < 1 m/s;

- Pressão parcial de vapor de água de 0 a 2700 Pa.

Fanger definiu índices de ambiente térmico, que são:

- Índice PMV (*Predicted Mean Vote*)

O PMV é um índice do valor previsível médio dos votos de um grupo de pessoas numa escala sobre a sensação térmica com 7 opções:

+3 – Muito quente

+2 – Quente

+1 – Ligeiramente quente

0 – Neutro

-1 – Ligeiramente frio

-2 – Frio

-3 – Muito frio

Este índice é calculado em função do equilíbrio térmico e determinado com base no metabolismo, isolamento do vestuário e em parâmetros ambientais.



- Índice PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)

O PPD é um índice do valor quantitativo previsto da percentagem de pessoas insatisfeitas, isto é, que considerem o ambiente demasiado quente ou frio (votos -3, -2, 2 e 3).



Figura nº 3 – Limites dos índices PPD e PMV (17).

Para a obtenção de um ambiente térmico neutro, ou conforto térmico recomenda-se que:

- PPD seja inferior a 10 %;
- PMV esteja compreendido entre -0,5 e +0,5.

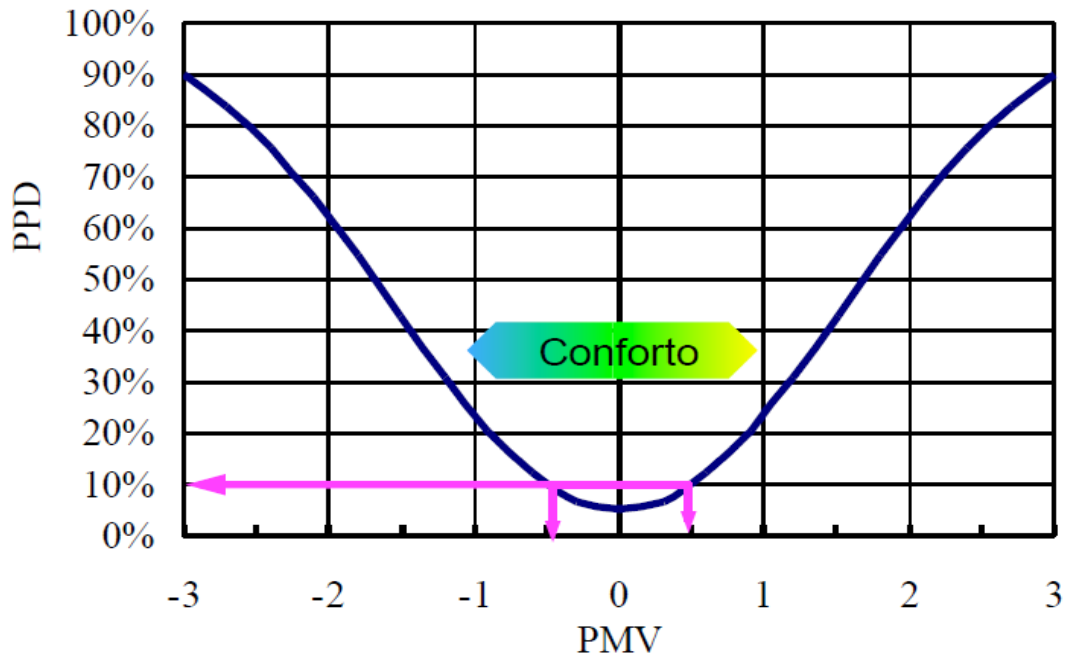


Gráfico nº 1 – Relação entre índice PMV e índice PPD (17)

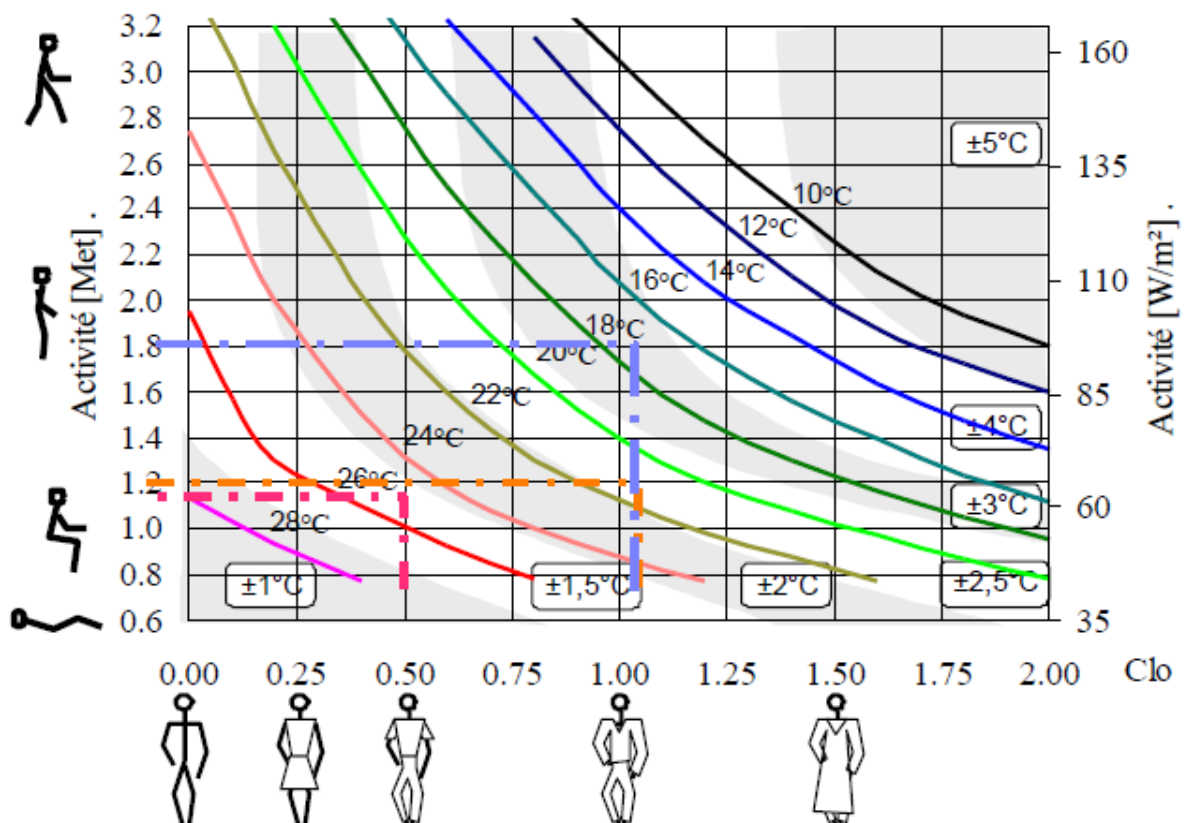


Gráfico nº 2 – Diagrama de temperatura de conforto ideal (17)

Estudos efetuados pelo NIOSH, em diversos edifícios, identificaram as principais fontes associadas com uma deficiente QAI e conforto térmico, destacando-se a ventilação



Tabela nº 4 – Síntese dos principais poluentes e respetivas fontes de emissão que afetam a QAI e o conforto térmico (4)

| Parâmetros e poluentes | Fontes de emissão |
|--|--|
| Partículas (PM ₁₀) | Fumo, entradas de ar, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros AVAC e limpezas. |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | Nº de pessoas e queima de combustíveis fósseis (gás, aquecedores, etc.). |
| Monóxido de carbono (CO) | Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), combustão e fumo do tabaco. |
| Ozono (O ₃) | Geradores de ozono, purificadores de ar electrostáticos, fotocopiadoras, impressoras a laser e o ozono do ar exterior. |
| Formaldeído (HCHO) | Madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia-formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário e papel químico. |
| Compostos orgânicos voláteis (COV) | Fotocopiadoras, impressoras, computadores, carpetes, mobiliário, produtos de limpeza, tintas, adesivos, calafetagem, perfumes, laca e solventes. |
| Radão (Rn) | Solo rico em granito ou xisto. |
| Matéria microbiana (bactérias e fungos) | Água estagnada em sistema AVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento e torres de refrigeração. |
| Ventilação inadequada | Medidas de poupança de energia e manutenção, má conceção do projeto de AVAC, operação deficiente de funcionamento, alteração do sistema de funcionamento do AVAC pelos ocupantes e conceção desajustada dos espaços. |
| Temperatura e valores extremos de humidade | Colocação imprópria dos dispositivos de medição (termóstatos), deficiente controlo da humidade, incapacidade do edifício de compensar extremos climáticos, nº de equipamentos instalados e densidade de ocupação. |



3.2.5 – Principais efeitos na saúde dos parâmetros químicos

3.2.5.1 – Partículas suspensas no ar (PM₁₀)

Os potenciais efeitos na saúde das partículas vão desde inflamações, tosse, olhos secos, irritações do nariz, garganta e pele, congestões aéreas, bronquite, asma, bronco espasmos e enfisema, até ao cancro. Efeitos da exposição a longo curso, como a bronquite e reduzidas funções pulmonares podem ocorrer mesmo com uma média anual de níveis de exposição muito baixos (8).

O trato respiratório pode ser dividido em bases anatómicas de referência segundo o mecanismo de deposição das partículas de modo a se obter uma relação causa-efeito localizada (19).

Tabela nº 5 – Divisão do trato respiratório em bases anatómicas de referência segundo o mecanismo de deposição das partículas (19).

| Região | Estruturas anatómicas | Localização | Doenças relacionadas |
|--------------------------|--|---------------------|--|
| Vias aéreas superiores | Nariz Boca Nasofaringe Orofaringe Laringofaringe Laringe | Extra torácica | Irritação do septo nasal, faringe e laringe Cancro da faringe e laringe |
| Região Traqueobronquial | Traqueia Brônquios Bronquíolos terminais | Torácica (pulmonar) | Bronco constrição Bronquite crónica Cancro bronquial |
| Região de Troca de Gases | Bronquíolos respiratórios Ductos alveolares Sacos alveolares Alvéolos | Alveolar | Pneumoconioses Enfisema Alveolite Cancro pulmonar |

A *International Organization for Standardization* (ISO) e o *European Committee for Standardization* (CEN) definiram convenções de amostragem cumulativas onde o particulado inalável é visto como uma fração de todo o aerodispersóide presente no local de trabalho, e os particulados torácico e respirável são sub-frações da fração inalável (EN 481, EN ISO 7708).

A figura seguinte representa as regiões do trato respiratório e a sua correspondência com as frações inalável, torácica e respirável.

- Fração inalável – é constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 100 μm , capaz de entrar pelas narinas e pela boca, penetrando no trato respiratório durante a inalação.
- Fração torácica – conjunto de partículas que atravessam a laringe, que alcançam e podem ficar retidas nas vias aéreas dos pulmões e na região de troca de ar dos pulmões, de diâmetro aerodinâmico menor que 25 μm .
- Fração respirável – subconjunto de partículas torácicas que são mais suscetíveis de alcançar e ficar retidas na região de troca de ar dos pulmões. A fração respirável é constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 10 μm (PM_{10}).

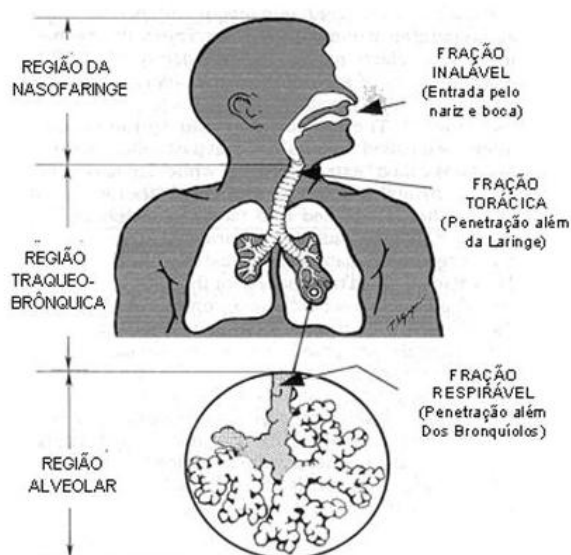


Figura nº 5 – Principais regiões do trato respiratório e sua correspondência com as frações inalável, torácica e respirável (19)

Recentemente as Partículas inferiores a 2,5 μm são designadas de partículas *quasi-ultrafinas* – $\text{PM}_{0,25}$ ($< 0,25 \mu\text{m}$) e ultrafinas ou nanopartículas – $\text{PM}_{0,1}$ ($< 0,1 \mu\text{m}$) (20).

Os métodos de medida baseados na massa de partículas, que são correntemente utilizados para macropartículas, não são adequados nem suficientemente sensíveis à determinação de nanopartículas (21). A concentração mais sensível que é medida nesta gama de tamanhos de partículas ($< 0,1 \mu\text{m}$) é o número de partículas por unidade de volume de ar. Uma vez que o número de partículas é dominado por partículas muito pequenas, esta medida torna-se muito difícil havendo perdas significativas e um decréscimo da eficiência de contagem com a diminuição dos tamanhos, para a grande maioria dos analisadores. Além disso, é dúbio que o número de partículas possa ser correlacionado com



alterações na saúde das pessoas expostas. Foi demonstrado que a área superficial é a medida relevante no caso das nanopartículas. Os processos que ocorrem no corpo humano desenvolvem-se através da superfície das partículas e aumentam de importância com o decréscimo do tamanho das mesmas para a mesma quantidade de massa (22). Assim, as alterações de saúde, que se verificam após entrada no corpo humano, são fortemente dependentes das regiões em que estas se depositam. Os processos de maior interesse são a deposição no nariz, a região traqueobronquial e a região alveolar (devido à ineficiência de ressuspensão e a possível transferência para a corrente sanguínea que poderá resultar na distribuição para muitos órgãos do corpo humano) (23).

A figura anterior apresenta as diversas regiões do aparelho respiratório definidas pela *International Commission of Radiological Protection (ICRP)* e EPA em que pode ocorrer deposição de nanopartículas.

Em 1996 a ICRP desenvolveu um modelo detalhado de deposição de partículas no pulmão humano. Este modelo considera diversos parâmetros como sejam a velocidade de inalação, o volume dos pulmões, o tipo e nível de actividade, etc. As curvas de deposição obtidas (tanto para a deposição traqueobronquial como alveolar) dependem dos valores dos parâmetros atrás indicados. Para as aplicações de higiene industrial a ACGIH desenvolveu a definição de um trabalhador de referência por forma a poder determinar-se as respetivas curvas de deposição (24):

- Parâmetros fisiológicos:

Tipo de trabalhador: homem adulto

Capacidade residual funcional: 2200 cm³

Espaço morto extra-torácico: 50 cm³

Espaço morto bronquial: 49 cm³

Espaço morto bronquiolar: 47 cm³

Altura: 175 cm

Diâmetro da traqueia: 1,65 cm

Diâmetro do primeiro brônquio: 0,165 cm

- Parâmetros relacionados com a atividade:

Nível de atividade: exercício leve

Tipo de atividade: respiração apenas pelo nariz

Taxa de ventilação: 1,3 m³/h

Frequência de respiração: 15,0 inalações/minuto

Volume de inalação: 1450 cm³

Fração inalada através do nariz: 1,0



- Parâmetros do aerossol:

Diâmetro médio aerodinâmico: $0,001 \mu\text{m} - 0,5 \mu\text{m}$

Desvio padrão geométrico: 1,0

Densidade: $1,0 \text{ g/cm}^3$

Fator de forma: 1,0

As curvas de deposição para as regiões traqueobronquial e alveolar do pulmão, com base no modelo da ICRP e nestes parâmetros são as que se apresentam na figura abaixo.

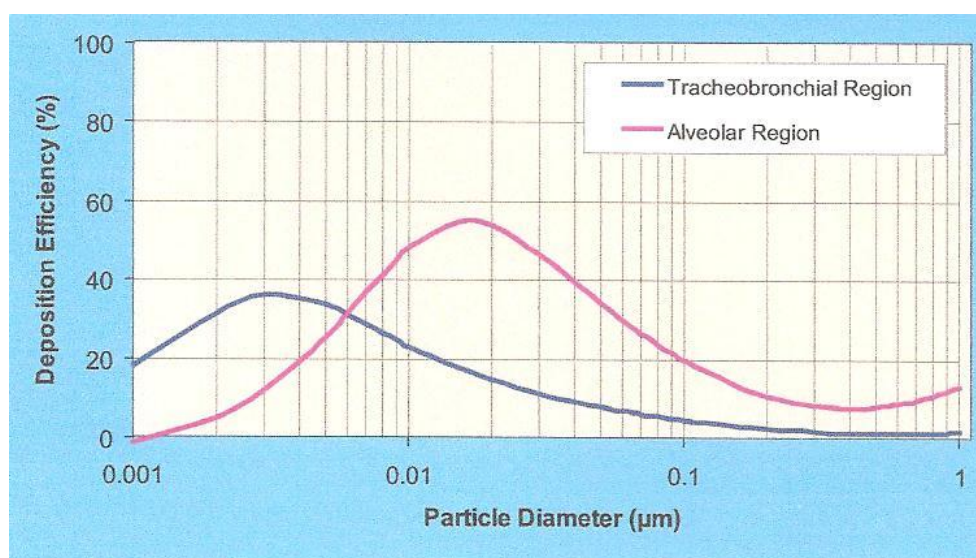


Gráfico nº 4 – Curvas de deposição de partículas para as regiões traqueobronquial e alveolar do pulmão humano

Para avaliações de exposição é corrente fazer a amostragem de aerossóis relevantes em termos da sua deposição numa região específica do pulmão humano, o que é conhecido como amostragem seletiva de tamanhos para avaliação de riscos de saúde. O critério da escolha dos tamanhos depende, naturalmente, da natureza do aerossol a ser amostrado. No caso de nanopartículas, os efeitos de alterações sobre a saúde dizem respeito à deposição mais profunda que pode ocorrer, em termos do aparelho respiratório. Sendo assim, a fração respirável do aerossol na região alveolar será a medida com interesse.

3.2.5.2 – Dióxido de carbono (CO_2)

Os principais efeitos resultantes de exposição a dióxido de carbono são dores de cabeça, cansaço, falta de ar, irritação de olhos e garganta, afeta o sistema nervoso central, sistema cardiovascular e ossos. É um asfixiante, que também pode atuar como irritante no



sistema respiratório. É necessária uma exposição a concentrações bastante elevadas para que ocorram danos significantes à saúde humana (25).

3.2.5.3 – Monóxido de Carbono (CO)

A exposição a baixos níveis de monóxido de carbono não têm efeitos tóxicos, mas podem afetar a execução de tarefas e produzir dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens, fadiga, dor no peito, respiração rápida, desorientação, fraqueza muscular e raciocínio diminuído. No entanto, sem uma adequada troca de ar, as concentrações de monóxido de carbono podem aumentar e alcançar níveis tóxicos ou até concentrações letais. Aumentando a exposição pode levar a efeitos mais severos na saúde, como obscurecimento de visão ou um aumento de problemas cardíacos. O envenenamento por monóxido de carbono (Carboxihemoglobinemia) pode levar a convulsões, pulso lento e baixa pressão sanguínea, sendo as mais severas consequências o coma, falha na respiração, e morte (8).

Os órgãos e os tecidos com maiores necessidades de oxigénio são os primeiros a ser afetados, como é o caso do coração, cérebro e músculos. Depois de atingir os pulmões o monóxido de carbono inalado, difunde-se rapidamente através dos alvéolos e membranas capilares. Cerca de 80 a 90 % do monóxido de carbono absorvido liga-se com a hemoglobina causando uma redução na capacidade de transporte de oxigénio pelo sangue. A capacidade de fixação de oxigénio pelo sangue é altamente reduzida na presença do monóxido de carbono, isto porque este tem uma afinidade 200 a 250 vezes maior para hemoglobina do que o oxigénio, originando a Carboxiemoglobina (HbCO) o que leva a uma diminuição da oxigenação dos órgãos internos (26).

Tabela nº 6 – Relação entre a exposição ao CO e os níveis de HbCO no sangue (9)

| CO no ar (ppm) | Tempo de exposição (minutos) | Concentração de HbCO (%) | Sintomas |
|----------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 50 | 150 | 7 | Dor de cabeça |
| 100 | 120 | 12 | Dor de cabeça moderada, tontura |
| 250 | 120 | 25 | Dor de cabeça severa, tontura |
| 500 | 90 | 45 | Náuseas vómitos, desmaio |
| 800 – 1000 | 60 | 60 | Coma |
| 2000 | 5 | 80 | Morte |



3.2.5.4 – Ozono (O₃)

Quantidades relativamente pequenas deste gás podem causar dores no peito, tosse, dores de cabeça, respiração acelerada e irritação na garganta, olhos e mucosas. O ozono pode também piorar doenças respiratórias crônicas, tais como a asma e comprometer a capacidade do corpo em combater infecções respiratórias. Pessoas saudáveis, assim como as com dificuldades respiratórias podem sofrer de problemas respiratórios quando expostos ao ozono (4).

Em concentrações normais as reações do ozono com determinadas moléculas orgânicas encontradas em ambientes interiores podem produzir produtos com um tempo de vida curto que são altamente irritantes e que podem ter toxicidade crônica ou serem cancerígenos (4).

Tabela nº 7 – Efeitos do ozono, fatores de risco e padrões de saúde (4).

| | |
|---|--|
| Efeitos na saúde que podem ocorrer | Diminuição da função dos pulmões |
| | Agravamento da asma |
| | Garganta irritada e tosse |
| | Dores no peito e respiração rápida |
| | Inflamação do tecido pulmonar |
| | Maior suscetibilidade a infecções respiratórias |
| Fatores de risco | Aumento da concentração de ozono no ar |
| | Aumento do tempo de exposição |
| | Atividades que aumentem a taxa de respiração |
| | Algumas doenças pulmonares pré-existentes |
| Padrões de saúde | A <i>Food and Drug Administration</i> (FDA) exige que a saída de ozono de equipamentos médicos interiores seja inferior a 0,05ppm |
| | A <i>Occupational Safety and Health Administration</i> (OSHA) exige que os trabalhadores não sejam expostos a uma concentração média superior a 0,10 ppm durante 8 horas |
| | O NIOSH recomenda que nunca seja excedido um limite superior de 0,10 ppm |

3.2.5.5 – Formaldeído (HCHO)

O formaldeído é uma substância química irritante e desperta a sensibilidade das mucosas. Os sintomas incluem a garganta seca ou dorida, dores de cabeça, fadiga, problemas de memória e concentração, náuseas, vertigens, falta de ar e ardor nos olhos. Os efeitos irritantes têm sido associados a concentrações numa gama média de 0,5 ppm.



Concentrações inferiores a 0,01 ppm têm sido assinaladas por afetarem indivíduos sensíveis (4).

Tabela nº 8 – Efeitos da concentração de formaldeído na saúde (27).

| Efeitos | Gama reportada da concentração de formaldeído [mg/m ³] |
|---|--|
| Limite de deteção olfativa | 0,06 a 1,2 |
| Limite de irritação dos olhos | 0,01 a 1,9 |
| Limite de irritação da garganta | 0,1 a 3,1 |
| Sensação desagradável no nariz e nos olhos | 2,5 a 3,7 |
| Tolerável durante 30 minutos (olhos a lacrimejar) | 5 a 6,2 |
| Olhos a lacrimejar fortemente, perdura durante 1 hora | 12 a 25 |
| Perigo de vida, edema, inflamação, pneumonia | 37 a 60 |
| Morte | 60 a 125 |

3.2.5.6 – Compostos orgânicos voláteis (COV)

Estudos conduzidos na Europa e nos Estados Unidos da América, demonstraram que os COV podem ser desconfortáveis em concentrações muito inferiores aos valores limites propostos pela ACGIH. Numa gama de exposição de 0,3 a 3 mg/m³, podem surgir odores, irritação e desconforto como resposta à presença a COVT, juntamente com fatores de desconforto térmico e de stress. Para valores superiores a 3 mg/m³, é possível esperar queixas e acima de 25 mg/m³, foram identificados desconforto temporário e irritação respiratória, para uma mistura de COV comuns. Uma vez que o conhecimento disponível sobre toxicologia e efeitos sensíveis dos COV e das suas misturas é incompleto, é desejável a redução de qualquer exposição aos COV (4).

Sabendo da complexidade das suas misturas, é difícil isolar os efeitos observados na saúde e relacioná-los com compostos específicos. Uma grande variedade de COV está presente no ar interior e podem ter um impacto severo na saúde humana. Alguns COV são conhecidos por causar efeitos prejudiciais na saúde, tais como irritações nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, fadiga, alergia, vertigens, distúrbios visuais, lesões do fígado e dos rins, desorientação, náuseas, redução da função pulmonar e asma. Muitos são conhecidos como carcinogéneos (por exemplo: benzeno), mutagénicos e teratogénicos e podem causar leucemia, por exemplo (8; 12).

Existem também diversos odores de COV que são perceptíveis por alguns indivíduos em concentrações inferiores ao limite de deteção analítico que é da ordem de 1µg/m³. Como



consequência, se tais compostos aparecem nos interiores, as queixas podem ser justificadas, mesmo que o valor de COVT do ar interior for baixo (4).

3.2.5.7 – Radão (Rn)

Os níveis de radão no exterior são relativamente baixos, no entanto quando o radão entra numa casa este pode subir para níveis que podem representar riscos significativos à saúde dos ocupantes. É sabido que o radão causa cancro nos humanos, sendo classificado pela EPA como um carcinogéneo de “Grupo A”. Quando o radão entra no processo de decaimento radioativo, são geradas novas partículas, tais como, polónio (Po-218 e Po-214), chumbo radioativo (Pb-214 e Pb-210) e bismuto (Bi-214). Os produtos de decaimento do radão são também chamados de partículas - filhas e, ao contrário do gás radão estas são partículas sólidas. O problema está em que as partículas - filhas também são substâncias radioativas. A maioria das partículas - filhas encontram-se ligadas a pequenas partículas de pó (aerossóis) no ar interior. Quando estas partículas são inaladas, parte é depositada nos pulmões. No interior dos pulmões as partículas - filhas emitem partículas alfa que são absorvidas nos tecidos pulmonares próximos. A dose de radiação resultante aumenta o risco de cancro nos pulmões. O radão é um gás quimicamente inerte. Não reage com os tecidos do corpo humano, embora algum do radão inalado se dissolva nos fluidos corporais e, a concentração resultante é tão baixa que a dose de radiação proveniente do próprio radão é negligenciável. São os produtos de decaimento do radão, que quando respirados, causam os efeitos negativos na saúde. Quanto maior a concentração de radão no ar, maior é o potencial de desenvolver cancro nos pulmões, uma vez que mais radão significa que também mais partículas - filhas serão produzidas que podem ser inaladas e retidas nos pulmões (4).

Foi estimado que a exposição ao radão no ar interior e a existência de radão nos produtos é, em média, a mais importante fonte de exposição humana a radiações ionizantes. No entanto, como a exposição ao radão está relacionada com específicas condições geológicas no solo, em muitos países não representa um problema. Para os países em que é possível uma exposição significativa ao radão, a solução mais fácil é evitar a construção de edifícios em zonas onde exista radão e/ou providenciar fundações lacradas e boa ventilação para prevenir a entrada do radão no edifício. É estimado que para alguns países mais de 10 % de todos os casos de cancro do pulmão podem ser atribuídos à exposição ao radão. O risco para a saúde é maior em residentes fumadores, pois a combinação de radão e tabaco produz um risco sinérgico de cancro do pulmão (8).



Tabela nº 9 – Características dos poluentes químicos e principais efeitos na saúde.

| Poluente | Características físico-químicas | Efeitos na saúde |
|---------------------------------------|--|---|
| Partículas (PM ₁₀) | Material sólido ou pequenas gotículas de vapor, fumo e poeiras. | Problemas respiratórios, olhos secos, asma, alergias, irritação da pele e mucosas, tosse, espirros e doenças profissionais (metais). |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | Incolor, inodoro. | Dores de cabeça, irritação dos olhos e garganta, fadiga, falta de ar. Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular. |
| Monóxido de carbono (CO) | Incolor, indoor, tóxico. | Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens. Carboxihemoglobinemia (impede a captação de oxigénio). Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular. |
| Ozono (O ₃) | Incolor, reativo, poderoso oxidante. | Problemas respiratórios, reações asmáticas e alérgicas, pressão no peito, tosse, alterações da vigilância e da atuação, edema pulmonar se a exposição for prolongada ou repetida. |
| Formaldeído (HCHO) | Incolor, irritante, odor forte, solúvel em água, muito reativo. | Irritação dos olhos, nariz, garganta, dificuldades respiratórias, enjoos, fadiga. |
| Compostos orgânicos voláteis (COV) | Solventes de uso comum (benzeno, tolueno, xileno, tricloroetileno, tetracloroetileno, entre outros). | Odores, sintomas de alergia, náuseas, vertigens, fadiga, dores de cabeça, olhos vermelhos, secura das mucosas do nariz e garganta, cancro da pele e do pulmão, leucemia. |
| Radão (Rn) | Incolor, indoor, radioativo. | Cancerígeno. |



3.2.6 – Principais efeitos na saúde dos parâmetros microbiológicos

3.2.6.1 – Microrganismos (bactérias e fungos)

A contaminação do ar interior por microrganismos, nomeadamente fungos (bolores e leveduras) e bactérias pode constituir um grave risco para a saúde. Os problemas que ocorrem com maior frequência dizem respeito a efeitos irritantes (olhos, nariz, pele), a reações alérgicas (asma, rinite), a infeções (pneumonias, tuberculose, etc.) e a reações tóxicas (micotoxinas). É importante ter em atenção que indivíduos que possuam o sistema imunitário fragilizado (doentes com SIDA ou sujeitos a quimioterapia) estão mais suscetíveis a contrair infeções quando expostos a microrganismos (4).

A exposição a microrganismos aéreos ou bioaerossóis pode resultar também numa sensibilização respiratória (asma ou alveolite) e em efeitos toxicológicos no pulmão, como a febre de inalação ou síndrome da poeira orgânica tóxica. Isto pode contribuir para uma debilitação progressiva da saúde (28).

Em 2004 foi afirmado por Burge que “os fungos estão entre os poluentes do ar interior mais importantes e menos compreendidos”, sendo praticamente onipresentes nos ambientes urbanos (29).

As alergias, hoje em dia, afetam uma em cada seis pessoas e estão diretamente relacionadas com problemas de fungos e bactérias existentes no interior das condutas de ventilação e/ou, de ar condicionado (28).

3.2.6.2 – Legionella

A *Legionella* provoca a infeção pulmonar frequentemente conhecida por “Doença do Legionário” que se caracteriza por uma pneumonia com febres altas, e a forma não pneumónica, conhecida como “Febre de Pontiac”, que se manifesta por um síndrome febril agudo e de prognóstico leve (3).

3.2.7 – Principais efeitos na saúde dos parâmetros de conforto térmico

A combinação de altas temperaturas (significativamente acima do normal) e humidade relativa alta podem reduzir drasticamente a capacidade do corpo humano manter a sua temperatura interna correta. Num ambiente quente o organismo reage essencialmente através de sobrecargas fisiológicas (termostática, circulatória e sudoreção). Exposições prolongadas a estes ambientes podem causar câibras, stress, esgotamento, fadiga térmica, desmaios e até danos cerebrais – AVC (Acidente Vascular Cerebral) (15).

Algumas das reações do organismo a temperaturas baixas são de tipo térmico (funções cutâneas diminuem para reduzir a diferença entre a temperatura da pele e do ambiente), tipo circulatório (diminuição da frequência cardíaca do fluxo sanguíneo) e do tipo



metabólico (organismo aumenta o metabolismo para compensar as perdas de energia em forma de calor) (15).

Qualquer alteração da temperatura de ambientes interiores acarreta um dispêndio adicional de esforço biológico do indivíduo aumentando a sensação de fadiga e desconforto com consequências negativas para a saúde e desempenho dos ocupantes dos edifícios. Quando as temperaturas se encontram fora da zona de conforto, tendem a ser afetadas as habilidades dos indivíduos, na realização de tarefas que exigem concentração mental (15).

No que concerne à humidade relativa, se os valores forem inferiores a 25 %, aumenta o desconforto e a secagem das membranas mucosas e da pele, podendo estas, conduzir à formação de gretas e irritação. Por outro lado, níveis elevados de humidade relativa podem originar condensação nas superfícies interiores do edifício e exteriores com o consequente desenvolvimento de fungos (15).

Tabela nº 10 – Nível de perigo e síndrome de calor pelo efeito da temperatura (15)

| Temperatura | Nível de perigo | Síndrome de calor (sintomas) |
|----------------|-----------------|---|
| 27° - 32 °C | Atenção | Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física |
| 32° - 41 °C | Muito cuidado | Possibilidade de câibras, esgotamento, insolação para exposições prolongadas e atividade física |
| 41 – 54 °C | Perigo | Câibras, insolação e esgotamento prováveis. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividade física |
| Mais que 54 °C | Extremo perigo | Insolação e acidente vascular cerebral (AVC) iminente |

Tabela nº 11 – Limites fisiológicos que não devem ser ultrapassados (30)

| Indicador Fisiológico | Trabalhador aclimatizado | Trabalhador não aclimatizado |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Taxa de sudação (g/h) | 260 | 520 |
| Desidratação (g) | 2.600 | 3.900 |
| Variação da temperatura da pele (°C) | 2,4 | 2,4 |

A ventilação, quando é deficiente também influencia o controlo da humidade e da prevenção da condensação afetando negativamente a saúde. Por outro lado os sistemas de ventilação podem constituir eles mesmo, uma fonte de risco para a saúde, como por exemplo no caso do crescimento de microrganismos e emissões de COV devido à acumulação de partículas no seu interior (4).



3.3 – Metodologias existentes para aferir os parâmetros relativos à QAI e conforto térmico

3.3.1 – Metodologias existentes para aferir os parâmetros químicos

A Nota Técnica NT-SCE-02 apresenta todos os métodos de referência e métodos equivalentes aplicáveis para a monitorização dos parâmetros químicos e microbiológicos da QAI.

Tabela nº 12 – Métodos de referência e métodos equivalentes aplicáveis para a monitorização dos parâmetros químicos.

| Parâmetro | Método/princípio de referência ¹ | Métodos/princípios equivalentes ² | Características técnicas | |
|---|--|---|---|---------------------|
| | | | Erro máximo admissível ³ | Resolução |
| Partículas atmosféricas (PM ₁₀) | Método gravimétrico com cabeça de amostragem seletiva PM ₁₀ (recolha e pesagem do filtro) | Dispersão ótica (UV; Laser); Absorção por Radiação Beta; micro balança de oscilação de peso (TEOM); Ressonância Piezoelétrica | ± 10 % da concentração máxima de referência | 1 µg/m ³ |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR) | Método eletroquímico; Infra Vermelho (FTIR ⁴), PAS - Sensor Foto Acústico | ± 10 % da concentração máxima de referência | 1ppm |
| Monóxido de carbono (CO) | Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR) | Método eletroquímico; Infra Vermelho (FTIR), PAS - Sensor Foto Acústico | ± 10 % da concentração máxima de referência | 0,1ppm |
| Ozono (O ₃) | Absorção Ultra Violeta (UV) | Quimiluminescência do etileno; | ± 10 % da concentração | 0,001 ppm |



| | | | | |
|--|---|--|---|---------------------|
| | | quimiluminescência do NO; método eletroquímico | máxima de referência | |
| Formaldeído (HCHO) | Recolha e análise por cromatografia (ISO 16000-2:2006, ISO 16000-3:2001 e ISO 16000-4:2004) | Amostradores passivos impregnados com DNPH ⁵ ; tubos de difusão; método eletroquímico; método do borbulhador. Método de fotometria | ± 20 % da concentração máxima de referência | 0,01pm |
| Compostos orgânicos voláteis totais (COVT) | Recolha e análise por cromatografia (ISO 16000 - Parte V:2007, Parte VI:2004) | Amostradores passivos (Tenax, carvão ativado, etc.); Canisters; FID – Detetor de Foto Ionização de Chama; PID – Detetor de Foto Ionização; PAS – Sensor Foto Acústico; Infra Vermelho (FTIR) | ± 10 % da concentração máxima de referência | 0,01 ppm |
| Radão (Rn) | Detetores de estado sólido | Detetores passivos | ± 10 % da concentração máxima de referência | 1 Bq/m ³ |

1 - O método de referência é um método estabelecido por legislação nacional, comunitária, ou internacional (por exemplo: ISO) para a medição de um poluente específico do ar ambiente. Os métodos CEN (EN-ISO), são considerados métodos de referência.

2 - O método equivalente é um método de medição que estabelece uma resposta adequada para os fins em vista em relação ao método de referência; no método equivalente, os resultados não diferem do método de referência dentro de um determinado intervalo de incerteza estatística.



- 3 - O erro máximo admissível - é o erro máximo de uma medição em relação a um valor de referência permitido por especificações ou regulamentos (neste caso correspondente à concentração máxima de referência do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 Abril) para uma medição, instrumento de medição, ou sistema de medição. *(ISO/International Electrotechnical Commission (IEC) Guide 99-12:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM).*
- 4 - Infra-vermelhos por Transformada de Fourier.
- 5 - Solução absorvente de Dinitro Fenil Hidrazina (DNPH).

3.3.2 – Metodologias existentes para aferir os parâmetros microbiológicos

3.3.2.1 – Bactérias e fungos

3.3.2.1.1 – Requisitos de equipamento de colheita, tempos e temperaturas de incubação

A fração cultivável pode ser determinada após incubação de microrganismos depositados/colhidos diretamente em meio semissólido (placas contendo agar) ou através da suspensão de microrganismos colhidos em meio líquido ou em filtros e subsequentemente inoculados em meio semissólido. Quando a colheita não é efetuada por impacto direto em meio semissólido (colheita sobre uma superfície, por efeito de inércia, das partículas em suspensão no ar, cujo escoamento é acelerado através de um bocal ou orifício) é necessário proceder à colocação dos filtros diretamente em meio semissólido ou à extração dos microrganismos do filtro e posterior inoculação em meio semissólido e, no caso das colheitas em meio líquido, procede-se apenas à inoculação, caso não seja necessário diluir a suspensão. Todos estes métodos de amostragem têm vantagens e inconvenientes como se pode visionar na tabela seguinte.



Tabela nº 13 – Vantagens e limitações dos métodos utilizados para determinação de microrganismos não infecciosos no ambiente de trabalho. (EN 13098 – adapta e limita os métodos que permitem a colheita da fração cultivável).

| Método de colheita | Vantagens | Limitações | Ambientes |
|---|---|---|---|
| Filtração (Filtros de gelatina ou Filtros de Policarbonato) | <ul style="list-style-type: none">- Possível identificar as espécies cultiváveis isoladas;- Baixo limite de deteção;- Agregados são dispersos;- É possível colher a fração inalável. | <ul style="list-style-type: none">- Fraco para estimar efeitos tóxicos ou alérgicos;- Pouco adequado para substituir métodos não baseados na cultura;- Células bacterianas vegetativas podem morrer;- A precisão é pobre;- Trabalhoso. | <ul style="list-style-type: none">- Adequado a ambientes com esporos de fungos no ar;- A identificação das espécies é necessária para verificar a fonte;- Identificação no ar interior. |
| Impacto em meio semissólido (agar) | <ul style="list-style-type: none">- Possível identificar as espécies cultiváveis;- Baixo limite de deteção;- Alguns equipamentos permitem a separação de acordo com a granulometria dos bioaerossóis. | <ul style="list-style-type: none">- Fraco para estimar efeitos tóxicos ou alérgicos;- Pouco adequado para substituir métodos não baseados na cultura;- Apenas permite colheitas estáticas;- Colheita muito curta;- Perda das partículas maiores;- Agregados são contados como uma única colónia;- Só pode ser utilizado um meio de cultura de cada vez;- Precisão é pobre;- Trabalhoso. | <ul style="list-style-type: none">- Adequado a ambientes com concentrações relativamente baixas de microrganismos;- Na identificação das fontes é importante conhecer as espécies presentes;- Identificação no ar interior. |
| Absorvedores ou impingers (meio líquido) | <ul style="list-style-type: none">- Identificação das espécies cultiváveis;- Os agregados são dispersos;- As amostras | <ul style="list-style-type: none">- Fraco para estimar efeitos tóxicos ou alérgicos;- Pouco adequado para substituir métodos não baseados na cultura; | <ul style="list-style-type: none">- Aplica-se à maioria dos ambientes;- Permite a Identificação das |



| | | | |
|--|--|---|--|
| | podem ser cultivadas em diferentes meios; - Longo tempo de colheita quando comparado com “impactors”. | - Maioritariamente equipamentos para colheitas estáticas; - Colheita curta comparada com a colheita em filtros; - Perda das partículas maiores; - Agregados são contados como uma única colónia; - Precisão é pobre; - Trabalhoso. | espécies; - Identificação no ar interior. |
|--|--|---|--|

Em qualquer dos casos referidos, a colheita é efetuada com recurso a bombas de amostragem (amostradores) durante o tempo (min) adequado e com um caudal (L/min) que permita extrair um volume da colheita que geralmente se situa entre 250 e 300 litros de ar.

O volume de ar e, por conseguinte, o tempo de colheita, deve ser otimizado para ambientes mais, ou menos, contaminados. A densidade adequada para reduzir o erro associado à contagem deve ser inferior a 5 colónias por cm², para as bactérias, e de 2 colónias por cm², para os fungos de acordo com a norma europeia EN 13098:2000. Estas bombas devem possuir calibração válida.

As placas das bactérias devem ser incubadas entre 25 e 30 °C para as bactérias ambientais e entre 35 e 37 °C para as que têm origem nos seres humanos. Para os fungos a temperatura ideal de incubação é entre 25 e 27 °C. O tempo de incubação deve ser, em média, de 3 a 5 dias para bactérias ambientais, 48 horas para bactérias com origem nos seres humanos e de 3 a 10 dias para fungos.

3.3.2.2 – *Legionella*

3.3.2.2.1 – Requisitos de equipamento de colheita, tempos e temperaturas de incubação

O controlo eficaz de *Legionella* depende da correta amostragem de água, incluindo fatores relevantes como a escolha da localização da amostra, presença de produtos de tratamento de águas ou a necessidade de desinfeção do ponto de amostragem. O volume da amostra de água a recolher depende da natureza do sistema de água e do objetivo da avaliação. Para uma amostra de água na qual se esperem baixas contagens de *Legionella* o volume recomendado para a amostra é 1 litro de água. As amostras devem ser recolhidas em recipientes de vidro, polietileno ou semelhantes, apropriados para uso em contacto com



água potável. No caso de acesso difícil a pontos de colheita, é permitida a utilização de recipientes de vidro com revestimento plástico exterior.

A contagem e identificação das colónias de *Legionella* devem ser efetuadas de acordo com as normas ISO 11731 e ISO 11731-2:2004.

3.3.3 – Metodologia para aferir os parâmetros de conforto térmico

Os parâmetros de conforto térmico necessários para calcular o Índice PMV e PPD são obtidos através de parâmetros ambientais e individuais, de acordo com a norma internacional de conforto térmico EN ISO 7730 presente no ponto 3.2.4. Toda a metodologia, equipamentos e procedimentos técnicos estão estipulados na norma EN ISO 7726.

4 – Dados gerais do hospital

4.1 – Justificação da escolha

O HDS tem uma dimensão significativa e um papel preponderante no distrito de Santarém. A QAI e o conforto térmico são fatores preponderantes nos hospitais porque afetam diretamente a saúde de seus utilizadores, sobretudo a de pacientes, que já têm o seu sistema imunológico afetado, por este motivo, tornou-se pertinente a realização do trabalho final do Mestrado em Eng.^a do Ambiente ramo tecnologias ambientais, com o objetivo de consolidação e aplicação dos conhecimentos adquiridos, num departamento deste ambiente.

4.2 – Histórico do hospital

A história do HDS confunde-se com a história da cidade, onde a saúde mereceu desde há séculos um relevo importante, tendo em conta os registos históricos de instituições de cuidados caritativos e curativos, nos termos dos tempos (31).

Os programas e projetos relativos à sua construção remontam ao ano de 1974 e na sua versão inicial previam a criação de uma unidade com lotação, primeiro de 250 e, mais tarde, de 350 camas. Um ano mais tarde, em 1975, uma nova versão do projeto passou a prever uma lotação de 502 camas. A construção do hospital teve início no primeiro trimestre de 1978, tendo então a lotação sido alterada para 484 camas, devido à transformação de uma unidade de Internamento em quartos particulares, não previstos inicialmente. No entanto, a necessidade de expansão dos serviços e a instalação de novas especialidades inicialmente não consideradas, levaram a um novo aumento da lotação, desta vez para 514 camas, utilizando a mesma área de Internamento. O internamento distribui-se nos pisos de 3 a 10, dispondo cada um de duas unidades de enfermarias, ligadas pelo núcleo central e



servidas por três eixos de comunicação vertical, um central e dois laterais. O piso 10 dispõe apenas de uma unidade de quartos com uma lotação de 12 camas (31).

As unidades de internamento estão dotadas de uma lotação estandardizada de 31 camas, embora alguns serviços não utilizem completamente, por necessidade de instalação de meios complementares de diagnóstico e terapêutica específicos.

O terreno de implantação do hospital tem uma área total de 48.000 m², sendo a área de construção de 43.075 m², a área coberta de 10.300 m² e a área por cama de 89 m². A construção é do tipo monobloco, com 14 pisos, 11 dos quais a partir de um pódio ligeiramente acrescentado no pavilhão destinado a psiquiatria e saúde mental. As enfermarias são ligadas entre si, com os serviços, por três eixos de comunicação vertical, um central e dois laterais (31).

Tendo iniciado a sua atividade, no ano de 1985, com 240 camas, o hospital conta atualmente com uma lotação de 514 camas, das quais 249 estão afetas à área médica, 212 à cirurgia, 48 à psiquiatria e saúde mental e 5 à unidade de cuidados intensivos (UCI). A Instituição encontra-se igualmente dotada de todas as principais especialidades médicas e cirúrgicas, servindo uma população de aproximadamente 193.000 habitantes. (31)

Em 2002, o HDS viu o seu estatuto ser alterado de instituto público para sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, adotando desde então uma gestão de tipo empresarial. (31)

Tabela nº 14 – Distribuição das camas no HDS

| | |
|---------------------------|-----|
| Quartos | 12 |
| Medicina interna | 93 |
| Especialidades médicas | 30 |
| Cirurgia geral | 62 |
| Especialidades cirúrgicas | 150 |
| Materno infantil | 114 |
| Psiquiatria | 48 |
| UCI | 5 |

Na lotação não estão incluídas as 8 camas da sala de observação (SO), funcionando no serviço de urgência e as 3 camas do recobro adjacente ao bloco operatório central.

As valências existentes no hospital são:

- Medicina física e reabilitação
- Gastrenterologia



- Obstetrícia
- Ginecologia
- Neonatologia
- Urologia
- Dermatologia
- Otorrino
- Oftalmologia
- Cirurgia plástica
- Ortopedia
- Cirurgia vascular
- Cardiologia
- Neurologia
- Pneumologia
- Gastreenterologia
- Pediatria
- Medicina física e reabilitação
- Imunohemoterapia
- Cirurgia máxilo-facial
- Anestesia e reanimação
- Pedopsiquiatria
- Psiquiatria
- Medicina interna
- Cirurgia geral.

Existindo ainda os seguintes meios complementares de diagnóstico:

- Imagiologia
- Patologia clínica
- Anatomia patológica

A tendência generalizada para a especialização gera a afirmação de “sub-especialidades” médicas e cirúrgicas como a diabetes, a senologia, a sexologia, a medicina oncológica, etc., com principal incidência na consulta externa.

O HDS presta ainda cuidados no âmbito da psicologia, psicologia infantil e desenvolvimento (feita por equipa médica e psicóloga) (31).

4.3 – Localização



Figura nº 6 – Localização do HDS (31)

O HDS localiza-se entre S. Domingos e Vale de Estacas, mais especificamente na Av. Bernardo Santareno, em Santarém (31).

4.4 – Área de influência

O HDS abrange uma área de oito Concelhos do Distrito de Santarém, sendo estes:

- Almeirim
- Alpiarça
- Cartaxo
- Chamusca
- Coruche



- Rio Maior
- Salvaterra de Magos
- Santarém

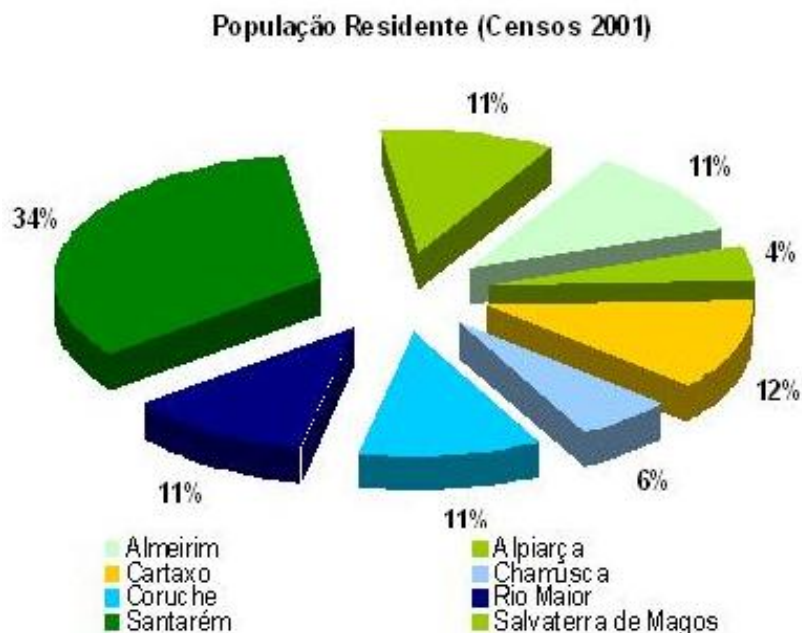


Gráfico nº 5 – População residente na área de influência do HDS (31)

4.5 – População alvo

A população alvo no ano de 2010 era 193.214 habitantes. A sua distribuição etária encontra-se na tabela seguinte:

Tabela nº 15 – Distribuição etária da população 2010 (nº habitantes) (I.N.E.)

| Concelhos | Total | | 0 a 14 anos | | 15 a 24 anos | | 25 a 64 anos | | 65 e mais anos | |
|---------------------|--------|--------|-------------|-------|--------------|-------|--------------|--------|----------------|-------|
| | HM | H | HM | H | HM | H | HM | H | HM | H |
| Almeirim | 23.013 | 11.055 | 3.454 | 1.756 | 2.169 | 1.091 | 1.2534 | 6.187 | 4.856 | 2.021 |
| Alpiarça | 8.245 | 4.033 | 1.099 | 584 | 732 | 381 | 4422 | 2.255 | 1.992 | 813 |
| Cartaxo | 25.387 | 12.574 | 3.595 | 1.872 | 2.474 | 1.305 | 1.4128 | 7.149 | 5.190 | 2.248 |
| Chamusca | 10.801 | 5.338 | 1.137 | 569 | 1.032 | 551 | 5904 | 3.061 | 2.728 | 1.157 |
| Coruche | 19.087 | 9.123 | 2.212 | 1.099 | 1.635 | 791 | 1.0060 | 5.049 | 5.180 | 2.184 |
| Rio Maior | 21.860 | 10.730 | 3.135 | 1.637 | 2.380 | 1.249 | 1.2078 | 6.015 | 4.267 | 1.829 |
| Salvaterra de Magos | 21.672 | 10.488 | 3.094 | 1.561 | 2.121 | 1.097 | 1.1917 | 5.948 | 4.540 | 1.882 |
| Santarém | 63.149 | 30.449 | 8.820 | 4.579 | 6.226 | 3.199 | 3.4594 | 17.215 | 13.509 | 5.456 |



4.6 – Número de trabalhadores e respetivas funções

Tabela nº 16 – Número de funcionários e respetivas funções (31).

| Grupos Profissionais | Nº Trabalhadores | | |
|--------------------------------|------------------|--------------|--------------|
| | H | M | TOTAL |
| Órgãos sociais | 3 | 1 | 4 |
| P. Dirigente | 3 | 2 | 5 |
| Médicos | 77 | 88 | 165 |
| Formação Pré-Carreira | 31 | 43 | 74 |
| Téc. Sup. Saúde | 4 | 8 | 12 |
| Técnicos Superiores | 2 | 22 | 24 |
| Téc. Diagnóstico e Terapêutica | 19 | 78 | 97 |
| Enfermeiros | 76 | 410 | 486 |
| P. Informática | 4 | 2 | 6 |
| Administrativos | 23 | 124 | 147 |
| Pessoal Auxiliar | 3 | 6 | 9 |
| Serviços Gerais | 61 | 313 | 374 |
| Técnico Profissional | 0 | 1 | 1 |
| Operários | 22 | 4 | 26 |
| TOTAL | 328 | 1.102 | 1.430 |

4.7 – Regime de funcionamento

O HDS funciona 24 horas por dia, 365 dias por ano (31).

4.8 – Estrutura organizacional do HDS

Piso –2

- Piso técnico

Piso –1

- Anatomia patológica
- Casa mortuária/morgue
- Serviço de instalações e equipamentos



Piso 0

- Consulta externa
- Central de ambulâncias
- Central de doentes
- Sistema de informação para a gestão (SIG)/estatística
- Serviços administrativos
- Serviço social/gabinete do utente
- Bar utentes
- Farmácia
- **Imagiologia (Rx/Tomografia Axial Computorizada (TAC)/Ecografia/Mamografia)**
- Laboratório de análises clínicas
- Fisioterapia/medicina física e reabilitação

Piso 1

- Direção/administração
- Serviços religiosos
- Cirurgia ambulatória
- Bloco operatório
- UCI
- Gastroenterologia
- Biblioteca/sala polivalente
- Aprovisionamento
- Consulta da dor

Piso 2

- Piso técnico

Piso 3

- Maternidade/bloco operatório de obstetrícia
- Obstetrícia 1 e 2/ginecologia/diagnóstico pré-natal
- Ecografia/neonatologia

Piso 4

- Especialidades cirúrgicas
- Urologia/dermatologia
- Otorrino/oftalmologia /cirurgia plástica
- Terapia da fala



- Audiologia/ortopédica

Piso 5

- Cirurgia 1 e 2
- Unidade de oncologia
- Cirurgia/quimioterapia

Piso 6

- Ortopedia 1 e 2
- Cirurgia vascular

Piso 7

- Cardiologia/especialidades médicas
- Neurologia/pneumologia/nefrologia/gastro

Piso 8

- Pediatria/medicina 3
- Exames de ginecologia/consultas

Piso 9

- Medicina 1 e 2
- Núcleo de diabetes
- Unidade de oncologia
- Hospital de dia/consulta

Piso 10

- Quartos

Piso 11

- Piso técnico

5 – Análises à QAI e ao conforto térmico do HDS

5.1 – Levantamento da situação atual

Numa fase inicial estabeleceu-se diálogo com os trabalhadores que se encontravam no departamento de imagiologia (técnicos de radiologia, médicos radiologistas e ajudantes) a fim de se perceber se estes sentiam alguns dos sintomas característicos de exposição a



uma má QAI e a um desconforto térmico. Alguns técnicos de radiologia que abordamos mencionaram que, ocasionalmente apresentavam alguns sintomas, tais como:

- irritações na pele;
- comichão;
- pele seca;
- dores de cabeça.

Como a sua mobilidade é grande estes trabalhadores não conseguem associar a existência destes sintomas a um local específico, mas revelaram que passavam mais tempo na câmara clara a efetuar, imprimir e visionar exames.

O departamento de imagiologia dispõe de um sistema de climatização (aquecimento e ventilação) por mistura provido de duas unidades de tratamento de ar (UTAs) e dois ventiladores de extração. Este sistema possui um a filtragem de entrada de ar composta por dois filtros de $0.89\ \mu\text{m}$ e de $0.95\ \mu\text{m}$. As UTAs têm duas condutas retangulares com $0,43\ \text{m} \times 0,6\ \text{m}$ e $0,45\ \text{m} \times 0,6\ \text{m}$ que proporcionam um caudal de entrada de $4.600\ \text{m}^3/\text{h}$ e $5.000\ \text{m}^3/\text{h}$ respetivamente. Os dois ventiladores de extração apresentam igualmente condutas retangulares com $0,4\ \text{m} \times 0,6\ \text{m}$ e têm um caudal de saída de $4.800\ \text{m}^3/\text{h}$. A temperatura de entrada de ar é controlada nas UTAs mas é desconhecida pelo HDS. O sistema de climatização nunca foi limpo, inspecionado ou monitorizado de acordo com a legislação vigente, como se pode verificar nas figuras seguintes.



Figura nº 7 – Grelha de extração



Figura nº 8 – Grelha de insuflação

O HDS não tem qualquer tipo de análises efetuadas à QAI (31).

5.2 – Escolha dos locais de medição

Na análise elaborada ao que foi referido pelos trabalhadores a câmara clara foi um dos locais escolhidos para efetuar uma amostragem tendo por base o tempo permanência dos técnicos no seu interior. É aqui que estes desenvolvem a sua atividade profissional por mais tempo, uma vez que é neste local que se encontram todas as máquinas de revelação de RX convencional, Ecografias, TAC e Mamografias. O local mencionado apresenta uma ligação sem qualquer separação física a duas cabines laterais viradas para as salas de realização dos referidos exames para efetuar os disparos radiológicos.



Figura nº 9 – Câmara clara

O outro ponto escolhido foi a sala de espera dos pacientes, que é um corredor de alguma dimensão com cadeiras. Este local é a única “sala de espera” existente para os pacientes que vão efetuar exames imagiológicos sem urgência. A escolha deste ponto teve por base o tempo permanência dos pacientes no local à espera de serem chamados para entrarem para o respetivo exame. Existe um grande fluxo de pacientes para serem submetidos a exames imagiológicos.



Figura nº 10 – Corredor/sala de espera

5.3 – Parâmetros a monitorizar

Após a escolha dos pontos onde realizar a amostragem fomos verificar se todos os parâmetros químicos e microbiológicos do Decreto-Lei nº 79/2006 eram aplicáveis aos locais escolhidos, tal como os de conforto térmico de acordo com o mesmo, com o Decreto-Lei nº 234/86 e ISO 7730.

Verificámos que de todos os parâmetros químicos e microbiológicos legislados, não seria necessário aplicar o radão e a *Legionella* (parâmetros de aplicabilidade somente quando necessários).

O radão é aplicável especialmente em regiões ricas em granito ou xisto (distritos da Guarda, Vila Real, Porto, Braga, Viseu e Castelo Branco). Como este hospital está localizado em Santarém e esta é uma região predominantemente calcária, este parâmetro não vai ser contemplado nas medições a efetuar.

A *Legionella* estaria, eventualmente, presente na água. Como o nosso sistema climatização somente contempla aquecimento e ventilação não tem água no seu interior, logo não é necessário efetuar a monitorização deste parâmetro.

A nível de conforto térmico decidiu-se avaliar todos os parâmetros legislados e normalizados.



5.4 – Metodologias aplicadas

Para a avaliação dos parâmetros a monitorizar utilizaram-se cinco equipamentos devidamente calibrados, com sondas que permitiram efetuar todas as medições necessárias, sendo eles o Babuc A, o First Check 5000 Ex, o EMV-7, o TSI 3550 e o Merck MAS-100.

Tabela nº 17 – Parâmetros medidos pelo Babuc A

| Parâmetros | Método/princípios equivalentes |
|---|--|
| Dióxido de carbono (CO ₂) (ppm) | Sensor eletroquímico (erro ± 3 %) |
| Ozono (O ₃) (ppm) | Sensor eletroquímico (erro ± 2 %) |
| Velocidade do ar (m/s) | Sonda Anemométrica por fio quente (erro ± 0,1 m/s) |
| Humidade relativa (%) | Calculado pelo software |
| Temperatura do ponto de orvalho (°C) | Calculado pelo software |
| Temperatura de bolbo seco (°C) | Sonda Psicrométrica com ventilação forçada (erro ± 0,1 °C) |
| Temperatura de globo (°C) | Termómetro de globo (erro ± 0,1 °C) |
| Temperatura (°C) | Sonda de temperatura seca com ventilação natural (erro ± 0,1 °C) |
| Temperatura de bolbo húmido com ventilação forçada (°C) | Sonda Psicrométrica com ventilação forçada (erro ± 0,1 °C) |
| Temperatura de bolbo húmido natural (°C) | Sonda de temperatura húmida com ventilação natural (erro ± 0,1 °C) |

Tabela nº 18 – Parâmetros medidos pelo First Check 5000 Ex

| Parâmetros | Método/princípios equivalentes |
|---|---|
| Monóxido de carbono (CO) (ppm) | Sensor eletroquímico (erro ± 5 %) |
| Compostos orgânicos voláteis (COVT) (ppm) | PID – detetor de fotoionização lâmpada 10,6 eV (erro ± 5 %) |
| Formaldeído (HCHO) (ppm) | PID – detetor de fotoionização lâmpada 11,7 eV (erro ± 5 %) |

Tabela nº 19 – Parâmetros medidos pelo EMV-7

| Parâmetro | Método/princípios equivalentes |
|---|---|
| Partículas suspensas no ar (PM ₁₀) (mg/m ³) | Dispersão ótica - fotómetro laser (erro ± 10 %) |



Tabela nº 20 – Parâmetros medidos pelo TSI 3550

| Parâmetro | Método/princípios equivalentes |
|--|---|
| Nanopartículas ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$) | Sensor eletrométrico (erro $\pm 20\%$) |

Tabela nº 21 – Colheita de ar para contagem efetuada pelo Merck MAS-100

| Parâmetro | Método/princípios equivalentes |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Fungos (UFC/ m^3) | Impacto em meio semissólido (agar) |
| Bactérias (UFC/ m^3) | Impacto em meio semissólido (agar) |

5.5 – Definição do número de pontos de amostragem e respetivo tempo

Todas as medições foram, efetuadas de acordo com a metodologia da NT-SCE-02 no que concerne à forma de recolha.

O número mínimo de pontos de amostragem por zona de medição foi calculado com base na fórmula:

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i}$$

onde:

N_i – nº de pontos de medida na zona i ($N_i \geq 1$)

A_i – área da zona i , em m^2 .

Ponto 1 – camara clara:

$$A_i = 5\text{m} \times 4\text{m} = 20 \text{ m}^2$$

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{20}$$

$$N_i = 0,67 - 1 \text{ ponto de medição}$$

Ponto 2 – sala de espera:

$$A_i = 2,3\text{m} \times 43\text{m} = 98,9 \text{ m}^2$$

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{98,9}$$

$$N_i = 1,49 - 1 \text{ ponto de medição}$$

Os pontos de medição estavam a mais de 1 m das fontes de contaminação (por exemplo: fotocopiadoras, impressoras, etc.) e a mais de 0,5 m dos cantos, das janelas, paredes, divisórias e de outras superfícies verticais. A sua localização estava afastada dos difusores de abastecimento de ar, ventoinhas, ou aquecedores. Todas as medições foram efetuadas ao nível das vias respiratórias (1,5 +/- 0,5 m acima do chão).



Como o funcionamento do hospital é em contínuo as medições foram efetuadas em períodos representativos do perfil normal de ocupação, utilização ou funcionamento do edifício.

Embora o tempo recomendado pela NT-SCE-02 seja um período mínimo de 5 minutos para sistemas de medição portáteis de leitura em tempo real dos parâmetros, efetuaram-se as medições com uma duração de 35 minutos a fim de se poder avaliar as oscilações dos poluentes e dos parâmetros de conforto térmico no ar interior do hospital. Foram efetuadas duas medições em dias diferentes para se poder comparar os parâmetros e perceber a sua influência na QAI e no conforto térmico.

A recolha de ar para analisar os parâmetros microbiológicos foi de 250 L e foi somente efetuada uma amostragem por local de medição.

5.6 – Resultados práticos dos parâmetros monitorizados

5.6.1 – Parâmetros químicos

5.6.1.1 – Partículas suspensas no ar (PM₁₀)

Tabela nº 22 – Valores de medição de partículas

| Locais de medição | Partículas suspensas no ar (PM ₁₀) (mg/m ³) | Limite legal (mg/m ³) |
|----------------------|---|-----------------------------------|
| Câmara clara – dia 1 | 0,007 | 0,15 |
| Corredor – dia 1 | 0,012 | |
| Câmara clara – dia 2 | 0,009 | |
| Corredor – dia 2 | 0,014 | |

Os valores registados para as partículas foram bastante baixos mas como o hospital possui um sistema de filtragem de entrada de ar composta por dois filtros de 0,89 µm e de 0,95 µm, estes valores afiguram-se como razoáveis. Uma vez que grande parte das partículas presentes no ambiente interior são inferiores a 0,89 µm tornou-se pertinente medir a quantidade de nanopartículas. Estas vão ser medidas pela sua área superficial depositada no pulmão humano e são expressas em micrómetros quadrados por centímetro cúbico de ar (µm²/cm³), correspondendo à região selecionada (alveolar – A) do pulmão.

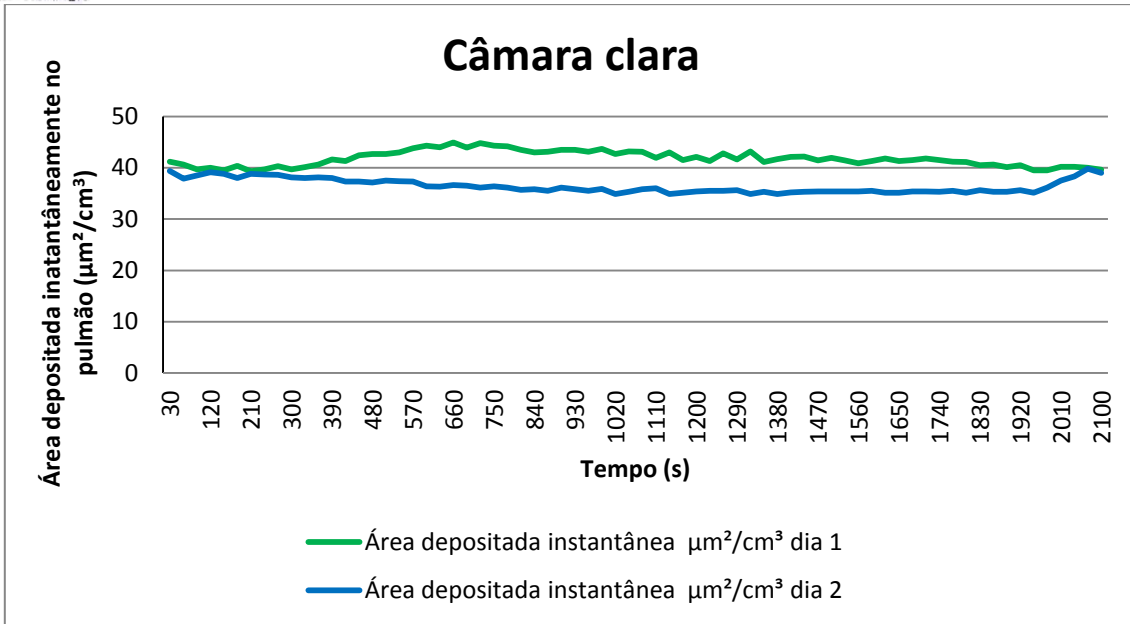


Gráfico nº 6 – Área de nanopartículas depositadas instantaneamente no pulmão, na câmara clara

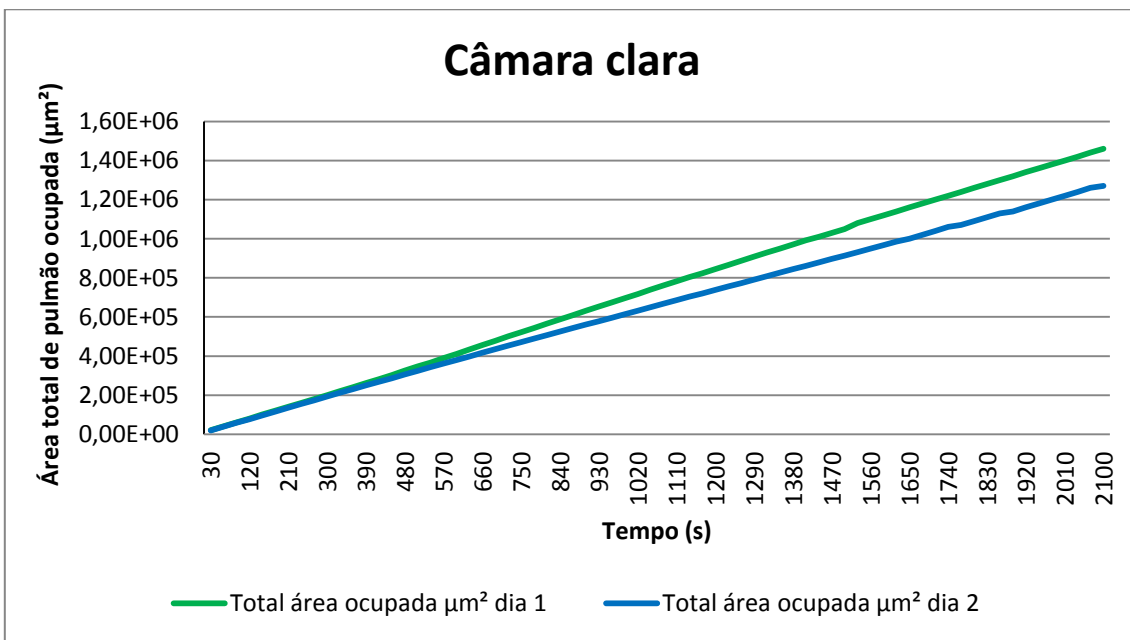


Gráfico nº 7 – Área total de pulmão ocupada ao longo do tempo na câmara clara

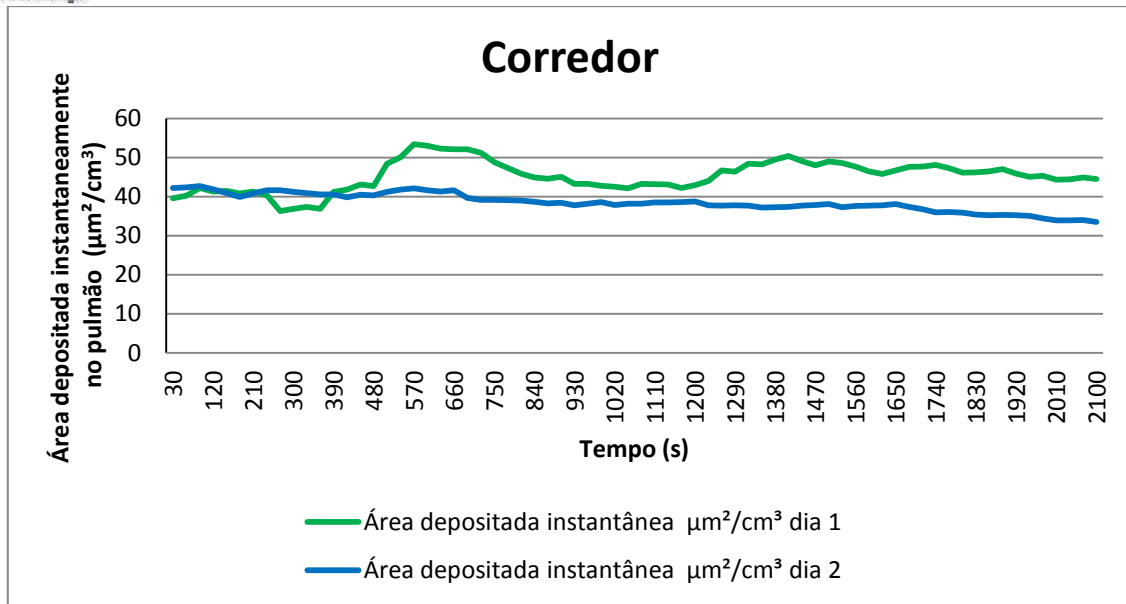


Gráfico nº 8 – Área de nanopartículas depositadas instantaneamente no pulmão, no corredor

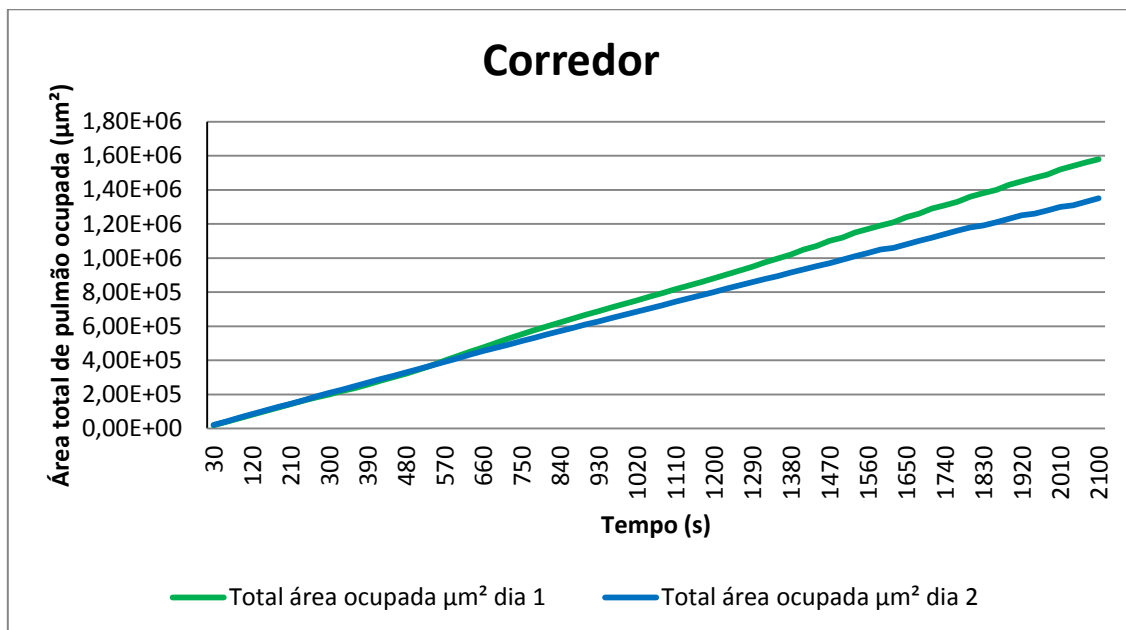


Gráfico nº 9 – Área total de pulmão ocupada ao longo do tempo no corredor

Dado o caráter inovador destas medições, não existe qualquer valor de referência ou limite legislado para se efetuar comparação. Percebe-se pela análise efetuada às medições, que o número de nanopartículas aumenta com o aumento do número de pessoas no local. Nestas condições tentou-se perceber, através de um médico pneumatologista qual o seu possível efeito para a saúde.

Foi referido que cada pulmão tem em média 700 milhões de alvéolos pulmonares e que a área da sua superfície interna (área onde são realizadas as trocas gasosas) é



aproximadamente de 1 m²/Kg de peso corporal. Assumindo um peso médio de 75 Kg, possuímos cerca de 75 m² de área alveolar. Pela análise ao maior valor de colmatação alveolar demonstrada nos dois dias de medições verificamos que o espaço pulmonar ocupado era de 2x10⁻⁵ m² no primeiro dia de medições e de 2,17x10⁻⁵ m² no segundo dia, para as 8 horas de trabalho. Ao fim de um mês laboral (20 dias) obtém-se 4x10⁻⁴ m² de colmatação para o primeiro dia de medição e 4,34x10⁻⁴ m² para o segundo dia. O resultado da colmatação alveolar ao fim de um ano laboral será de 4,4x10⁻³ m² para o primeiro dia de medições e 4,77x10⁻³ m² para o segundo. Estes valores traduzem-se em 0,176 m² e 0,191 m² respetivamente, ao longo de toda a vida laboral. Embora pareçam manifestamente pequenos, estes valores, associados a toda a problemática a que os nossos pulmões estão sujeitos (compostos químicos, fumo de tabaco, microrganismos, etc.) são bastante significativos. Prende-se a necessidade de ser criada uma legislação Portuguesa, ou pelo menos diretrizes (de qualquer instituição de referência) com valores limite de exposição para se poder comparar as medições a fim de aferir se a situação de exposição laboral é preocupante e, se for este o caso, definir medidas para limitarem a exposição do trabalhador às nanopartículas.

Pode também associar-se a existência de nanopartículas no ar interior provenientes essencialmente da insuflação de ar exterior contaminado com as mesmas, resultantes da queima de combustível (essencialmente gásóleo) pelos veículos automóveis que se encontram a circular no exterior da unidade hospitalar (32).

5.6.1.2 – Dióxido de carbono (CO₂)

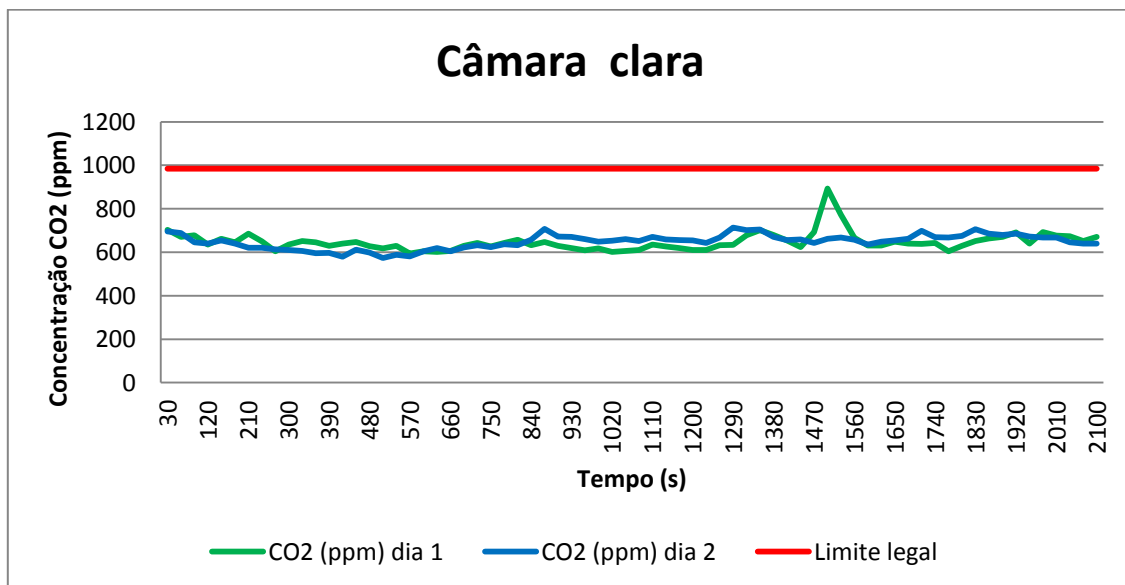


Gráfico nº 10 – Concentração de CO₂ na câmara clara

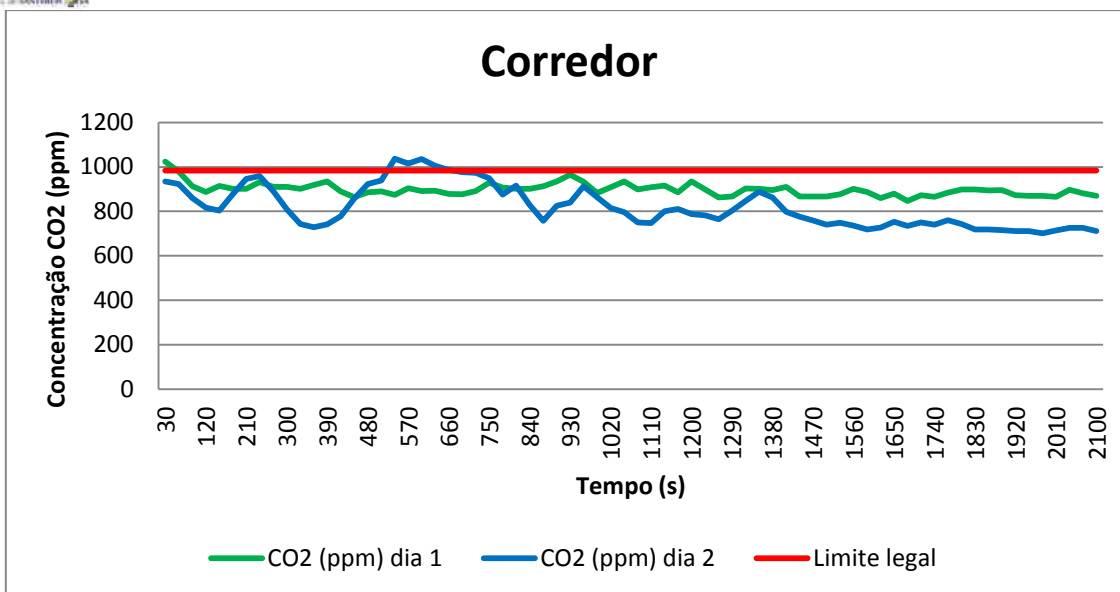


Gráfico nº 11 – Concentração de CO₂ no corredor

Nas monitorizações efetuadas verificou-se que o limite de exposição legal de 984 ppm (1800 mg/m³) foi ultrapassado em ambos os dias no corredor. Este fator está possivelmente associado ao elevado número de pessoas que se encontram em espera para efetuarem exames. Como o seu metabolismo produz dióxido de carbono, a solução a apresentar seria o aumento do caudal mínimo de entrada de ar novo para diluir o poluente ou o aumento da velocidade do ar para o misturar, sem exceder a velocidade do ar máxima permitida por lei de 0,2m/s.

5.6.1.3 – Monóxido de carbono (CO)

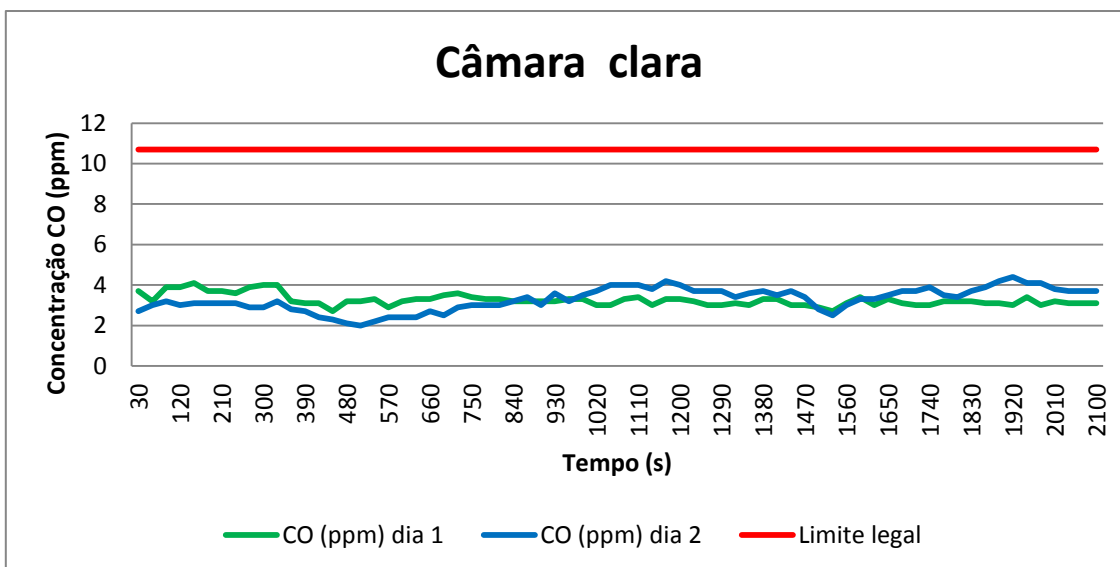


Gráfico nº 12 – Concentração de CO na câmara clara

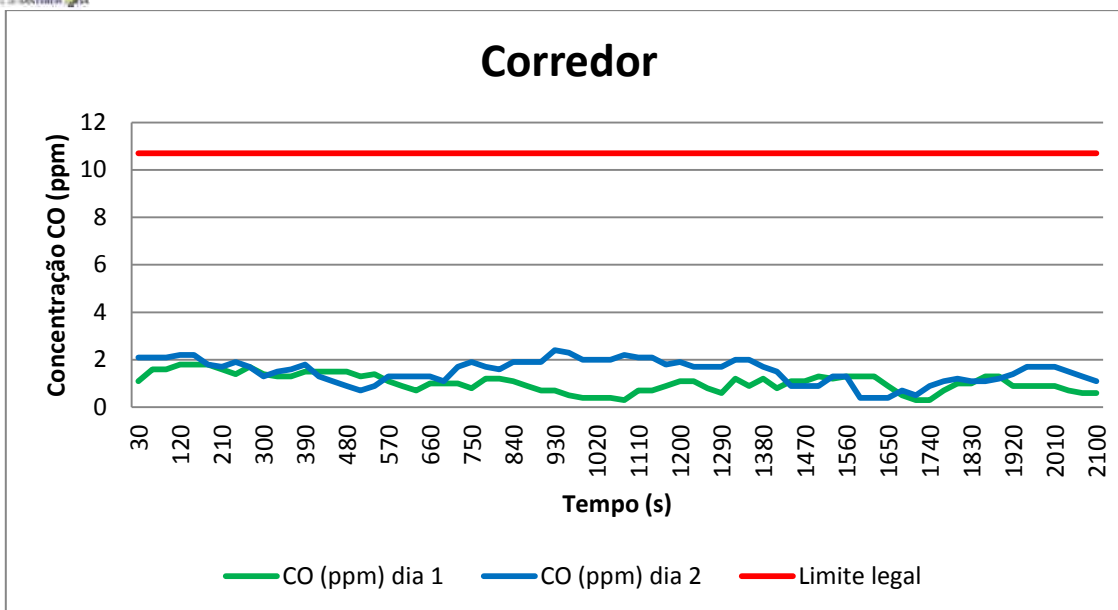
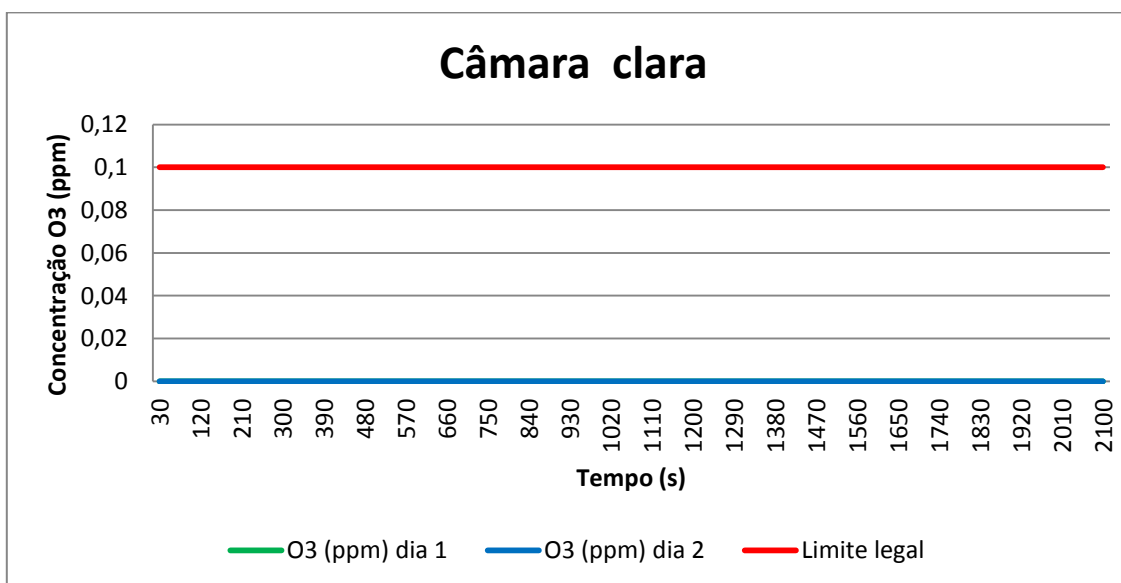


Gráfico nº 13 – Concentração de CO no corredor

A concentração de monóxido de carbono no corredor é ligeiramente inferior à da câmara clara. Como o abastecimento de ar é efetuado por uma UTA diferente, o seu posicionamento exterior pode estar na explicação desta diferença, uma vez que a UTA que fornece o ar para a zona da câmara clara está virada para o parque automóvel, onde existem mais gases resultantes de processos de combustão que são introduzidos no sistema de ventilação.

5.6.1.4 – Ozono (O₃)

Gráfico nº 14 – Concentração de O₃ na câmara clara

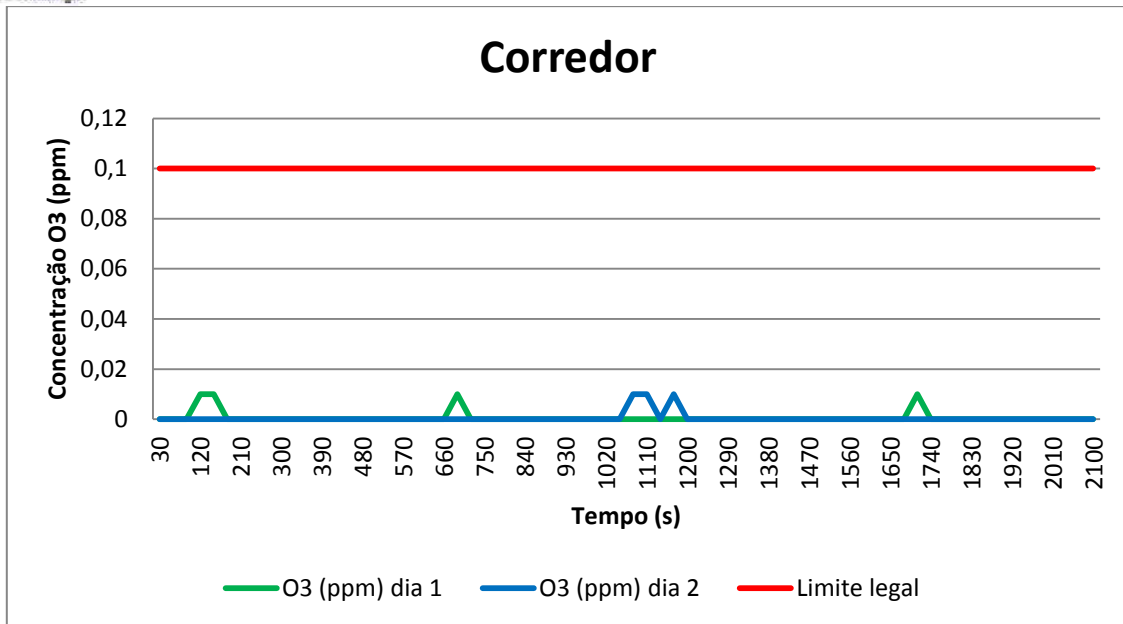


Gráfico nº 15 – Concentração de O₃ no corredor

A presença de ozono é praticamente nula em ambos os locais.

5.6.1.5 – Formaldeído (HCHO)

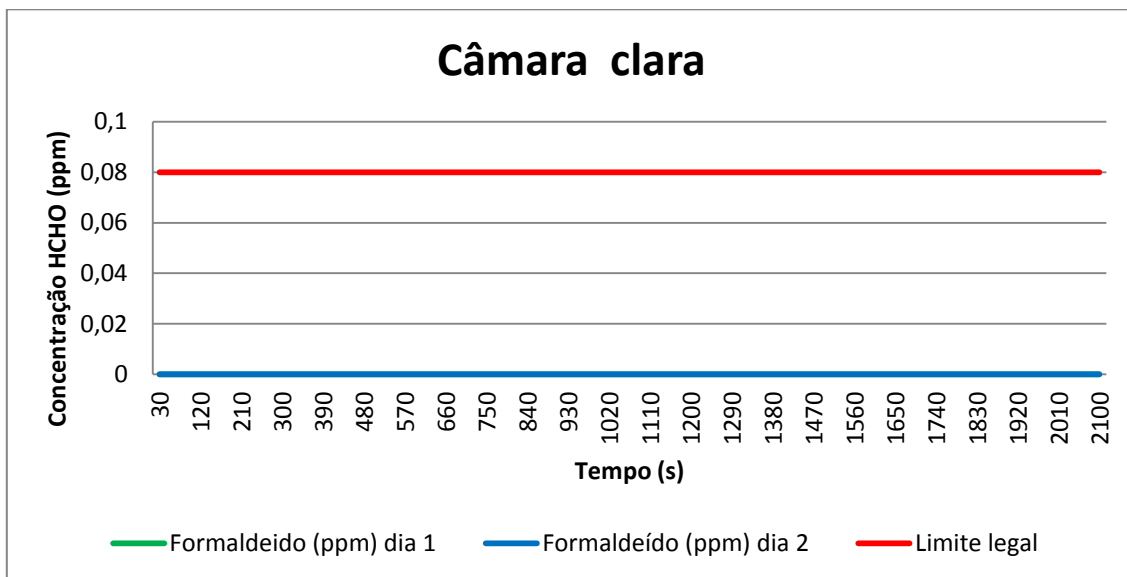


Gráfico nº 16 – Concentração de HCHO na câmara clara

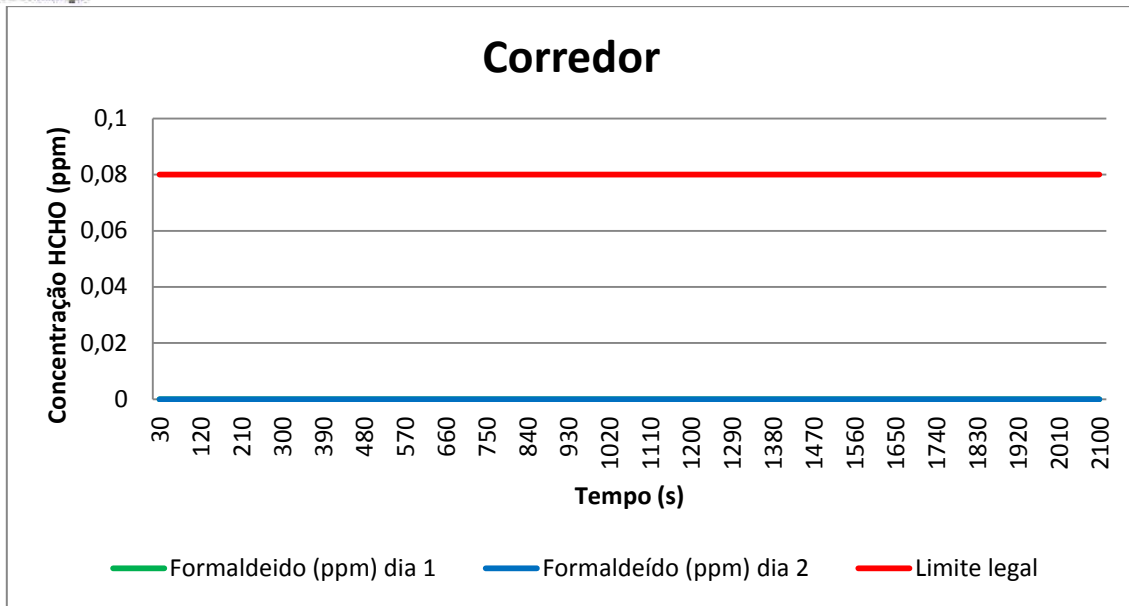


Gráfico n° 17 – Concentração de HCHO no corredor

A concentração de formaldeído foi nula nas medições efetuadas em ambos os pontos. Como a medição efetuada aos COVT também indicou valores quase nulos, e o formaldeído é um COV que apresenta as mesmas fontes que os restantes, este valor está congruente em comparação com os verificados na outra medição.

5.6.1.6 – Compostos orgânicos voláteis totais (COVT)

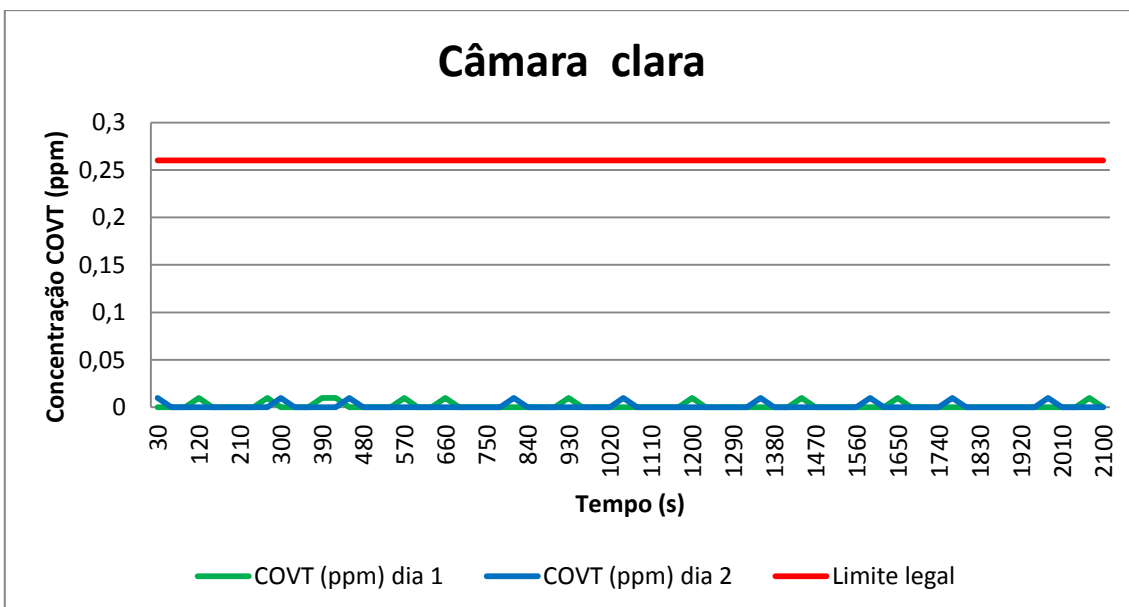


Gráfico n° 18 – Concentração de COVT na câmara clara

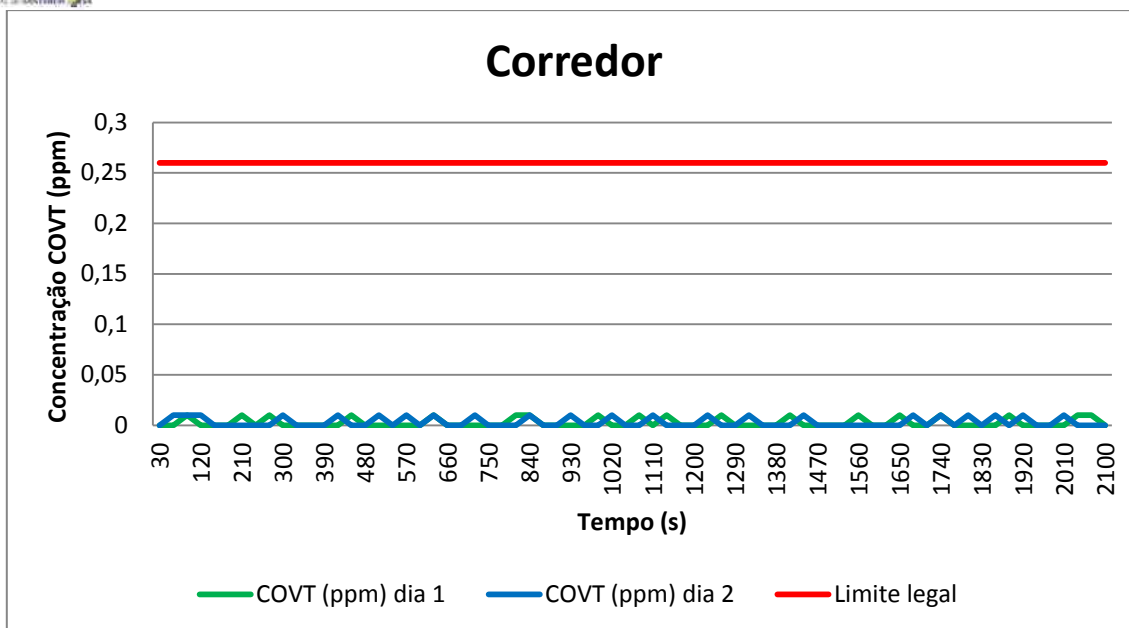


Gráfico nº 19 – Concentração de COVT no corredor

A concentração de COVT parece ser manifestamente baixa, particularmente na câmara clara. Embora todos os materiais de construção, decoração e mobiliário presentes neste local, tal como no corredor sejam bastante antigos existem impressoras para imprimir as radiografias digitalizadas termicamente. A este facto acresce o diminuto tamanho da sala associado aos processos metabólicos dos vários técnicos que estão a trabalhar no seu interior. No corredor o número também nos parece manifestamente baixo porque a quantidade de pessoas por área é bastante elevada.

5.6.2 – Parâmetros Microbiológicos

Tabela nº 23 – Parâmetros microbiológicos medidos na câmara clara

| Câmara clara | Valor (UFC/m ³) | Limite legal (UFC/m ³) |
|--------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Bactérias | 284 | 500 |
| Fungos | 64 | |

Tabela nº 24 – Parâmetros microbiológicos medidos no corredor

| Corredor | Valor (UFC/m ³) | Limite legal (UFC/m ³) |
|-----------|-----------------------------|------------------------------------|
| Bactérias | 440 | 500 |
| Fungos | 152 | |

A contagem de fungos e bactérias foi efetuada pelo BioAr – laboratório especializado na QAI.



Os valores das contagens para ambos os locais encontram-se abaixo do limite estipulado pelo Decreto-lei nº 79/2006.

A existência de mais bactérias e fungos no corredor parece razoável devido ao maior número de pessoas presente no local.

5.6.3 – Parâmetros de conforto térmico

5.6.3.1 – Parâmetros ambientais

5.6.3.1.1 – Temperatura do ar

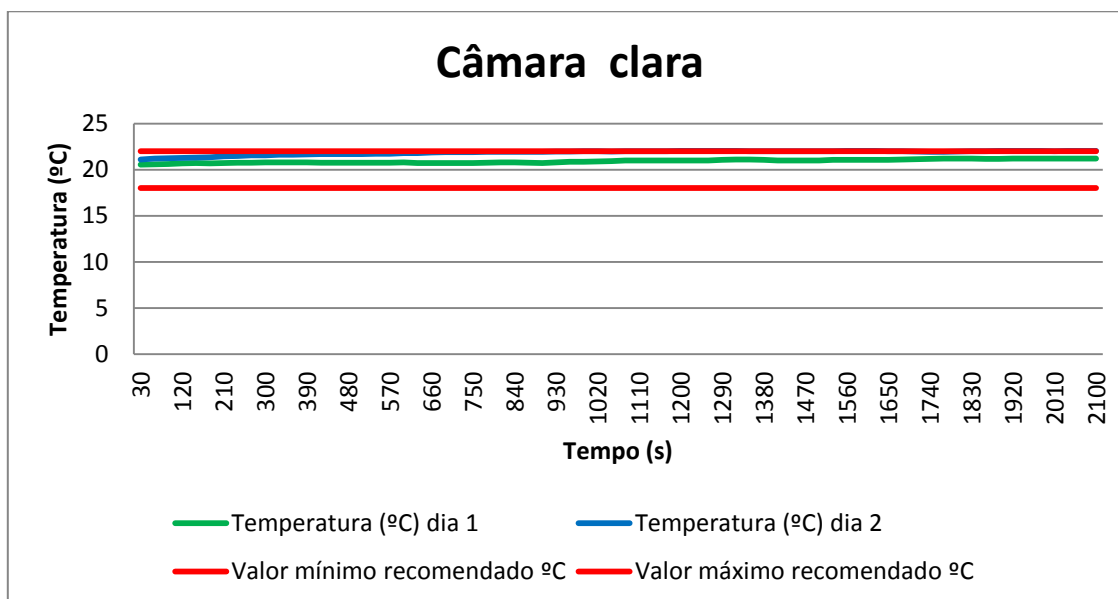


Gráfico nº 20 – Temperatura do ar na câmara clara

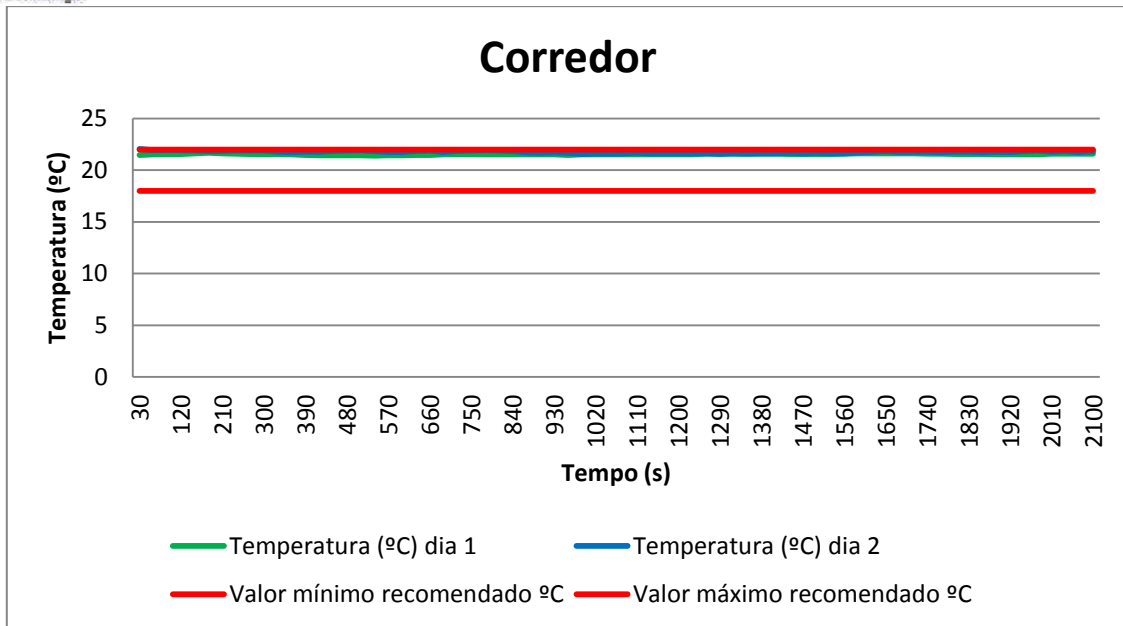


Gráfico nº 21 – Temperatura do ar no corredor

A temperatura do ar no corredor encontra-se dentro do intervalo estipulado no DL 243/86. No segundo dia de medição, na câmara clara, algumas temperaturas passam ligeiramente os 22 °C. Este aumento pode ser devido ao número de técnicos que se encontravam a trabalhar no local quando estava a ser efetuada a medição.

5.6.3.1.2 – Humidade do ar

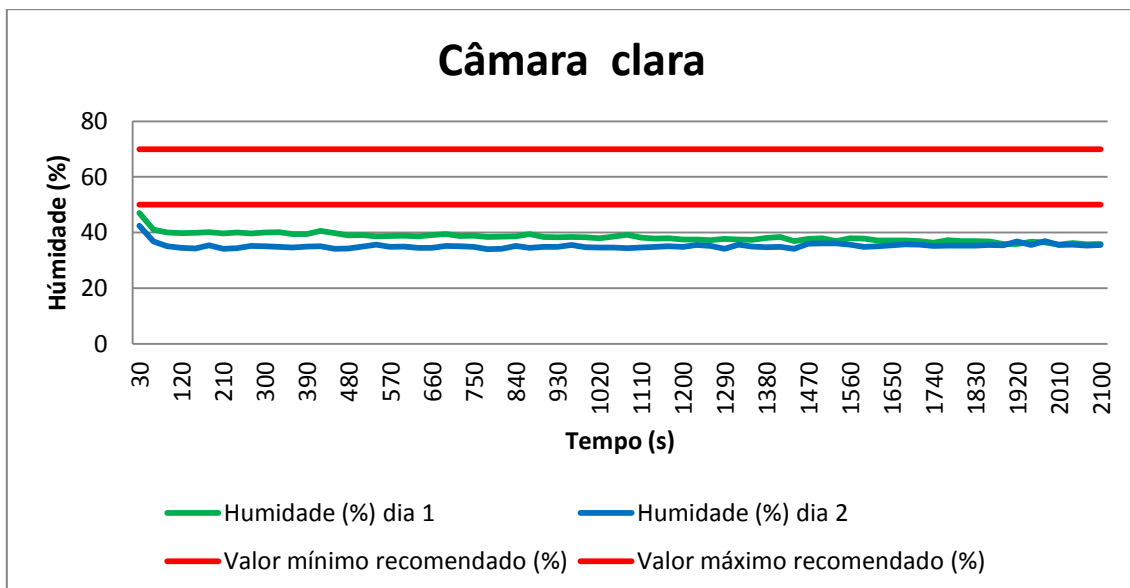


Gráfico nº 22 – Humidade do ar na câmara clara

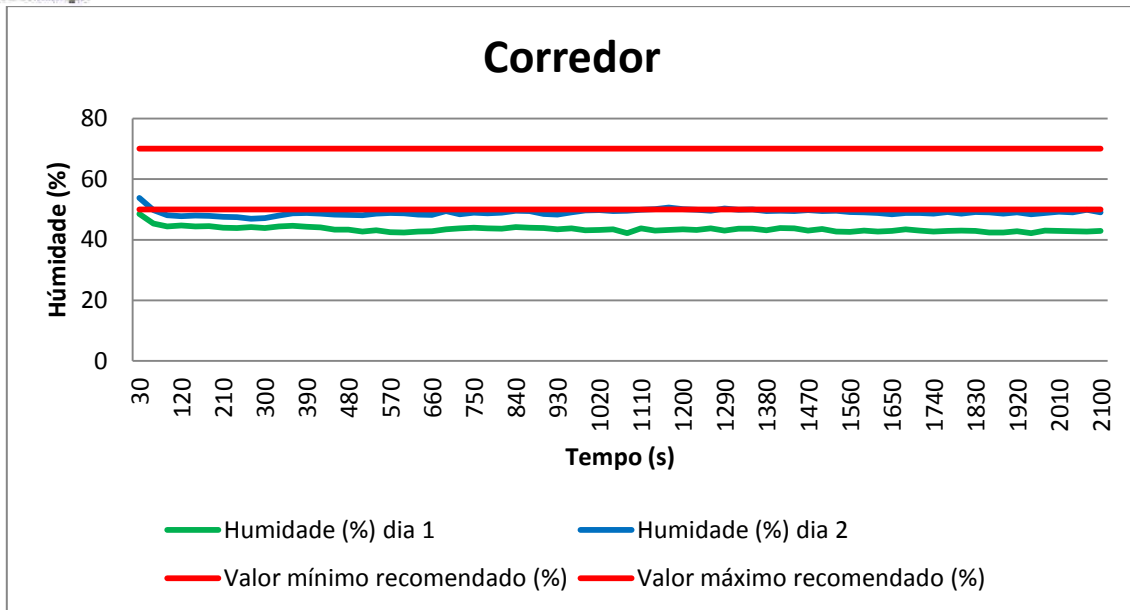


Gráfico nº 23 – Humidade do ar no corredor

A humidade encontra-se bastante abaixo do valor mínimo indicado pelo Decreto-Lei nº 243/86, nos dois pontos medidos. Somente no segundo dia de medições, no corredor, se observaram alguns valores que ultrapassam o limite mínimo estabelecido no mesmo. Este fator pode ser devido ao elevado número de pessoas presentes no corredor a produzir vapor de água.

Para aumentar a humidade pode baixar-se a temperatura, uma vez que estes parâmetros são inversamente proporcionais. Como o valor da temperatura está no limite máximo seria esta uma boa maneira de aumentar a humidade relativa. Outra hipótese é a introdução de vapor de água.

5.6.3.1.3 – Velocidade do ar

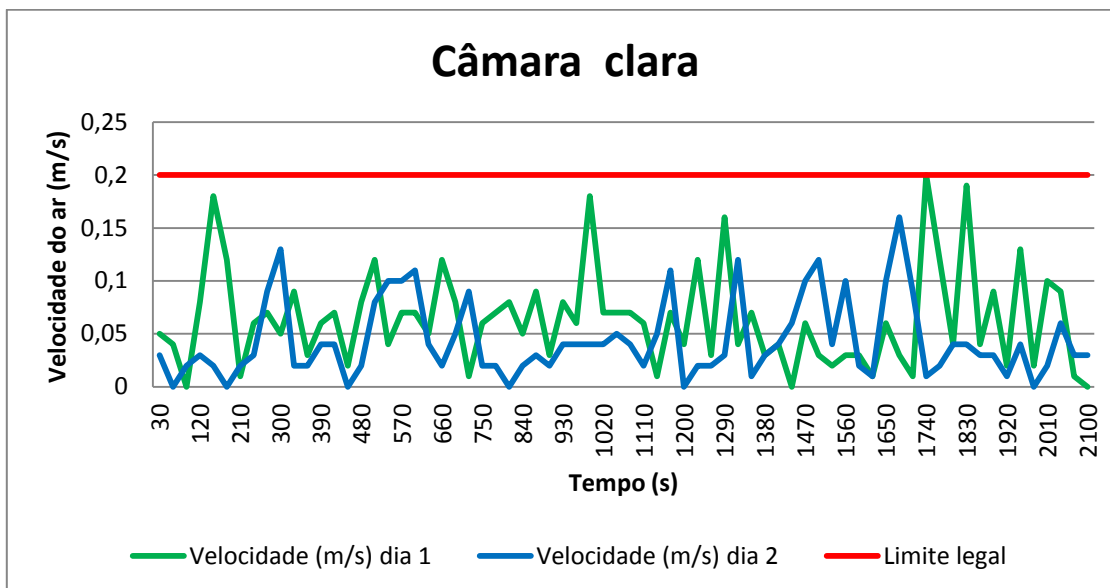


Gráfico nº 24 – Velocidade do ar na câmara clara

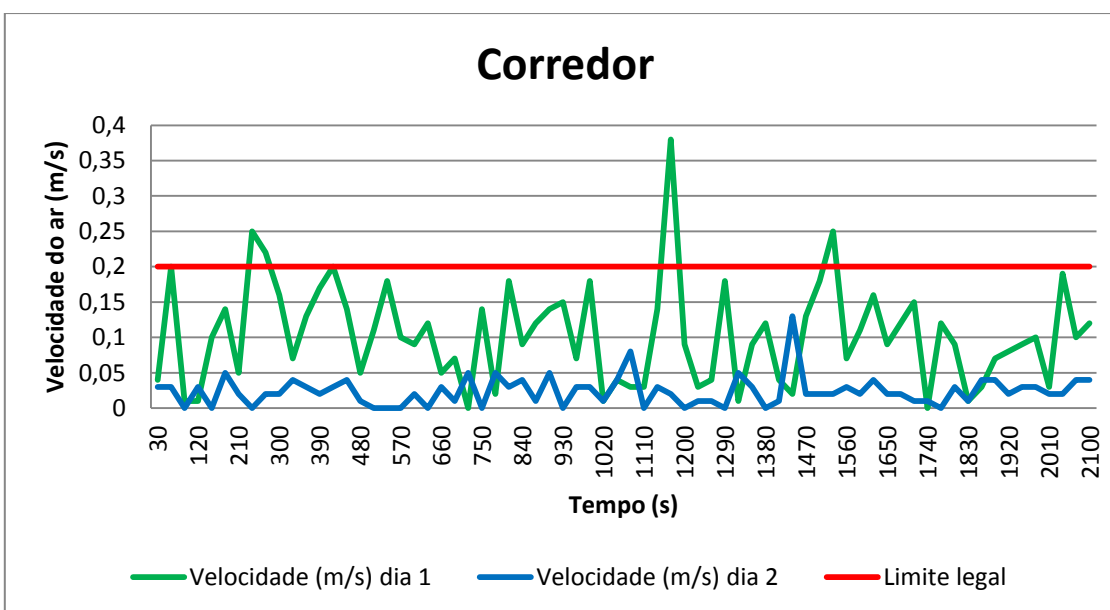


Gráfico nº 25 – Velocidade do ar no corredor

A velocidade do ar no corredor apresenta valores mais elevados que o limite estabelecido no Decreto-Lei nº 79/2006 para o primeiro dia de medições. Este facto pode resultar da movimentação do elevado número de pessoas que se encontravam no corredor.

Uma vez que foram fornecidos os caudais de entrada de ar no departamento de imagiologia é simples calcular o caudal de ar por ocupante.

A conduta, com um caudal de 4.600 m³/h, fornece toda a zona de trabalho da imagiologia (onde se localiza a câmara clara), o corredor adjacente, a sala de espera das urgências imagiológicas e o hall de entrada. O número de funcionários do departamento é



de 56 e considerando que todos os locais estão ocupados por pacientes a efetuar exames (12) obtém-se ter um total de 68 pessoas. A sala de espera da urgência imagiológica tem capacidade para 30 pessoas e o hall de entrada é um local de passagem bastante movimentado, pelo que se considerará um número médio de 25 pessoas. O caudal que se obtém é de 37,40 m³/h por ocupante.

A conduta, com um caudal 5.000 m³/h, fornece o corredor de espera dos pacientes da imagiologia, um outro corredor adjacente e as salas onde se realizam as colheitas de análises. Sabendo o número de funcionário na área de análises é 26 e que o número estimando de utentes nos corredores é de 120. O caudal será de 34,24 m³/h por ocupante.

Pelos resultados obtidos pode verificar-se que ambos os caudais mínimos de ar novo estão acima dos limites mínimos estipulados pelo Decreto-Lei nº 79/2006 (anexo VI).

Tabela nº 25 – Temperatura, humidade relativa e velocidade do ar ideais para diversos tipos de atividade (15)

| Tipo de atividade | Temperatura ambiente (°C) | | | Humidade relativa (%) | | | Velocidade do ar (m/s) |
|----------------------------------|---------------------------|------|------|-----------------------|------|------|------------------------|
| | Min. | Óti. | Max. | Min. | Óti. | Max. | Max. |
| Administrativa | 20 | 22 | 24 | 40 | 50 | 70 | 0,1 |
| Trabalho manual ligeiro, sentado | 18 | 20 | 24 | 40 | 50 | 70 | 0,1 |
| Trabalho ligeiro em pé | 17 | 18 | 22 | 40 | 50 | 70 | 0,2 |
| Trabalho pesado | 15 | 17 | 21 | 30 | 50 | 70 | 0,4 |
| Trabalho muito pesado | 14 | 16 | 20 | 30 | 50 | 70 | 0,5 |
| Trabalho ao calor radiante | 12 | 15 | 18 | 20 | 50 | 70 | 1,0 – 1,5 |

Pela análise ao quadro para as atividades efetuadas no departamento de imagiologia (trabalho ligeiro em pé) verifica-se que os valores de temperatura que se observam na câmara clara e no corredor estão no máximo aconselhável para o desempenho da função (22 °C) o que conduz a uma humidade relativa no ar de 70 % e a uma velocidade do ar de 0,2 m/s para compensar o calor, coisa que não se verifica. Assim pode concluir-se que o ambiente de trabalho apresenta uma humidade relativa desajustada e seria pertinente aumentá-la ligeiramente.

5.6.3.2 – Parâmetros individuais

5.6.3.2.1 – Vestuário

O vestuário é um dos parâmetros que necessita de ser fornecido ao Babuc A para se obter as variáveis calculadas. Estimou-se a carga térmica média do vestuário dos trabalhadores que se encontravam no local. Foi estipulado que usavam roupa interior (meias e cuecas), uma t-shirt, camisa, calças, uma bata e sapatos. Após a introdução de todas estas variáveis foi calculado o valor da resistência térmica do vestuário.

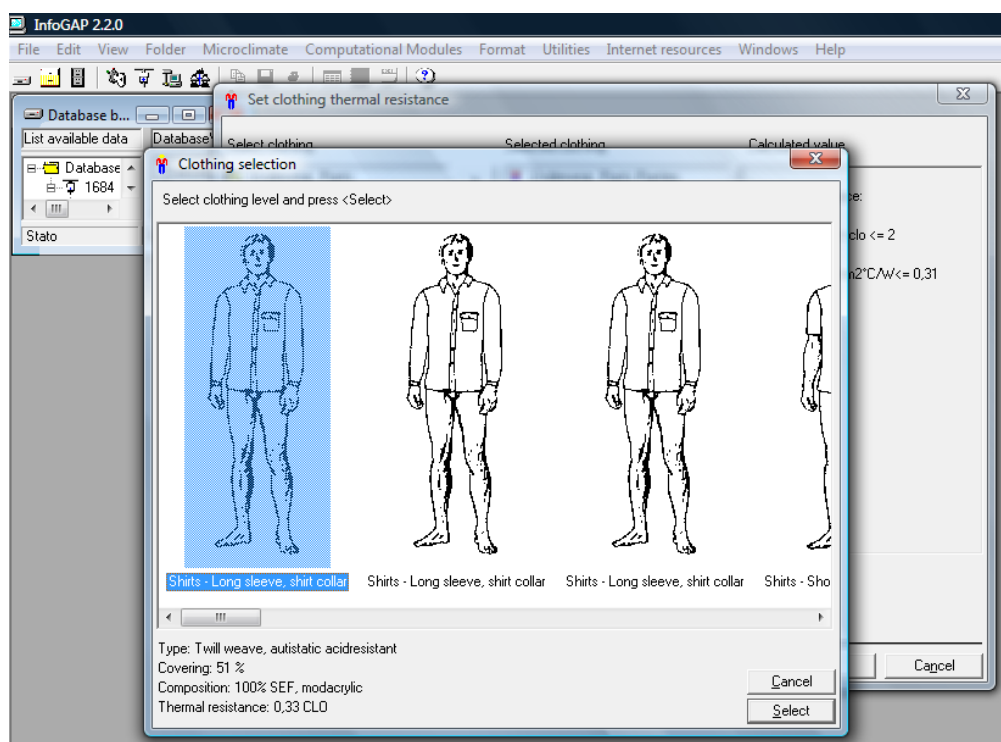


Figura nº 11 – Introdução do parâmetro vestuário para cálculo da carga térmica

O resultado obtido foi de 1,12 clo.

5.6.3.2.2 – Metabolismo

O metabolismo é outro dos parâmetros que se necessita introduzir. Como não existe no software da aparelhagem a profissão de técnico de radiologia ou médico radiologista, escolheu-se uma profissão com uma atividade idêntica. A profissão escolhida foi a de assistente de laboratório.

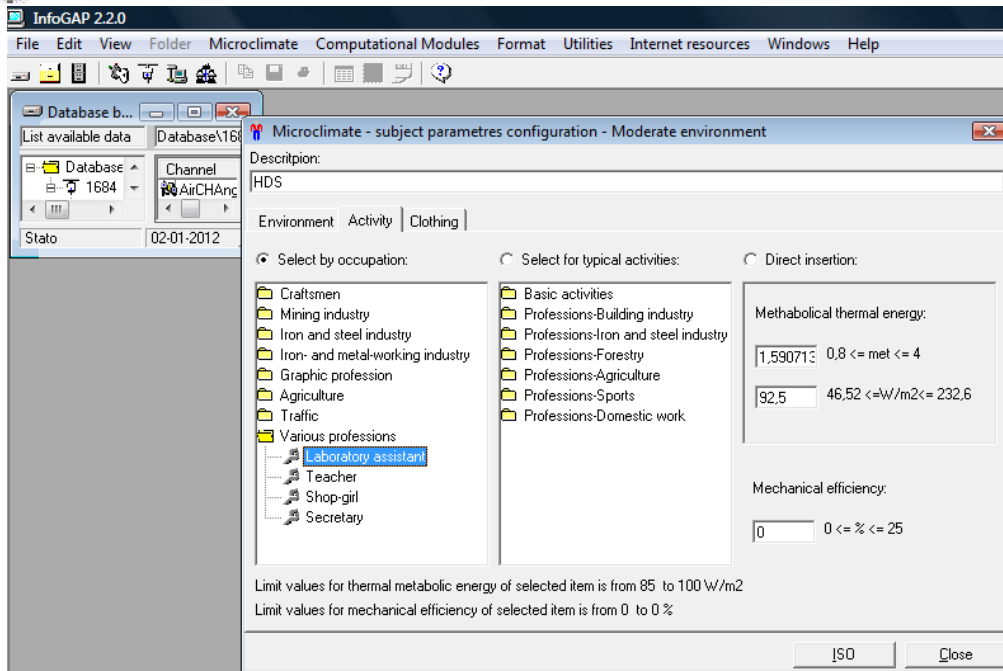


Figura nº 12 – Introdução do parâmetro atividade para cálculo do metabolismo

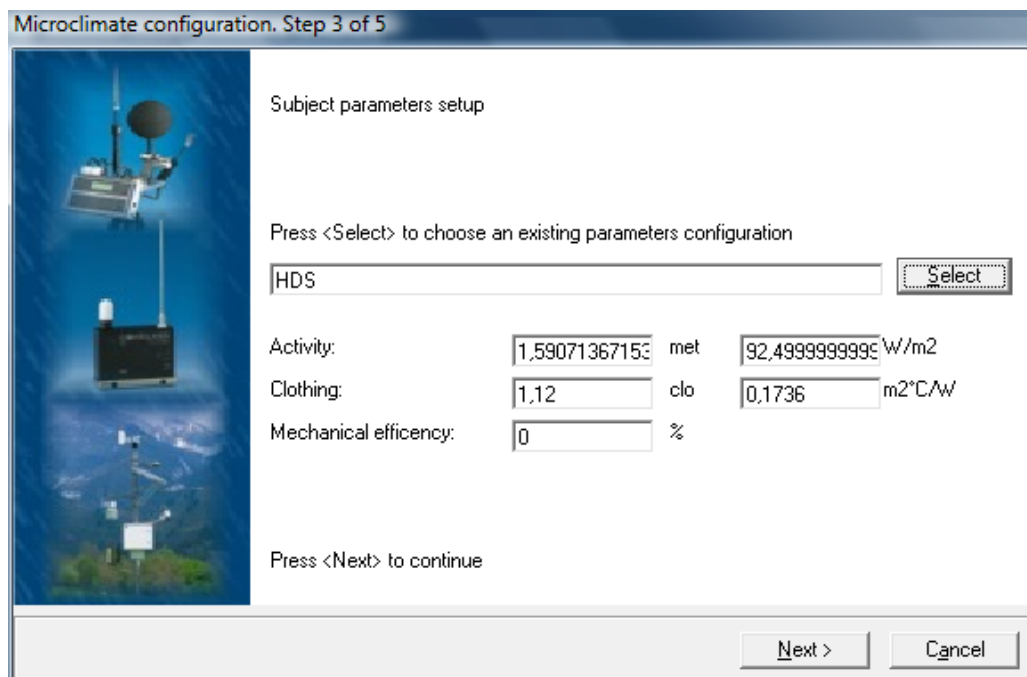


Figura nº 13 – Resultados do metabolismo e da carga térmica do vestuário

O resultado obtido foi de 1,591 met.

Após todos os parâmetros introduzidos e todos os medidos pelas sondas o equipamento fornece os valores dos índices PPD e PMV para os pontos de medição em



causa. Tanto as sondas como esta metodologia estão de acordo com a norma EN ISO 7726 que define as grandezas e os instrumentos a utilizar nas medições.

Tabela nº 26 – Índices PMV e PPD calculados

| Locais de medição | Índice PMV médio (%) | Índice PPD médio (%) |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| Câmara clara – dia 1 | 0,38 | 7,95 |
| Corredor – dia 1 | 0,44 | 9,15 |
| Câmara clara – dia 2 | 0,62 | 12,97 |
| Corredor – dia 2 | 0,50 | 10,19 |

Pela análise efetuada aos índices verifica-se que, no primeiro dia, o ambiente térmico era neutro (conforto térmico). No segundo este fator já não se verificava, uma vez que os índices PMV e PPD estavam fora dos limites de conforto ($PPD < 10\%$ e $-0,5 < PMV < +0,5$).

Embora no segundo dia no corredor o limite excedido seja insignificante, na câmara clara é mais significativo. Estes valores estão de acordo com os gráficos apresentados, uma vez que no segundo dia na câmara clara os valores da temperatura eram mais elevados e a humidade relativa e a velocidade do ar apresentavam valores mais baixos, causando uma maior sensação de desconforto térmico.

6 – Enquadramento normativo e legislativo

Os documentos legislativos e normativos que constituem o referencial para este trabalho foram:

- Decreto-Lei nº 243/86 de 20 de Agosto que estabelece o regulamento geral de segurança do trabalho nos estabelecimentos comerciais, de escritório e serviços.
- Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril que estabelece o regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).
- Nota Técnica NT-SCE-02 - Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE; ADENE ; 2009.
- ISO 11731-1:1998 (*Water Quality - Detection and enumeration of Legionella*).
- ISO 11731-2:2004 (*Water Quality - Detection and enumeration of Legionella – Part 2 Direct membrane filtration method for waters with low bacterial counts*)



- ISO 7730:2005 – *Ergonomics of the environmental – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD índices and local thermal comfort criteria.*
- ISO 7726:1998 – *Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities.*
- EN 13098:2000 – *Workplace atmosphere - Guidelines for measurement of airborne micro-organisms and endotoxin.*
- EN ISO 7708:1995 – *Air quality - Particle size fraction definitions for health-related sampling.*
- Norma EN 481:1993 – *Workplace atmospheres. Size fraction definitions for measurement of airborne particles*

7 – Proposta de plano de ação para a QAI e conforto térmico

7.1 – Enquadramento geral da proposta

No âmbito da melhoria da QAI e do conforto térmico torna-se perceptível a necessidade de efetuar algumas medidas.

Tabela nº 27 – Prazos de aplicação e medidas propostas

| Medidas | Curto prazo (até 1 ano) | Médio prazo (de 1 a 3 anos) | Longo prazo (> 3 anos) |
|---|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Ar interior e conforto térmico | | | |
| Realizar análises à QAI | | | |
| Realizar análises ao conforto térmico | | | |
| Limpeza e monitorização adequada do sistema de aquecimento e ventilação | | | |
| Efetuar questionários semestrais sobre QAI e conforto térmico | | | |
| Conhecer a temperatura de insuflação e efetuar controlo da temperatura nas UTAs | | | |
| Controlar os níveis de humidade | | | |



| | | | |
|--|--|--|--|
| Aumentar a velocidade do ar ou o caudal mínimo de ar novo no corredor para misturar ou diluir o dióxido de carbono | | | |
| Realizar as auditorias à QAI obrigatórias de 2 em 2 anos | | | |
| Formação aos trabalhadores ao nível da QAI e do conforto térmico. | | | |

7.2 – Orçamento das medidas propostas

Tabela nº 28 – Custo das medidas propostas

| Medidas | Pouco oneroso | Bastante oneroso | Muito oneroso |
|--|---------------|------------------|---------------|
| Ar interior e conforto térmico | | | |
| Realizar análises à QAI | | | |
| Realizar análises ao conforto térmico | | | |
| Limpeza e monitorização adequada do sistema de aquecimento e ventilação | | | |
| Efetuar questionários semestrais sobre QAI e conforto térmico | | | |
| Conhecer a temperatura de insuflação e efetuar controlo da temperatura nas UTAs | | | |
| Controlar os níveis de humidade | | | |
| Aumentar a velocidade do ar ou o caudal mínimo de ar novo no corredor para misturar ou diluir o dióxido de carbono | | | |
| Realizar as auditorias à QAI obrigatórias de 2 em 2 anos | | | |
| Formação aos trabalhadores ao nível da QAI e do conforto térmico. | | | |



8 – Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Com a elaboração deste trabalho foi possível verificar que no HDS não existe qualquer política de monitorização da QAI e de conforto térmico.

De facto, existe bastante desconhecimento nesta área por parte dos gestores hospitalares, bem como dos trabalhadores.

Dos parâmetros analisados salientam-se dois que se apresentam acima e abaixo dos valores limite de exposição legal, o dióxido de carbono e a humidade, respetivamente.

No que concerne à velocidade, esta também apresenta alguns valores ligeiramente mais elevados que o limite máximo estabelecido no Decreto-Lei nº 79/2006. O valor limite legislado para este parâmetro é manifestamente baixo. Quando se efetuou a medição não foi sentida qualquer corrente de ar ou desconforto e alguns valores já tinham excedido o limite legal. Como este parâmetro tem bastante importância na mistura dos poluentes no ambiente interior e na dissipação de calor em alguns ambientes de trabalho, deveria ser revisto a fim de se perceber se é possível aplicar uma velocidade superior.

Deve salientar-se que os valores das medições são indicados à luz do conhecimento científico atual, e que novas evidências sobre os efeitos na saúde humana poderão alterá-los. Como tal, deve ter-se em consideração que o nível dos poluentes deve ser sempre o mais baixo possível.

É essencial criar uma legislação específica para a área hospitalar a estipular valores mínimos e máximos de humidade e temperatura, dado que se está a utilizar uma legislação de 1986 (Decreto-Lei nº 243/86) que estabelece o regulamento geral de segurança do trabalho nos estabelecimentos comerciais, de escritório e serviços.

Verifica-se que existe um enorme desconhecimento sobre nanopartículas o que aponta para a necessidade da criação de legislação e diretrizes para poder haver uma comparação assim como estabelecer valores limite de exposição dos trabalhadores.

Não existe qualquer sensibilização e formação dos trabalhadores para a problemática da QAI e do conforto térmico, nomeadamente no âmbito dos comportamentos corretos a adotar.

Embora, o número de estudos sobre a QAI no meio hospitalar seja residual, será da maior pertinência o seu aprofundamento. Para tal será necessário efetuar estudos com avaliações mais longas e em diferentes épocas do ano, a fim de se conseguirem extrair umas conclusões mais fiáveis.

O HDS não efetua qualquer tipo de limpeza, monitorização ou auditoria à QAI e ao conforto térmico, sendo estas obrigatórias de 2 em 2 anos de acordo com o disposto no Decreto-Lei nº 79/2006.

Conclui-se assim, por todas as razões apresentadas ao longo deste trabalho, que ainda há um longo caminho a percorrer para um perfeito e correto conhecimento da situação



em meio hospitalar. Espera-se que sejam realizadas futuras investigações sobre esta temática de forma a ser possível apurar com detalhe mais e melhores metodologias a aplicar, bem como estipular os limites da exposição ocupacional que permitam garantir ausência de consequências nocivas para a saúde dos trabalhadores.

9 – Referências bibliográficas

1 – Ferreira, Carlos Pedro; *Metodologias e técnicas de monitorização de poluentes no ar interior*; Sonda; Aveiro; 2007.

2 – Pinto, Filipe Costa; *Poupar mais, poluir menos - guia prático de ação ecológica*, Edições Nova Gaia; 2004.

3 – Gomes, João; *Apontamentos da disciplina de Noções fundamentais de QAI e eco-eficiência energética de edifícios*; Universidade Lusíada; Lisboa; 2007.

4 – Agência Portuguesa do Ambiente; Laboratório da Referência do Ambiente; *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico*; Amadora; 2009.

5 – Health Canada; *Indoor Air Quality in Office Buildings: A Technical Guide*; 1995.

6 – Organização Mundial de Saúde (OMS); *WHO Guidelines for Indoor Air Quality – Selected Pollutants*; Genebra; 2010.

7 – Samet, J. M.; Marbury, M. C.; Spengler, J. D.; Respiratory effects of indoor air pollution; *J. Allergy Clin. Immunol*; 79, 5, 685-700; 1987.

8 – Direção Geral de Saúde; *Planos Locais de Ação em Habitação e Saúde (PLAHS) – Manual de Projetos*; Lisboa; 2008.

9 – The Index Project, Final Report; European Commission; Bruxelas; 2005.
(http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/fp_pollution_2002_frep_02.pdf)

10 – United States Environmental Protection Agency (EPA). *Consumer product safety commission: an update on formaldehyde: 1997 revision*; Washington, DC, 1997.



- 11 – Brawn, S. K.; Sim, M.R.; Abranson, M. J.; Gray, C. N.; Concentrations of volatile organic-compounds in indoor air – a review. *International Journal of Indoor Air Quality and Climate*; 1994.
- 12 – Wang, S.; Ang, H. M.; Tade, M. O.; *Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art. Environment International*; Amsterdam; 2007.
- 13 – Wolkoff, P.; Nielsen, G. D.; *Organic compounds in indoor air: their relevance for perceived indoor air quality? Atmospheric Environment*; Amsterdam; 2001.
- 14 – Nunes, Z. G.; *Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados*. Tese de Doutoramento em Vigilância Sanitária do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Rio de Janeiro; 2005.
- 15 – Silva, Helder; *Sebenta do módulo de Ergonomia e Ambiente de Trabalho da pós-graduação em Higiene e Segurança no Trabalho*; Instituto Superior Técnico; Lisboa; 2005.
- 16 – Águas, Miguel P. N.; *Módulo da Disciplina de Mestrado Métodos Instrumentais em Energia e Ambiente*; Instituto Superior Técnico; Lisboa; 2001.
- 17 – Graça, Guilherme; *Sistemas Energéticos em Edifícios*; Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa; Lisboa; 2011.
- 18 – Oliveira, Ana Roque; *Apontamentos do Curso de Mestrado em Eng^a do Ambiente*; Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa; Costa da Caparica; 2007.
- 19 – Santos, A.M.A., *O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho*; Fundacentro – Fundação Jorge Dupray Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho; Rio de Janeiro; 2001.
- 20 – Baron PA, Willeke K.; *Aerosol Measurement: Principles, techniques and applications*; 2nd Edition; Wiley-InterScience, Inc; 2001
- 21 – Fissan, H. ; Neumann, S. ; Trampe, A. ; Pui, D. ; Shin, W ; Rationale and principle of an instrument measuring lung deposited nanoparticle surface area; *Journal of Nanoparticle Research*, 9, 53-59; 2007.



- 22 – Oberdörster, G.; Significance of particle parameters in the evaluation of exposure-dose-response relationships of inhaled particles, *Particulate Science and Technology*, 14, 135-151; 2006.
- 23 – Kreyling, W.; Semmler, M.; Erbe, F.; Mayer, P.; Takenaka, S.; Schulz, H.; Oberdörster, G.; Ziesenis, A.; Translocation of ultrafine insoluble iridium particles from lung epithelium to extrapulmonary organs is size dependent but very low, *Journal of Toxicology and Environmental Health – A*, 65, 511-535; 2002.
- 24 – Phalen, R.; *Particle size-selective sampling for particulate air contaminants*, Ed. J.H. Vincent; ACGIH, Cincinnati, OH; 1999.
- 25 – Jonas and P. *Indoor Air Quality and Health, Atmospheric Environmental*; 1999;
- 26 – Apte, M.G.; Fisk W.J.; Daisey J.M.; *Associations between indoor CO₂ concentrations and sick building syndrome symptoms in US office buildings: an analysis of the 1994-1996 base study data, Indoor Air*, 2000.
- 27 – Viegas, João Carlos; *Ventilação natural em edifícios de habitação*; LNEC; Lisboa; 2009.
- 28 – Kenny, L. C. et al.; *Field testing of a personal size-selective bioaerosol sampler. Annals of Occupational Hygiene*; Oxford; 1999.
- 29 – Burge, H. A.; Spengler, J. D.; Samet, J. M.; Mccarthy, J. F.; *The fungi in Indoor air quality handbook*; McGraw-Hill; New York; 2004.
- 30 – Sá, Ricardo; *Introdução ao “stress” térmico em ambientes quentes*; Edifícios Saudáveis; Lisboa; 1999.
- 31 – Documentação Interna do HDS; 2011.
- 32 – Albuquerque, P. C.; Gomes, J. F.; Bordado, J. C.; Assessment of exposure to airborne ultrafine particles in the urban environmental of Lisbon, Portugal, Portugal; Aceite para publicação no *Journal of Air and Waste Management Association*, 2012.



Para a realização do trabalho ainda foi consultado o seguinte:

- Piteira, Carlos; *A Qualidade do Ar Interior em Instalações Hospitalares*; Lidel; Lisboa; 2007.
- Gomes, João; *Poluição Atmosférica um manual universitário*; Publindústria; Porto; 2001;
- Frota, Anésia Barros; Schiffer, Sueli Ramos; *Manual de conforto térmico*; 5. ed.; Studio Nobel, São Paulo; 2001.

Sites (pesquisa efetuada entre Agosto de 2011 e Janeiro de 2012):

- Instituto Nacional de Estatística;
- Agência Portuguesa do Ambiente;
- Agência para a Energia;
- Organização Mundial de Saúde;
- US Environmental Protection Agency;
- Observatório Nacional de Doenças Respiratórias;
- Organização Internacional do Trabalho;
- *European Committee for Standardization*;
- *International Organization for Standardization*;
- *International Electrotechnical Commission*;
- *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*
 - <http://www.ashrae.org/publications/page/iaqguide>;
 - <http://www.ashrae.org/technology/page/132>;
 - http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/in/index_e.html;
- *Committee on the Medical Effects of Air Pollutants*;



- Centro de Controlo e Prevenção Hospitalar dos EUA;

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA);

- Associação Brasileira de Normas Técnicas;

- *National Institute for Occupational Safety and Health;*

- *American Conference of Governmental Industrial Hygienists;*

- *International Commission of Radiological Protection;*

- *Health and Safety Executive;*

- *American College of Allergists;*

- *Food and Drug Administration;*

- *Occupational Safety and Health Administration.*