



IPG Politécnico
|da|Guarda
Polytechnic
of Guarda

RELATÓRIO DE PROJETO

Licenciatura em Energia e Ambiente

Fabiana Isabel Saraiva Mendes

dezembro | 2015





Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico da Guarda

RELATÓRIO DE PROJETO

FABIANA ISABEL SARAIVA MENDES

Licenciatura em Energia e Ambiente

Novembro/2015



Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico da Guarda

CONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA

FABIANA ISABEL SARAIVA MENDES

Relatório para a obtenção do grau de licenciada em

Energia e Ambiente

Novembro/2015

Identificação

Nome: Fabiana Isabel Saraiva Mendes

Número de aluno: 1010816

Nacionalidade: Portuguesa

Morada: Bairro do Rio Lote 2- 4º esquerdo, Manteigas

6260-027

E-mail: fabianamendes6@hotmail.com

Estabelecimento de ensino: Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico da Guarda

Morada do estabelecimento: Av. Dr. Francisco Sá Carneiro, 50

6300- 559

Telefone: 271220100

E-mail: ipg@ipg.pt

Professor orientador: Professor Doutor Rui António Pitarma Sabino Cunha Ferreira

Agradecimentos

Neste trabalho está presente toda a dedicação e trabalho depositados na sua realização, mas sem a ajuda de várias pessoas este trabalho não seria possível. Sendo assim, quero agradecer a todas as pessoas que de uma maneira ou de outra me ajudaram na realização deste projeto e que sempre me incentivaram a fazer melhor.

Agradeço principalmente aos meus pais, José António Mendes Massano e Isabel Maria Massano Saraiva por todo o apoio que me deram durante toda a duração do curso e que sempre me apoiaram nas épocas mais difíceis.

Também quero agradecer ao meu professor orientador, Professor Doutor Rui Pitarma, pela sua disponibilidade e apoio que prestou, para ultrapassar as diferentes dificuldades na realização do trabalho.

Resumo

De forma a conseguir-se um ambiente com boa qualidade do ar é necessário ter-se em atenção vários aspetos e todos eles são importantes para evitar problemas de saúde no ser humano, e também, evitar algum desconforto.

Sendo assim, o meu projeto é baseado nesse conforto e nessa segurança que é necessário existir num dos locais onde os estudantes passam mais tempo: a sala de aula.

Este projeto tem por objetivo a caracterização do conforto ambiental em salas de aula, onde será realizada uma pesquisa e enquadramento do tema, incidindo-se nos requisitos e normas vigentes.

De seguida será referido os principais poluentes interiores, as suas fontes e efeitos na saúde.

Por fim, será descrito um sistema automático de medição de vários parâmetros presentes no ar que são essenciais, dentro de certos limites, para uma boa qualidade do ar. Esses parâmetros são, por exemplo: temperatura, dióxido de carbono (CO_2), Monóxido de carbono (CO), etc. Será, ainda proposto, a utilização de um detetor de monóxido de carbono no controlo da poluição do ar.

Abstract

To have an environment with good air quality it's necessary to have in mind various aspects and they are important to avoid health problems and some discomfort.

In this way, my project is based in that confort and security that is necessary to exist in one of the places were the students spend most of there time: in classroom.

This project is about characterization of environmental comfort in classrooms where it will be done some research and framework of the theme, focusing in the existing requirements and standards.

Then, it will be referred the main indoor pollutants, their sources and health effects.

Will be described an automatic system for measuring various parameters that are present in the air wich are essential, within certain limits, to have a good air quality. Those parameters are,for example: temperature, carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), etc.

Also, will be proposed the aplication of one carbon monoxide detector in the control of air pollution.

Índice

IDENTIFICAÇÃO	3
AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABELAS.....	10
ACRÓNIMOS	11
ENQUADRAMENTO.....	12
CAPÍTULO I.....	12
1. CONFORTO TÉRMICO	12
1.1 NORMA ISO 7730/2005	12
1.1.1 <i>Influência dos parâmetros ambientais</i>	13
1.1.2 <i>Influência dos parâmetros individuais</i>	13
1.1.3 <i>Alguns conceitos referentes ao fluxo de calor</i>	14
1.1.4 <i>Índices de conforto térmico</i>	15
1.1.4.1 Índice PMV	15
1.1.4.2 Índice PPD.....	16
1.1.5 <i>Fatores de desconforto</i>	17
1.2 MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO AR.....	18
CAPÍTULO II.....	21
2. VENTILAÇÃO E QUALIDADE DO AR	21
2.1 VENTILAÇÃO.....	21
2.1.1 <i>Ventilação natural</i>	21
2.1.1.1 Ventilação de um só lado	22
2.1.1.2 Ventilação cruzada (varrimento).....	22
2.1.1.3 Ventilação por convecção.....	23
2.1.2 <i>Ventilação forçada/mecânica</i>	24
2.1.3 <i>Caudal mínimo de ar novo</i>	26
2.1.3.1 Método analítico	26
2.1.3.2 Método prescritivo	29
2.2 QUALIDADE DO AR EM EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS.....	32

2.2.1 Método para avaliar a percepção de qualidade do ar.....	32
2.2.2 Contaminantes de ar interior, fontes de contaminação e efeitos na saúde	34
2.2.3 Limiares de proteção e condições de referência	39
CAPÍTULO III.....	41
3.MONITORIZAÇÃO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS	41
3.1 SISTEMA IAQ.....	41
3.2 CONTROLO DA POLUIÇÃO DO AR ATRAVÉS DO MONÓXIDO DE CARBONO	44
CONCLUSÃO.....	45
BIBLIOGRAFIA	46

Índice de figuras

Figura 1 - Valores de met em função do nível de atividade física	14
Figura 2 - Valores de Clo em função do vestuário	14
Figura 3 - Escala PMV	16
Figura 4 - Gráfico de auxílio ao cálculo do PPD.....	16
Figura 5 - Determinação da velocidade do ar em função da temperatura do ar e a intensidade de turbulência	17
Figura 6 - Tubo de Bourdon	18
Figura 7 - Termómetro de mercúrio	18
Figura 8 - Sensor Termopar.....	19
Figura 9 - Sensor RTD	19
Figura 10 - Sensor termístor	20
Figura 11 - Ventilação de um só lado.....	22
Figura 12 - Ventilação cruzada.....	22
Figura 13 - Ventilação por convecção.....	23
Figura 14 - Exemplo de aplicação do amianto	37
Figura 15 - Bactéria da legionella	38
Figura 16 - Sistema de medição automático (Sistema iAQ)	42
Figura 17 - Gráfico referente à humidade do ar	42
Figura 18 - Gráfico referente à temperatura do ar	43
Figura 19 - Gráfico referente à concentração de CO ₂	43

Índice de tabelas

Tabela 1 - Tabela referente aos parâmetros que definem o conforto térmico	12
Tabela 2 - Valor da eficácia para diferentes métodos de ventilação	25
Tabela 3 - Área de DuBois da superfície corporal	27
Tabela 4 - Taxas de metabolismo [met]	28
Tabela 5 - Valor a adicionar à atividade metabólica devido ao metabolismo dos jovens	28
Tabela 6 - Limiar de proteção de CO ₂	29
Tabela 7 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [m ³ / (Hora. Pessoa)].....	30
Tabela 8 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida ao edifício [m ³ / (hora.m ²)]	31
Tabela 9 - Níveis de conforto considerados em função da qualidade do ar desejável	33
Tabela 10 - Nível de poluição (olf) em função da atividade.	33
Tabela 11 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos	39
Tabela 12 - Verificação da conformidade do CO nas situações de excedência de curta duração.....	39
Tabela 13 - Limiares de proteção para compostos orgânicos voláteis específicos a considerar na verificação da conformidade dos COVT's [µg/m ³]	40

Acrónimos

IPG	Instituto Politécnico da Guarda
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
PMV	Predicted Mean vote (Votação Média Previsível)
PPD	Predicted Percentage os Dissatisfied (Percentagem de Pessoas Desconfortáveis)
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
CO ₂	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
COV'S	Compostos Orgânicos Voláteis
COVT's	Compostos Orgânicos Voláteis Totais
IARC	International Agency for Research on Cancer
SCIE	Segurança Contra Incêndio em Edifícios
RTD	Resistance Temperature Detectors
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

Enquadramento

Capítulo I

1. Conforto térmico

1.1 Norma ISO 7730/2005

Segundo a norma ISO 7730 é definido conforto térmico como sendo um “Estado de espírito em que o indivíduo expressa satisfação em relação ao ambiente térmico”.

O conceito de conforto térmico é subjetivo, pois varia de indivíduo para indivíduo. [1]

Este conceito é avaliado a partir de vários parâmetros. (Tab.1)

Tabela 1 - Tabela referente aos parâmetros que definem o conforto térmico

Parâmetros individuais	Parâmetros ambientais
Vestuário	Temperatura
Atividade física	Velocidade do ar
Características fisiológicas (idade, saúde, temperamento, etc.)	Humidade relativa
	Temperatura média radiante
	Concentração de contaminantes (Qualidade do ar)

1.1.1 Influência dos parâmetros ambientais

- Temperatura do ar (T_a): Influência a transmissão de calor por convecção (natural ou mista) e por evaporação;
- Velocidade do ar (V): Influência a perda de calor por convecção forçada ou mista e por evaporação;
- Humidade relativa do ar (H_r): Influência as perdas de calor por evaporação;
- Temperatura média radiante (T_r)^[1]: Influência as trocas de calor por radiação.

[1] – Está relacionada com a radiação emitida pelos elementos presentes na envolvente

1.1.2 Influência dos parâmetros individuais

- Nível de atividade: Representa uma média da produção interna de calor por parte do organismo. Uma pessoa típica tem uma superfície aproximada de 1.8 m^2 e em repouso tem uma geração de calor de cerca de 100 w (58 w/m^2);
- Nível de vestuário: Funciona como uma resistência térmica. A junção de várias peças de roupa corresponde ao somatório das respetivas resistências térmicas. O vestuário típico de um homem (fato, camisa e gravata) corresponde a uma resistência térmica de $0.155 \text{ m}^2\text{C/w}$;
- Características fisiológicas: Trata-se de um parâmetro bastante subjetivo pelo que é complexa a sua contabilização.

1.1.3 Alguns conceitos referentes ao fluxo de calor

- Calor produzido determinado pelo nível de atividade (met)

$$1\text{MET} = 58.15 \text{ w/m}^2$$

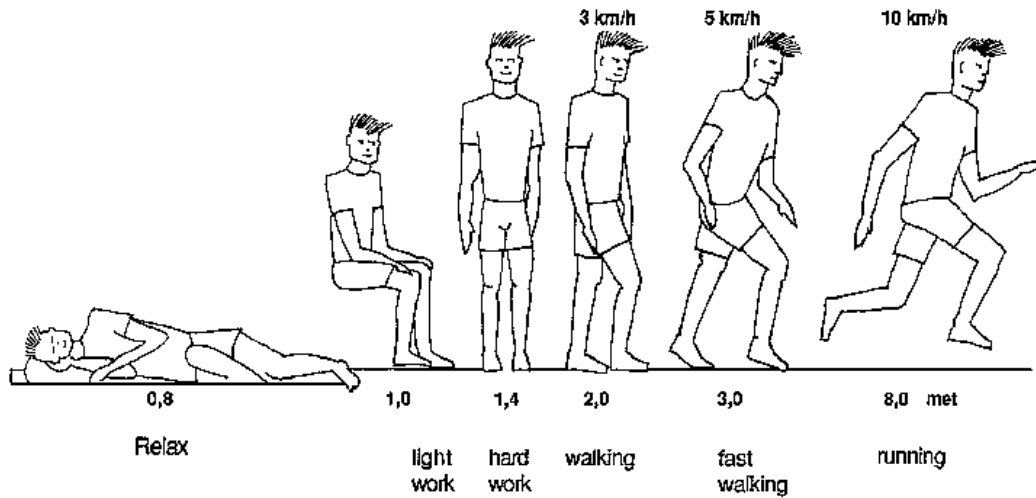


Figura 1 - Valores de met em função do nível de atividade física

Fonte: [21]

- Nível de vestuário determina a resistência térmica à transferência de calor (clo)

$$1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ m}^2\text{C/w}$$

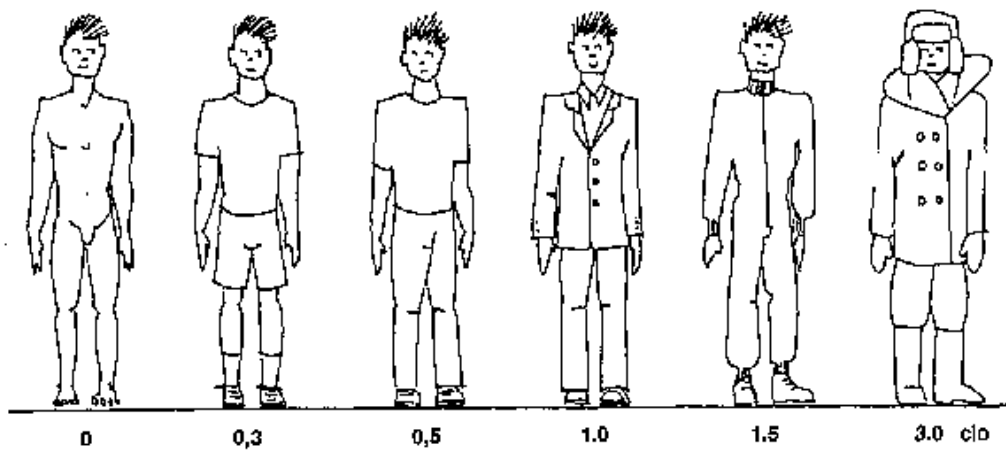


Figura 2 - Valores de Clo em função do vestuário

Fonte: [21]

1.1.4 Índices de conforto térmico

O estabelecimento de índices de conforto tem como objetivo a avaliação do nível de conforto através da utilização de vários parâmetros característicos da sensação térmica.

Os índices de conforto podem ser definidos como:

- Empíricos: Derivam de estudos de carácter estatístico que estabelecem correlações para a resposta humana à variação de parâmetros ambientais.
- Analíticos: São baseados em modelos teóricos, balanço energético ao corpo, validados por modelos experimentais.

[1]

1.1.4.1 Índice PMV

A fórmula referente ao PMV é dada por:

$$PMV = (0.303 \times e^{-0.036M} + 0.028) \times \Delta Q \quad (A)$$

Onde, M - Nível metabólico
 ΔQ - Balanço energético

A norma ISO 7730 admite que os valores do índice PMV, para os quais existe conforto térmico estão compreendidos entre -0.5 a +0.5, sendo valor 0, o valor ótimo.

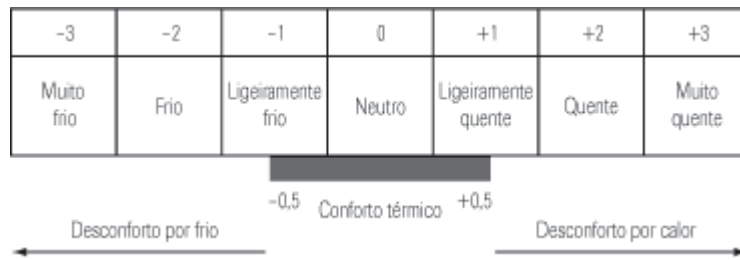


Figura 3 - Escala PMV
Fonte: [2]

1.1.4.2 Índice PPD

O índice PPD prevê a percentagem de pessoas, que no ambiente térmico considerado sentem desconforto térmico (insatisfeitos) e pode ser obtido através da seguinte formula ou através da Fig.4.

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-0.03353M \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2} \quad (B)$$

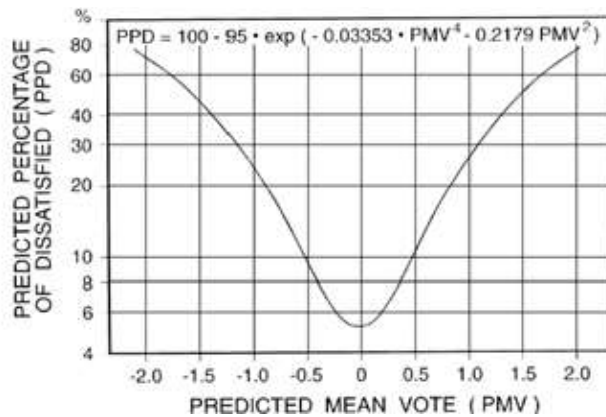


Figura 4 - Gráfico de auxílio ao cálculo do PPD
Fonte: [3]

1.1.5 Fatores de desconforto

- Período de Inverno

Fatores ambientais a ter em conta:

- Durante o arrefecimento localizado as temperaturas estarão compreendidas entre 20°C e 24°C.
- A temperatura vertical, compreendida entre 0,1m e 1,1m (dos tornozelos à cabeça), não deve variar mais que 3°C.
- A temperatura superficial do pavimento deve estar compreendida entre 19°C e 26°C, sendo que na existência de pavimentos radiantes esta temperatura pode ir até 29°C.
- Em relação à velocidade do ar, esta é obtida através do gráfico apresenta na Fig.5.

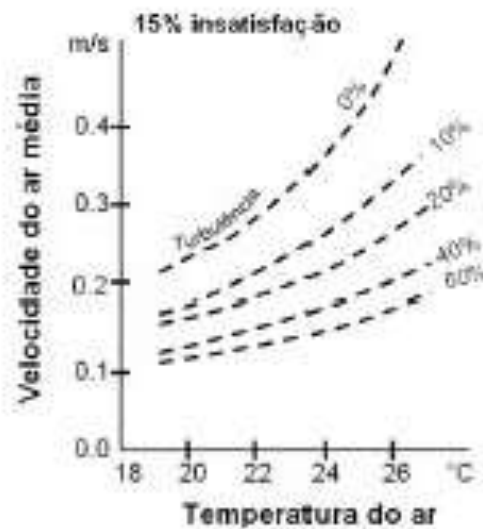


Figura 5 - Determinação da velocidade do ar em função da temperatura do ar e a intensidade de turbulência

Fonte: [3]

De onde se obtém que, para situações de conforto a velocidade do ar no inverno terá de ser inferior a 0,15 m/s

- A assimetria da temperatura radiante de janelas ou outras superfícies frias deverá ser inferior a 10°C em relação a um plano vertical de 0,6m acima do pavimento.
- A assimetria da temperatura radiante em relação a uma superfície quente deverá ser inferior a 5°C em relação a um plano horizontal de 0,6m acima do pavimento.
- A humidade relativa deverá estar compreendida entre 30% e 70%.

- Período de Verão

- a) Durante o arrefecimento localizado as temperaturas estarão compreendidas entre 20°C e 24°C.
- b) A temperatura vertical, compreendida entre 0,1m e 1,1m (dos tornozelos à cabeça), não deve variar mais que 3°C.
- c) Em relação à velocidade do ar, esta é obtida através do gráfico presente na Fig.3 encontrada na pág. anterior. De onde se obtém que, para situações de conforto a velocidade do ar no Verão terá de ser inferior a 0,3 m/s.
- d) A humidade relativa deverá estar compreendida entre 30% e 70%.

1.2 Medição da temperatura do ar

Para a medição da temperatura do ar, existem:

- Termómetros de dilatação

{	Líquidos (ex.: mercúrio, álcool)
	Sólidos (ex.: tubo de Bourdon)



Figura 7 - Termómetro de mercúrio
Fonte: [4]



Figura 6 - Tubo de Bourdon
Fonte: [5]

- Métodos termoelétricos
 - Termopares
 - RTD
 - Termístores

- Termopares

Foram descobertos por acaso em 1822, quando o físico Thomas Seebeck juntou dois metais que geraram uma tensão elétrica em função da temperatura.

Os termopares são dispositivos elétricos e não são caros em relação à função que exercem.

Medem uma vasta gama de temperaturas e podem ser substituídos sem gerar erros relevantes. [6]



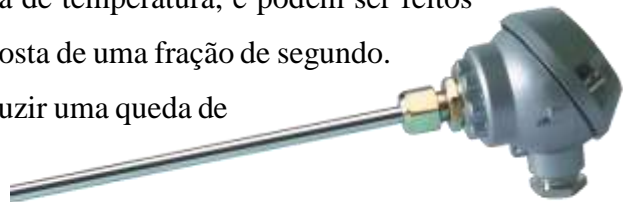
*Figura 8 - Sensor Termopar
Fonte: [7]*

- Sensores RTD

Os sensores RTD são dispositivos construídos com fio enrolado e uma película fina, que trabalham através do princípio físico do coeficiente de temperatura da resistência elétrica dos metais.

São quase lineares sobre uma larga escala de temperatura, e podem ser feitos pequenos o bastante para ter tempos de resposta de uma fração de segundo.

Requerem uma corrente elétrica para produzir uma queda de tensão através do sensor que pode, então, ser mantido por um dispositivo de leitura externa calibrado. [8]



*Figura 9 - Sensor RTD
Fonte: [9]*

- Termístores

Um termístor é um sensor de temperatura capaz de exibir uma grande alteração de resistência proporcional a pequenas alterações de temperatura. Os termístores geralmente apresentam coeficiente de temperatura negativo, o que significa que a resistência do termístor diminui à medida que a temperatura aumenta.

Os termístores são quimicamente estáveis e não são muito afetados pelo envelhecimento. [10]



*Figura 10 - Sensor termístor
Fonte: [11]*

Capítulo II

2. Ventilação e Qualidade do ar

Em média 4 renovações de ar por hora num espaço, fornecem uma circulação de ar adequada, assim como uma dispersão contínua dos poluentes. O excesso de ventilação causa o arrefecimento, não desejado, de algumas partes do corpo humano. A ASHRAE recomenda que a velocidade 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. [12]

2.1 Ventilação

Segundo a Portaria n.º 353-A/2013, decorrente do Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS), é necessário que os edifícios sejam dotados de ventilação por meios naturais, meios mecânicos ou uma combinação de ambos, para que se possa garantir os valores mínimos de ar caudal de ar novo previstos no RECS.

2.1.1 Ventilação natural

A ventilação natural advém das ações naturais do vento e da diferença de temperatura. Este tipo de ventilação permite o escoamento do ar nos espaços interiores do edifício, através de aberturas permanentes ou controláveis.

A ventilação natural pode ser de 3 tipos:

- Ventilação de um só lado;
- Ventilação cruzada (varrimento);
- Ventilação por convecção.

2.1.1.1 Ventilação de um só lado

Na ventilação de um só lado, apenas existe a entrada do ar exterior através de uma entrada presente num dos lados da divisão.

A figura seguinte (Fig.11) ilustra uma situação típica de um escritório com ventilação de apenas um dos lados.



Figura 11 - Ventilação de um só lado
Fonte: [13]

Se a temperatura exterior for muito baixa, as janelas não podem ser deixadas abertas por longos períodos de tempo. Assim, as janelas serão abertas em pequenos períodos de tempo, onde é assegurada a renovação do ar num curto espaço de tempo. [13]

2.1.1.2 Ventilação cruzada (varrimento)

A ventilação cruzada acontece pelo diferencial de pressão provocado pelo vento no edifício. O volume de fluxo de ar (número de trocas) que passa através da estrutura é determinado pelo tamanho das aberturas. [14]

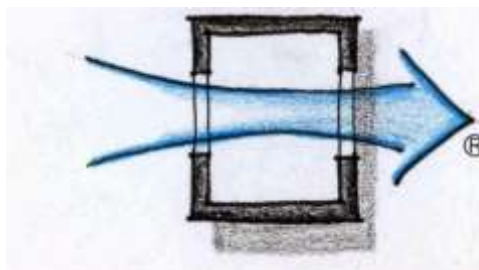


Figura 12 - Ventilação cruzada
Fonte: [14]

2.1.1.3 Ventilação por convecção

Neste tipo de ventilação o ar quente sobe, pois é mais leve do que o ar frio. Quando o ar quente ascende até ao topo do edifício, é criado um pequeno vácuo no nível mais baixo, sugando o ar novo do exterior, criando um fluxo de ar natural. Para existir este tipo de ventilação é necessário existir uma diferença considerável de alturas entre as janelas de saída e de entrada do ar. [13]



*Figura 13 - Ventilação por convecção
Fonte: [13]*

Num edifício onde se pretenda implementar ventilação natural é necessário ter em atenção:

- Localização e orientação do edifício (idealmente, o edifício deverá estar de forma a potenciar a entrada de vento);
- Forma do edifício e dimensões;
- Tipologia de janelas e a sua operabilidade;
- Outro tipo de aberturas (portas, chaminés, etc.);
- Características construtivas e detalhes (infiltrações).

2.1.2 Ventilação forçada/mecânica

Segundo a Portaria n.º 353-A/2013, ventilação mecânica baseia-se na utilização de sistemas e equipamentos que promovem a renovação do ar interior por extração do ar do espaço e/ou insuflação de ar exterior ou de ar tratado numa mistura com ar vindo do exterior.

Deve ser garantida:

- A distribuição homogénea do ar novo em toda a zona ocupada do espaço;
- A existência de sistemas de ventilação apropriados para a renovação do ar interior que garantam o caudal mínimo de ar novo necessário, considerando a eficácia de remoção de poluentes garantida por esse sistema na zona ocupada.

O valor do caudal de ar novo a introduzir no espaço é dado por:

$$Q_{ANf} = \frac{Q_{AN}}{\varepsilon_v} \quad (C)$$

Onde:

Q_{AN} - valor do caudal de ar novo, [m³/h]

Q_{ANf} - valor do caudal de ar novo final corrigido da eficácia, [m³/h]

ε_v - valor de eficácia de remoção de poluentes

A eficácia de remoção de poluentes avalia de que forma um poluente existente no ar interior é removido do compartimento em análise pelo sistema de ventilação.

Na tabela seguinte (Tab.2) é apresentado os valores de eficácia para diferentes métodos de ventilação.

Tabela 2 - Valor da eficácia para diferentes métodos de ventilação

Configuração da distribuição de ar na zona	ϵ_v
Insuflação pelo teto, ar frio	1
Insuflação pelo teto e extração junto ao pavimento, ar quente	1
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto.	0,8
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto, desde que o jato de ar de insuflação, tenha velocidade superior a 0,8 m/s e alcance até 1,4 m do pavimento (nota: para velocidades mais baixas, $\epsilon_v = 0,8$)	1
Insuflação de ar frio junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, desde que o jato de ar de insuflação com uma velocidade de 0,8 m/s, tenha um alcance de 1,4 m ou mais, em relação ao pavimento.	1
Insuflação de ar frio a baixa velocidade junto ao pavimento e extração junto ao teto, numa estratégia de ventilação do tipo deslocamento, proporcione um fluxo unidirecional e estratificação térmica.	1,2
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração junto ao pavimento, no lado oposto do compartimento.	1
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto.	0,7
Admissão natural de ar no lado oposto do compartimento em relação ao ponto de extração/retorno mecânica.	0,8
Admissão natural de ar junto ao ponto de extração/retorno mecânica.	0,5
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, no mesmo lado do compartimento ou em localização próxima.	0,5
Insuflação de ar frio junto ao teto e extração/retorno junto ao pavimento, do mesmo lado do compartimento ou em localização próxima.	0,5

2.1.3 Caudal mínimo de ar novo

O caudal mínimo de ar novo a considerar para um espaço pode ser determinado pelo método analítico ou pelo método prescritivo. [15]

2.1.3.1 Método analítico

O método analítico traduz a evolução temporal da concentração de CO₂ previsível no espaço em função de:

- Ocupação;
- Perfil de ventilação;
- Características físicas dos ocupantes.

O valor de caudal mínimo de ar novo determinado por este método não pode ser inferior ao caudal necessário à diluição da carga poluente (Q_{ANf}), calculado através da equação (A).

A evolução temporal da concentração do CO₂ em ambientes interiores será prevista de acordo com a seguinte expressão:

$$C_{int}(t_i) = C_{ext} + \frac{G_{CO_2}}{Q_{AN}} + \left(C_{int}(t_{i-1}) - C_{ext} - \frac{G_{CO_2}}{Q_{AN}} \right) \cdot e^{-\frac{Q_{AN}}{V} \cdot (t_i - t_{i-1})} \quad (D)$$

Onde:

t – Instante genérico, ou instante final de cada incremento de tempo considerado no cálculo numérico, [h]

$C_{int}(t_i)$ – Concentração de CO₂ no ar interior no instante t_i , [mg/m³] ou [m³/m³]

Q_{AN} – Valor do caudal de ar novo, [m³/h]

C_{ext} – Valor médio típico da concentração do CO₂ no ar exterior para a zona onde se insere o edifício, [mg/m³] ou [m³/m³]

G_{CO_2} – Taxa total de geração de CO₂ no espaço, [mg/h] ou [m³/h]

V – Volume de ar no interior do espaço, [m³]

$C_{int}(t_{i-1})$ – Valor da concentração de CO₂ no ar interior no instante inicial (t_{i-1}) de cada intervalo de tempo considerado no cálculo numérico, [mg/m³] ou [m³/m³]

Para a aplicação do método analítico, o valor da concentração de CO no exterior (C_{ext}) deve corresponder a 702 mg/m^3 , correspondente a 390 ppm à pressão atmosférica normal e a 25°C .

O valor de G_{CO_2} é obtido em função do nível de atividade metabólica, da corpulência e do número de ocupantes do espaço em causa, sendo calculado com as seguintes expressões:

$$G_{CO_2} = (17000 \cdot A_{Du} \cdot M) \cdot N \quad [\text{mg/h}] \quad (\text{E})$$

$$G_{CO_2} = (0,0094 \cdot A_{Du} \cdot M) \cdot N \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{F})$$

Onde:

M- Taxa de metabolismo dos ocupantes [met] (1met= $58,15 \text{ W/m}^2$)

N- Número de ocupantes do espaço

A_{Du} - Área de DuBois da superfície corporal [m^2], dada pela seguinte expressão:

$$A_{Du} = 0,202 \cdot W_b^{0,425} \cdot H_b^{0,725} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{G})$$

Onde:

W_b – Massa corporal típica, [kg]

H_b – Altura típica do corpo humano, [m]

Na ausência de dados (massa corporal típica e altura) podem ser adotados os seguintes valores (Tab.3):

Tabela 3 - Área de DuBois da superfície corporal

Idade dos ocupantes	A_{Du} [m^2]
3 anos	0,65
Até 6 anos	0,80
Até 9 anos	1,10
Até 11 anos	1,30
Até 14 anos	1,60
Até 18 anos e adultos	1,80

Para os valores de atividade metabólica (met) são usados os seguintes valores (Tab.4):

Tabela 4 - Taxas de metabolismo [met]

Tipo de atividade	Tipo de espaço	Taxa de metabolismo dos ocupantes - M (met)
Sono	Quartos, Dormitórios e similares	0,8
Descanso	Salas de repouso, Salas de espera, Salas de conferências, Auditórios e similares, Bibliotecas	1,0
Sedentária	Escritórios, Gabinetes, Salas de aula, Cinemas, Museus e galerias	1,2
	Salas de jardim-de-infância e pré-escolar e salas de creche	
Moderada	Laboratórios, Cafés, Bares, Salas de jogos	1,75 (1,4 a 2,0)
Ligeiramente Alta	Pistas de dança, Ginásios	2,5 (2,0 a 3,0)
Alta	Salas de musculação, Ginásios, pavilhões de desportivos	5,0 (3,0 a 9,0)

Devido ao maior metabolismo dos jovens, é adicionado o valor ΔM da seguinte tabela (Tab.5):

Tabela 5 - Valor a adicionar à atividade metabólica devido ao metabolismo dos jovens

Idade dos ocupantes	ΔM [met]
3 anos	0,19
Até 6 anos	0,14
Até 9 anos	0,09
Até 11 anos	0,07
Até 14 anos	0,05
Até 18 anos e adultos	0,00

Determinação do caudal mínimo de ar novo

No método analítico, o caudal mínimo de ar novo é determinado através do cálculo da concentração média de CO₂ durante o período de tempo em que o espaço está a ser ocupado, onde o caudal de ar novo (Q_{AN}) é ajustado até ser assegurado que não é excedido o limiar de proteção (Tab.6) para a concentração de CO₂. [15]

Tabela 6 - Limiar de proteção de CO₂

Limiar de proteção CO₂	
2250 mg/m ³	1250 ppm

2.1.3.2 Método prescritivo

O método prescritivo baseia-se na determinação dos caudais de ar novo que garantem a diluição da carga poluente devido:

- Aos ocupantes do espaço e em função do tipo de atividade física (atividade metabólica) aí desenvolvida.
- Ao próprio edifício e em função do tipo de materiais usados na construção, nos revestimentos das superfícies e no mobiliário.

Diluição da carga poluente devida aos ocupantes do espaço

Os valores de caudal mínimo de ar novo para diluição da carga poluente devida aos ocupantes são apresentados na seguinte tabela (Tab.7):

Tabela 7 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [m³/ (Hora. Pessoa)]

Tipo de atividade	Exemplo de tipo de espaço	Taxa de metabolismo dos ocupantes - M (met)	Caudal de ar novo [m³/ (Hora. Pessoa)]
Sono	Quartos, Dormitórios e similares	0,8	16
Descanso	Salas de repouso, Salas de espera, Salas de conferências, Auditórios e similares, Bibliotecas	1,0	20
Sedentária	Escritórios, Gabinetes, Salas de aula, Cinemas, Museus e galerias	1,2	24
	Salas de jardim-de-infância e pré-escolar e salas de creche		28
Moderada	Laboratórios, Cafés, Bares, Salas de jogos	1,75 (1,4 a 2,0)	35
Ligeiramente Alta	Pistas de dança, Ginásios	2,5 (2,0 a 3,0)	49
Alta	Salas de musculação, Ginásios, pavilhões de desportivos	5,0 (3,0 a 9,0)	98

[15]

Nota: Os valores apresentados resultam de uma simplificação de uma aplicação do método analítico, onde foram consideradas as condições onde é atingido o regime permanente e uma ocupação do espaço constituída por adultos, com corpulência média (70 kg de peso e 1,70 m de altura, para a qual a área de superfície exterior é de 1,81m²).

Diluição da carga poluente devida aos materiais do edifício e utilização

O valor de caudal mínimo de ar novo do espaço para diluição de carga poluente devido aos materiais do edifício e utilização são apresentados na seguinte tabela (Tab.8):

Tabela 8 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida ao edifício [m³/ (hora.m²)]

Situação do edifício	Caudal de ar novo [m ³ / (hora.m ²)]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos (ex: lavandarias, perfumarias, loja de animais, laboratórios de escolas)	5

[15]

Notas:

- No caso de piscinas, o caudal é calculado com base no valor de 20 m³/ (hora.m²), onde a área de referência será a área do plano da água.
- Para locais onde o tipo de atividade seja “sono” o valor do caudal n deve ser calculado em função da área, sendo calculado unicamente em função da ocupação.
- Quando se verificam valores num espaço onde existe predominantemente (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente, o valor de caudal mínimo de ar novo deve ser de 2 m³/ (hora. m²).

Cálculo do caudal de ar novo de acordo com os materiais do edifício e utilização

$$Q_{AN} = M_{med} \cdot Q_{AN,1\ met} \quad [m^3/\text{pessoa}] \quad (H)$$

Onde:

$Q_{AN, 1\ met}$ – Valor indicado na tabela 5 para o caudal mínimo de ar novo para o nível de atividade metabólica igual a 1.

2.2 Qualidade do ar em edifícios de comércio e serviços

Nos espaços interiores, as fontes associadas aos materiais de construção, de revestimento e de mobiliário, a utilização de produtos de limpeza, a ocupação humana bem como a deficiente ventilação e renovação do ar, são alguns dos contributos para que, tanto o número de poluentes como a sua concentração sejam, em geral, muito mais elevados do que no ar exterior.

A prevenção dos problemas de qualidade do ar interior (QAI) deve ser conseguida através da utilização de regras de boas práticas relativas à ventilação e à higienização dos espaços, bem como a correta implementação dos planos de manutenção dos edifícios, como por exemplo: alterações nos hábitos dos ocupantes, substituição de alguns materiais utilizados na decoração ou de produtos utilizados na limpeza, ou um ajustamento das taxas de ventilação dos espaços interiores. [16]

2.2.1 Método para avaliar a perceção de qualidade do ar

Em 1988 o Prof. Fanger, desenvolveu um método para avaliar a intensidade e a concentração dos contaminantes no ar, considerando que através do olfato, o homem é capaz de detetar a qualidade do ar.

Através deste método surgem duas novas unidades:

- O “olf” para quantificar o valor da concentração emitida pela fonte poluente e,
- O “decipol” para quantificar o grau de perceção da qualidade do ar detetada pelo homem.

1 “olf” é a quantidade de poluição emitida por uma pessoa padrão em atividade sedentária, com um nível equivalente de higiene de 0,7 banhos por dia e cuja pele tem uma área total de 1,8 metros quadrados e se sente termicamente neutra.

1 “decipol” é a perceção da qualidade do ar num espaço com uma carga sensorial de 1 “olf” quando é ventilado por um caudal de 10 l/s de ar limpo. [1]

Tabela 9 - Níveis de conforto considerados em função da qualidade do ar desejável

Nível de qualidade	% de insatisfeitos	decipol	l/s p	m ³ /h p
A	10	0,6	16,7	60,1
B	20	1,4	7,1	25,6
C	30	2,5	4,0	14,4

[1]

Tabela 10 - Nível de poluição (olf) em função da atividade.

Nível de atividade	olf
Pessoa sentada (1 met)	1
Pessoa em atividade (4 met)	5
Pessoa em grande atividade (6 met)	11
Fumador (a fumar)	25
Fumador (média)	6

[1]

2.2.2 Contaminantes de ar interior, fontes de contaminação e efeitos na saúde

- Dióxido de carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é um gás incolor e inodoro. É um asfixiante simples e resulta do metabolismo humano. A única fonte importante de emissão de CO₂ em interiores, é a ocupação humana.

A concentração no interior depende do caudal de ventilação e das fontes de contaminação interiores (nº de ocupantes).

Em edifícios com deficiente ventilação o nível de dióxido de carbono aumenta continuamente e com ele aumentam os níveis de todos os poluentes que se geram constantemente no interior, resultantes da atividade humana, do equipamento existente e dos próprios materiais de construção. [17]

- Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono é um gás, incolor, inodoro, não irritante e extremamente tóxico. Este, é produzido durante a combustão incompleta dos compostos de carbono.

Encontra-se presente nos gases de escape dos automóveis, nos fumos industriais, nos gases caloríferos, etc.

Ao inalar este gás, ainda que em poucas quantidades, há uma proporção de hemoglobina circulante que não é capaz de transportar oxigénio devido a formação de carboxihemoglobina (COHb).

Como fontes de contaminação pelo monóxido de carbono no interior de edifícios, temos por exemplo:

- Proximidade de estacionamento automóvel;
- Existência de aquecedores a gás (não ventilados);
- Fumo do tabaco.

Na ausência de fontes de contaminação, as concentrações de monóxido de carbono no interior são em regra inferiores às do exterior. [17]

- Compostos orgânicos voláteis totais (COVT's)

Os compostos orgânicos voláteis são um extenso grupo de compostos que se volatilizam para o ar à temperatura ambiente.

Estes estão entre os principais contaminantes do interior e são emitidos por materiais de construção e acabamentos, mobiliário, material de escritório, perfumes, produtos de limpeza, etc.

A libertação de compostos orgânicos voláteis pode dar origem a odores irritantes considerados pelos ocupantes, como inaceitáveis.

Os odores podem causar: dores de cabeça, náuseas, irritação das vias respiratórias e secura dos olhos, nariz e garganta.

Elevadas concentrações de COVT's devem-se, geralmente, a uma deficiente renovação do ar interior com o ar fresco e “limpo” proveniente do exterior. [17]

- Formaldeído

O formaldeído é o aldeído mais comum no ambiente.

Este composto foi classificado no Grupo A1 pela IARC como um agente carcinogénico para o ser humano. É um irritante das vias respiratórias superiores e dos olhos.

As principais fontes de contaminação do ar interior por formaldeído são os aglomerados de madeira, as resinas, as espumas utilizadas como isolantes, mobiliário de madeira, pavimentos e revestimentos, colas, o fumo de tabaco, etc.

As emissões deste composto, tendem a decrescer com o tempo, embora aumentem em condições de elevadas temperaturas e humidades, que originam maiores concentrações no verão.

Exposições a concentrações elevadas deste agente, no interior, estão geralmente associadas a queixas de dores de cabeça, fadiga e enjoos. [17]

- Radão

O radão é um gás de origem natural, radioativo, cujos átomos se desintegram originando outros elementos também radioativos, causando todos eles exposição do homem às radiações ionizantes. Este gás é inodoro, incolor e insípido, não sendo detetável pelos nossos sentidos.

Em áreas interiores confinadas, baixos caudais de renovação do ar podem originar um aumento do radão para concentrações milhares de vezes superiores observadas no exterior.

A entrada de radão numa habitação dá-se preferencialmente pelas zonas de contacto com a superfície do terreno.

Os valores mais elevados encontram-se em casas situadas em regiões graníticas. Os distritos mais críticos são: Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu, Castelo Branco e Portalegre. [17]

- Amianto

O amianto é o termo genérico utilizado para designar vários tipos de silicatos naturais de magnésio e/ou ferro que apresentam formas fibrosas.

Pode dividir-se em fibras muito finas (microscópicas) que quando inaladas provocam a longo prazo (15 a 20 anos após a primeira exposição), vários tipos de doença: asbestose, cancro do pulmão e mesotelioma (cancro da pleura ou do peritoneu).

No interior de edifícios o risco de exposição a fibras de amianto poderá existir, se o material que o contém for quebradiço, estiver degradado ou em casos de manutenção ou remoção do mesmo. [17]



Figura 14 - Exemplo de aplicação do amianto

Fonte : [18]

- Contaminação microbiológica (bactérias e vírus)

Os microrganismos são formas importantes de contaminação biológica ao ar interior.

As bactérias e o vírus são normalmente trazidos para o ambiente interior por hospedeiros humanos que constituem o seu maior reservatório e podem ser transmitidos interpessoalmente. Uma das formas mais eficazes de reduzir essa transmissão é manter uma ventilação eficaz, aliada a processos de manutenção dos sistemas de ventilação que impeçam a sua permanência no ambiente.

Há vários fatores que interferem nas concentrações de microrganismos encontrados no ar interior dos quais se destaca: a atividade, o número de ocupantes e a existência de fontes de contaminação.

Uma das fontes de contaminação são as alcatifas, que servem como reservatórios. No caso de as condições de humidade serem adequadas, podem mesmo servir como um meio de cultura facilitando a multiplicação dos fungos (bolores) e bactérias.

Os vasos com plantas naturais e a presença de materiais com infiltrações são, também considerados potenciais fontes de contaminação.

A ocorrência de infecção provocada por microrganismos ambientais depende da capacidade do agente infeccioso em provocar doença num hospedeiro sensível.

Como exemplo de infecções relacionadas com a qualidade do ar interior é a Doença do Legionário ou febre de Pontiac, ambas causadas pela *Legionella pneumophyla*, bactéria que pode multiplicar-se em reservatórios de água no interior e entrar em contacto com os seres humanos caso a referida água seja aerossolizada. [17]

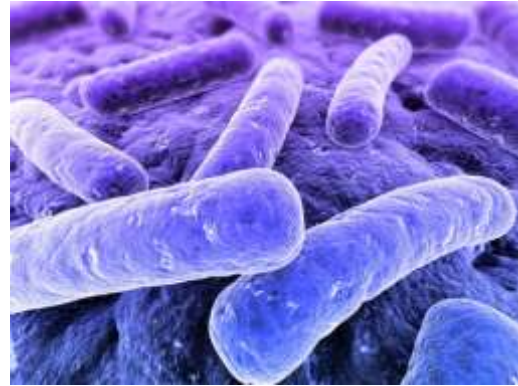


Figura 15 - Bactéria da legionella

Fonte: [19]

2.2.3 Limiares de proteção e condições de referência

Os limiares de proteção para os poluentes físico-químicos são os previstos na seguinte tabela (Tab.11):

Tabela 11 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos

Poluentes	Unidade	Limiar de proteção	Margem de tolerância (MT) [%]
Partículas em suspensão (fração PM ₁₀)	[µg/m ³]	50	100
Partículas em suspensão (fração PM _{2,5})	[µg/m ³]	25	100
COVT's	[µg/m ³]	600	100
Monóxido de carbono (CO)	[mg/m ³]	10	-
	[ppmv]	9	
Formaldeído (CH ₂ O)	[µg/m ³]	100	-
	[ppmv]	0,08	
Dióxido de carbono (CO ₂)	[mg/m ³]	2250	30
	[ppmv]	1250	
Radão	[Bq/m ³]	400	-

[15]

Para os parâmetros CO e COVT's, se as concentrações medidas forem superiores aos limiares de proteção, a verificação da conformidade deve ser realizada com base nos critérios específicos a seguir indicados:

- No caso do CO, a verificação simultânea de todas as condições são descritas na seguinte tabela (Tab.12):

Tabela 12 - Verificação da conformidade do CO nas situações de excedência de curta duração

Condição	Média temporal
[CO] _{med} < 100 [mg/m ³] (90 ppm)	15 min
[CO] _{med} ≤ 35 [mg/m ³] (30 ppm)	1 h
[CO] _{med} ≤ 10 [mg/m ³] (9 ppm)	8 h
[CO] _{med} ≤ 7 [mg/m ³] (6 ppm)	24 h

- No caso de COVT's, devem ser avaliados diferentes compostos e a sua verificação de que se encontram em concentrações inferiores aos limiares de proteção. Esses valores são apresentados na seguinte tabela (Tab.13):

Tabela 13 - Limiares de proteção para compostos orgânicos voláteis específicos a considerar na verificação da conformidade dos COVT's [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Poluentes	Limiar de proteção [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Benzeno	5
Tricloroetileno	25
Tolueno	250
Estireno	260
Tetracloroetileno	250

[15]

Capítulo III

3. Monitorização de parâmetros ambientais

3.1 Sistema iAQ

De forma a ser verificada a existência de uma boa qualidade do ar é necessário realizarem-se medições de vários parâmetros para que estes se encontrem dentro dos seus limites de modo a ter-se uma boa qualidade do ar.

Deste modo, e no âmbito de um projeto de investigação do laboratório de Climatização e Ambiente, coordenado pelo professor Rui Pitarma, foi desenvolvido um sistema de medição automático, denominado sistema iAQ.

Os parâmetros analisados são:

- Humidade do ar;
- Temperatura do ar;
- Concentração de CO₂;
- Concentração de CO;
- Luminosidade;

O sistema de medição regista valores, ao longo do tempo e em tempo real, das medições realizadas nas salas monitorizadas. Os valores medidos por este sistema são transmitidos para uma plataforma Web, onde é possível verificar-se alguma anormalidade relativa à qualidade do ar na respetiva sala de aula onde se encontra o sistema.

A calibração deste sistema é realizada através de outros aparelhos de medição, mas já calibrados, podendo-se comparar os valores desses aparelhos com os valores fornecidos pelo sistema automático e assim permitindo o seu ajuste.

Na figura seguinte é possível visualizar o sistema desenvolvido, constituído por diversos módulos, a colocar nas diversas salas a monitorizar (Fig.16).

Cada módulo é constituído por 5 sensores:

- Sensor de Humidade;
- Sensor de Temperatura;
- Sensor de Dióxido de Carbono;
- Sensor de Monóxido de carbono;
- Sensor de Luminosidade;



Figura 16 - Sistema de medição automático (Sistema iAQ)

Fonte: Própria

De seguida, apresentam-se os gráficos que são observados na plataforma Web referentes aos vários parâmetros ambientais monitorizados.

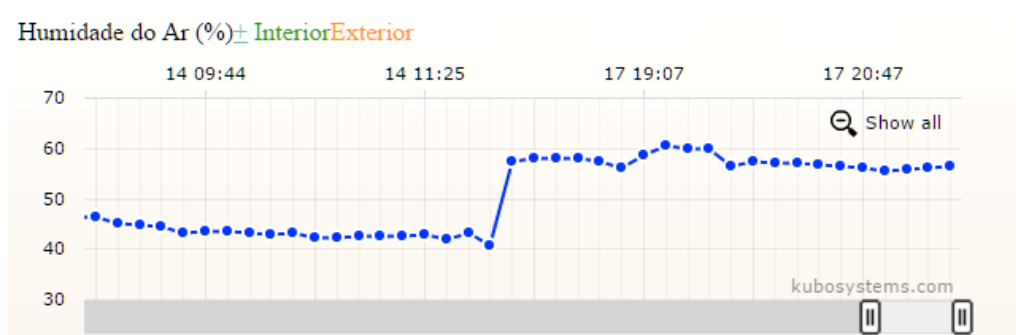


Figura 17 - Gráfico referente à humidade do ar

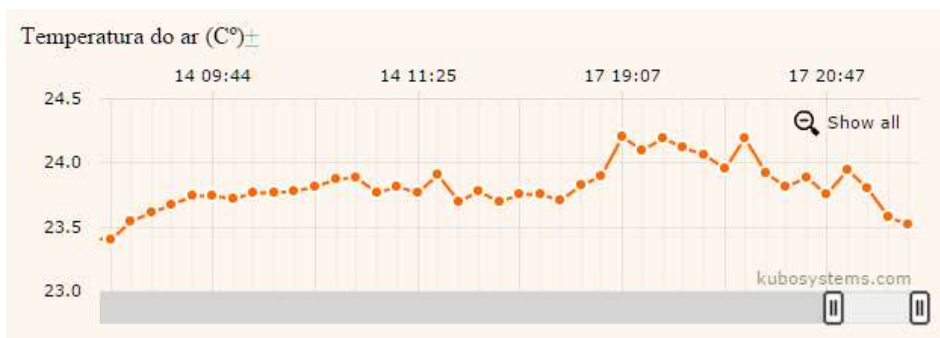


Figura 18 - Gráfico referente à temperatura do ar

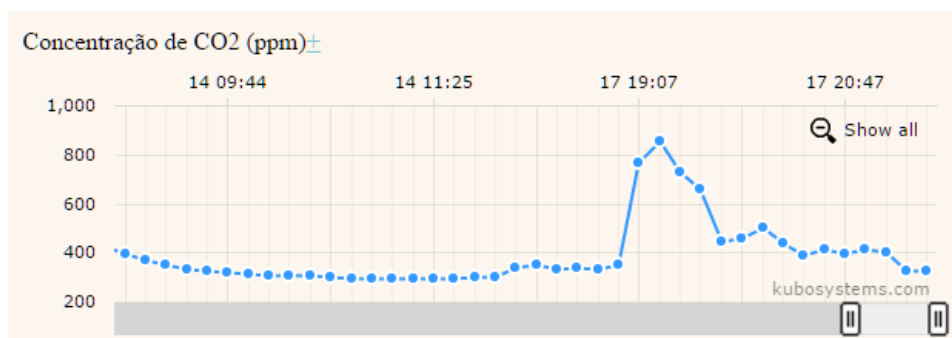


Figura 19 - Gráfico referente à concentração de CO₂

Através da observação dos gráficos pode-se concluir que o sistema está a funcionar corretamente, dado que regista as várias alterações dos parâmetros medidos no ambiente interior.

Como o sistema iAQ regista valores de monóxido de carbono, e com as respetivas condições impostas pela portaria n.º 1532/2008, ele poderá ser aplicado como detetor de monóxido de carbono no âmbito do controlo da poluição do ar.

3.2 Controlo da poluição do ar através do Monóxido de Carbono

É reconhecido que, o causador de mortes num incêndio são os gases tóxicos que são libertados durante o processo de combustão, sendo o monóxido de carbono (CO) o responsável por cerca de 80% das mortes. [20]

Sendo assim, a portaria n.º 1532/2008, que apresenta o Regulamento técnico de segurança contra incêndio em edifícios, no seu artigo 180º, presente no capítulo VIII referente ao controlo da poluição do ar, refere que o sistema de controlo da poluição do ar deve dispor de:

- a) Sistema automático de deteção de monóxido de carbono, cujos detetores devem ser instalados a uma altura de 1,5 m do pavimento e distribuídos uniformemente de modo a cobrir áreas inferiores a 400 m² por cada detetor;
- b) Alimentação do sistema de deteção de CO e alarme através de uma fonte local de energia, capaz de garantir o funcionamento do sistema por um período não inferior a 60 minutos em caso de falha de energia da rede;
- c) Instalação de ventilação, por meios passivos ou ativos.

Nota importante: Nos locais onde se preveja a emissão de gases poluentes distintos do monóxido de carbono, cabe à entidade responsável pelo projeto ou pela exploração do local, alertar para o facto e propor a fixação de limites de teor máximo admissíveis.

O teor de monóxido de carbono existente no ar não deve exceder 50 ppm durante 8 horas, nem 200 ppm em valores instantâneos.

Quando atingida a concentração de 200 ppm, as pessoas devem ser avisadas através de um alarme ótico e acústico que indique: “atmosfera saturada – CO” junto às entradas do espaço em questão, por cima das portas de acesso.

Conclusão

A qualidade do ar interior é um tema que muitas vezes é desvalorizado, mas é necessário dar uma certa importância a este tema e não só apenas à qualidade do ar exterior, pois as pessoas passam a maior parte do tempo em ambientes interiores e, no caso em estudo, em salas de aula.

A QAI é importante ser abordada para que se conheçam boas práticas a tomar em ambientes interiores prevenindo possíveis problemas de saúde, temporários ou não.

Neste caso é interessante falar-se de QAI em salas de aula pois nem sempre nos encontramos a ter aulas nas melhores condições.

Para obter mais informação acerca deste tema, realizei este projeto, onde aprendi que existe a possibilidade de melhorar o ambiente em salas de aula, usando por exemplo, o sistema automático de medição, desenvolvido no IPG.

Uma das maiores dificuldades que encontrei na realização deste projeto foi, o facto de no início, ter um tema “aberto” para desenvolver. Este facto constituiu um grande desafio, dado ser completamente distinto das outras Unidades curriculares.

Com a realização deste projeto pude constatar a relevância da temática da QAI e o reduzido conhecimento que a generalidade das pessoas tem sobre o assunto. Neste quadro, torna-se fundamental uma maior sensibilização para o problema.

Bibliografia

- [1]:Apontamentos facultados pelo Docente Rui Pitarma sobre Qualidade de Ambiente de Interiores, 2015 (consultado desde 14/05/2015 até 06/11/2015)
- [2]:Documento sobre conforto térmico:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132009000300006
(consultado em: 14/05/2015)
- [3]:Norma ISO 7730 (consultado em: 14/05/2015)
- [4]:Termómetro de mercúrio
<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1150&evento=6>
(consultado em: 3/09/2015)
- [5]:Tubo de bourdon: http://www.wika.com.br/112_28_132_28_pt_br.WIKA
(consultado em: 3/09/2015)
- [6]:Site sobre termopares: <http://www.ecil.com.br/temperatura-industrial/termopares/>
(consultado em: 1/10/2015)
- [7]:Termopar: <http://www.suggestkeyword.com/dGVybW9wYXI/> (consultado em: 3/09/2015)
- [8]:Site sobre sensores RTD: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1075-sensores-trmicos-sensores-trmicos-rtd-e-termopares-parte-2> (consultado em: 1/10/2015)
- [9]:Sensor RTD
https://www.tcdirect.co.uk/Default.aspx?level=2&department_id=230/43 (consultado em: 3/09/2015)
- [10]: Site sobre termístores: <https://br.omega.com/prodinfo/termistores.html> (consultado em: 1/10/2015)
- [11]:Sensor termístor: <http://www.hitacs.com/en/electronics/633-sensor-termistor-lineal-10-mv-c-to-92-3.html> (consultado em: 3/09/2015)
- [12] Guia técnico: Qualidade do ar em espaços interiores, ambiente:
http://www.apambiente.pt/zdata/Divulgacao/Publicacoes/Guias%20e%20Manuais/manual%20QArInt_standard.pdf (consultado em: 9/09/2015)
- [13]:Ventilação natural: http://www.petaproj.pt/claraboias_vent_principios.html
(consultado em: 9/09/2015)
- [14]:Ventilação cruzada: <http://150.162.76.139/aplicacao/27/> (consultado em: 9/09/2015)

- [15]:Portaria n.º 353-A/2013 (consultado em: 10/9/2015)
- [16]:Qualidade do ar interior (APA):
<http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=319> (consultado em: 21/09/2015)
- [17]:Proença,C. & Cano, M (2010). Ventilação e qualidade do ar interior. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (consultado em: 21/09/2015)
- [18]: Artigo sobre amianto: <http://www.rcmpharma.com/actualidade/saude/31-01-14/funcionarios-publicos-de-edificio-com-amianto-alarmados-com-casos-de-canc> (consultado em: 22/09/2015)
- [19]: Artigo sobre *legionella* : http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id_news=744217 (consultado em: 22/09/2015)
- [20]:Site sobre efeitos dos incêndios na saúde do trabalhador:
<http://www.cursossegurancadotrabalho.net/2013/09/Efeitos-do-incendio-e-do-fogo-na-saude-do-trabalhador.html> (consultado em: 2/10/2015)
- [21]:Site sobre qualidade do ar interior (met e clo): <http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0envl--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HASH7fb3fd71d302d3efdf64e.3.4&x=1> (consultado em:14/11/2015)