

Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene e Ocupacionais



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Tese submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do
Porto para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de
Segurança e Higiene Ocupacionais

Estudo de variáveis ambientais e relação com o tempo de reacção no open-space da autarquia do Porto

Mário Ruben Macedo Teixeira

Porto, Outubro de 2010

Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais



ESTUDO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E RELAÇÃO COM O TEMPO DE REACÇÃO NO OPEN-SPACE DA AUTARQUIA DO PORTO

Mário Ruben Macedo Teixeira

Outubro de 2010

Orientador:

Professor Alberto Sérgio de Sá Rodrigues Miguel

Co-orientador:

Professor João Manuel Abreu dos Santos Baptista

Presidente do Júri

Agradecimentos

Apesar de a dissertação ser um trabalho individual, há o contributo de várias pessoas que é necessário realçar pela sua ajuda de forma directa ou indirecta. Queria desde já prestar-lhes o devido agradecimento:

Ao orientador do projecto, Professor Alberto Sérgio de Sá Rodrigues Miguel por toda a disponibilidade, amizade, orientação científica e apoio na realização do projecto.

Ao co-orientador do projecto, Professor João Manuel Abreu Santos Baptista por toda a disponibilidade, amizade, orientação científica e apoio na realização do projecto.

À Engenheira Laurinda Fernanda Santos, Técnica Superior de Segurança e Higiene no Trabalho da Câmara Municipal do Porto, pelo apoio prestado e pelo tempo despendido.

À Câmara Municipal do Porto pela cedência das respectivas instalações, viabilizando assim o projecto.

À minha irmã, pela leitura da dissertação e verificação dos erros.

À Engenheira Jacqueline Silva por todo apoio na realização do projecto.

À minha família pelo apoio e pela paciência que tiveram nos piores momentos na realização do projecto.

Resumo

Esta dissertação partiu de uma necessidade de alargar conhecimentos numa matéria pouco desenvolvida.

O presente trabalho teve como objectivo geral avaliar as condições de conforto nos *open-space*, analisar a evolução do tempo de reacção dos trabalhadores ao longo do dia e da semana e averiguar se existia uma relação entre a mesma e os parâmetros ambientais, nomeadamente o ruído, o ambiente térmico e as grandezas luminotécnicas. Por fim, foi realizada uma despistagem de partículas e gases, dos quais se destacam oxigénio, dióxido de azoto e monóxido de carbono. Depois de realizadas as medições aos parâmetros referidos anteriormente, pode-se constatar que os parâmetros do ambiente térmico estão de acordo com as normas e a legislação portuguesa, excepto a humidade relativa que está abaixo do aconselhado no final da semana. O ruído está abaixo dos valores limite de exposição. A iluminação na maioria dos postos de trabalho nas piores condições de iluminância está abaixo do 500 lux. Para os gases as concentrações medidas situam-se abaixo dos valores limite de exposição de acordo com a norma portuguesa NP-1796:2007 e a legislação portuguesa. Quanto ao tempo de reacção foram analisados vários parâmetros estatísticos relativos ao tempo de reacção dos trabalhadores ao longo do dia e da semana, e não foi possível relaciona-los com os factores físicos e químicos, nomeadamente, ambiente térmico, gases, poeiras e de condições de iluminação, nem tão pouco relaciona-los com factores biológicos, tais como hábitos alimentares, horas de sono e doença pois não existem padrões comportamentais fixos em todos os trabalhadores. Deve contudo, salientar-se que há uma tendência de descida do tempo de reacção ao longo da semana.

Palavras-chave: open-space, ruído, gases, poeiras, tempo de reacção, ambiente térmico, condições de iluminância

Abstract

This dissertation starts with a need to broaden knowledge on a subject undeveloped.

The present study aimed at evaluating the comfort conditions of comfort conditions in open-spaces, analyse the evolution of the reaction time of workers throughout the day and week and see if there was a relationship between it and the environmental parameters including noise, thermal environment and the lighting conditions. Finally, screening of particles and gases among which are oxygen, nitrogen dioxide and carbon monoxide. After the completion of these measurements, one can see that the parameters of the thermal environment are consistent with the standards and Portuguese law except that the relative humidity is below the recommended value end of the week. The noise is below the exposure limits. The lighting in most places in the worst conditions of illuminance in the state of cloudy days and this blinds closed below the 500 lux. For gases, the measured concentrations are below the exposure limits according to Portuguese law and the standard NP 1796/2007. Concerning workers reaction time were analysed several statistical parameters of the reaction time of workers throughout the day and week it was not possible to relate them with physical and chemical factors, including thermal environment, gases, dust, lighting, or relate them to biological factors like food habits, sleep hours and disease, because there are no fixed patterns of behavior in all employees. There is however a tendency to decrease the reaction time during the week.

Key-words: Open-space, noise, gas, dust, reaction time, thermal environment, lighting conditions

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
SIGLAS ABREVIATURAS E UNIDADES.....	XXI
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJECTIVOS, METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA TESE	2
2.1 Objectivos	2
2.2 Metodologia	2
2.3 Estruturação da tese	3
3 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	4
4 ESTADO DE ARTE	7
4.1 Enquadramento Legal da Administração local	7
4.1.1 Segurança e Higiene no trabalho CMP	8
4.1.2 Actividades do tipo administrativo	8
4.2 Ruído.....	9
4.2.1 Anatomia e fisiologia da audição	11
4.2.2 Características espectrais.....	12
4.2.3 Nível sonoro	14
4.2.4 Consequências do ruído para o ser humano	14
4.2.5 Legislação em vigor e Normalização	15
4.3 Ambiente térmico	15
4.3.1 Mecanismo de regulação térmica.....	16
4.3.2 Variáveis climáticas que influenciam o conforto térmico.....	17
4.3.3 Índices de conforto térmico.....	18
4.3.4 Índice PMV/PPD.....	18
4.3.5 Índice WBGT	22
4.3.6 Consequências do stress térmico no corpo humano.....	24
4.3.7 Legislação em vigor e Normalização	26

4.4	Iluminação	27
4.4.1	Anatomia da visão	28
4.4.2	Conceito de iluminação	29
4.4.3	Sistemas para a iluminação artificial	31
4.4.4	Tipos de lâmpadas	32
4.4.5	Legislação em vigor e Normalização	33
4.5	Ar interior	34
4.5.1	A importância do ar	36
4.5.2	Anatomia e fisiologia do sistema respiratório	38
4.5.3	Contaminação química	39
4.5.4	Gases	40
4.5.4.1	Principais poluentes presentes em ambientes internos e suas fontes	40
4.5.4.2	Efeitos dos gases no homem	43
4.5.5	Partículas	45
4.5.5.1	Tipo de Partículas	47
4.5.5.2	Efeitos das partículas no homem	47
4.5.6	Valor limites de exposição	48
4.5.6.1	VLE para gases	51
4.5.6.2	VLE para partículas	51
4.5.6.3	VLE para contaminantes Biológicos.....	52
4.6	Sistema nervoso	53
4.6.1	Divisões do sistema nervoso	53
4.6.2	Velocidade de reacção.....	55
4.6.2.1	Resposta pré-motora	55
4.6.2.2	Resposta motora.....	56
4.6.3	Tempo de reacção.....	56
4.6.4	Factores que influenciam o tempo de reacção	57
4.6.5	Fadiga.....	57
4.6.6	Envelhecimento.....	58

5	RECOLHA DE DADOS	59
5.1	Seleção do local de medição	59
5.2	Equipamentos utilizados	60
5.2.1	Ambiente térmico	60
5.2.2	Ruído	60
5.2.3	Gases	61
5.2.4	Poeiras	62
5.2.5	Iluminação	63
5.2.6	Tempo de reacção.....	64
6	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	65
6.1	Ambiente térmico	65
6.1.1	Humidade relativa	66
6.1.2	Velocidade do ar.....	68
6.1.3	PMV/ PPD.....	69
6.1.4	WBGT	70
6.2	Ruído.....	71
6.2.1	Análise espectral do ruído	71
6.3	Gases.....	75
6.3.1	Monóxido de Carbono (CO)	75
6.3.2	Dióxido de Azoto (NO ₂)	78
6.3.3	Oxigénio (O ₂)	80
6.4	Poeiras.....	82
6.4.1	PM ₁₀	82
6.5	Iluminação	83
6.5.1	Dia nublado com estores fechados	83
6.5.1.1	Posto de trabalhador junto as janelas	84
6.5.1.2	Posto de trabalho afastado das janelas	85
6.5.2	Dia Nublado com estores abertos.....	87
6.5.2.1	Posto de trabalhador junto as janelas	88
6.5.2.2	Posto de trabalho afastado das janelas	88

6.5.3	Dia de céu limpo com estores abertos	90
6.5.3.1	Posto de trabalhador junto as janelas	91
6.5.3.2	Posto de trabalho afastado das janelas	91
6.6	Tempo de reacção	93
6.6.1	Ajuste linear	97
6.6.2	Tempo médio de reacção.....	98
6.6.3	Desvio padrão.....	99
6.6.4	Mediana.....	100
6.6.5	Mínimos	101
6.6.6	Máximos.....	102
6.6.7	Relação do tempo de reacção médio com os máximos e mínimos	103
7	CONCLUSÕES	105
8	PRESPECTIVAS FUTURAS.....	107
	BIBLIOGRAFIA	109
	ANEXOS	113

Índice de Tabelas

Tabela.1. Plano de trabalho	2
Tabela.2. Índices de sinistralidade na CM Porto (municipais 2009).....	8
Tabela.3. Metabolismo de acordo com a actividade adaptado (Águas 2001; Trebien, Mendes et al. 2007)	21
Tabela.4. Resistência térmica do vestuário adaptado (Águas 2001; Trebien, Mendes et al. 2007).....	21
Tabela.5. Relação entre índices PMV e PPD e respectiva sensação térmica Águas 2001; Trebien, Mendes et al. 2007).....	22
Tabela.6. Valores de referência do WBGT em relação ao metabolismo usado no ISO 7243 (Castelo 2009)	23
Tabela.7. Tipos de transtornos e os seus efeitos a altos níveis de calor ambiental adaptado (Lopes 2007)	24
Tabela.8. Características luminotécnicas de acordo com a lâmpada (Arminio 2009)	32
Tabela.9. Distribuição dos agentes relacionados à qualidade do ar interior (NIOSH 1987).....	35
Tabela.10. Composição do ar seco (ASHRAE 1999)	36
Tabela.11. Efeitos da concentração de O ₂ (Verani 2003).....	37
Tabela.12. Principais compostos orgânicos voláteis no ambiente interno (Reeve 1994)	40
Tabela.13. Níveis de carboxi-hemoglobina e feitos relacionados à saúde (EPA 1994)	41
Tabela.14. Níveis de concentração máximos para o CO ₂ na qualidade de ar interior (NIOSH 1987)	42
Tabela.15. Efeitos do Ozono na saúde (Agencia Portuguesa do Ambiente).....	44
Tabela.16. Valores limites de exposição dos principais contaminantes químicos dentro dos edifícios (NP 1796/2007) / (RSECE 2006)	51
Tabela.17. Valores limites de exposição para as partículas (NP/1796/2007 e RSECE)	52
Tabela.18. Valor limites de exposição para parâmetros biológicos (RSECE)	52
Tabela.19. Valores médios para o TRS na modalidade visual e auditiva em milésimos de segundo (adaptado de Tavares, 1991)	57
Tabela.20. Dados obtidos do gráfico da velocidade do ar (m/s) ao longo da semana.	68

Tabela.21.Parâmetros de análise espectral do ruído para o dia 10 de Maio das 08:30 as 16:30	72
Tabela.22.Parâmetros de análise espectral do ruído para o dia 12 de Maio das 08:30 as 16:30	73
Tabela.23.Parâmetros de análise espectral do ruído para o dia 13 de Maio das 08:30 as 16:30	74
Tabela.24.Concentração de CO de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 as 16:30	75
Tabela.25.Concentração de CO de 1 a 5 de Março das 8:30 as 16:30	76
Tabela.26.Cálculo usada para a apreciação dos valores de exposição profissional do CO. (NP EN 689 2008)	77
Tabela.27.Concentração de NO ₂ de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 as 16:30	78
Tabela.28.Concentração de NO ₂ de 1 a 5 de Março das 8:30 as 16:30	79
Tabela.29.Cálculo usado para apreciação dos valores de exposição profissional do NO ₂ (NP EN 689 2008)	80
Tabela.30.Dados obtidos da variação da concentração de PM ₁₀ (mg/m ³)	82
Tabela.31.Parâmetros de iluminância medidos no dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores fechados	83
Tabela.32 Parâmetros de iluminância medidos no dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores abertos	87
Tabela.33.Parâmetros de iluminância medidos no dia 12 de Fevereiro com o dia com céu limpo e estores abertos	90
Tabela 34 Dados do trabalhador e respectivo cálculo do IMC para cada trabalhador	94
Tabela 35 Escala de Índice de massa corporal	94
Tabela 36 Resultados do inquérito realizado aos trabalhadores	95
Tabela 37 Exemplo de amostragem de 15 tentativas para o trabalhador 1 a hora das 9:30 às 10:00 no dia 8 de Fevereiro	96

Índice de figuras

Fig.1. N° de colaboradores por grupo profissional (Municipais CMP 2009).....	4
Fig.2. N° de colaboradores por faixa etária(Municipais CMP 2009)	4
Fig.3. Imagem por satélite do edifício da CM do Porto (Google maps)	5
Fig.4. Edifício da CM do Porto (autor)	5
Fig.5. Imagem ilustrativa do departamento de DMSI (autor)	6
Fig.6. Limiares de audição do ouvido humano (Arezes, et al, 2009).....	9
Fig.7. Escala de valores de nível de pressão sonora (Arezes, et al., 2009)	10
Fig.8. Ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno (Seeley, Stephens et al. 2003)	11
Fig.9. Efeito das ondas Sonoras nas Estruturas Cocleares (Seeley, Stephens et al. 2003).....	12
Fig.10. Imagem ilustrativa de uma onda sonora (autor).....	12
Fig.11. Pedaco de pele que possui as terminações nervosas livres. (Seeley, Stephens et al. 2003).....	16
Fig.12. Valores para a sensação térmica (Basto 2007).....	19
Fig.13. Área corporal em função da altura e do peso(Águas 2001)	20
Fig.14. Percentagem previsível de insatisfeitos (PPD) em função do voto médio previsível (PMV) (ISO 7730:2005).....	22
Fig.15. Estrutura ocular (Seeley, Stephens et al. 2003).....	28
Fig.16. Espectro electromagnético mostrando as bandas de comprimento de onda correspondente a luz visível. (Seeley, Stephens et al. 2003).....	29
Fig.17. Esquema ilustrativo da intensidade luminosa (Arminio 2009)	30
Fig.18. Esquema ilustrativo da iluminância (sigried 2008).....	30
Fig.19. Esquema ilustrativo de luminancia (Arminio 2009)	31
Fig.20. Esquema ilustrativo dos vários tipos de reflexão (Bartololomeu 2003)	31
Fig.21. Esquema de um processo de climatização (Basto 2007).....	36
Fig.22. Aparelho respiratório (Seeley, Stephens et al. 2003)	38
Fig.23. Pulmões e s alvéolos (Seeley, Stephens et al. 2003).....	38

Fig.24. Trocas gasosas ao nível dos alvéolos (Seeley, Stephens et al. 2003).....	39
Fig.25.Afinidade do CO a hemoglobina(Prevention 2010).....	41
Fig.26. Fontes do Nitrogénio e dióxido de Azoto(Carmo and Prado 1999).....	42
Fig.27.Fracções inalavel, torácica e respiráveis expressas como percentagem de partículas totais em suspensão no ar. (Miguel 2010)	47
Fig.28. Recepção do estímulo e o seu percurso ate a medula espinal. (Seeley, Stephens et al. 2003)	54
Fig.29. Estimulação do músculo a partir da espinal medula. (Seeley, Stephens et al. 2003).....	54
Fig.30.Planta do local onde foram realizados as medições (autor)	59
Fig.31.Imagem ilustrativa do BABUC (autor)	60
Fig.32.Imagem ilustrativa do Sonómetro - SOLO (Manual do Sonómetro	61
Fig.33.Imagem ilustrativa do QRAE Plus, (manual do QRAE Plus).....	61
Fig.34.Imagem ilustrativa do DustTrak TM , (manual do Digital Luxmeter)	62
Fig.35.Imagem ilustrativa de um Digital Luxímetro (manual do Digital Luxmeter).63	
Fig.36.Imagem ilustrativa de um equipamento de tempo de reacção (autor)	64
Fig.37. Gráfico da variação da humidade relativa de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30	66
Fig.38.Gráfico da variação da temperatura de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30...67	
Fig.39. Gráfico da variação da velocidade do ar de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30.....	68
Fig.40. Gráfico da variação do PPD de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30	69
Fig.41.Gráfico da variação da PMV de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30	70
Fig.42. Gráfico da variação do WBGT int de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30....	70
Fig.43.Análise espectral do ruído no open-space no dia 10 de Maio das 08:30 às 16:30.....	71
Fig.44.Análise espectral do ruído no open-space no dia 12 de Maio das 08:30 às 16:30.....	72
Fig.45.Análise espectral do ruído no open-space no dia 13 de Maio das 08:30 às 16:30.....	73
Fig.46 Gráfico da variação do CO de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30	75

Fig.47.Gráfico da variação do CO de 1 a 5 de Março das 8:30 às 16:30	76
Fig.48. Gráfico da variação do NO ₂ de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30	78
Fig.49 Gráfico da variação do NO ₂ de 1 a 5 de Março das 8:30 às 16:30	79
Fig.50.Gráfico da variação do O ₂ de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30.....	80
Fig.51. Gráfico da variação do O ₂ de 1 a 5 de Março das 8:30 às 16:30.....	81
Fig.52.Gráfico da Variação das PM ₁₀ de 1 a 3 de Março entre as 08:30 às 16:30.....	82
Fig.53.Variação da iluminância nos 46 postos de trabalho dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores fechados	84
Fig.54.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia nublado com os estores fechados	85
Fig.55. Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 45 afastado das janelas, num dia nublado com os estores fechados	85
Fig.56.% de lugares com iluminância superior a 500 lux num dia com céu nublado e com estores fechados.....	86
Fig.57.Variação da iluminância nos 46 postos de trabalho dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores fechados	87
Fig.58.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia nublado com os estores abertos.....	88
Fig.59.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 45 afastado das janelas, num dia nublado com os estores fechados	89
Fig.60.% de lugares com iluminância superior a 500 lux num dia com céu nublado e com estores abertos	89
Fig.61.Variação da iluminância nos 46 postos de trabalho dia 12 de Fevereiro com o dia de céu limpo e estores abertos.....	90
Fig.62.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia com céu limpo e com os estores abertos	91
Fig.63.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia com céu limpo e com os estores abertos	92
Fig.64.% de lugares com iluminância superior a 500 lux num dia com céu limpo e com estores abertos	92
Fig.65. Variação do tempo de reacção na amostragem para 15 tentativas para todos os trabalhadores.....	97
Fig.66.Variação da média ao longo dos dias da semana de todos trabalhadores na semana.....	98

Fig.67.Variação do desvio padrão ao longo dos dias da semana de todos trabalhadores na semana de 8 a 13 de Fevereiro	99
Fig.68.Variação do desvio padrão ao longo dos dias da semana do trabalhador M1 na semana de 8 a 13 de Fevereiro	100
Fig.69.Variação do mínimos ao longo dos dias da semana do trabalhador M1 na semana de 8 a 13 de Fevereiro	101
Fig.70 Variação dos máximos ao longo dos dias da semana de todos os trabalhador na semana de 8 a 13 de Fevereiro	102
Fig.71.Variação da diferença entre os máximos e mínimos e a média ao longo da semana dos trabalhadores.....	103
Fig.72.Variação da diferença entre os máximos e mínimos e a média ao longo da semana dos trabalhadores sem um trabalhador	104

Siglas Abreviaturas e Unidades

Sigla	Significado
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CEC	Commission of the European Communities
CAS	Chemical Abstract Service Registry Number
Clo	Isolamento do vestuário
DNA	Acido desoxirribonucleico
E	Iluminância
GEP	Gabinete de Estratégia e Planeamento
I	Intensidade luminosa
IBE	Índice de exposição a agentes biológicos
ICT	Índice de carga térmica
ISO	Organização Internacional de Normalização
L	Luminância
$L_{Aeq,T}$	Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado
$LEX_{(8h)}$	Nível de exposição equivalente a 8 horas
L_p	Nível de Pressão sonora
M	Energia de metabolismo
M_r	Massa molecular relativa
NIOSH	National Institute for Occupational Safety
NP	Norma Portuguesa
OMS	Organização Mundial de Saúde
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PI	Partículas inaláveis
PMV	Voto Médio Previsível

PM ₁₀	Partículas inaláveis, de diâmetro inferior a 10 micrómetros (µm)
PM _{2,5}	Partículas torácicas, de diâmetro inferior a 2,5 micrómetros (µm)
PPD	Percentagem Previsível de Insatisfeitos
PPM	Partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar, por volume
PT	Partículas torácicas
PR	Partículas respiráveis
Arn	Acido ribonucleico
SNA	Sistema nervoso autónomo
SNC	Sistema nervoso simples
SNP	Sistema nervoso periférico
SWreq	Índice de sudação necessária
TE	Temperatura efectiva
TEC	Índice de temperatura efectiva corrigida
TRI	Tracto respiratório inferior
TRS	Tracto respiratório superior
USOSHA	United States Occupational Health and Safety administration
VLE	Valor limite de exposição
VLE-CD	Valor limite de exposição – curta duração
CLE-CM	Valor limite de exposição - Concentração máxima
VLE-MP	Valor limite de exposição – Média Ponderada
VLE-PI	Valor limite de exposição para partículas inaláveis
VLE-PR	Valor limite de exposição para partículas respiráveis
VLE-PT	Valor limite de exposição para partículas torácicas
WBGT	Índice de temperatura húmida e do globo

1 INTRODUÇÃO

O modelo de *open space* foi iniciada em 1914, por Harrison Owen. Este definiu-o como uma tecnologia para a abordagem de reuniões, conferências, eventos e cimeiras com um objectivo específico, ou tarefa, mas sem uma ordem formal, para além do objectivo geral ou temática. Este sofreu uma evolução ao longo dos anos, e actualmente é usado em empresas como ambiente de trabalho.

O ambiente de trabalho *open-space* teve como fim melhorar a comunicação e a relação entre colegas de trabalho, eliminar barreiras físicas entre os diferentes níveis de organização e proporcionar um melhor ambiente de trabalho. Para além disso, pode contribuir para o aumento da produtividade e para a rentabilização do espaço de trabalho. Contudo, trabalhar num open-space pode levar a que as pessoas fiquem mais tempo a trabalhar, para não serem vistos pelos colegas a ir embora, o que significaria uma vigilância “não oficial” dos empregados

Embora haja poucos estudos relativos ao comportamento das pessoas ao longo do dia ou da semana num open-space, é possível que a nível psicológico, pode tornar-se num lugar bastante crítico.

O número reduzido de estudos sobre este tipo de ambiente de trabalho levou-nos a equacionar algumas questões.

Trabalhar num open-space é, muitas vezes, sinónimo de ruído, interrupções constantes e dificuldade de concentração.

Outro problema associado aos open-space consiste em adequar a iluminação ao trabalho a realizar.

Foram realizadas medições aos seguintes parâmetros:

- Ambiente térmico;

- Iluminância

- Qualidade do ar interior, nomeadamente CO proveniente da ventilação, e partículas em suspensão, designadamente respiráveis.

.

2 OBJECTIVOS, METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA TESE

2.1 Objectivos

Este trabalho teve, como principal objectivo, avaliar condições de conforto nos open space e analisar a evolução do tempo de reacção dos trabalhadores ao longo do dia e da semana. Averiguando posteriormente, se existe uma relação entre esse tempo de reacção e os parâmetros ambientais, nomeadamente ruído, ambiente térmico e grandezas luminotécnicas. Paralelamente foi levada a cabo uma despistagem de partículas e gases.

2.2 Metodologia

Este trabalho teve a duração de 6 meses. Foi elaborado de acordo com o seguinte plano de trabalhos:

Descrição		Mês						
		1	2	3	4	5	6	7
Fases da metodologia	Revisão bibliográfica							
	Análise da legislação e normalização							
	Visita do local							
	Realização das medições							
	Tratamento dos dados das medições							
	Análise dos resultados							
	Conclusões e desenvolvimentos futuros							
	Redacção e finalização da tese.							

Mês 1 - Janeiro de 2010 Mês 7 - Julho de 2010

Tabela.1. Plano de trabalho

Revisão bibliográfica - Esta fase tem como objectivo realizar uma pesquisa de informação sobre as variáveis de estudo e o enquadramento legal da actividade em questão.

Análise da legislação e da normalização – Necessária para conhecer as várias metodologias para as medições a realizar.

Visita do local – Visa conhecer o local de estudo, para que as medições sejam realizadas de uma forma correcta.

Realização das medições – Consiste na utilização de equipamentos para a caracterização das variáveis de estudo.

Tratamento dos dados - Consiste na compilação dos dados de todas as medições

Análise dos resultados – Baseia-se no estudo dos resultados das medições.

Conclusões – Dizem respeito a cada uma das temáticas analisadas.

Desenvolvimentos futuros -São apresentados alguns dos possíveis desenvolvimentos de trabalhos futuros.

2.3 Estruturação da tese

O trabalho foi dividido em oito capítulos. No primeiro é feita a introdução da tese, apresentado um estudo da relevância do tema e a justificação para a realização do trabalho.

No segundo capítulo do trabalho apresentam-se os objectivos, metodologias adoptadas e a estruturação da dissertação.

No terceiro capítulo é caracterizado o local de estudo.

O quarto capítulo expõe-se uma pesquisa bibliográfica, sobre o ruído, ambiente térmico, iluminação, gases, poeiras e tempo de reacção.

O quinto capítulo diz respeito a recolha dos dados das medições realizadas no local de estudo.

O sexto capítulo apresenta os respectivos dados

No sétimo capítulo são discutidos os resultados obtidos.

Por fim no oitavo capítulo, as conclusões a partir da análise dos resultados, bem como, as recomendações para trabalhos futuros.

3 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A Câmara Municipal do Porto (CMP) possui um efectivo de 2865, dos quais 95% possui vínculo à função pública. A média de idades é de 43 anos sendo, 41% são do sexo feminino e 59% do sexo masculino. A taxa de colaboradores com formação superior é aproximadamente de 20%, com 9ºano ou superior de 63%, e com habilitação inferior ao 9ºano de 37%.

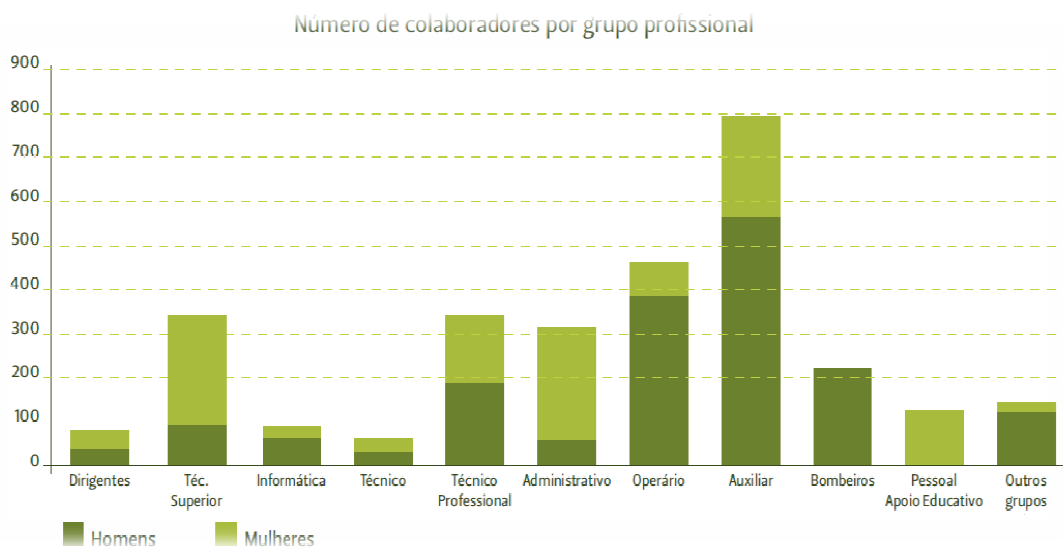


Fig.1. N° de colaboradores por grupo profissional (Municipais CMP 2009)

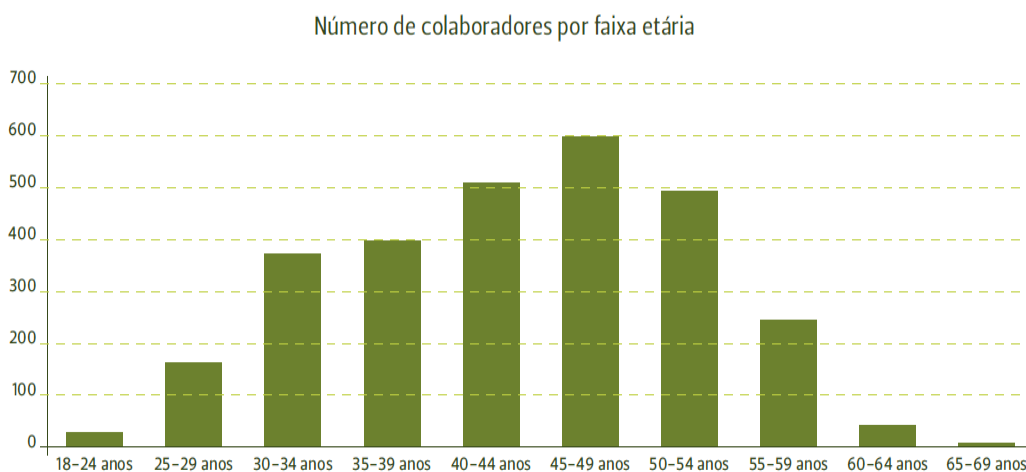


Fig.2. N° de colaboradores por faixa etária(Municipais CMP 2009)

O edifício, que foi objecto de estudo, pertence à CMP e situa-se na Avenida dos Aliados em frente à Praça do General Humberto Delgado e ao lado do edifício principal do Município.



Fig.3. Imagem por satélite do edifício da CM do Porto (Google maps)



Fig.4. Edifício da CM do Porto (autor)

O edifício possui 4 pisos e na cave tem um parque de estacionamento, onde os funcionários da câmara estacionam os seus veículos. No rés-do-chão existem três entradas, uma para os correios municipais, outra para o gabinete do munícipe e ainda outra para os funcionários que trabalham no edifício.

O 1º, 2º e 3º pisos, albergam vários departamentos e o 4º a Direcção Municipal de Sistemas de Informação (DMSI), onde estão instalados os Departamentos de Tecnologias de Comunicação e Desenvolvimento de Aplicações, figura 5.



Fig.5. Imagem ilustrativa do departamento de DMSI (autor)

Estes departamentos compreendem 39 colaboradores responsáveis pela parte informática da CMP. Constituída por vários especialistas de informática, técnicos superiores de informática e um empregado de escritório. Possui 43 computadores, 45 cadeiras, e 10 janelas viradas para Oeste, onde incide a luz da parte da tarde.

O horário destes colaboradores é muito flexível, podendo iniciar o seu trabalho até às 10h da manhã, sair para almoçar às 12.30 e regressar às 14.30, terminando o dia de trabalho às 16.30.

4 ESTADO DE ARTE

4.1 Enquadramento Legal da Administração local

O enquadramento legal das autarquias traduz-se pela Lei nº 169/99 de 18 de Setembro que estabelece o quadro de competências, assim como o regime jurídico de funcionamento, dos órgãos dos municípios e das freguesias.

As autarquias são órgãos da Administração Local às quais compete zelar pelos interesses públicos, comuns e específicos das populações respectivas. Assim, de acordo com o Decreto-Lei 100/84 de 29 de Março, para além da administração dos bens próprios sob a sua jurisdição, a Câmara Municipal tem responsabilidades directas no que diz respeito ao desenvolvimento da cidade, abastecimento público, salubridade pública e ao saneamento básico, saúde, ambiente e protecção civil.

Para concretizar estes objectivos a Câmara Municipal está organizada em Direcções de Serviços que, por sua vez, se dividem em repartições com Secções Específicas.

Os princípios gerais que visam promover a segurança, higiene e saúde no trabalho encontram-se na lei 102/2009 de 10 de Setembro, que regulamenta o regime jurídico da saúde no trabalho, de acordo com o previsto no artigo 284º do Código do Trabalho, no que respeita à promoção de segurança e prevenção. A lei transpõe para a ordem jurídica interna a directiva nº 89/391/CEE, do Conselho, de 12 de Junho, relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho, alterada pela Directiva nº 2007/30/CE, do Conselho, de 20 de Junho. Esta aplica-se a todos os ramos de actividade, nos sectores privados ou cooperativo e social.

Relativamente aos locais de trabalho, a Portaria nº 987/93, que estabelece as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho, faz referência à iluminação, às necessidades de remoção de ar, à temperatura e humidade e às áreas mínimas por trabalhadores.

4.1.1 Segurança e Higiene no trabalho CMP

O gabinete de Segurança e Higiene no Trabalho da CMP tem como função promover a segurança no local de trabalho, e para isso elabora cartas de risco e fichas de procedimento de segurança. Procede à análise dos acidentes, com o objectivo de identificar as causas, e implementar as medidas preventivas e correctivas adequadas.

Em 2008, verificou-se uma redução dos dias perdidos por doença, comprovados por atestado médico, em cerca de 10%

Registaram 277 acidentes com baixa. Os índices de sinistralidade, no ano de 2007 estão na tabela 2.

Tabela.2. Índices de sinistralidade na CM Porto (municipais 2009)

Índices de sinistralidade	2008	2007	Variação (%)
Frequência	50	57	-12,1
Incidência	88	91	-3,6
Gravidade	2.014	2.153	-6,5

4.1.2 Actividades do tipo administrativo

As actividades administrativas são as mais frequentes e em maior número nas Câmaras Municipais tendo, como objectivo, promover a articulação dos diferentes serviços municipais, de forma a garantir a execução da estratégia municipal, e contribuir para a prestação de um serviço de qualidade aos clientes, internos e externos. Garantem também o desenvolvimento profissional e pessoal dos recursos humanos, com níveis elevados de desempenho, envolvimento e co-responsabilização, através de políticas concertadas de optimização dos recursos financeiros e materiais.

4.2 Ruído

O som é simultaneamente, um evento físico e uma representação psicofísica.

É um evento físico porque se propaga de uma forma mecânica através de um meio sólido, líquido ou gasoso. É uma representação psicofísica dado o estímulo físico captado e processado pelo seu órgão auditivo.

Há eventos físicos que não ocasionam uma sensação auditiva porque, devido às suas características - nomeadamente espectrais, se situam fora da gama de sensibilidade do órgão auditivo, sendo portanto inaudíveis (Ferreira and Salema, 2003).

O ruído, do ponto de vista físico, pode definir-se como a vibração mecânica estatisticamente aleatória de um modo elástico. Do ponto de vista acústico e fisiológico produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa. (Miguel, 2010)

Segundo o Livro Verde da União Europeia para a Futura Política, relativa ao ruído, citada por Arezes, estima-se que cerca de 80 milhões de pessoas na UE (nomeadamente 20% da população) estejam expostas a níveis de pressão sonora inaceitáveis, originando vários efeitos adversos na saúde.

A unidade de pressão sonora é o decibel, dB, que pode ser definido pela razão logarítmica entre a pressão sonora verificada e o valor de referência.

A escala de valores de nível de pressão sonora varia entre 0 dB (limiar da audição) e 130 dB (limiar da dor). A capacidade auditiva humana apresenta valores diversos, em média, pode-se afirmar que o ouvido capta sons desde 20Hz até aos 20000Hz, figura.6.

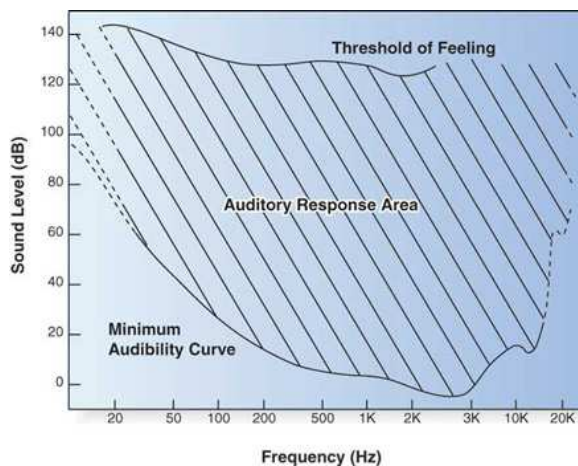


Fig.6. Limiares de audição do ouvido humano (Arezes, et al, 2009)

A percepção do ruído depende das pessoas, dos momentos e dos locais, sendo difícil determinar objectivamente o incómodo que tem sobre as pessoas. A figura 7 representa uma escala, em dB, abrangendo várias situações do quotidiano.



Fig.7. Escala de valores de nível de pressão sonora (Arezes, et al., 2009)

Pode-se verificar que, entre 0 e os 50 dB, o ambiente ocupacional é considerado repousante, mas à medida que a pressão sonora aumenta uma eventual exposição pode tornar-se dolorosa.

4.2.1 Anatomia e fisiologia da audição

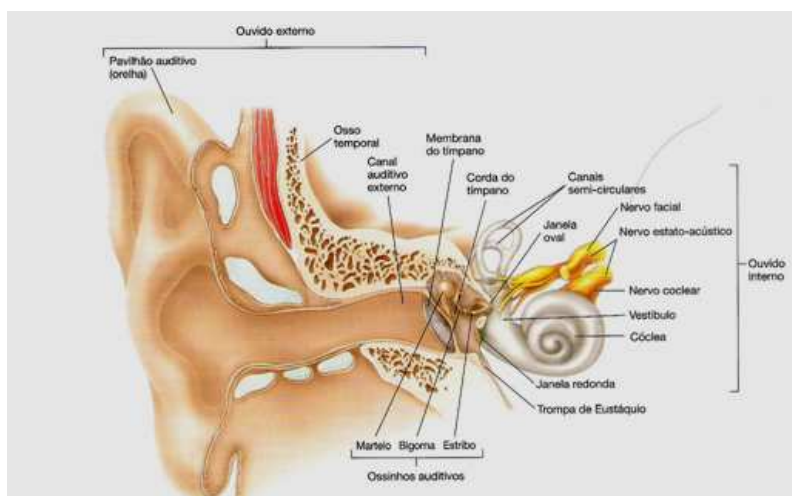


Fig.8. Ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno (Seeley, Stephens et al. 2003)

O sistema auditivo figura 8, divide-se em 3 estruturas: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.

O ouvido externo é constituído pela (orelha) e pelo canal auditivo externo, que é separado do ouvido médio pela membrana do tímpano. As ondas sonoras que atingem o tímpano fazem-na vibrar.

O ouvido médio contém três ossículos: o martelo, a bigorna e o estribo, que transmitem vibrações do tímpano para a janela oval.

O ouvido interno possui canais ósseos no seu interior, que se denominam por labirinto ósseo, e divide-se em três regiões: cóclea, vestibulo e canais semicirculares. O vestibulo e os canais semicirculares estão principalmente ligados ao equilíbrio e a cóclea está envolvida na audição. O labirinto membranoso da cóclea divide-se em três partes: a rampa vestibular, a rampa timpânica e o canal coclear. (Seeley, Stephens et al. 2003)

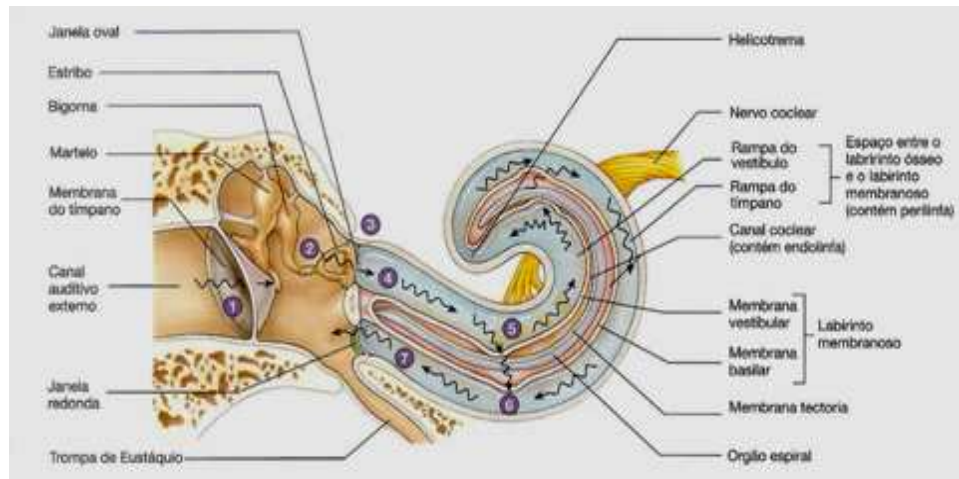


Fig.9. Efeito das ondas Sonoras nas Estruturas Cocleares (Seeley, Stephens et al. 2003)

As ondas sonoras, figura 9, chocam com a membrana do tímpano, fazendo-a vibrar, e transmitindo estas vibrações aos ossículos do ouvido médio. A vibração do estribo provoca a vibração da perilinfa na rampa vestibular, ocasionando a deslocação da membrana basilar. As ondas curtas (altas frequências) levam a deslocação da membrana basilar até perto da janela oval enquanto as mais longas (baixas frequências) levam a deslocação da membrana a alguma distância da janela oval.

4.2.2 Características espectrais

Do ponto de vista sonoro uma onda sonora tem várias características específicas, que as distingue das outras, figura 10.

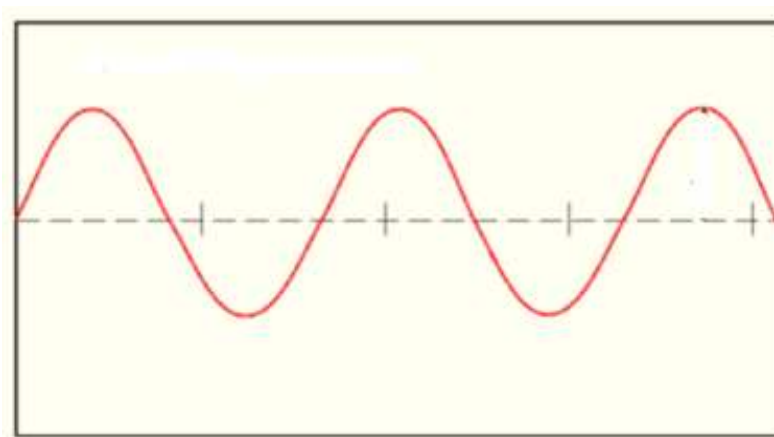


Fig.10. Imagem ilustrativa de uma onda sonora (autor)

A frequência define-se como o número de flutuações num dado período de tempo. Equação.1

$$f = \frac{1}{T}$$

Equação 1

Sendo:

f - frequência (Hertz)

T- Período (s)

O comprimento de onda é a distância entre valores repetidos num padrão de onda (λ). Equação 2

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Equação 2

Sendo:

c - velocidade do som no ar = 343 m/s a 20 °C (68 °F);

f - frequência da onda (Hz).

O período pode ser definido como o intervalo mínimo de tempo em que um padrão de vibração se repete num certo ponto no espaço (s). Equação 3

$$T = \frac{1}{f}$$

Equação 3

Sendo:

f - frequência de onda 1/s (Hz)

T – período (s)

A velocidade de uma onda por ser definida como a velocidade com que a onda se propaga (m/s). Equação 4

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Equação 4

Sendo:

v - velocidade de onda (m/s)

λ = Comprimento de uma onda sonora ou onda electromagnética;

T – Período

4.2.3 Nível sonoro

A pressão sonora expressa-se em newton por metro quadrado (N.m^{-2}) ou pascal. (Arezes 2002)

De acordo com a NP 1730-1 (“Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos”-1996) o nível de pressão sonora, L_p é dado pela seguinte expressão, equação 5.

$$L_p = \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

P - Valor eficaz da pressão sonora (Pa)

P_0 - valor eficaz da pressão sonora de referência (2×10^{-5})

Assim sendo, segundo a norma ISO 1999:1981 o nível de pressão equivalente ponderado A, $L_{Aeq,T}$, é expresso pela seguinte equação 6:

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \text{Equação 6}$$

Sendo $t_2 - t_1$, o intervalo que se pretende estabelecer um valor médio, assim o nível de exposição pessoal diária, $L_{EP,d}$, calcula-se do seguinte modo, equação 7:

$$L_{EP,d} = L_{Aeq,T_e} + 10 \times \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \quad \text{Equação 7}$$

T_e representa a duração efectiva do tempo de exposição diário, ao ruído L_{Aeq} e T_0 a duração de 8 horas.

4.2.4 Consequências do ruído para o ser humano

O ruído excessivo prejudica gravemente a saúde e interfere com as actividades diárias das pessoas, quer laboral, quer de lazer.

Os principais riscos para a saúde identificados pela (OMS) são:

- Dor e fadiga auditiva
- Incómodo
- Interferências com o comportamento social (agressividade, protesto e impotência)
- Interferência com a falta de comunicação

- Perturbações do sono e todas as suas consequências ao longo e a curto prazo
- Respostas hormonais (stress) e possíveis consequências no metabolismo humano (nutrição) e no sistema imunitário
- Desempenho no trabalho

A exposição, prolongada ou frequente, a um ruído intenso pode causar a degenerescência do órgão espiral na base da cóclea, produzindo perdas auditivas significativas, sobretudo nas altas frequências.

A música a um nível superior a 120 dB (A), pode diminuir a audibilidade, que pode não ser detectável em diagnósticos de rotina, mas ao longo do tempo, vai diminuir a sensibilidade a certas de frequências. (Seeley, Stephens et al. 2003)

4.2.5 Legislação em vigor e Normalização

O aumento da importância do ruído e dos seus efeitos na saúde, levou à publicação da Directiva nº 2003/10/CE de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído. Este diploma foi transposto para a ordem jurídica interna através do Decreto-lei nº 182/2006 de 6 de Setembro, que entre outras disposições define novos valores limite de exposição.

Existe uma série de normas publicadas que particularizam com maior pormenor as especificações técnicas e alguns procedimentos previstos na legislação.

4.3 Ambiente térmico

O funcionamento correcto dos organismos vivos depende do seu relacionamento com o ambiente externo. O homem é um ser homeotérmico, ou seja, o seu organismo é mantido a uma temperatura interna, de aproximadamente, 37°C, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para a sobrevivência, em estado de enfermidade. (Ikefuti and Amorim 2002)

O organismo dos seres homeotérmicos pode ser comparado a uma máquina térmica. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reacções químicas internas em que o carbono é introduzido no organismo pelos alimentos e o

oxigénio extraído pela respiração. Este processo é denominado por metabolismo. O organismo adquire cerca de 20% dessa energia, a qual transformada em potência de trabalho.

Termodinamicamente falando, a “máquina humana” tem um rendimento muito baixo” e os restantes 80% são dissipados pelo corpo, por convecção, para ser mantido em equilíbrio. (Frota and Schiffer 2001)

4.3.1 Mecanismo de regulação térmica

As terminações nervosas sensoriais mais simples e mais comuns existentes no nosso organismo, são as terminações nervosas livres, figura. 11, que são ramificações neuronais não especializadas espalhadas pelo nosso corpo. As terminações são responsáveis por numerosas sensações, como dor, temperatura e movimento. As terminações nervosas livres responsáveis pela detecção da temperatura reagem a três tipos de sensações, ao frio através dos receptores de frio, e ao calor através dos receptores de calor.

Os receptores de frio são 10 a 15 vezes mais numerosos do que os receptores de calor uma mesma área de pele. O terceiro tipo de terminações é o dos receptores da dor, estimulados pelos calor ou frio extremos.

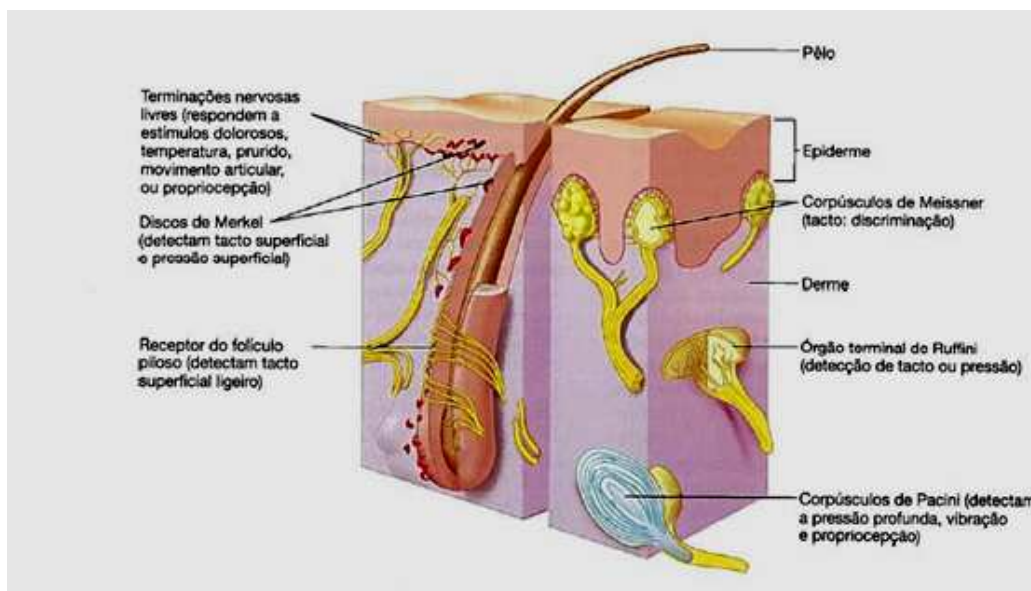


Fig.11. Pedaço de pele que possui as terminações nervosas livres. (Seeley, Stephens et al. 2003)

Quando diminui a temperatura ambiente, existem maiores perdas de calor pelo corpo além das necessárias para a manutenção da temperatura interna. O organismo reage por meio de mecanismos automáticos, que permite reduzir as trocas térmicas aumentando a resistência térmica da pele por meio da vasoconstrição, e do arrepio, e quando aumenta a temperatura do ambiente, o organismo reage aumentando as trocas de calor entre o corpo e o exterior e diminuindo as combustões internas, por meio da vasodilatação e da exsudação. (Frota and Schiffer 2001)

4.3.2 Variáveis climáticas que influenciam o conforto térmico

As variáveis climáticas que actuam no conforto térmico são a temperatura, a humidade, o calor radiante, a velocidade do ar e a temperatura.

A temperatura é a variável que mais influência o conforto térmico, contudo não pode ser dissociada das outras condições, pois o conforto térmico resulta da interacção destas variáveis. (Frota and Schiffer 2001)

A velocidade do ar influencia as trocas de calor por convecção e evaporação, sendo difícil de medir, devidos às flutuações rápidas em intensidade e direcção no tempo.

O calor radiante, por seu turno é função da temperatura do globo, da temperatura ambiente e da velocidade do ar. (Miguel, 2010)

Segundo Miguel (2010) as condições fisiológicas de conforto térmico, em regime estável, são seis condições:

- Equilíbrio térmico;
- Ausência de arrepios;
- Débito de sudação óptima;
- Temperatura cutânea óptima;
- Pele relativamente seca;
- Ausência de secura das mucosas bucofaríngeas;

4.3.3 Índices de conforto térmico

Segundo Frota and Schiffer 2001 os índices de conforto térmico foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos de conforto e podem ser classificados pelas seguintes formas:

Índices biofísicos - Baseiam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto as trocas de calor que dão origem a esses elementos;

Índices fisiológicos - Consistem nas reacções fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, humidade do ar e velocidade do ar;

Índices subjectivos - Baseiam-se nas sensações subjectivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam;

A escolha do tipo de índice depende das condições ambientais e actividade desenvolvida do indivíduo.

Os índices mais usados são:

- Índice de temperatura efectiva (TE);
- Índice de temperatura efectiva corrigida (TEC)
- Índice PMV (Voto médio Previsível) / PPD (Percentagem Previsível de Insatisfeitos)
- Índice WBGT (Índice de Temperatura Humida e do Globo)
- Índice de sudção requerida (SWreq)
- Índice de Arrefecimento pelo Vento: Wind Chill Index

4.3.4 Índice PMV/PPD

Este é o índice mais conhecido e aceite internacionalmente para a caracterização de ambientes confortáveis ou neutros. Foi desenvolvido por Fanger através de experiências de laboratório que envolveram aproximadamente 1300 pessoas.

Este vem descrito na norma ISO 7730: (moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort).

As experiências realizadas tinham como objectivo, obter dados que permitissem estimar a sensação térmica média de um grupo de pessoas conhecendo as condições ambientais e individuais:

Condições ambientais

- Temperatura do ar;
- Temperatura radiante média;
- Velocidade relativa do ar;
- Pressão parcial do vapor de água;

Condições individuais

- Metabolismo;
- Vestuário;

É recomendado que o PPD seja inferior a 10% e o PMV esteja compreendido entre -0,5 e + 0,5. Os valores máximos de PMV deverão estar compreendidos entre -2 e +2.

Segundo Basto (2007), o PMV consiste em atribuir valores para a sensibilidade humana às variações de temperatura, figura 12.

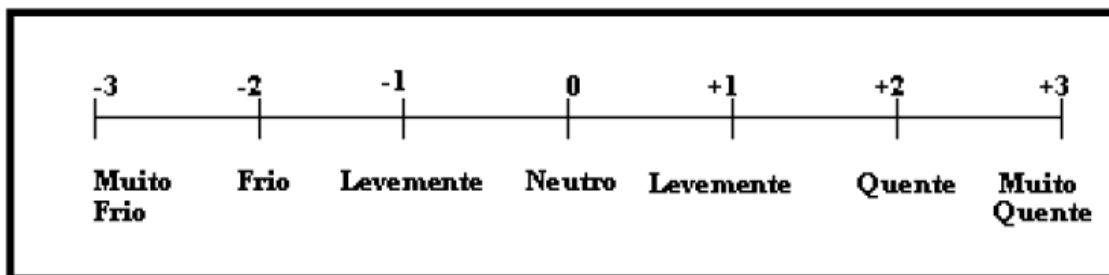


Fig.12. Valores para a sensação térmica (Basto 2007)

As experiências realizadas por Fanger, permitiram obter a seguinte função, equação 8.

$$\text{PMV} = f(\text{ICT}, \text{M}) \quad \text{Equação 8}$$

Sendo:

ICT – Índice de carga térmica

M – Energia do metabolismo

O índice de carga térmica indica um valor de temperatura aparente, a qual é determinada pela relação entre humidade relativa e temperatura ambiental.

Deu origem a equação geral, equação 9:

$$PMV = (0,352 \times e^{-0,042 \times \left(\frac{M}{A_{Du}}\right)} + 0,032) \times ICT \quad \text{Equação 9}$$

Sendo:

A_{Du} - Área superficial do corpo de Dubois (m^2)

Apesar de não referido na norma, convém ter em conta que a área corporal, de acordo com Dubois, é uma equação que determina a área superficial da pessoa, de acordo com a altura (h) em (m) e o peso (P) em kg pela, equação 10, com representação gráfica na figura. 13.

$$A_{Du} = (P^{0,425} \times h^{0,725}) 0,202 \quad \text{Equação 10}$$

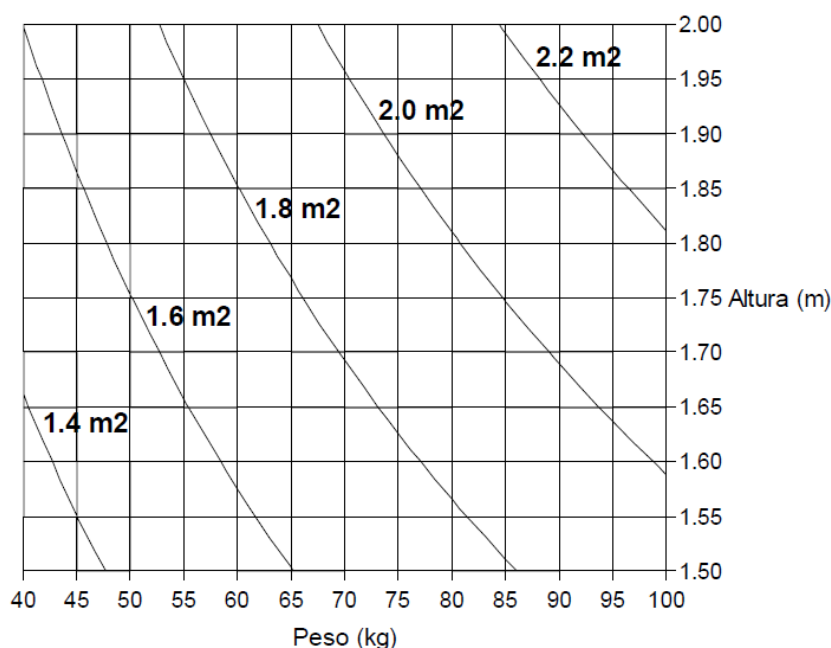


Fig.13. Área corporal em função da altura e do peso(Águas, 2001)

O metabolismo.

Corresponde à taxa de energia dispendida na realização de uma tarefa. (1met corresponde ao metabolismo de uma pessoa sentada a descansar e que equivale a 58.15 W/ m^2) Pode ser visualizada na tabela 3, a energia dispendida de acordo com a actividade realizada. (Rebelo 2008).

Tabela.3. Metabolismo de acordo com a actividade adaptado (Águas 2001; Trebien, Mendes et al. 2007)

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

Vestuário

O vestuário é caracterizado através da sua resistência térmica, I_{cl} , nas unidades m²K/W esta apresenta uma unidade própria, clo, e corresponde à resistência térmica de 0,155 m²K/W. Os valores de resistência térmica estão presentes na tabela 4.

Tabela.4. Resistência térmica do vestuário adaptado (Águas 2001; Trebien, Mendes et al. 2007)

Vestuário	Resistência térmica (I_{vest}) Clo	Resistência térmica (I_{vest}) (m ² K/W)
Nu	0	0
Calções	0,1	0,016
Vestuário Tropical	0,3	0,047
Vestuário livre 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

Sendo impossível que todas as pessoas ocupantes de um determinado lugar estejam satisfeitas com as condições térmicas, é necessário obter os PPD, ou seja, as pessoas insatisfeitas com o conforto térmico ambiental. Deste modo foi necessário relacionar PPD com PMV. Essa relação pode-se obter pela seguinte, equação 11 citada por (Miguel 2010).

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)} \quad \text{Equação 11}$$

Tabela.5. Relação entre índices PMV e PPD e respectiva sensação térmica Águas 2001; Trebien, Mendes et al. 2007)

Sensação térmica	PMV	PPD
Muito quente	+3	100
Quente	+2	75
Pouco quente	+1	25
Neutralidade	0	5
Pouco frio	+1	25
Frio	+2	75
Muito frio	+3	100

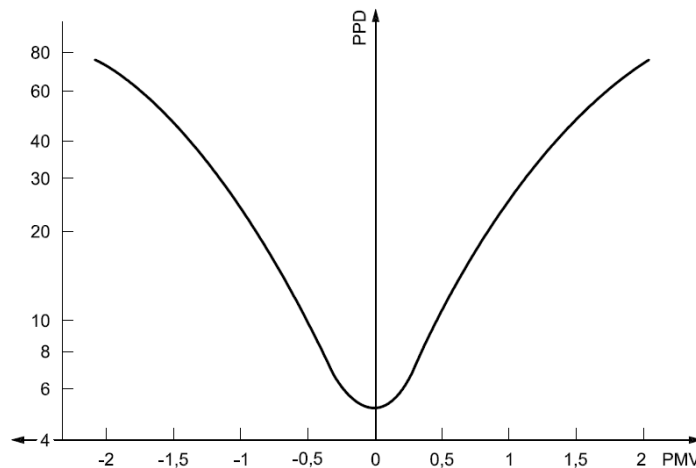


Fig.14. Percentagem previsível de insatisfeitos (PPD) em função do voto médio previsível (PMV) (ISO 7730:2005)

4.3.5 Índice WBGT

A ISO- 7243 “Hot environments- Estimation of the heat stress working men based on the WBGT index (wet bulb globe temperature)”, define o nível de desconforto ao ambiente e aplica-se em situações onde por razões técnico-económicas se torna impossível aplicar a norma ISO 7730: (moderate Thermal Environments- Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort), este índice é mais utilizado para avaliação de ambientes muito quentes e húmidos ou muito frios e húmidos.

Para uma análise da influência do ambiente na carga térmica que está sujeito o indivíduo, é necessário o conhecimento de quatro parâmetros ambientais:

- Temperatura do ar;
- Temperatura média radiante;
- Velocidade do ar;
- Humidade absoluta;

O índice WBGT combina a medição de dois parâmetros essenciais, a temperatura do bolbo húmido, t_{nw} , e a temperatura do globo (média radiante) t_g , e em algumas situações, de um parâmetro básico, a temperatura seca do ar, t_a .

O cálculo do índice WBGT, recorrendo à medição destes parâmetros deu origem as seguintes expressões:

- Espaços interiores ou exteriores sem exposição solar, equação 12

$$\text{WBGT} = 0,7t_{nw} + 0,3t_g, \quad \text{Equação 12}$$

- Espaços exteriores com exposição solar, equação 13.

$$\text{WBGT} = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a, \text{ sob calor} \quad \text{Equação 13}$$

Segundo Miguel (2010) considera-se que para um valor de WBGT acima de 30°C se deviam reduzir as actividades e para valores acima de 31°C estas deviam ser totalmente suspensas.

Ainda segundo Miguel (2010) o índice WBGT destina-se a avaliar termicamente o posto de trabalho e deve-se ter em atenção o metabolismo correspondente à actividade e à duração da exposição ou exposições. Uma vez que o WBGT dá-nos o valor de stress térmico do trabalhador no momento da medição.

Classe Ritmo Metabólico	Ritmo Metabólico M		Valores de Referência do WBGT			
	Relacionado com a área superficial de pele W/m^2	Total (para uma área de superfície corporal média de $1,8m^2$) W	Pessoa aclimatizada ao calor $^{\circ}C$		Pessoa não aclimatizada ao calor $^{\circ}C$	
0 (descanso)	$M < 65$	$M < 117$	33		32	
1	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	30		29	
2	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	28		26	
3	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	Movimento do ar imperceptível 25	Movimento do ar perceptível 26	Movimento do ar imperceptível 22	Movimento do ar perceptível 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20
Nota: Os valores dados foram estabelecidos para uma temperatura rectal máxima de 38°C						

Tabela.6. Valores de referência do WBGT em relação ao metabolismo usado no ISO 7243 (Castelo 2009)

4.3.6 Consequências do stress térmico no corpo humano

De acordo com (Miguel 2010) o homem quando entra stress térmico devido ao excesso de calor, o organismo reage fundamentalmente por três ajustamentos denominadas sobrecargas fisiológicas:

- Sobrecarga termostática - Permite otimizar as trocas de calor por convecção e por radiação entre a pele e o ambiente;
- Sobrecarga circulatória – Aumenta a condutância fisiológica, por consequência um aumento do débito sanguíneo;
- Sobrecarga de sudação – Este permite manter um débito evaporatório.

Segundo Lopes 2007 os efeitos de calor sobre o Homem podem ter três tipos de efeitos:

- Efeitos psicológicos;
- Efeitos psicofisiológicos;
- Efeitos patológicos;

A exposição a altos níveis de calor ambiental pode provocar três tipos de transtornos e pode ter as seguintes efeitos no homem, tabela 7:

Tabela.7. Tipos de transtornos e os seus efeitos a altos níveis de calor ambiental adaptado (Lopes 2007)

Transtorno	Efeitos
Sistémico	Golpe de calor
	Esgotamento
	Desidratação
	Deficit de sal
	Cãibras por calor
	Anidrose
De Pele	Erupção
	Anidrose
	Deficiência congénita das glândulas sudoríparas
	Queimadura solar
Psíquicos	Fadiga térmica

Além destes, a exposição a calor excessivo pode provocar consequências a longo prazo, como:

- Maior susceptibilidade a outras doenças;
- Efeitos sinérgicos com contaminantes químicos;
- Decréscimo da capacidade cognitiva;
- Afecções da pele: erupções, queimaduras do sol;
- Cataratas;
- Maior incidência de doenças cardiovasculares;

Citando novamente Miguel (2010), o homem quando entra em stress térmico devido ao excesso de frio, o organismo reage fundamentalmente também por três processos denominadas sobrecargas fisiológicas:

- Sobrecarga termostática – Permite reduzir as perdas convectivas e radiantes;
- Sobrecarga circulatória – Diminui a condutância fisiológica do corpo e uma redução do fluxo sanguíneo cutâneo;
- Sobrecarga metabólica – Através do aumento do tónus muscular e aparecimento de arrepios;

Segundo (Lopes 2007) as temperaturas baixas podem provocar:

- Enregelamento;
- Pé das trincheiras;
- Frieiras;

4.3.7 Legislação em vigor e Normalização

Relativamente ao ambiente térmico nos locais de trabalho, é regulamentada na Legislação Portuguesa através das portarias nº987/93 de 6 de Outubro, nº 101/96 de 3 de Abril, nº53/71 de 3 de Fevereiro, nº702/80 de 22 de Setembro e o Decreto-lei 243/86 de 20 de Agosto. Estas fornecem a informação que é necessária para manter o conforto térmico nos locais de trabalho. Bem como a temperatura e humidade adequadas para evitar prejuízo à saúde dos trabalhadores

As normas relativas ao ambiente térmico podem destacar-se as seguintes:

- Norma ISO 7243 – Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature) -ISO-1989

Esta norma define o nível de desconforto do ambiente e combina a medição de dois parâmetros, a temperatura de bolbo húmido e a temperatura do globo. Estes permitem a avaliação do efeito da temperatura num longo período de tempo.

- Norma ISO 7730 – Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort – ISO-1994

Esta norma permite prever a sensação térmica e o grau de desconforto das pessoas expostas a ambiente térmicos moderados e especificar as condições térmicas para a existência de conforto.

- Norma ISO 7933 – Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate- ISO-1989

Esta especifica o método para avaliação analítica e interpretação do stress térmico, experimentado pelo sujeito num ambiente quente, calcular o balanço térmico e o nível de sudção que o corpo devia produzir para manter o balanço em equilíbrio.

4.4 Iluminação

A visão depende da luz, assim sendo, a iluminação deve proporcionar as condições adequadas visuais, para que as pessoas possam desempenhar as suas actividades com eficácia, eficiência e sem desconforto.

A iluminação pode ser natural ou artificial, sendo a mais importante a natural devido à qualidade da luz proporcionada., visto que, é uma fonte luminosa de espectro completo, sendo por isto uma fonte de comparação com as fontes artificiais e também considerada a melhor fonte de luz para a fidelidade na reprodução das cores.

A luz natural pode ser considerada pouco uniforme uma vez que a cor, intensidade, direcção e distribuição varia no espaço e consequentemente mais estimulante que a luz artificial.

Relativamente a luz artificial, deve ser usada de uma forma adequada e de preferência integrado na iluminação natural, para proporcionar ao usuário ambientes agradáveis e evitar o gasto de luz eléctrica.

Qualquer sistema de iluminação que não alcance as expectativas pode ser considerado desconfortável mesmo que haja adequado desempenho visual.

Considera-se boa visibilidade quando existe uma iluminação adequada para uma determinada tarefa visual, e ainda provida de uma distribuição uniforme de iluminâncias e luminâncias, que permite direcionalizar os objectos e superfícies e que evite o ofuscamento. (Toledo 2008)

4.4.1 Anatomia da visão

Para realizar uma correcta avaliação da iluminação de um local de trabalho, é necessário ter a noção da forma como funciona a visão humana.

O olho, figura 15, funciona como uma máquina fotográfica. A íris permite a entrada da luz no olho, luz essa que é focada na retina e convertida em potenciais de acção que são enviados ao encéfalo. (Bartololomeu 2003)

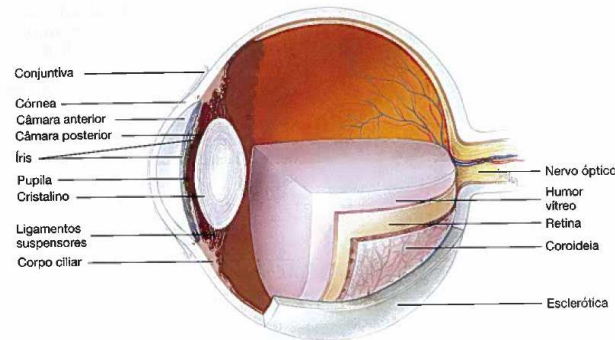


Fig.15. Estrutura ocular (Seeley, Stephens et al. 2003)

O olho é recoberto por uma membrana espessa e opaca denominada esclerótica que estão ligados aos músculos responsáveis pelo movimento do olho, na parte frontal existe a córnea, e atrás desta esta a íris que regula a entrada da luz.

A abertura onde entra a luz, denomina-se a pupila, esta é, controlada por um músculo que regula o diâmetro de acordo com a intensidade de luz incidente. Em contacto com a parte posterior da íris encontra-se o cristalino, um corpo transparente com a forma de lente, circundado pelo músculo ciliar. Todo o espaço situado atrás do cristalino, circundado pela parede interior do olho é cheio de uma substância gelatinosa transparente, denominada humor vítreo. A parede interior do olho chama-se retina, sendo a sua zona mais sensível. (Seeley, Stephens et al. 2003)

4.4.2 Conceito de iluminação

A zona visível do espectro é pequena comparada com a sua amplitude, no entanto é o suficiente para a sobrevivência da vida humana, estando representada na figura 16.

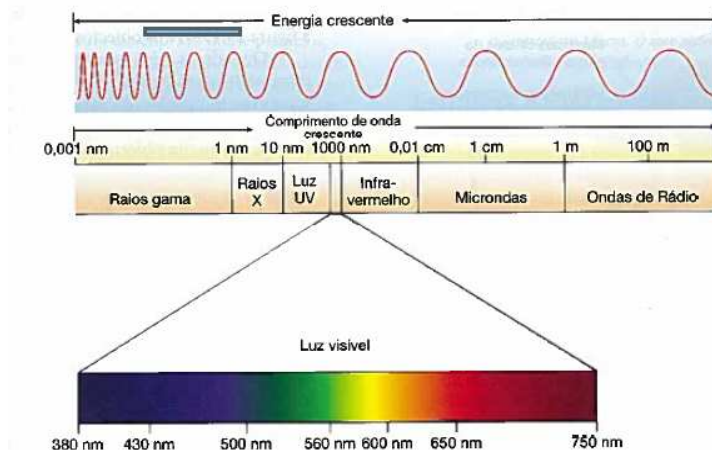


Fig.16. Espectro electromagnético mostrando as bandas de comprimento de onda correspondente a luz visível. (Seeley, Stephens et al. 2003)

O espectro electromagnético designa-se pela totalidade das amplitudes dos comprimentos de onda ou frequências de radiação electromagnética desde as mais curtas às mais longas.

A luz visível é a porção do espectro electromagnético que pode ser detectado pelo olho humano. A luz tem um comprimento de onda entre os 400 e os 700nm e está amplitude geralmente designada pelo espectro visível. (Seeley, Stephens et al. 2003)

Podemos definir alguns conceitos para a iluminação, como intensidade luminosa, luminância e iluminância.

Intensidade luminosa (I) -Fluxo luminoso compreendido na unidade de ângulo sólido no qual é emitido, pressupondo-se que a fonte luminosa é pontual (cd), equação 14.

$$I = \frac{\Phi}{w} \quad \text{Equação 14}$$

Sendo:

W-ângulo sólido

Φ -Fluxo luminoso (lm)

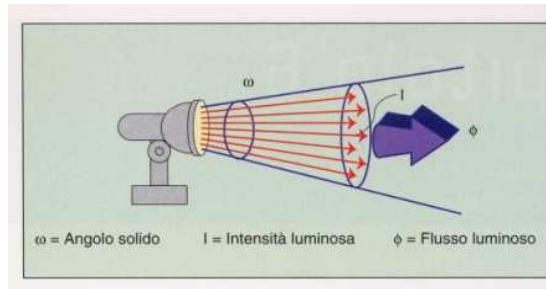


Fig.17. Esquema ilustrativo da intensidade luminosa (Arminio 2009)

Iluminância (E) - É a medida do fluxo luminoso Φ incidente por unidade de superfície S. A unidade de medida é o lux – lx, equação 15.

$$E = \frac{\phi_r}{s} \quad \text{Equação 15}$$

Sendo:

Φ_r - fluxo luminoso (lm)

S- área iluminada (ft^2)

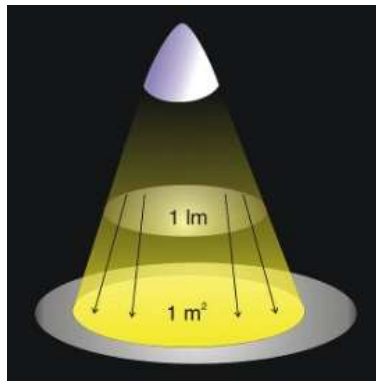


Fig.18. Esquema ilustrativo da iluminância (sigried 2008)

Luminância (L) - É a medida do fluxo luminoso emitido, transferido ou reflectido numa determinada direcção por unidade de superfície perpendicular ao fluxo, equação 16.

$$L = \frac{I}{S_a} \quad \text{Equação 16}$$

Sendo.

I - Intensidade emitida por uma fonte luminosa (cd)

S_a – Área projectada (m^2)

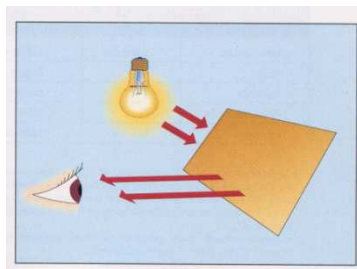


Fig.19. Esquema ilustrativo de luminância (Arminio 2009)

Outro parâmetro importante é a reflexão. Este traduz a medida da porção de luz reflectida por uma dada superfície, contudo esta depende das propriedades intrínseca do material, sendo o quociente do valor do fluxo luminoso incidente pela percentagem desse fluxo que é reflectida

A reflexão pode ser, figura 20:

- Directa - O ângulo de incidência e de reflexão é igual;
- Difusas - As superfícies reflectoras só brilham sob certos ângulos;
- Mista – Mistura de reflexão directa com reflexão difusa;

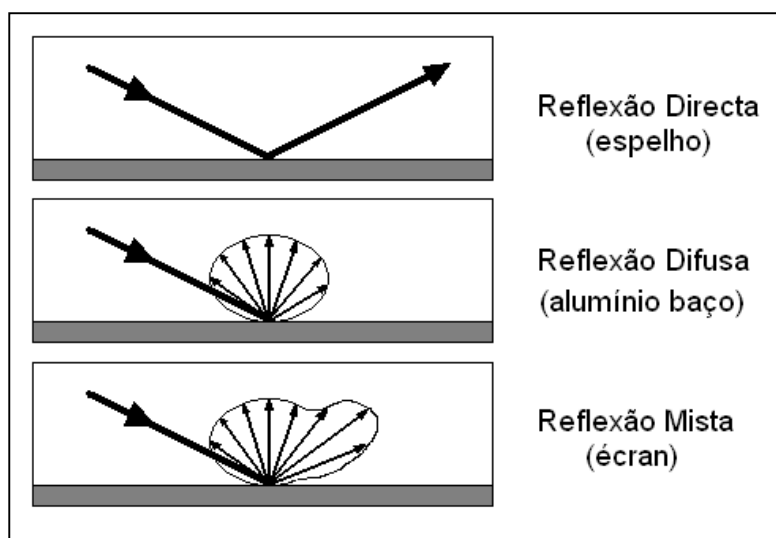


Fig.20. Esquema ilustrativo dos vários tipos de reflexão (Bartololomeu 2003)

4.4.3 Sistemas para a iluminação artificial

Sistemas de iluminação artificial são compostos por luminárias, lâmpadas e equipamentos complementares (ex: transformadores e reactores). (Toledo 2008)

4.4.4 Tipos de lâmpadas

Segundo Arminio, do ponto de vista luminotécnico podemos considerar as seguintes características das lâmpadas:

Rendimento luminoso: É o quociente entre o fluxo luminoso da lâmpada e a potência eléctrica absorvida.

Temperatura de cor: Indica a cor aparente da luz emitida, quantificada em K, se aumentar a temperatura de cor, a cor emitida é avermelhada e quando fria é azulada.

Restituição de cores - Anuncia a capacidade de uma fonte luminosa restituir as cores de um objecto/ superfície iluminada, denomina-se habitualmente por IRC e tem uma escala compreendida de 0 a 100. Quanto maior for a fidelidade de uma fonte artificial em reproduzir as cores tal qual o sol, mais próximo de 100 será o IRC.

Duração de vida média: Indica o número de horas após as quais 50% de um lote de lâmpadas deixa de emitir fluxo luminoso.

As principais lâmpadas utilizadas na iluminação de locais de trabalho e as suas características luminotécnicas estão evidenciadas na tabela 8.

Tabela.8.Características luminotécnicas de acordo com a lâmpada (Arminio 2009)

Tipo de lâmpada	Rendimento Luminoso (lm/w)	Temperatura de cor (K)	Restituição de cores	Duração de vida (h)
Incandescentes	10	2700	>90	1000
Fluorescentes	Ate 100	2700 a 5000	85 a 95	7500 a 10000
Fluorescentes compactas	40 a 60	2700 a 5400	85 a 95	7500 a 10000
Vapor de sódio de baixa pressão	200	1700	Praticamente 0	12000
Vapor de sódio de alta pressão	Ate 120	1900 a 2500	25 a 60	12000
Vapor de Mercúrio de alta pressão	36 a 60	_____	40 a 57	10000 a 12000
Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos	Ate 80	3000 a 7000	85 a 95	3000 a 9000
Halogéneo	25	3000	>90	2000 a 4000
Indução	60 a 80	2700 a 4000	80	60000

De acordo com esta tabela pode-se verificar que as lâmpadas incandescentes são as que emitem uma luz mais próxima das características da luz solar, mas possui um fraco rendimento, estas são inviáveis em espaços amplos e adequados para trabalhos de precisão.

As fluorescentes são as que têm um maior rendimento e uma boa restituição de cores, são as mais adequadas para a iluminação dos locais de trabalho.

As lâmpadas de vapor de Sódio tem um elevado rendimento mas a restituição de cores é baixa, tem uma elevada duração de vida, sendo boa para iluminação de espaços amplos.

As lâmpadas de indução são as que duram mais tempo.

4.4.5 Legislação em vigor e Normalização

A legislação aplicável as questões de iluminação é pouco específica, havendo poucos diplomas a este respeito.

A Portaria nº 53/71, de 3 de Fevereiro, alterada pela portaria nº 702/80, de 22 de Setembro -Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.

Decreto-Lei nº 243/86, de 20 de Agosto – Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, Escritórios e Serviços.

Esta legislação não faz referência aos valores limites nem a medidas concretas a realizar, no entanto existem tabelas com níveis de iluminação definidos em luz, para diferentes tipos de actividades. Estas tabelas foram essencialmente desenvolvidas por fabricantes de lâmpadas, sendo já reconhecidas em alguns países como normas.

As normas mais importantes relativamente a iluminação são:

DIN 5035 – Indica valores típicos de luminosidade aconselhável, em função do local e do tipo de actividade

Norma ISO 8995: 2002 - Referente à Iluminação no interior de locais de trabalho

4.5 Ar interior

O impacto da qualidade do ar de interiores referentes à saúde e ao bem-estar das pessoas que utilizam ou trabalham em ambientes climatizados artificialmente, têm sido tema de pesquisas na área da Saúde Pública desde 1970.(WHO 2000)

Vários estudos têm atribuído à má qualidade do ar interior, a incidência de relatos de queixas entre os ocupantes desses locais, relativas à saúde e ao desconforto ambiental, como também, elevado número de absentismo, temperamento alterado, insatisfação e baixo rendimento no trabalho. (Gioda and Neto 2003)

Estes ambientes são considerados ambientes complexos, uma vez que existe uma infinidade de componentes químicos (tóxicas) e biológica (microrganismos patogénicos), emitida por diversas fontes e que dependendo das condições físicas (humidade, temperatura e ventilação inadequada) do ambiente, podem interagir entre si.

Um documento recente da Organização Mundial de Saúde dá conta que as concentrações de poluentes no ar interior, como óxido de azoto ou monóxido de carbono, são superiores às concentrações que se encontram no ar exterior. Também segundo a Agência de Protecção do Meio Ambiente (EPA), o ar interior é duas a dez vezes mais perigoso que o ar exterior.

Os sintomas relacionados à qualidade do ar interno são conhecidos como Síndrome dos Edifícios Doentes. (SED).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a SED é causada por emissões de contaminantes por fontes de várias origens, isoladas ou associadas, e pode produzir diversos sintomas. Essas condições ambientais adversas produzem altas taxas de absentismo e considerável redução dos níveis de produtividade do trabalhador. Os sintomas decorrentes da síndrome podem estar ligados a poluentes de origem química ou biológica. (Brickus and Neto 1998)

Hoje sabe-se que os poluentes que mais influenciam a qualidade do ar interior, destaca-se o monóxido de carbono, dióxido de carbono, amoníaco, oxido de enxofre, óxidos de nitrogénio, compostos orgânicos voláteis, materiais particulados e ainda contaminação biológica como bactérias, fungos e alergénicos. Estes são os principais responsáveis pela deterioração da qualidade do ar interior, além das actividades ocupacionais do próprio ser humano. (Batista 2008) na tabela 9 estão distribuídos os agentes relacionados à qualidade do ar interior.

Tabela.9. Distribuição dos agentes relacionados à qualidade do ar interior (NIOSH 1987)

Agente	% De ocorrência
Sistemas de climatização	52
Contaminantes químicos interiores	20
Contaminantes químicos exteriores	10
Contaminantes biológicos	5
Agentes desconhecidos	13

Segundo NIOSH (1987) o factor que tem mais influência na qualidade do ar, são os sistemas de climatização. Isto deve aos seguintes causas:

- Valores baixos de taxa de ar externo;
- Perfil defeituoso de distribuição do ar no ambiente interno;
- Falhas no projecto do sistema de climatização;
- Controlo deficiente das condições ambientais;
- Procedimentos defeituosos de manutenção dos sistemas de climatização;

Estas causas são prejudiciais à qualidade interna uma vez que implica o aparecimento de contaminantes internos infiltrados ou gerados no sistema climatização como vapores, gases, poeiras, fungos e bactérias.

Além destes existem os contaminantes gerados no próprio ambiente como o CO₂ produzido pelas pessoas, escamas da pele, perfumes, odores, poeiras, contaminantes presentes na roupa dos trabalhadores e ainda compostos orgânicos voláteis (COV) e ozono (O₃).

Para garantir a qualidade a qualidade de ar interna é necessário garantir os seguintes procedimentos:

- Utilizar filtros e sistemas de filtragem adequados;
- Captação de ar externa de boa qualidade para renovação;
- Processos eficientes de limpeza;
- Controle adequado do meio privilegiando o conforto térmico;

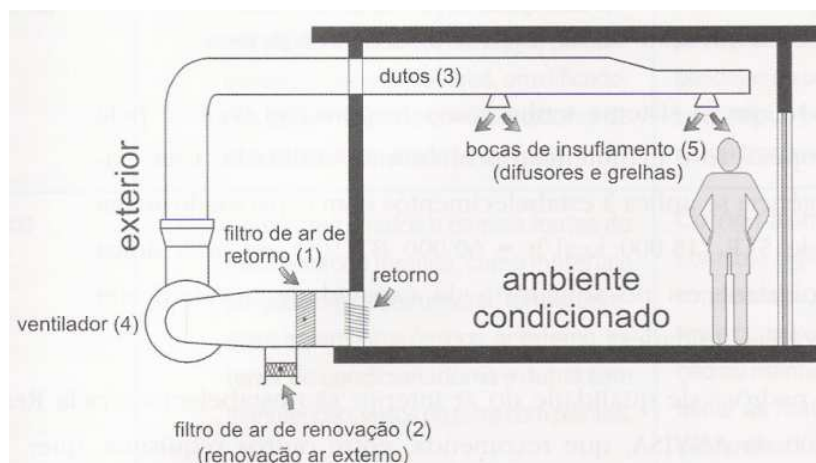


Fig.21. Esquema de um processo de climatização (Basto 2007)

O sistema de climatização, figura 21, possui os seguintes equipamentos que permite o controlo adequado do ar interno.

O ar é inspirado do exterior pelo ventilador, que passa por filtros, serpentinas de arrefecimento, desumidificadores e resistências de aquecimento, e posteriormente são levados para o interior através de ductos, distribuído e controlado por grelhas e difusores. No sentido inverso realiza-se o mesmo processo, sendo retirado o ar do interior, que depois é misturado com o ar externo, para sofrer o novo tratamento.

4.5.1 A importância do ar

O ar é uma mistura gasosa constituída por vários componentes, a sua composição volumétrica do ar puro, tabela 10.

Tabela.10. Composição do ar seco (ASHRAE 1999)

Componente	Concentração por volume	
	%	ppm
Azoto	78,084	
Oxigénio	20,946	
Dióxido de carbono	0,0033	
Néon		11,18
Hélio		5,24
Crípton		1,14
Xénon		0,087
Hidrogénio		0,5
Metano		2
Óxido nitroso		0,5

O ar é importante para a vida humana, porque contém oxigénio, que é inspirado pelo homem. Este processo é conhecido por respiração e permite a produção de energia que será utilizada na manutenção da vida.

A qualidade do ar é muito importante para o normal funcionamento do nosso organismo, pois permite que o cérebro sofra uma oxigenação constante para que cumpra todas as suas funções. O homem pode sobreviver vários dias sem ingestão de alimentos e alguns dias sem ingerir água mas quanto ao ar, o homem só sobrevive alguns minutos sem o oxigénio.

Para uma utilização favorável do ar é essencial que este tenha no mínimo 19,5% em volume de oxigénio (O_2) e que seja isento em produtos químicos prejudiciais.

Nas condições PTN a consequência no homem devido à variação de percentagem de oxigénio no ar pode ser observada na tabela 11.

Tabela.11. Efeitos da concentração de O_2 (Verani 2003)

% vol. O_2	Efeitos Fisiológicos
20,9	Concentração Normal
19,5	Concentração mínima legal
19-16	Início da sonolência
16-12	Perda de visão periférica, respiração intermitente, dificuldade de coordenação, aumento do volume de respiração, aumento da frequência cardíaca, redução da capacidade de pensar e agir.
12-10	Falha de raciocínio, pobre coordenação muscular sendo que o esforço muscular leva à fadiga, que pode causar danos permanentes ao coração
10-6	Náusea, vomito, incapacidade para movimentos vigorosos inconsciência seguida por morte
<6	Respiração espasmática, movimentos convulsivos e morte em minutos

4.5.2 Anatomia e fisiologia do sistema respiratório

O aparelho respiratório é constituído pelas fossas nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios e pulmões figura. 22.

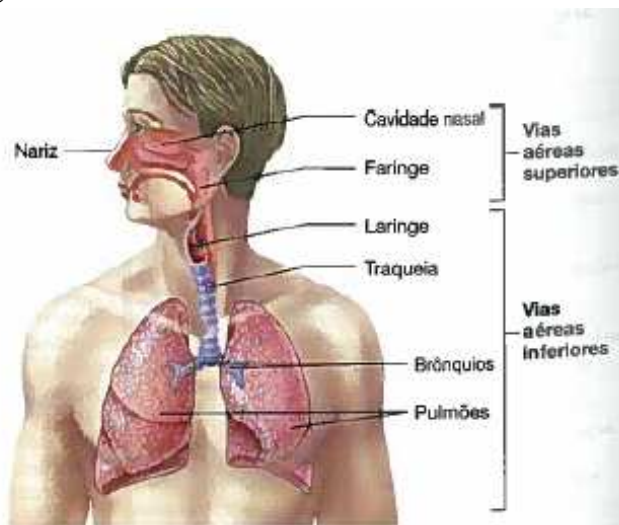


Fig.22. Aparelho respiratório (Seeley, Stephens et al. 2003)

As vias aéreas superiores incluem as fossas nasais, a faringe e estruturas associadas. As vias aéreas inferiores incluem a laringe, traqueia, os brônquios e os pulmões. Os movimentos respiratórios são realizados pelo diafragma, pelos músculos da parede torácica e da parede abdominal.

O ar é inspirado pelas fossas nasais e vai em direcção aos pulmões que é o principal órgão da respiração e o mais volumoso do organismo, figura 23.

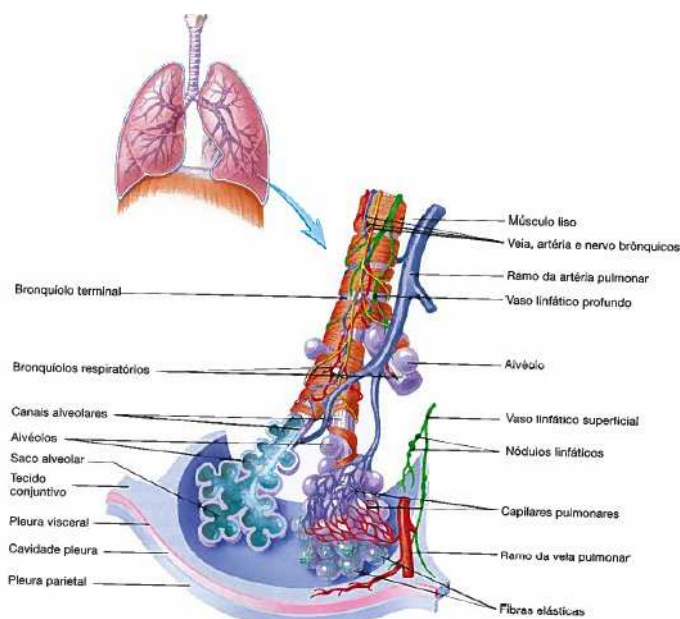


Fig.23. Pulmões e s alvéolos (Seeley, Stephens et al. 2003)

Os pulmões são constituídos por alvéolos, onde se dá as trocas gasosas entre o ar e o sangue, figura 24.

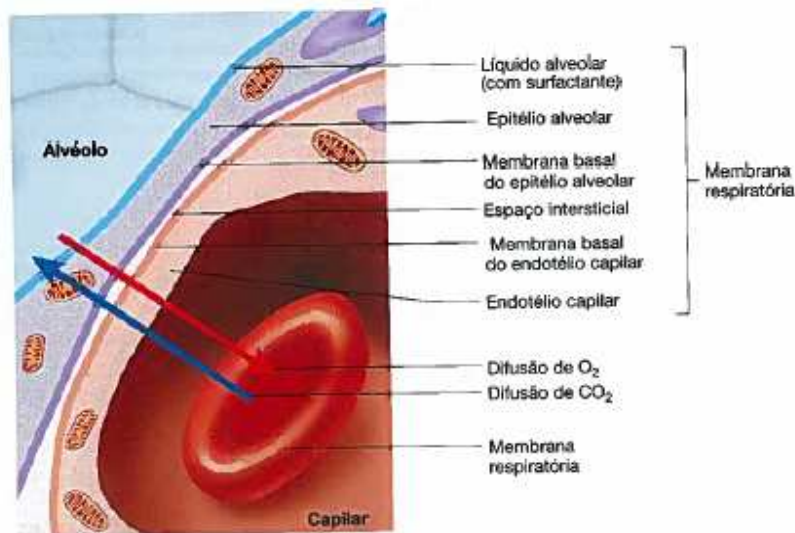


Fig.24. Trocas gasosas ao nível dos alvéolos (Seeley, Stephens et al. 2003)

A nível dos alvéolos, figura 24, dão-se as trocas gasosas, existe a difusão do oxigénio do alvéolo para o interior dos glóbulos vermelhos e em contra ciclo dá-se a difusão do dióxido de carbono. Esta difusão dá-se através das seis camadas da membrana respiratória

4.5.3 Contaminação química

Existe uma enorme quantidade de contaminantes encontrados no ar interno das edificações podendo ser introduzidos ou produzidos nestes ambientes. (Nunes 2005)

Como o número de poluentes e/ou contaminantes do ar é elevado, pode chegar à ordem de milhares, torna-se evidente a impossibilidade de citar a todos.

Diz-se que o ar está poluído ou contaminado quando as substâncias estranhas à sua composição normal, ou mesmo quando normal no aspecto qualitativo, mas possuindo alterações quantitativas, ou seja estas têm componentes com concentrações superiores às normais. (Miguel 2010)

4.5.4 Gases

4.5.4.1 Principais poluentes presentes em ambientes internos e suas fontes

-Compostos orgânicos voláteis - São aqueles que possuem na sua constituição, carbono e hidrogénio e volatiliza-se à temperatura ambiente, estão presentes nos materiais de construção das edificações, acabamentos, decoração e mobiliário e nas emissões metabólicas dos microrganismos. Os principais COV que se podem encontrar no interior dos edifícios na tabela 12.

Tabela.12.Principais compostos orgânicos voláteis no ambiente interno (Reeve 1994)

Composto	Fontes de Emissão
Álcoois	Álcool de Limpeza, agentes de limpeza
Aromáticos	Tintas, Adesivos, gasolina
Alifáticos	Tintas, Adesivos, gasolina
Benzeno	Fumo dos cigarros
Diclorobenzeno	Desodorizante de ambiente
Estireno	Fumo dos cigarros
Terpenos	Perfumes, fumo de cigarros e alimentos

-Monóxido de Carbono (CO) – Este composto é produzido a partir da combustão de materiais que contêm carbono na sua constituição e em locais com nível insuficiente de oxigénio. Os equipamentos que geralmente produzem este composto químico é fogões, aparelhos de aquecimentos, fumo de cigarros, emissões dos escape dos veículos, estes mesmo gerados em maior quantidade em ambientes externos, estes poluentes podem estar presentes em ambientes internos, devido à entrada por sistemas de ventilação (Batista 2008). Este é muito perigoso porque o CO tem muita afinidade para a hemoglobina, é cerca de 250 vezes maior do que a do oxigénio(Hansen 1991) e pode provocar a morte em poucos minutos.

O CO age como um asfixiante, as partes que mais necessitam de oxigénio é o cérebro. A afinidade e os efeitos da hemoglobina podem ser analisado na tabela 13.

Tabela.13.Níveis de carboxi-hemoglobina e feitos relacionados à s saúde (EPA 1994)

% De COHb no sangue em relação à quantidade total de Hb	Efeitos associados a este nível de COHb
80	Morte
60	Perda de consciência; morte em caso de exposição continua
40	Confusão, colapso em exercícios
30	Dor de cabeça, cansaço
7-20	Decréscimo significativo do consumo máximo de oxigénio durante exercícios enérgicos em homens jovens
5-17	Diminuição significativa da percepção visual, da destreza manual, da facilidade de aprender e do rendimento em tarefas que exijam certas habilidades
5-5,5	Decréscimo significativo do consumo máximo de oxigénio e da duração dos exercícios de exercícios enérgicos em homens jovens
Abaixo de 5	Decréscimo insignificante na capacidade de concentração
2,9-4.5	Diminuição significativa da capacidade de fazer exercícios em pessoas que já tenham problemas no coração

A tabela acima mostra os efeitos da COHb para a saúde. É interessante ressaltar que níveis de até 3% podem ser encontrados em não fumadores, podendo ainda serem considerados normais. Níveis entre 10 e 15% podem ser considerados normais após fumar um cigarro. BRICKUS (1997).

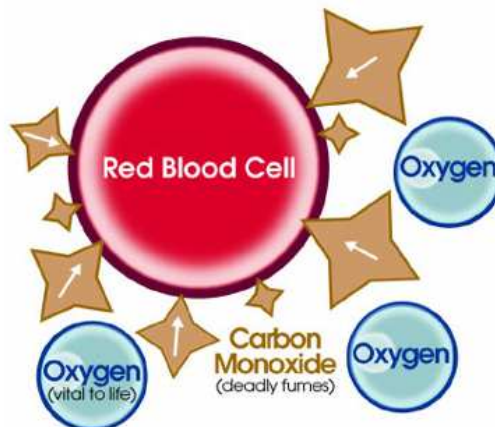


Fig.25.Afinidade do CO a hemoglobina(Prevention 2010)

-Dióxido de Carbono (CO₂) – é um gás incolor, inodoro e não inflamável, é produzido através da combustão de produtos fósseis, processos metabólicos de seres humanos e animais. Fogões a gás, aquecedores não ventilados estão entre as principais fontes internas de CO₂. A exposição a concentrações extremamente altas, acima de 30.000ppm, causa danos significativos à saúde humana.

É um excelente indicador da adequabilidade da ventilação e pode ser usado para determinar se outros contaminantes internos se acumulam ou não. Sua concentração é a base de funcionamento de muitos sistemas de ventilação, é utilizada como uma medida de conformidade com vários padrões. (Carmo and Prado 1999) descrito na tabela 14.

Tabela.14.Níveis de concentração máximos para o CO₂ na qualidade de ar interior (NIOSH 1987)

Concentração (ppm)	Consequência
250-350	Concentração normal
600	Queixas devido a má qualidade do ar
600-1000-	Elevada concentração; Pode provocar dificuldades em respirar e sonolência
>1000	Indica ventilação inadequada; queixas como dores de cabeça, fadiga e irritação dos olhos e garganta será mais generalizado; 1.000 ppm deve ser usado como um limite superior para os níveis de interiores

-Óxido de Azoto (NO) / Dióxido de Azoto (NO₂) – O óxido de azoto é um gás venenoso, inodoro e incolor, que é produzido em combustões a alta temperaturas, uma vez no ar, combina-se com o oxigénio produzindo dióxido de azoto. Este é muito tóxico e com um cheiro forte. As fontes primárias de NO_x são os motores dos veículos, equipamentos eléctricos ou em residências que queimam combustíveis.

O Dióxido de Azoto, figura 26, também altamente reactivo, pode interagir com as superfícies internas com o mobiliário. O tráfego de veículos é sua principal fonte, entretanto fogões a gás e aquecedores também são relevantes

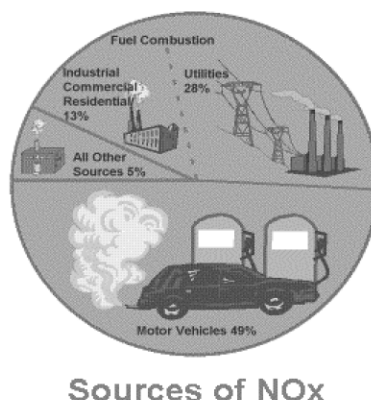


Fig.26. Fontes do Nitrogénio e dióxido de Azoto(Carmo and Prado 1999)

Segundo a figura 26, verifica-se que os motores dos veículos é a principal fonte deste gás com 49%, de seguida utilidades com 28%, a indústria, comercio e residências fica pelos 13% e por último outras fontes 5%.

-Amónia (NH_3) – É um gás incolor, mais leve que o ar, não inflamável, tem cheiro característico e sufocante, é tóxico e muito solúvel em água. É o principal composto dos produtos de limpeza e de sistemas de refrigeração de grande porte.

-Ozono (O_3) – É um composto altamente reactivo, que se forma quando o ar passa por um campo electrostático. Normalmente, a fonte mais importante de ozono é o ar externo, mas certos equipamentos electrónicos também o produzem, como fotocopiadoras e impressoras (Quadros 2008)

4.5.4.2 Efeitos dos gases no homem

As doenças causadas pelo ar interno insalubre estão entre as principais causas de pedidos de afastamento de trabalho, nos Estados Unidos e na Europa.

A OMS contabilizou que a poluição do ar interno é o 8º factor de risco mais importante e é responsável por 2,7% do conjunto de casos de doença do mundo. (World Health Organization 2008)

As doenças provocadas pela qualidade do ar em ambientes climatizados, podem ser de foro respiratório.

As doenças adquiridas em ambiente de trabalho denominam se por doenças pulmonares ocupacionais. Estas são causadas pela inalação gases nocivos do ambiente de trabalho, a maioria tendem a ficar retidas nas narinas ou nas vias aéreas, sendo que as menores atingem os alvéolos pulmonares.

Segundo NIOSH 1987 os gases presentes no ar interior podem ter as seguintes consequências para o homem:

Monóxido de carbono – Pode afectar o organismo se for inalado. Os efeitos da sobreexposição a este gás pode provocar dores de cabeça, náuseas, tonturas, fraqueza, respiração ofegante e pode levar a inconsciência e quando na presença de elevadas concentrações pode levar a morte.

Dióxido de carbono – Este pode afectar o nosso corpo se for inalado, e os efeitos pode ser uma respiração ofegante, uma pulsação elevada, dores de cabeça, suores, falta de ar,

tonturas, depressão mental, distúrbios visuais, tremores, inconsciência e pode levar morte.

Ozono – Este afecta o corpo uma vez que pode ser inalado ou ate mesmo irritar os olhos, nariz e garganta. Quando uma pessoa é exposta a uma concentração muito baixa de ozono, mesmo por um período pequeno de tempo, a pessoa pode se perceber de um odor acentuado e irritante, com o aumento da concentração do ozono, a capacidade de cheirar, pode diminuir, pode provocar uma irritação nos olhos, secura do nariz e garganta e pode ter uma crise de tosse. Se a concentração de ozono continuar a subir, os sintomas mais graves podem-se desenvolver, inclui-se dores de cabeça, dor de estômago ou vômitos, dor ou aperto no peito, falta de ar ou cansaço, que pode durar dias ou semanas. Finalmente, com altos níveis de exposição, os pulmões podem ser danificados e levar a morte, figura 15.

Tabela.15.Efeitos do Ozono na saúde (Agencia Portuguesa do Ambiente)

Efeitos na saúde que podem ocorrer	Diminuição da função dos pulmões Agravamento do Asma Garganta irritada e tosse Dores no peito e respiração rápida Inflamação de tecido pulmonar Maior susceptibilidade e infecções respiratórias
------------------------------------	---

Amoníaco - Pode afectar o corpo se for inalado, A sobreexposição, pode provocar irritação dos olhos, vias respiratórias e pele. Pode causar ardor e lacrimejamento dos olhos, corrimento nasal, tosse, dor torácica, a cessão da respiração e provocar a morte.

A exposição dos olhos a altas concentrações do gás pode causar cegueira temporária e danos oculares graves e a exposição a longo prazo pode provocar a irritação crónica dos olhos e do tracto respiratório superior.

Óxido de Azoto - Pode afectar o organismo se for inalado ou quando entra em contacto com os olhos e pele, este pode causar graves dificuldades respiratórias que podem ser de aparecimento tardio, além disso pode causar irritação dos olhos, nariz, garganta e da pele. Em caso de concentrações elevadas pode causar sonolência, inconsciência e em alguns casos podem levar a morte.

Dióxido de Azoto - Este afecta o corpo se for inalado ou quando em contacto com os olhos e a pele, este provoca dificuldades a respirar, que geralmente é de aparecimento

tardio e que pode provocar a morte, danos nos pulmões e aparecimento de pneumonia e como sintomas mais banais irritações dos olhos e nariz.

Compostos orgânicos voláteis totais - Baseando se no composto orgânico volátil (Isobutileno) - este também afecta o corpo se for inalado ou quando em contacto com os olhos, provoca dificuldades de respirar, dores de cabeça e pode provocar a morte.

4.5.5 Partículas

A matéria particulada é a forma mais visível de poluição do ar em ambientes internos, esta entre os poluentes mais encontrados no interior dos edifícios.

Os principais tipos de partículas presentes no ar interno podem ser do tipo sólidas ou líquidas, de tamanho bastante reduzido em suspensão no ar. Pode ser de origem natural, como exemplo: pólenes, poeiras, ou artificial como fumo de cigarro. (Batista 2008)

Segundo Batista (2008) as partículas do ar em ambientes internos podem ser produzidas ou tornarem-se aéreas por meio de diferentes processos:

- Atritos entre partes que se movimentam ou pedaços de moveis que produzem partículas sólidas;
- Varrer, tirar poeira, ou limpar, utilizando aspiração a vácuo facilita a reentrada de partículas sólidas no ar;
- Humidificadores e vários tipos de “sprays” produzem partículas líquidas;

Segundo Miguel (2010) a avaliação do efeito das partículas ou poeiras sobre a saúde esta relacionada não só com a composição química, concentração e tempo de exposição, mas também com o tamanho das mesmas, deve-se aos efeitos do tamanho da partícula no local de deposição no tracto respiratório.

Segundo a NP 1796:2007 que define os valores limites de exposição profissional a agentes químicos e descreve as fracções que atingem as várias partes do nosso corpo podemos definir os seguintes tipos de poeiras de acordo com o seu tamanho:

- **Fracção inalável** – Partículas potencialmente perigosas que atingem qualquer região do aparelho respiratório, menores que 100µm;

Esta fracção consiste nas partículas captadas de acordo com a seguinte eficiência de colheita, independentemente da orientação do colector em relação à direcção do vento.

$$PI(d_{ae}) = 0,5(1 + e^{-0,06d_{ae}}) \quad \text{Equação 17}$$

Para $0 < d_{ae} < 100 \mu\text{m}$, sendo:

$PI(d_{ae})$ - a eficiência de colheita;

d_{ae} – o diâmetro aerodinâmico da partícula em µm

-**Fracção torácica** – partículas potencialmente perigosas quando atingem a região pulmonar e a região alveolar, e são menores que 25µm

$$PT(d_{ae}) = PI(d_{ae})[1 - F(x)] \quad \text{Equação 18}$$

Sendo:

$F(x)$ – A função densidade de probabilidade da variável normalizada x .

$$x = \frac{\ln \frac{d_{ae}}{\Gamma}}{\ln(\Sigma)} \quad \text{Equação 19}$$

Em que:

$\Gamma = 11,64 \mu\text{m}$

$\Sigma = 1,5$

Γ e Σ são, respectivamente, a mediana e o desvio padrão geométrico na distribuição

-**Fracção alveolar ou respirável** – partículas potencialmente perigosas quando atingem a região alveolar e são menores que 10µm

A eficiência da colheita pode ser definida de acordo com certas equações para cada tipo de partículas:

$$PR(d_{ae}) = PI(d_{ae})[1 - F(x)] \quad \text{Equação 20}$$

Sendo:

F (x) – a função anteriormente definida, mas com:

$$\Gamma=4,25 \mu m \Sigma=1,5$$

As fracções que atingem as várias partes do nosso corpo pode ser visualizado pelo gráfico da figura 27:

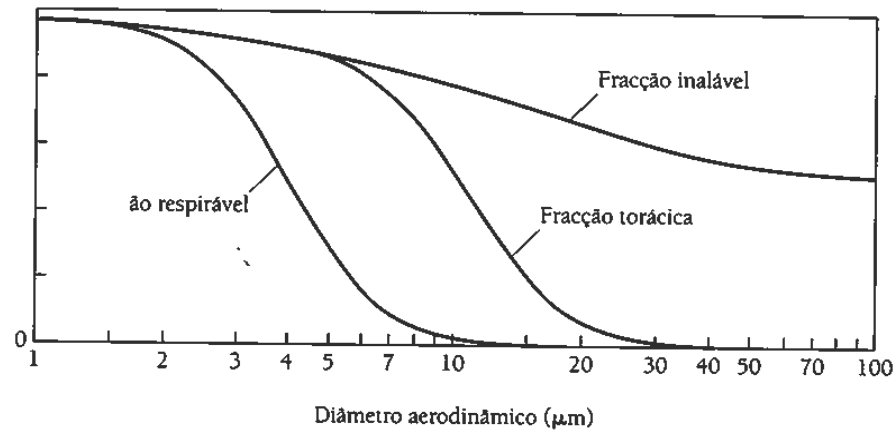


Fig.27.Fracções inalável, torácica e respiráveis expressas como percentagem de partículas totais em suspensão no ar. (Miguel 2010)

4.5.5.1 Tipo de Partículas

As partículas mais comuns encontrar-se no interior dos edifícios, e segundo a literatura estudada, são as PM₁₀ e PM_{2,5}, estas podem incluir partículas (insolúveis ou fracamente solúveis) sem outra classificação (PSOC).

A Environmental Protection Agency (EPA) e outras agências regulamentam o controlo ambiental utilizando PM_{2,5} e PM₁₀ e referem-se respectivamente, as partículas com diâmetros aerodinâmicos de 2,5μm e 10 μm, são as mais relevantes, em termos de efeitos à saúde humana e são referidas como partículas respiráveis.

Segundo Miguel 2010, trata-se de partículas que:

- Não têm VLE aplicável;
- São insolúveis ou dificilmente solúveis na água;

4.5.5.2 Efeitos das partículas no homem

A exposição de longa duração a níveis elevados de partículas pode provocar doenças respiratórias, diminuição da função pulmonar, bronquite crónica e morte prematura (como consequência de problemas respiratórios).

Por seu lado, a exposição de curta duração a níveis elevados pode resultar em irritação das vias respiratórias, tosse, dificuldades respiratórias, respiração dolorosa, agravamento de condições respiratórias como a asma, bronquite crónica, doença obstrutiva pulmonar crónica e enfisema.

De acordo com a EPA, as PM_{10} e o $PM_{2,5}$ são dois poluentes mais associados com danos à saúde, e frequentemente são associados com casos de mortalidade por doenças cardiovasculares.

Segundo (Schwartz 1993) os principais efeitos causados pelas partículas respiráveis PM_{10} , são:

- Reacções inflamatórias;
- Sintomas respiratórios;
- Efeitos adversos sobre o sistema cardiovascular;
- Aumento da doença pulmonar obstrutiva crónica;
- Aumento da mortalidade,

4.5.6 Valor limites de exposição

Antes de referir e definir os valores limites de exposição é necessário definir o conceito de dose.

Como se sabe o Homem não reage da mesma forma aos contaminantes num mesmo ambiente. Segundo Miguel 2010, num ambiente em que os trabalhadores estão expostos a um nível constante e apreciável de um contaminante comum, pode observar-se diferentes níveis de resposta biológica.

Segundo o mesmo autor existe vários factores intrínsecos e extrínsecos que influenciam a resposta biológica. Os intrínsecos são o caso da idade, sexo o código genético, a capacidade de desintoxicação do corpo e susceptibilidade, enquanto os extrínsecos é a concentração do contaminante, hábitos de trabalho, uso de substâncias tóxicas e o estado alimentar.

A dose ou quantidade de contaminante susceptível de causar dano no Homem é expressa pela seguinte relação:

$$D = t \times C \quad \text{Equação 21}$$

Sendo que:

t – é o tempo ou duração de exposição (anos)

C – concentração média ponderada de contaminante (mg.m^{-3})

A Dose (D) é expressa em $\text{mg.m}^{-3} \times$ anos em presença de um material estranho

A dose normalmente é definida pelo nível de resposta nula. Apesar de este conceito ser apenas teórico, pois há sempre alterações biológicas ou químicas quando o organismo está na presença de um material estranho, e devido a problemas inerentes à interpretação de dados epidemiológicos e tecnológicos, é necessário incluir uma margem de segurança, assim sendo o valor limite é definido segundo a seguinte equação 22.

$$\text{valor – limite} = \frac{\text{Dose efectiva mais baixa}}{\text{factor de segurança}} \quad \text{Equação 22}$$

O factor de segurança depende da natureza da resposta produzida por a dose efectiva mais baixa.

Existem variáveis que influenciam a utilização dos valores limites de exposição, tais como:

- O ciclo trabalho - descanso;
- Estado de saúde do trabalhador;
- Condições de saúde do trabalhador;
- Condições climatológicas adversas;
- Susceptibilidade biológica adversa;

E os métodos para a determinação dos valores-limite de exposição podem ser realizados segundo:

- Estudos epidemiológicos;
- A analogia química;
- A experimentação nos animais;
- A experimentação humana.

Os valores limites de exposição diz respeito as concentrações das várias substâncias presentes no ar que permite que quase todos os trabalhadores podem estar expostos sem efeitos adversos para a saúde. Contudo, devido a grande susceptibilidade pode haver uma pequena percentagem de trabalhadores que experimentem um certo

desconforto para certas substâncias a concentrações inferiores ao valor admissível(Miguel 2010).

Segundo a NP 1796/2007 os valores-limite de exposição devem ser usado como um guia de controlo de risco para a saúde.

Estes podem ser de 3 categorias:

Valor-limite de exposição-média ponderada (VLE-MP) - Este valor caracteriza-se por a concentração média para um dia de trabalho de 8horas e uma semana de 40horas, no qual considera-se que todos os trabalhadores podem estar expostos, todos os dias, sem efeitos adversos para a saúde.

Valor-limite de exposição-curta duração (VLE-CD) - este considera-se que é a concentração que um trabalhador pode estar consecutivamente exposto por curtos períodos de tempo, desde que o valor de VLE-MP não seja excedido sem que ocorram efeitos adversos e a exposição nunca deverá ser superior a VLE-MP 15 minutos, mesmo que a média ponderada seja inferior ao valor - limite. Exposições superiores ao VLE-MP e inferiores ao VLE-CD não devem exceder os 15mins e não devem ocorrer mais de 4 vezes por dia.

Valor limite de exposição - concentração máxima (VLE-CM) - Concentração que nunca deve ser excedida seja qual for a situação. Para casos em que as flutuações de concentração registem valores acima da média diária ponderada, não devem exceder 3 vezes o VLE-MP em mais de 30 minutos, no total, por dia de trabalho e em nenhum caso deverá ser excedido VLE-MP mais do que 5 vezes(Miguel 2007)

Valor limite de exposição para misturas – Quando num local estão duas substâncias ou agentes químicos, estes não agem separadamente mas sim em conjunto, considerando-se o efeito dos vários componentes da mistura são aditivos. Verifica-se que foi excedido quando a soma dos quocientes da concentração de cada componente da mistura pelo respectivo limite de exposição exceder a unidade.

4.5.6.1 VLE para gases

A avaliação da exposição profissional no trabalho a agentes químicos inclui a determinação da concentração desses agentes no ar dos locais de trabalho e compará-los com valores de referência que representam níveis de exposição aceitáveis, estes (VLE) são validos para cada químico. Os VLE presentes na NP 1796/2007 foram propostos pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH).

De seguida, são apresentadas também, as principais substâncias presentes no ar interior dos edificios e os seus VLE segundo a legislação nacional do Decreto-lei 79/2006 de 4 de Abril e da NP 1796:2007, tabela 16.

Tabela.16.Valores limites de exposição dos principais contaminantes químicos dentro dos edificios (NP 1796/2007) / (RSECE 2006)

Gases	Concentração máxima de referência (RSECE)		Valor limite de exposição segundo a (NP 1796/2007)	
	mg/m ³	ppm	MP ppm	CD ppm
Dióxido de carbono (CO ₂)	1800	1000	5000	3000
Monóxido de Carbono (CO)	12,5	14,32	25	_____
Ozono (O ₃)	0,2	0,10	0,10	_____
Formaldeído (HCHO)	0,1	0,08	_____	CM 0,3
Compostos orgânicos voláteis totais (base Isobutileno).	0,6	0,29	_____	_____
Amoníaco (NH ₃)	_____	_____	25	35
Dióxido de Azoto	3	5	3	5

4.5.6.2 VLE para partículas

Para agentes físicos presentes no ar, que inalamos, como por exemplo partículas sólidas, o risco potencial depende do tamanho da partícula e da concentração máxima consequentemente os VLE são definidos de acordo com esta particularidade.

Os valores limites de exposição (VLE) selectivos por tamanho de partícula são expressos de três formas:

Valor limite de exposição para partículas inaláveis (VLE-PI) - para os agentes que são potencialmente perigosos quando depositam no tracto respiratório.

Valor limite de exposição para partículas torácicas (VLE-PT) - Agentes que são potencialmente perigosos quando se depositam na região pulmonar.

Valor limite de exposição para partículas respiráveis (VLE-PR) – Agentes potencialmente perigosos quando se depositam nas regiões das trocas gasosas.

A ACGIH afirma que as partículas biologicamente inertes, insolúveis ou francamente solúveis, podem originar efeitos adversos e recomenda-se que as concentrações sejam mantidas abaixo das seguintes quantidades, tabela 16 até que se verifique o estabelecimento de um VLE para uma dada substância.

Tabela.17. Valores limites de exposição para as partículas (NP/1796/2007 e RSECE)

Parâmetro	VLE.MP(mg/m ³) NP 1796/2007	RSECE (mg/m ³)
Partículas inaláveis (totais) (PM10)	10	0,150
Partículas respiráveis	3	-----

Como apura-se na tabela 17, o valor limite da legislação portuguesa é muito menor do que a norma.

4.5.6.3 VLE para contaminantes Biológicos

Muitas instituições têm trabalhado no sentido de prover padrões quantitativos de fungos no ar de ambientes internos. Entre elas “United States Occupational Health and Safety Administration (USOSHA) que criou o limite máximo de 1000 UFC/m³ e a commission of the European Communities (CEC) fixou o valor em 10⁴ UFC/m³

Portugal criou o seu próprio limite máximo para os contaminantes biológicos dentro dos edificios que estão no seguinte tabela 18.

Tabela.18.Valor limites de exposição para parâmetros biológicos (RSECE)

Parâmetros	Concentração máxima de referência
Bactérias	500 UFC/m ³
Fungos	500 UFCm ³

4.6 Sistema nervoso

O sistema nervoso é constituído pelo encéfalo, medula espinal, nervos e receptores sensoriais. É responsável pelas percepções sensoriais, pelas actividades da mente e estimulação dos movimentos dos músculos. As principais funções deste são:

1. Informação sensorial - Os receptores sensoriais monitorizam numerosos estímulos externos e internos, como a temperatura, o tacto, o paladar, olfacto.
2. Integração – O encéfalo e a medula espinal são os principais processadores de informação sensorial e iniciadores de resposta.
3. Controlos de músculos - Os músculos esqueléticos só se contraem quando estimulados pelo sistema nervoso e o sistema nervoso controlam os principais movimentos do corpo pelo controlo do músculo-esquelético.

4.6.1 Divisões do sistema nervoso

Nos seres humanos só existe um sistema nervoso apesar, de possuir várias subdivisões, existe o sistema nervoso central (SNC) constituído pelo encéfalo e espinal medula. O encéfalo localiza-se dentro do crânio, enquanto a espinal medula localiza-se no bolbo raquidiano no interior das vértebras. O sistema nervoso periférico (SNP) é constituído por receptores sensoriais, nervos e gânglios. Os receptores sensoriais são terminações de células nervosas, especializadas que detectam estímulos, tais como, temperatura, dor, tacto, pressão, luz, som, odores e outros estímulos, estes receptores podem-se localizar na pele, músculos, ou órgãos especializados como os ouvidos ou os olhos.

O SNP tem duas subdivisões. A divisão sensorial transmite os sinais eléctricos (potenciais de acção) aos receptores sensoriais ao SNC, figura 28.

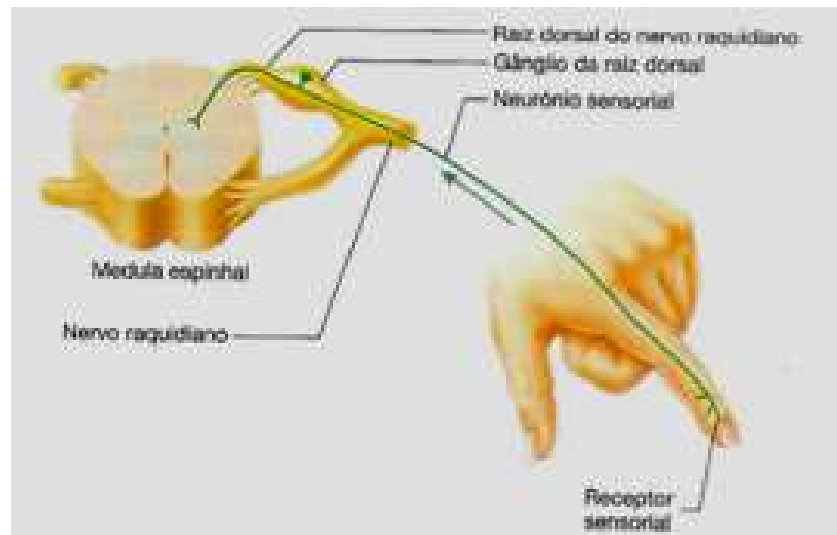


Fig.28. Recepção do estímulo e o seu percurso até a medula espinal. (Seeley, Stephens et al. 2003)

Enquanto a divisão motora transmite os potenciais de acção do SNC aos órgãos efectores, como os músculos, figura 29.

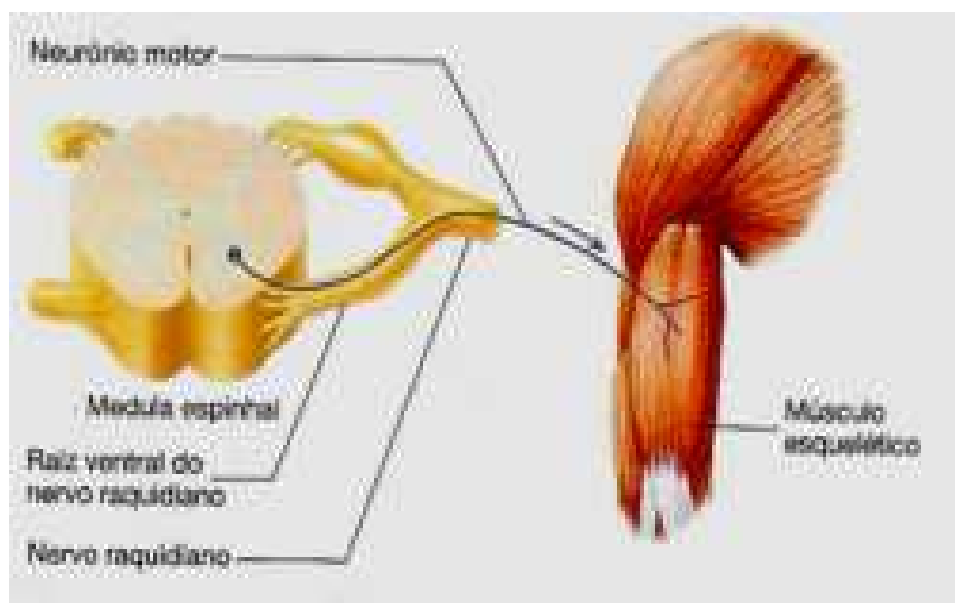


Fig.29. Estimulação do músculo a partir da espinal medula. (Seeley, Stephens et al. 2003)

A divisão motora do sistema nervoso divide-se em sistema nervoso somático (SNS) e o sistema nervoso autónomo (SNA). O sistema nervoso somático transmite os

potenciais de acção do SNC aos músculos esqueléticos, estes são controlados voluntariamente pelo SNS. O SNA transmite os potenciais de acção do SNC ao músculo cardíaco e certas glândulas, este músculo é controlado inconscientemente.

A parte sensorial do SNP funciona primariamente para detectar os estímulos e transmitir informação sob a forma de potenciais de acção ao SNC. A SNC é importante no processamento da informação, iniciação da resposta. A divisão motora do SNP conduz potenciais de acção do SNC para os músculos (Seeley, Stephens et al. 2003)

4.6.2 Velocidade de reacção

A velocidade pode definir-se como a capacidade complexa derivada de um conjunto de propriedades (força e coordenação) que visa regular, em função de parâmetros temporais existentes, a activação dos processos cognitivos e funcionais do indivíduo, para provocar uma resposta óptima. (Viñaspre)

A velocidade é a capacidade do organismo humano cuja definição se aproxima do conceito mecânico de velocidade que é determinada pelo tempo que leva um corpo a percorrer um dado espaço de tempo. (Aguilera 1981)

A velocidade de reacção depende de factores físicos e psíquicos tais como: força muscular, elasticidade muscular, qualidade motora do movimento, temperamento do indivíduo e mecanismos biomecânicos. (Martinho 2003)

O valor da velocidade da reacção está limitado pelo tempo de reacção, quanto mais curto é o tempo de reacção maior será o nível da velocidade de reacção. O tempo de reacção é o tempo desde a recepção do estímulo até a resposta motora. (Tavares 1993)

4.6.2.1 Resposta pré-motora

Esta resposta está ligada aos processos nervosos que compreende o tempo que vai da apresentação do estímulo à sua chegada ao sistema nervoso central. (Martinho 2003)

Na primeira fase, chamada de pré-motora ou pré-tensão, ocorre a descodificação do estímulo até o registo das primeiras actividades eléctricas no músculo, realizada pelo sistema nervoso periférico. (Vaghetti, Roesler et al. 2007)

Outros pesquisadores dizem que a fase pré-motora é preparada pelo sistema nervoso pois, em determinadas tarefas o TRS esta mais relacionado com factores mentais do que o sistema periférico. (Kimura and Imanaka 2002). Sendo este influenciável por factores como o condicionamento físico, coordenação motora e factores genéticos e psicológicos. (Martinho 2003)

4.6.2.2 Resposta motora

A resposta ligada aos músculos, este compreende o tempo que decorre entre o aparecimento do estímulo sobre a fibra muscular e a realização do trabalho mecânico. (Martinho 2003)

Na fase chamada de motora ou tensão, as células musculares iniciam o processo de contracção muscular até os primeiros movimentos. (Vaghetti, Roesler et al. 2007)

4.6.3 Tempo de reacção

O tempo de reacção simples (TRS) é uma capacidade física muito relacionada com a performance humana. É definido como sendo o intervalo de tempo decorrente desde um estímulo até o início de uma resposta.

Sendo um indicador da velocidade de processamento da informação, o tempo de reacção representa o nível de coordenação neuromuscular, no qual os estímulos visuais, auditivos ou tácteis são decodificados pelo corpo. Efectuam-se através de diferentes processos físico-químicos e mecânicos, os quais viajam através de vias aferentes e chegam ao cérebro como estímulos sensoriais.

Após todo esse processo, a resposta motora é transmitida por neurónios eferentes que penetram na medula através da raiz dorsal ou sensorial, realizando sinapses por intermédio de inter-neurónios, os quais retransmitem a informação aos vários níveis da medula até a unidade motora desejada. (Vaghetti, Roesler et al. 2007)

A execução da resposta varia, fundamentalmente, consoante o órgão sensorial estimulado e não com o tipo de estímulo, apesar de estarem habitualmente relacionados. (Alves 1985)

Tabela.19.Valores médios para o TRS na modalidade visual e auditiva em milésimos de segundo (adaptado de Tavares, 1991)

Autor	Ano	Visual	Auditivo
Whiting	1979	180ms	140ms
Robinson	s.d	194ms	155ms
Alves	1985	212ms	175ms
Pinto	1991	225ms	194ms

De acordo com este quadro, verifica-se que a resposta ao estímulo auditivo é mais rápido do que o estímulo visual.

4.6.4 Factores que influenciam o tempo de reacção

Os factores que influenciam o tempo de reacção podem se de ordem definitiva (Idade, deficiência física, sexo); temporária (enfermidades, drogas, estado emocional, sono e fadiga); e Condicional (número de alternativas estímulo - resposta e sua compatibilidade). (Magill 2000)

4.6.5 Fadiga

A fadiga funciona como um mecanismo de protecção para impedir que se esgote completamente as reservas de energia do organismo, já que, os processos fisiológicos da homeostase já que depois de um dia de trabalho é difícil de equilibrar convenientemente as condições do meio interno. Manifestando-se pelo declínio da actividade realizada e diminuição da velocidade de reacção. (Paula 2004)

A fadiga pode desenvolver-se em dois locais possíveis: o sistema nervoso e os músculos.

A fadiga psicológica, é mediada pelo sistema nervoso central, os músculos mantêm a sua capacidade funcional normal mas o indivíduo tem a “impressão” de que não é possível um trabalho suplementar enquanto a fadiga muscular deve-se a realização de trabalho pelos membros em consequência a diminuição do ATP, e sem níveis adequados, a tensão que o músculo é capaz de produzir é menor. (Seeley, Stephens et al. 2003)

As intensidades do trabalho, a capacidade física do indivíduo, além de outros factores tais como: alimentação, condições ambientais e motivação que se podem combinar e levar a um decréscimo do desempenho.

A fadiga pode se caracterizar pelo esgotamento do corpo e da mente (periférico e central) dêem resposta a um esforço físico (Castanys and Fernandez 2003)

4.6.6 Envelhecimento

Segundo estudos verificou-se que o tempo de reacção encurta desde criança até aos 20 anos, aumenta lentamente até aos 50 anos e alonga mais rapidamente até aos 70 anos. Isto pode dever-se à degradação dos nervos sensoriais e nas pessoas mais velhas porque têm mais dificuldade em assimilar informação.

5 RECOLHA DE DADOS

5.1 Selecção do local de medição

A figura 30 mostra a posição dos trabalhadores no DMSI e a localização exacta dos equipamentos que foram usados na realização desta tese, identificado por um “x”.

Os números referem-se aos locais onde foram realizadas medições de iluminância e aos postos de trabalho dos colaboradores.

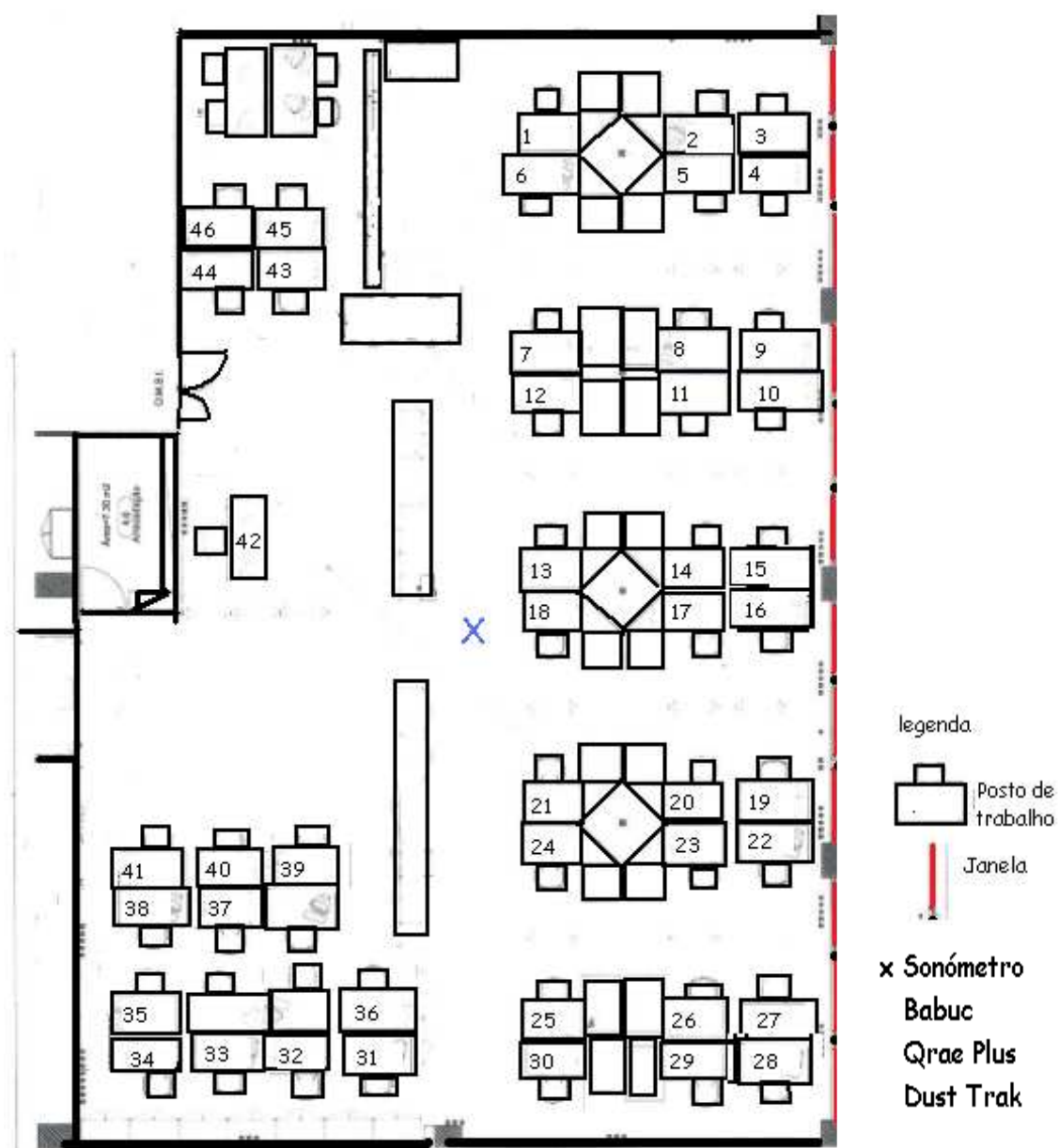


Fig.30.Planta do local onde foram realizados as medições (autor)

5.2 Equipamentos utilizados

5.2.1 Ambiente térmico

Unidade de base para medições ambientais marca LSI-modelo BABUC A-BSA10 com porta série RS 232, 11 entradas e memória para 20000 medidas, figura 31.

Inclui:

- Anemómetro;
- Psicrómetro;
- Termómetro (termopar);
- Termómetro do Globo;



Fig.31.Imagem ilustrativa do BABUC (autor)

Modo de funcionamento

O equipamento foi utilizado de acordo com as especificações do fabricante, este era montado de acordo com o seu manual, era ligado às 8.30 e desligado às 16.30h.

No final do trabalho era conectado à Base do computador, que transmitia a informação e os dados eram tratados.

5.2.2 Ruído

Sonómetro-01 dB acoustics & vibration METRAVIB technologies

SOLO- Medidor de nível sonoro de integração e registo de dados, figura 32

Microfone;

Pré-amplificador removível;

Monitor;

Teclado;



Fig.32.Imagem ilustrativa do Sonómetro - SOLO (Manual do Sonómetro)

Modo de funcionamento

O equipamento foi utilizado de acordo com as especificações do fabricante, e devidamente calibrado sempre antes da medição. Este era ligado às 8.30 em modo contínuo até às 16.30h, e posteriormente conectado ao computador para um posterior tratamento dos dados.

5.2.3 Gases

QRAE Plus- PGM-2000/2020 Multi-gás monitor, figura 33

Inclui:

Sensores electroquímicos: O₂,NO₂ e CO



Fig.33.Imagem ilustrativa do QRAE Plus, (manual do QRAE Plus)

Modo de funcionamento

O equipamento foi utilizado de acordo com as especificações do fabricante, e devidamente calibrado, usados os sensores referentes ao O₂,NO₂ e CO. O Equipamento era ligado às 8.30 até às 16.30, depois no final do dia era conectado ao computador, e transmitido a informação para um posterior tratamento dos dados.

5.2.4 Poeiras

Model 8520 DustTrak™ Aerosol Monitor, figura 34

Inclui:

- Ciclone de nylon de 10mm Dorr-Oliver
- Medidor de Caudal, 0-2.5 L/min
- Boca de entrada de 2,5 µm



Fig.34.Imagem ilustrativa do DustTrak™, (manual do Digital Luxmeter)

Modo de funcionamento

O equipamento foi utilizado de acordo com as especificações do fabricante, e devidamente calibrado sempre antes da medição, O caudal de ar definido é de 1,7l/min, e as partículas respiráveis são medidas recorrendo a um ciclone de nylon de 10mm.

Este aparelho foi fabricado para medir aerossóis de acordo com os critérios de medição normativos vigentes internacionalmente. Era ligado às 8.30 e desligadas às 16.30h e posteriormente transmitido a informação para o computador para tratar os dados.

5.2.5 Iluminação

-Digital Luxmeter- 100 memory locations, figura 35



Fig.35.Imagem ilustrativa de um Digital Luxímetro (manual do Digital Luxímetro)

Modo de funcionamento

O equipamento foi utilizado de acordo com as especificações do fabricante, e devidamente calibrado e programado de acordo com os critérios de medição normativos vigentes internacionalmente.

O equipamento utilizado é um luxímetro de medição directa de valores, em cada um dos 46 postos de trabalho do open-space, os pontos de medição seleccionados representaram as áreas mais utilizadas do plano de trabalho. Eram realizadas 3 medições ao longo do dia sempre que era representado o valor de iluminância, depois anotado para posterior tratamento no computador numa folha de Excel.

5.2.6 Tempo de reacção

Equipamento programado pelo Professor Soeiro do DEM da FEUP, sendo constituído por 7 programas. O primeiro programa corresponde ao programa de treino e envolve 5 tentativas. Os outros programas são constituídos por 15 tentativas.

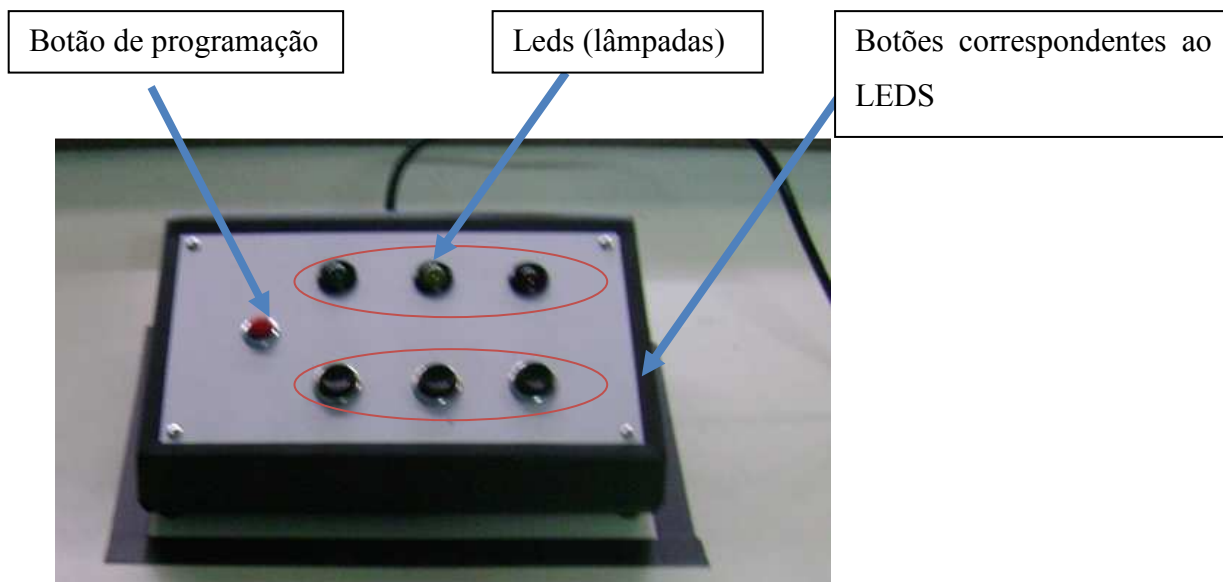


Fig.36.Imagem ilustrativa de um equipamento de tempo de reacção (autor)

Modo de funcionamento

O trabalhador coloca-se junto ao equipamento, a uma distância pré-definida igual para todos os trabalhadores. O equipamento tem 3 luzes, uma verde, amarela e vermelha que acendem alternadamente, cada luz tem um botão respectivo. Quando o trabalhador visualiza o estímulo visual da luz, o trabalhador pressiona o botão respectivo, o tempo que demora a pressionar denomina-se por tempo de reacção simples. Este equipamento fornece a informação pela porta USB do computador directamente para uma folha de cálculo do Excel.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Ambiente térmico

Foram realizadas medições durante uma semana para verificar a variação, ao longo do dia e da semana, das condições de ambiente térmico, mais concretamente entre os dias 8 e 12 de Janeiro, das 8:30 às 16:30, que é o horário de trabalho praticado na CMP.

As grandezas do ambiente térmico que foram realizadas as medições foram:

- Humidade relativa
- Temperatura do ar
- Velocidade do ar

O índice de stress térmico usado foi:

- WBGT

O índice de conforto térmico foi:

- PMV/PPD

Para o cálculo de PMV/PPD considera-se um metabolismo de 1,2met e um isolamento térmico de 1,1 clo.

6.1.1 Humidade relativa

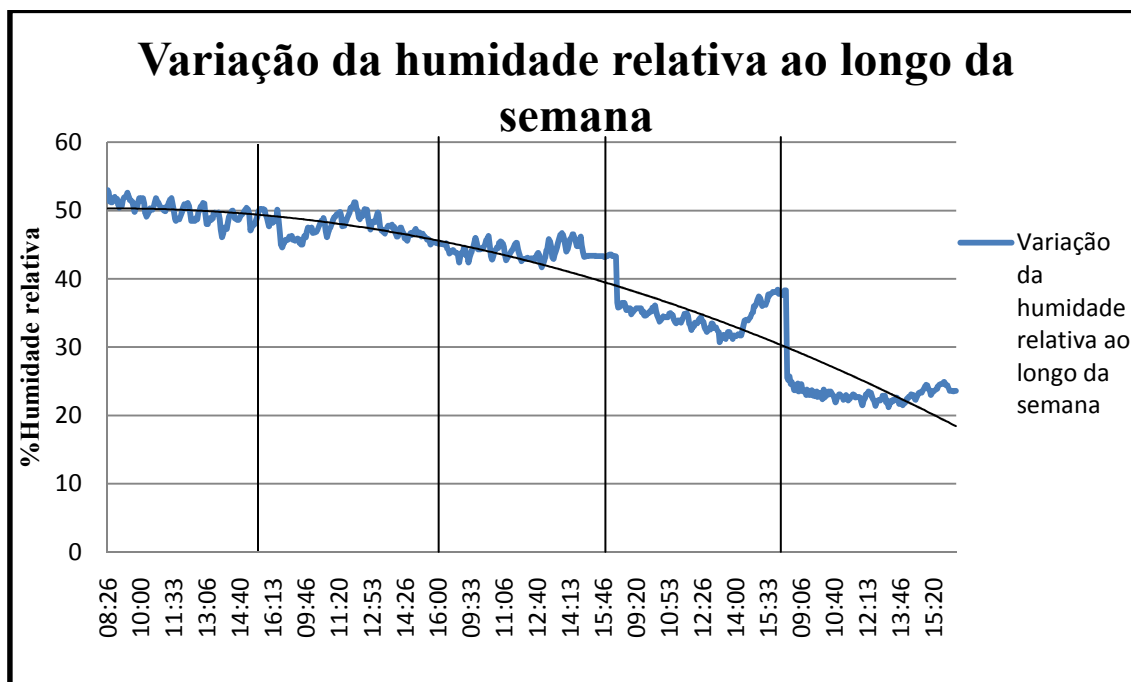


Fig.37. Gráfico da variação da humidade relativa de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:

Mediante a observação do gráfico da figura 37, conclui-se que a humidade relativa tem uma tendência de descida ao longo da semana, tendo variado entre 25 a 55 %.

Segundo o Decreto-Lei 243/86 de 20 de Agosto, a humidade da atmosfera de trabalho deve oscilar entre 50% e 70%.

E ainda conforme a norma ISO 7730 – *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort* – ISO-1994, a mesma deverá situar-se entre 30%-70%.

Conclui-se que, durante a semana, a humidade relativa esteve quase sempre abaixo dos valores aconselhados pela legislação, pese embora segundo a norma, se situe no intervalo recomendado, com excepção da sexta-feira.

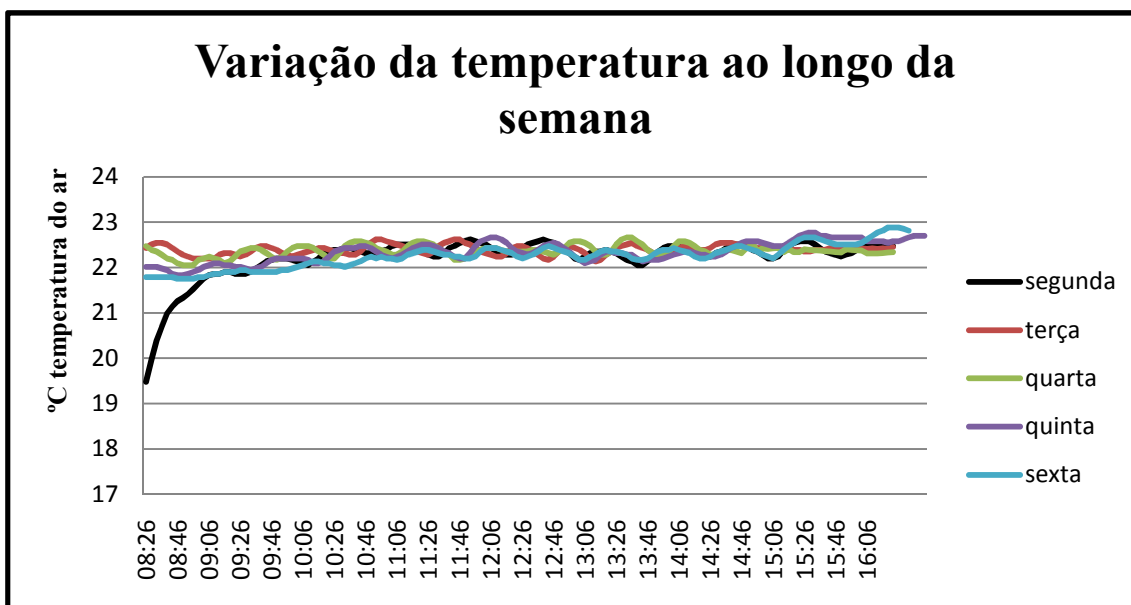


Fig.38.Gráfico da variação da temperatura de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

Verifica-se, através do gráfico da figura 38, que a temperatura do ar no open-space varia entre 22 e 23°C durante a semana. Contudo, na segunda-feira, no início da manhã, a temperatura é de 19,5°C e, em meia hora, atinge os valores anteriormente referidos.

Segundo o Decreto-Lei 243/86, “a temperatura dos locais de trabalho deve, na medida do possível, oscilar entre 18°C e 22°C, salvo as condições climáticas, em que poderá atingir os 25°C”.

Em relação à norma ISO *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort* – ISO-1994, a temperatura ambiente deverá estar compreendida entre 10 e 30°C. A temperatura no Open-space situa-se, portanto, dentro dos limites previstos.

6.1.2 Velocidade do ar

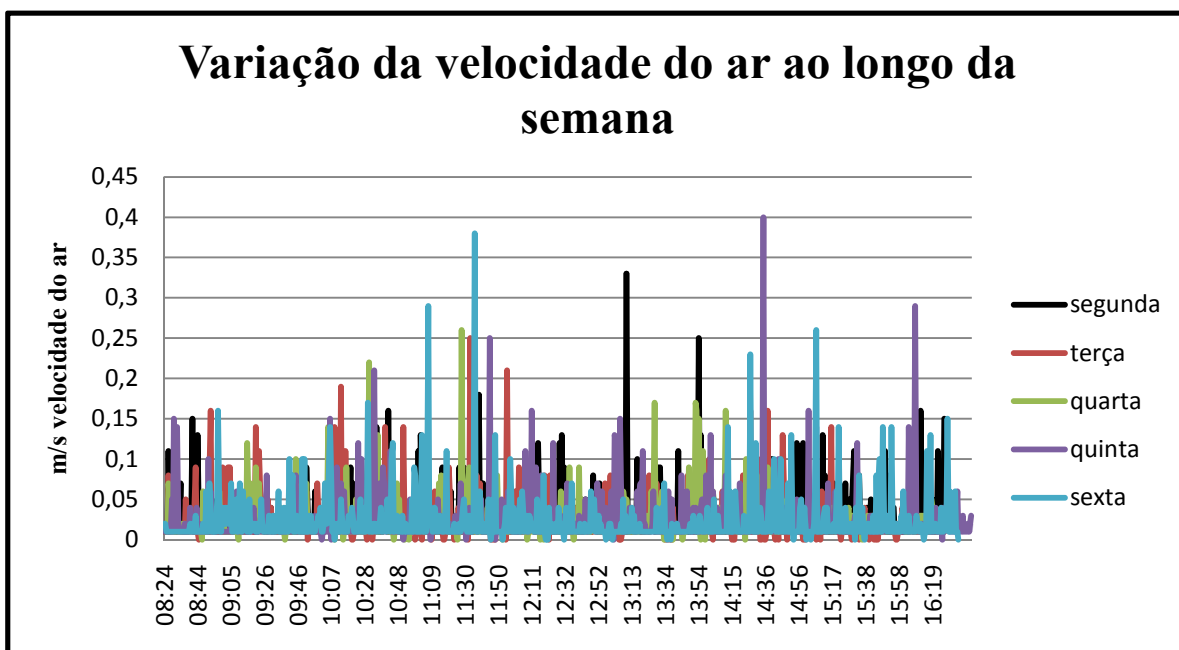


Fig.39. Gráfico da variação da velocidade do ar de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

De acordo com o gráfico da figura 39, verifica-se que ao longo da semana a velocidade do ar, é relativamente baixa, tendo alguns picos que podem atingir 0,4m/s.

Tabela.20.Dados obtidos do gráfico da velocidade do ar (m/s) ao longo da semana

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Média	0,026	0,023	0,023	0,024	0,023
Picos	0,33	0,25	0,26	0,4	0,38
Mínimos	0,01	0	0	0	0

Ao longo da semana, a velocidade do ar varia entre 0,023 e 0,026 m/s e tendo picos de 0,4 e 0,38 m/s, respectivamente na quinta e na sexta-feira. Há, contudo, momentos em que a velocidade do ar é praticamente nula.

Segundo a legislação, a velocidade do ar deve ser apropriada ao trabalho em questão.

Conforme a norma ISO 7730, a velocidade do ar deve situar-se abaixo dos 0,4m/s, e no open-space verifica-se o disposto na norma.

6.1.3 PMV/ PPD

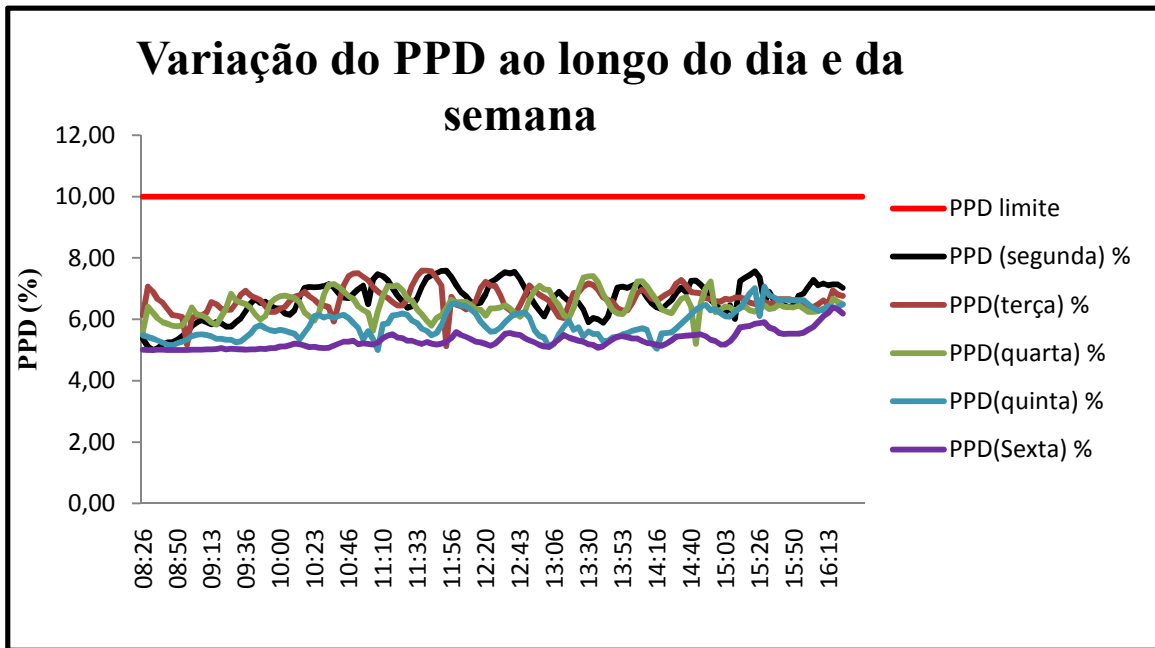


Fig.40. Gráfico da variação do PPD de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

De acordo com o gráfico da figura 40, o PPD, ao longo da semana, varia entre 5 e os 8%, constatando-se assim que o número de insatisfeitos está abaixo do limite de 10%.

A pequena variação do PPD, ao longo do dia, deve-se, sobretudo, aos picos de velocidade do ar, figura 39 e observa-se também com a descida da humidade relativa, figura 37, que existe uma diminuição de trabalhadores insatisfeitos.

Segundo a norma ISO 7730 – *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort – ISO-1994* permite prever a sensação térmica e o grau de desconforto das pessoas expostas a ambiente térmicos moderados e especificar as condições térmicas para a existência de conforto.

Para o open space foi possível verificar que a quantidade de insatisfeitos está abaixo dos 10%.

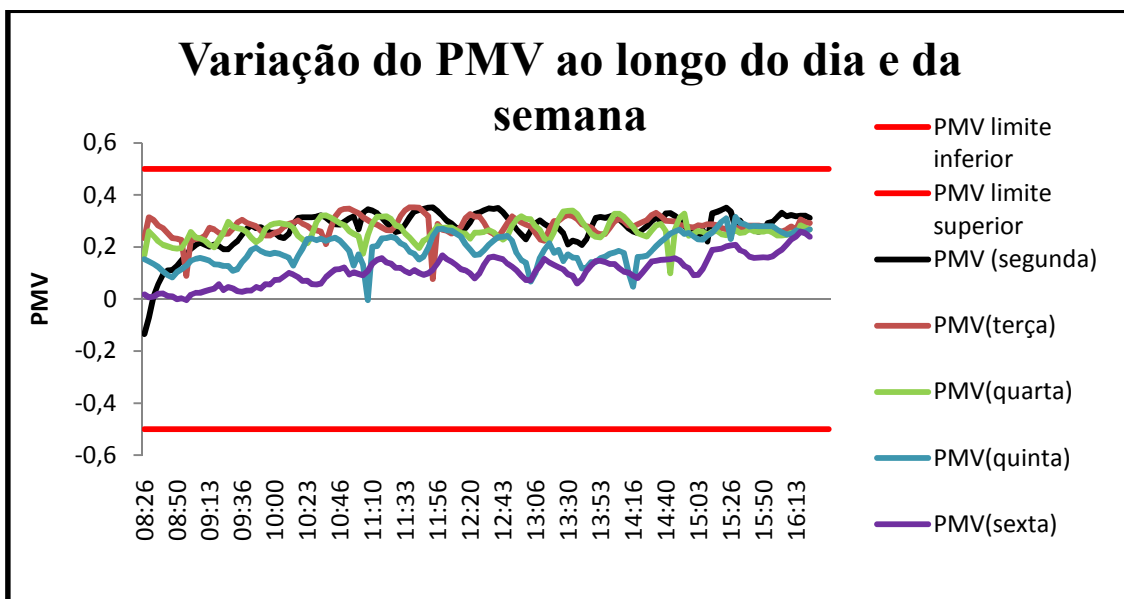


Fig.41. Gráfico da variação da PMV de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

Observando o gráfico da figura 41, verifica-se que o PMV, ao longo do dia e da semana, oscila entre 0 e 0,4, excepto na segunda-feira em que apresenta um valor mínimo de -0,18 e pode se concluir que, satisfaz a norma e o PMV (Voto médio previsível), pois está entre -0,5 e 0,5.

6.1.4 WBGT

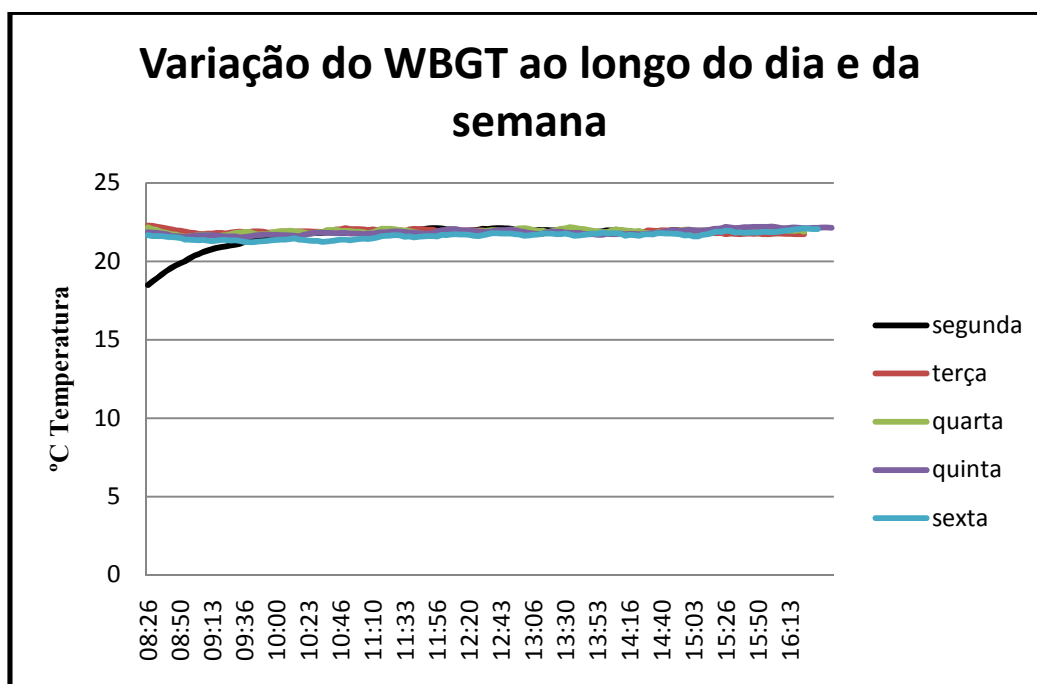


Fig.42. Gráfico da variação do WBGT int de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

De acordo com o gráfico da figura 42, WBGT, ao longo do dia e da semana varia entre 22 e os 23°C, excepto na segunda-feira em que o valor inicial é de 19°C, estabilizando, posteriormente, a 22°C ao fim de uma hora.

E o WBGT referida na norma *ISO 7933 – Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate- ISO-1989*, é usado para ambientes muito quentes ou frios. Verifica-se também o disposto da norma, pois é inferior a 30°C.

6.2 Ruído

Realizaram-se se medições de ruído no Open space, na semana de 10 a 13 de Maio, das 08:30 às 16:30.

6.2.1 Análise espectral do ruído

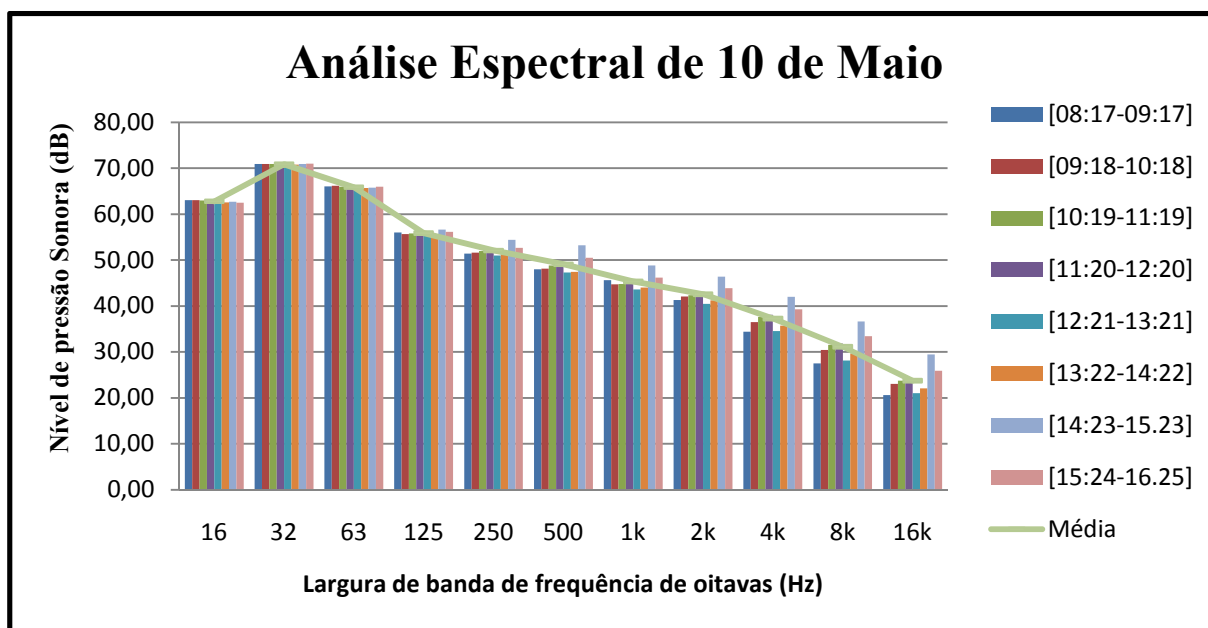


Fig.43.Análise espectral do ruído no open-space no dia 10 de Maio das 08:30 às 16:30

De acordo com o gráfico da figura 43, que representa a análise espectral efectuada em 10 de Maio, a largura de banda que possui um nível de pressão sonora (dB) mais elevado é 32 Hz, verificando-se uma diminuição do nível de pressão sonora à medida que aumenta o valor da banda de frequência de oitava.

Tabela.21.Parâmetros de análise espectral do ruído para o dia 10 de Maio das 08:30 as 16:30

Dia	Tipo	Filtro de ponderação	Unidades	Leq	L _{EX,8h}	Lmax
Segunda-feira	LA,eq	A	dB	53,3	53,3	85,7
	Pico	C	dB			120,3

Para o dia 10 de Maio verifica-se que o L_{EX,8h} é de 53,3 dB(A), muito abaixo do valor de acção inferior de 80dB(A), referido no Decreto-lei 182/2006, de 6 de Setembro. O Lc_{pico} max é de 120,3dB(C) está também abaixo do valor de acção inferior que é de 135,0dB(C).

Foi possível observar durante a tarde, um aumento da amplitude das frequências mais altas, que se pode dever a um maior uso de equipamentos, tais como, impressoras, bem como, a passagem de um carrinho com equipamentos de computadores e, em alguns momentos, alguns trabalhadores irem para junto do sonómetro conversar.

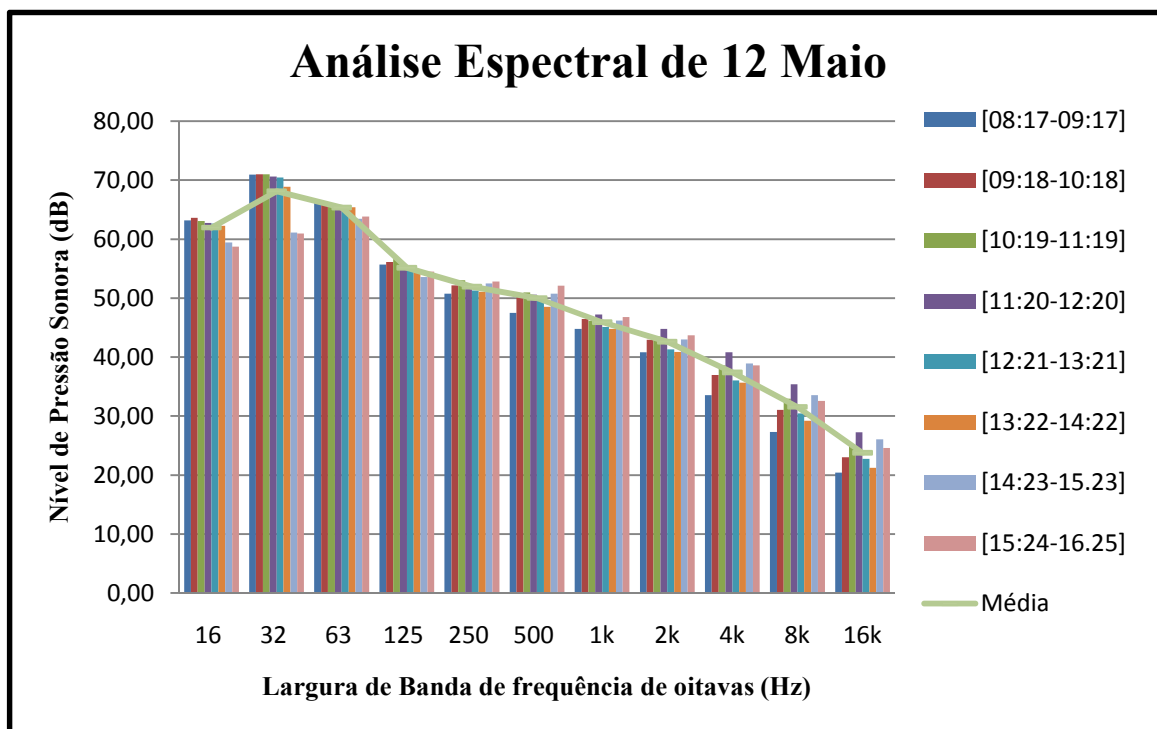


Fig.44.Análise espectral do ruído no open-space no dia 12 de Maio das 08:30 às 16:30

No dia 12 de Maio, a largura de banda que possui um nível de pressão sonora (dB) mais elevado também é 32 Hz, diminuindo à medida que aumenta o valor da banda de frequência de oitava.

Tabela.22.Parâmetros de análise espectral do ruído para o dia 12 de Maio das 08:30 as 16:30

Dia	Tipo	Filtro de ponderação	Unidades	Leq	L _{EX,8h}	Lmax
Quarta-Feira	LA,eq	A	dB	53,4	53,4	86,1
	Pico	C	dB			118,6

Para o dia 12 de Maio pode se constatar que o L_{EX,8h} é de 53,4 dB(A) semelhante ao dia anterior muito abaixo dos valores de acção inferiores e o L_{c_pico} max é de 118,6dB(C) também abaixo do valor inferior de acção.

Como anteriormente referido neste dia à tarde, houve também um uso elevado dos equipamentos, tais como, impressora, e por conseguinte um aumento das amplitudes nas frequências mais altas.

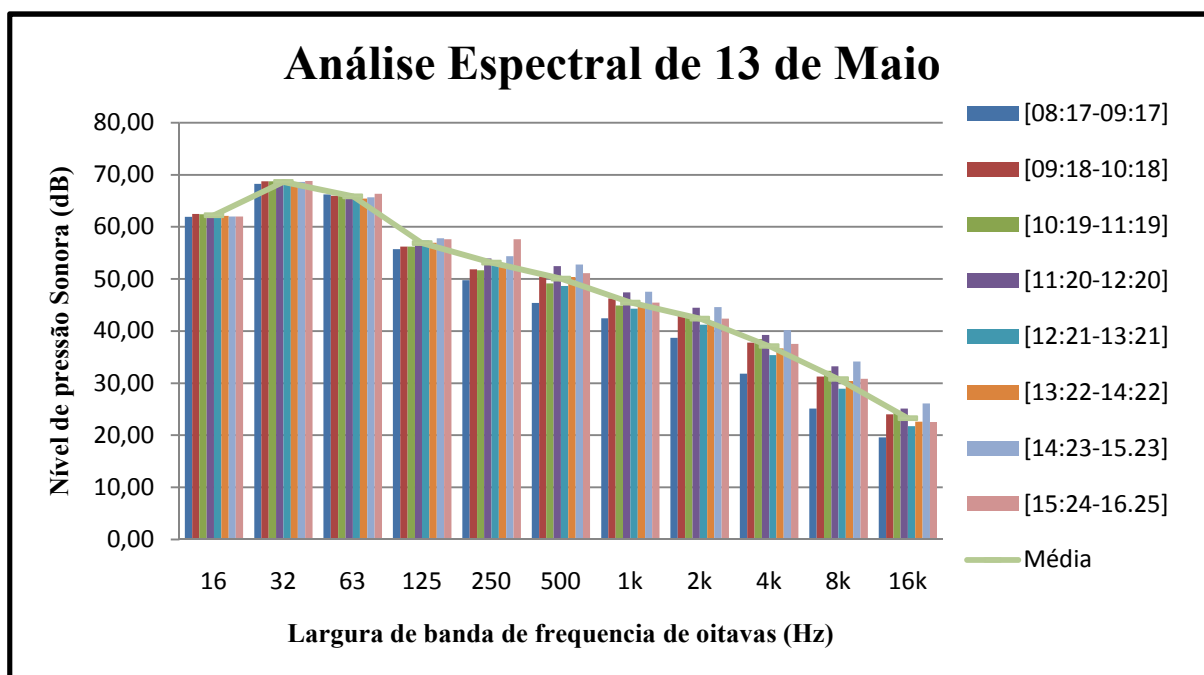


Fig.45.Análise espectral do ruído no open-space no dia 13 de Maio das 08:30 às 16:30

Finalmente, o gráfico da figura 45, que representa a análise espectral efectuada em 13 de Maio, é semelhante ao dos dias anteriores, verificando que a largura de banda de 32Hz é a que apresenta o nível de pressão sonora mais elevada. Constata-se ainda uma diminuição progressiva para as larguras de banda de maior frequência e um pequeno aumento ao longo da tarde para as frequências mais elevadas.

Tabela.23.Parâmetros de análise espectral do ruído para o dia 13 de Maio das 08:30 as 16:30

Dia	Tipo	Filtro de ponderação	Unidades	Leq	L _{EX,8h}	Lmax
Quinta-feira	LA,eq	A	dB	54,6	54,6	90,2
	Pico	C	dB			107,2

Para o último dia de medição verificou-se também que o L_{EX,8h} é de 54,6 dB(A) abaixo do valor de acção inferior e o L_{c_pico} Max é 107,2 dB(C) também abaixo do valor de acção inferior.

Nos 3 dias que se realizaram as medições de ruído, conclui-se que não é necessário o uso dos protectores auditivos, uma vez que L_{EX,8h} e L_{c_pico} max, estão abaixo dos valores inferiores de acção.

6.3 Gases

Foram realizadas as seguintes medições de CO, NO₂ e O₂ durante a semana de 8 a 12 de Janeiro e de 1 a 5 de Março. Os dois tóxicos analisados não apresentam efeito cumulativo, por isso foram realizados cálculos em separado.

6.3.1 Monóxido de Carbono (CO)

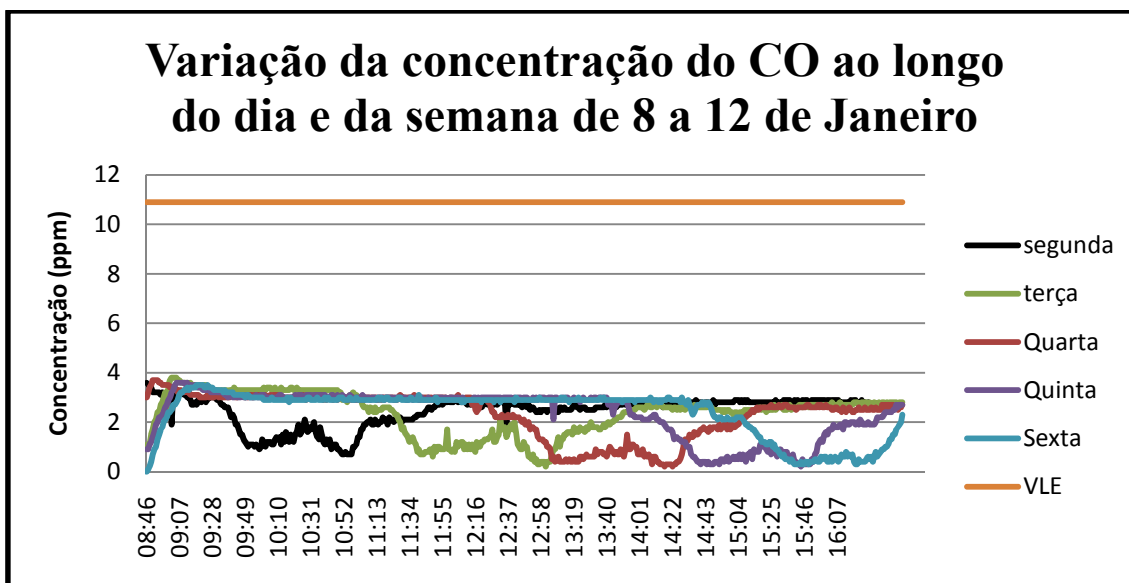


Fig.46 Gráfico da variação do CO de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

Com a observação do gráfico da figura 46, a concentração de monóxido de carbono, ao longo da semana variou entre 0,3 e 3,8 ppm, mas ao longo da semana sofre uma diminuição brusca em diferentes momentos do dia.

Realizaram-se cálculos de concentração de curta duração, média ponderada e concentração máxima para uma posterior comparação com os VLE da norma.

Tabela.24. Concentração de CO de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 as 16:30

Valores de exposição (ppm)	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Curta duração	3,32	3,65	3,50	3,60	3,42
Media Ponderada (8h)	2,41	2,38	2,32	2,36	2,41
Concentração máxima	3,80	3,80	3,70	3,60	3,50

Para o gás de CO, da semana de 8 a 12 de Janeiro, a concentração máxima verificou um pico de concentração na ordem dos 3.80 ppm durante a semana. Contudo a concentração máxima deste está muito abaixo do VLE do Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril que situa-se nos 10.9 ppm, e a média ponderada obtida durante a semana varia entre 2.32 e 2,41 ppm muito abaixo do valor limite da norma.

Foi realizado na mesma uma medição de 1 a 5 de Março, gráfico da figura 48.

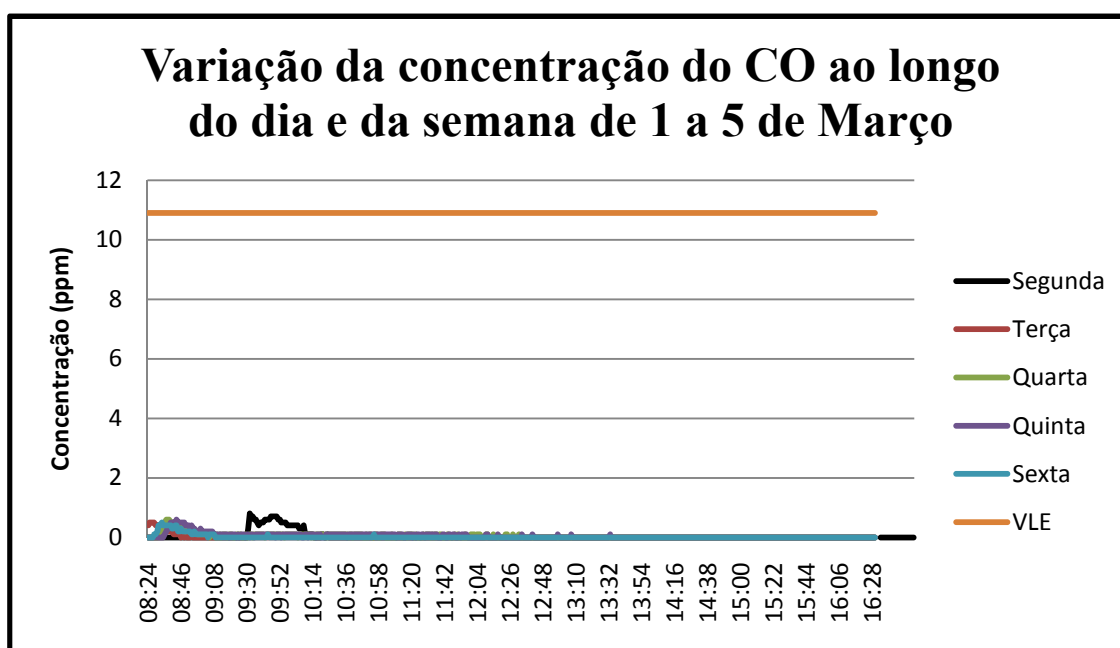


Fig.47.Gráfico da variação do CO de 1 a 5 de Março das 8:30 às 16:30

Segundo o gráfico da figura 48, a concentração de CO, ao longo da semana de 1 a 5 de Março, sofre pequenos aumentos ao início da manhã e depois surge como residual.

Tabela.25.Concentração de CO de 1 a 5 de Março das 8:30 as 16:30

Valores de exposição (ppm)	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Curta duração	0,61	0,36	0,34	0,47	0,25
Media Ponderada	0,04	0,01	0,05	0,05	0,02
Concentração máxima	0,80	0,50	0,60	0,60	0,50

A concentração de curta duração, sofre um decréscimo de segunda-feira até sexta-feira. A média ponderada tem um pico na quarta-feira e a concentração máxima tem o valor mais alto de concentração na segunda-feira.

Para a semana de 1 a 5 de Março, a presença de CO é residual, ficando muito abaixo dos valores limites da Norma 1796:2007.

Realizou-se o cálculo de apreciação para observar se é necessário efectuar medições periódicas e verificar se as condições da NP EN 689 2008 foram cumpridas.

Para os cálculos foi usado o valor de concentração mais elevado da semana.

**Tabela.26.Cálculo usada para a apreciação dos valores de exposição profissional do CO.
(NP EN 689 2008)**

CO	Exposição MP (8h)	VLE (MP)	Exp-MP/VLE (MP)	Conforme?	CM/CD	Necessita de medições periódicas
8 a 12 de Janeiro	2,41	25	0,0964	Verdadeiro	Verdadeiro	Não necessita
1 a 5 de Março	0,05	25	0,002	Verdadeiro	Verdadeiro	Não necessita

A tabela 26 teve como função apreciar os valores de exposição profissional, segundo a NP EN 689 2008. Chegou-se à conclusão que o valor de exposição às 8 horas é efectivamente menor do que o valor limite apresentado na NP 1796:2007. A C/VLE é inferior a 0,1 nas duas semanas e foi possível observar o cumprimento dos valores de curta duração, os valores máximos de exposição de curta duração de 15 mins e a concentração máxima.

Sendo as condições anteriormente cumpridas conclui-se que não há necessidade de medições periódicas.

6.3.2 Dióxido de Azoto (NO₂)

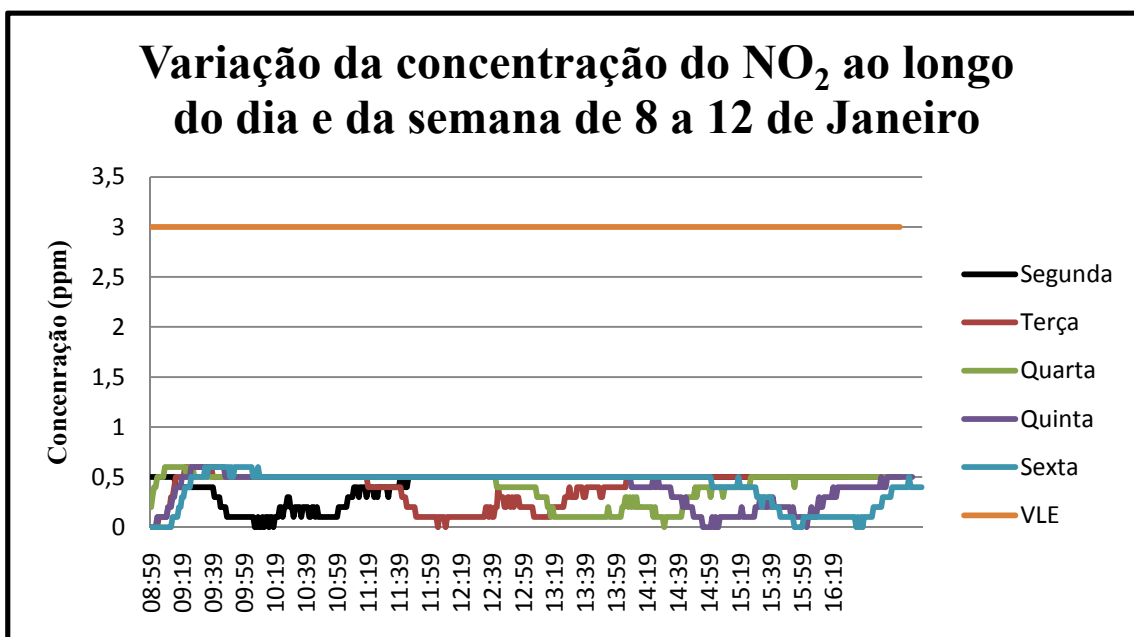


Fig.48. Gráfico da variação do NO₂ de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

No gráfico da figura 48, constata-se que a concentração de NO₂, sofre uma variação semelhante à do CO. Inicia-se praticamente a 0 ppm sofre um aumento até 0,5 ppm e apresenta uma diminuição brusca ao longo dos vários dias.

Os cálculos referentes a norma 1796/2007 para o NO₂ presentes na tabela 27.

Tabela.27. Concentração de NO₂ de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 as 16:30

Valores de exposição (ppm)	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Curta duração	0,50	0,57	0,57	0,60	0,59
Media Ponderada	0,41	0,40	0,42	0,41	0,42
Concentração máxima	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Para o gás de NO₂, da semana de 8 a 12 de Janeiro, a exposição de curta duração variou entre 0,50 e 0,60ppm, muito abaixo do VLE (CD) da norma que se situa nos 5ppm e a concentração média ponderada variou entre 0,4 e 0,42ppm, também abaixo do VLE (MP) da referida norma que é 3ppm.

Para o DL 79/2006 de 4 de Abril coloca como VLE para a concentração máxima de 5 ppm, durante esta semana também não é atingido.

E para a semana de 1 a 5 de Março, gráfico da figura 49.

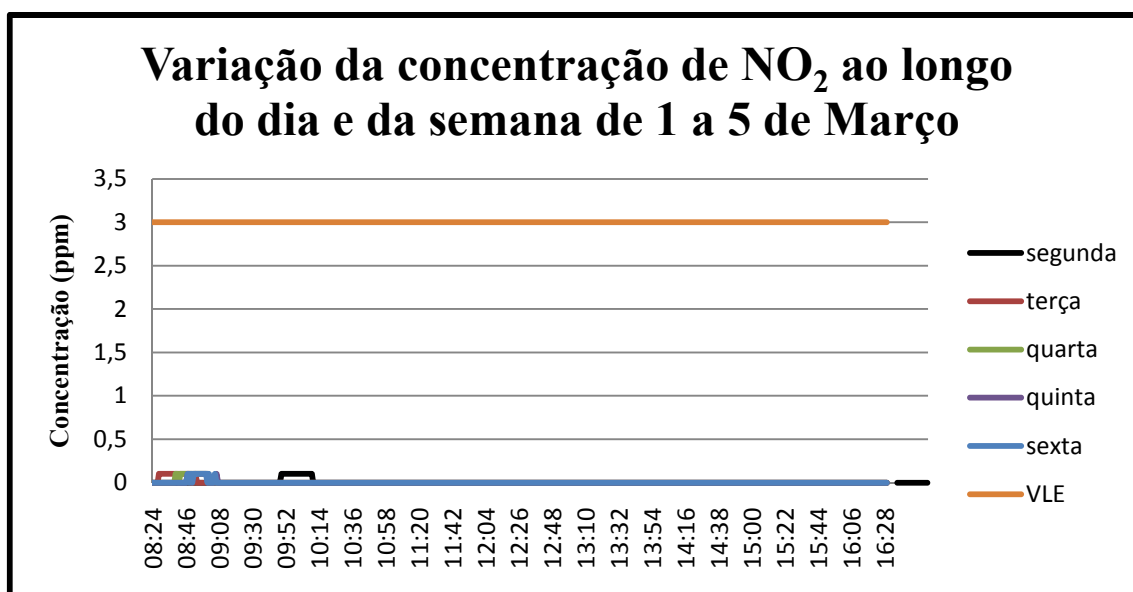


Fig.49 Gráfico da variação do NO₂ de 1 a 5 de Março das 8:30 às 16:30

Como se verifica no gráfico da figura 49, sofre pequenos picos ao longo da manhã, contudo a variação do NO₂ é quase residual.

Tabela.28. Concentração de NO₂ de 1 a 5 de Março das 8:30 as 16:30

Valores de exposição (ppm)	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Curta duração	0,10	0,10	0,07	0,05	0,05
Media Ponderada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Concentração máxima	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Na semana de 1 a 5 de Março, a exposição de curta duração e média ponderada situou-se muito abaixo dos valores limite (CD) e (MP) da norma 1796:2007 e ficou abaixo da concentração máxima do VLE da Legislação Portuguesa.

Para apurar se são necessárias medições periódicas é usado o valor mais elevado da semana.

Tabela.29.Cálculo usado para apreciação dos valores de exposição profissional do NO₂ (NP EN 689 2008)

NO ₂	Exposição MP (8h)	VLE (MP)	Exp-MP/VLE (MP)	Conforme?	CM/CD	Necessita de medições periódicas
8 a 12 de Janeiro	0,42	3	0,14	Falso	Verdadeiro	Necessita
1 a 5 de Março	0	3	0	Verdadeiro	Verdadeiro	Não necessita

A tabela 29 teve como função apreciar os valores de exposição profissional segundo a norma NP EN 689 2008 observando as duas condições estipuladas, conclui-se então que na primeira semana de 8 a 12 de Janeiro, a Exp-MP/VLE- MP foi superior a 0,1 apesar de CM/CD ser cumprido, foi sendo necessário realizar uma nova medição periódica.

E para a semana de 1 a 5 de Março realizou-se os mesmos cálculos concluindo-se que foram cumpridas as condições e não houve a necessidade de realizar novas medições.

6.3.3 Oxigénio (O₂)

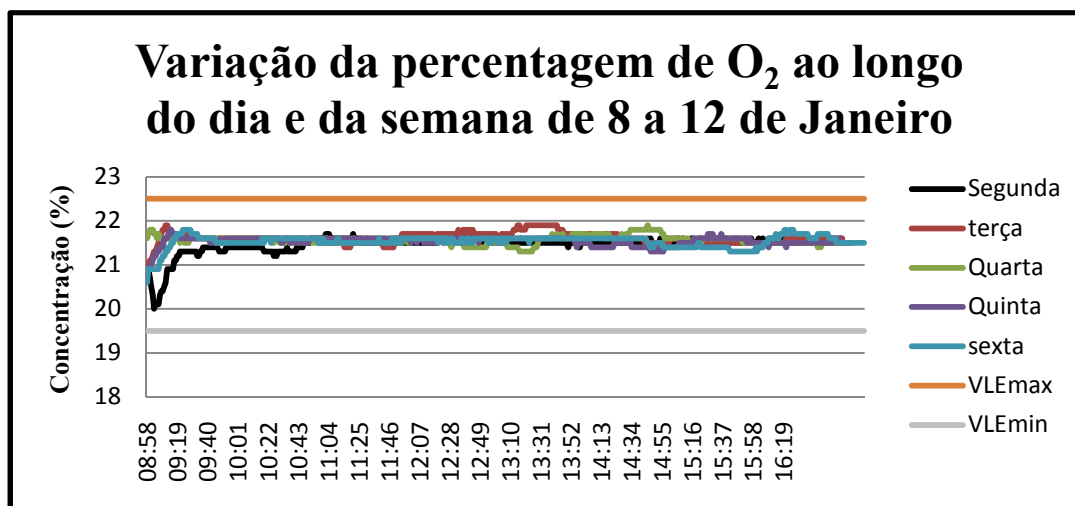


Fig.50.Gráfico da variação do O₂ de 8 a 12 de Janeiro das 8:30 às 16:30

Segundo o gráfico da figura 50, observa-se que na segunda-feira a percentagem de oxigénio ao início da manhã é de 21%,sofreu um pequeno decréscimo até 20% e depois sofre um aumento até aos 21,5%. Nos outros dias da semana a concentração de oxigénio variou entre 21 e 22% de O₂.

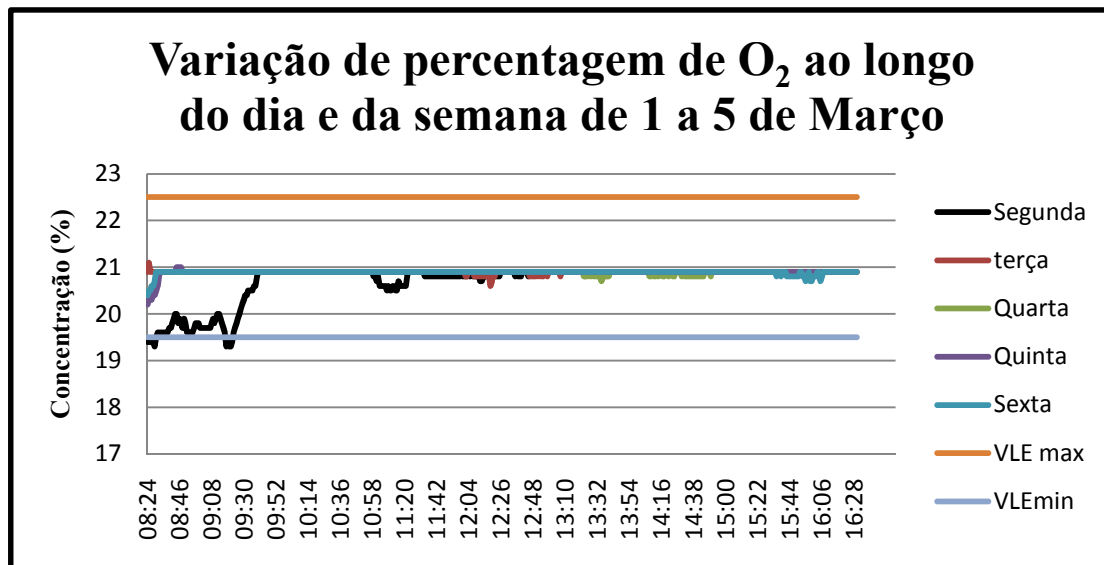


Fig.51. Gráfico da variação do O₂ de 1 a 5 de Março das 8:30 às 16:30

De acordo com o gráfico da figura 51, verifica-se que a concentração de O₂ na segunda-feira ao início da manhã era de 19,5%, de seguida sofreu um decréscimo brusco que fez baixar do VLE inferior, porém voltou a subir para valores adequados.

Durante a semana o oxigénio variou entre 20,5 e 21% de oxigénio.

Relativamente ao oxigénio, segundo NIOSH o valor limite inferior que a pessoa pode estar exposta ao oxigénio é 19,5% e limite superior de 23,5%.

Nas duas semanas que foram realizadas as medições o perfil diário apresenta um comportamento satisfatório estando a concentração de O₂ entre os valores de 21 a 22%.

As pequenas oscilações devem-se à presença de trabalhadores a passar junto ao equipamento. Há contudo na segunda-feira ao início da manhã a concentração de O₂ está abaixo do limite inferior, devido à ausência de ventilação no final de semana e a uma grande quantidade de plantas no interior que consomem o oxigénio disponível à noite e uma não renovação desse gás de forma adequada.

6.4 Poeiras

Foi realizado um despiste as poeiras, PM_{10} e $PM_{2,5}$, contudo verificou-se que não era necessário realizar as medições à $PM_{2,5}$, pois estas seriam muito abaixo do VLE correspondente, pois, as PM_{10} eram quase inexistentes.

6.4.1 PM_{10}

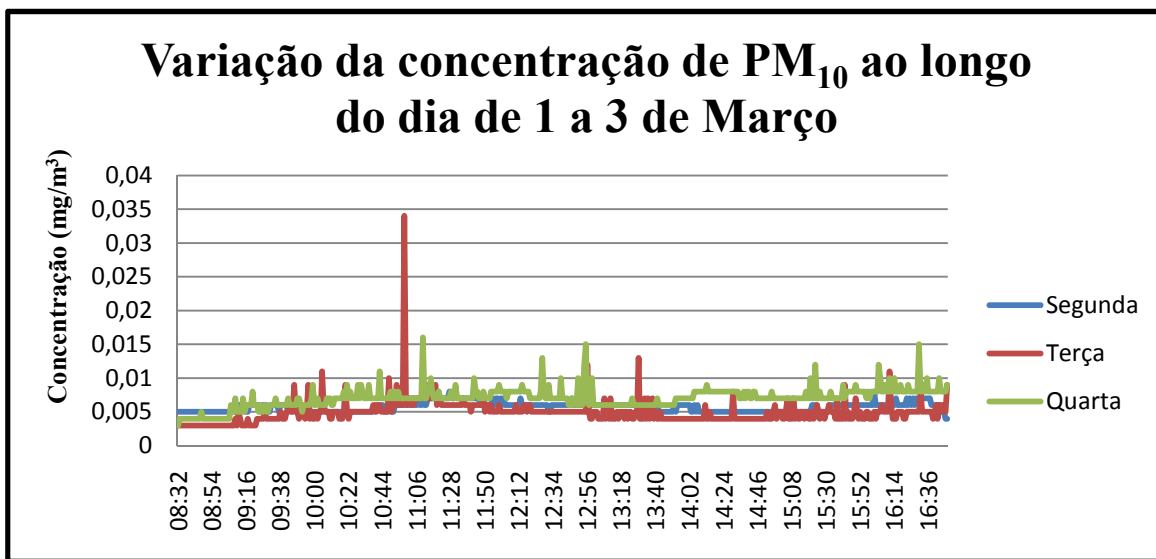


Fig.52.Gráfico da Variação das PM_{10} de 1 a 3 de Março entre as 08:30 às 16:30

Segundo o gráfico da figura 52, a concentração do PM_{10} varia entre 0,003 e 0,034 mg/m^3 , tendo alguns picos ao longo do dia.

Tabela.30.Dados obtidos da variação da concentração de PM_{10} (mg/m^3)

	Segunda	Terça	Quarta
Média	0,006	0,005	0,007
Mínimo	0,004	0,003	0,003
Pico	0,008	0,034	0,016

De acordo com o observado na tabela 30 observou-se valores muito abaixo dos valores limites de exposição do Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril que têm como VLE 0,150 mg/m^3 para as partículas inaláveis (totais), podendo considerar-se inexistentes.

Ouve alguns picos da concentração de PM₁₀ apesar de pequenas, estas devem-se à passagem de trabalhadores junto ao equipamento, e também à movimentação de equipamentos que provocavam libertação de poeiras.

6.5 Iluminação

Foram realizadas medições de iluminância no open-space da CMP, em 3 situações diferentes, dia nublado com estores fechados, dia nublado com estores abertos e dia de céu aberto com os estores abertos para 46 postos de trabalho.

Segundo a norma DIN 5035 parte 2 de 1990 a iluminância aconselhável para escritórios é 500 lux, podendo incluir nestes os open-space.

6.5.1 Dia nublado com estores fechados

Para o dia nublado com estores fechados, foi elaborada uma tabela, em que se analisaram certos parâmetros da iluminância, nos postos de trabalho em que a iluminância é superior ou inferior a 500 lux, máximos e mínimos ao longo do dia, a média e a uniformidade de iluminância ao longo das 5 medições feitas no dia, tabela 31.

Tabela.31.Parâmetros de iluminância medidos no dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores fechados

Hora	Iluminância					
	Nº de lugares		Máximo	Mínimo	Média	Uniformidade de iluminância
	>500 lux	<500 lux				
9.00	19	27	631	183	441,4	0,41
12.00	21	25	647	200	460,1	0,42
14.00	15	31	642	163	441,2	0,37
17.00	15	31	621	175	434,0	0,40
19.00	14	32	643	188	417,1	0,45

Observa-se na tabela 31, que a maioria dos postos de trabalho no open-space está abaixo dos 500lux, a média esta entre 417,1 l e 460,1 lux e a uniformidade de iluminância a variar entre 0,37 e 0,45.

Em relação aos 46 postos num dia nublado com os estores fechados foi efectuado um gráfico, onde se pode visualizar a iluminância ao longo do dia em todos os postos de trabalho, gráfico da figura 53.

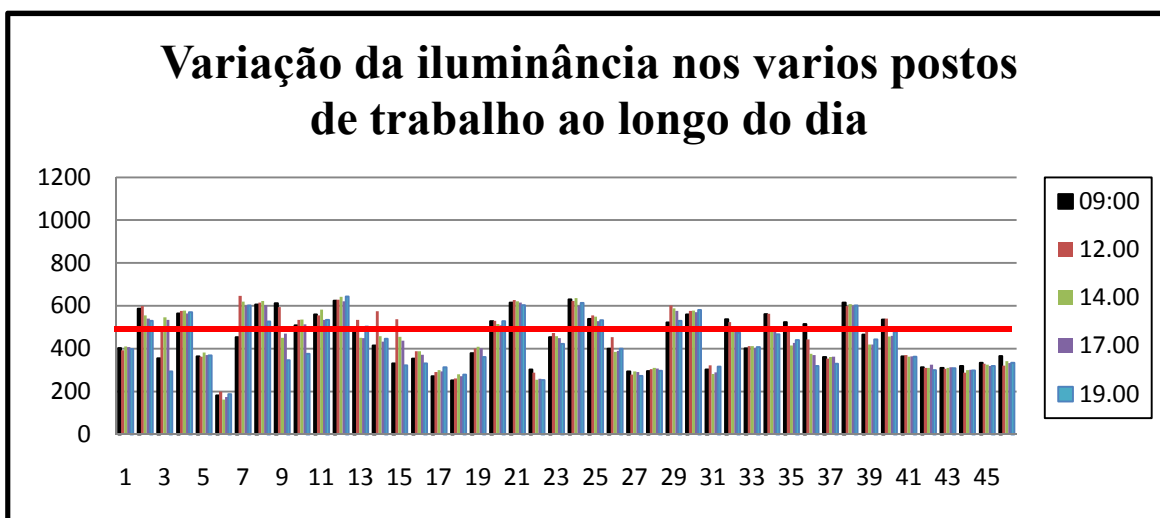


Fig.53.Variação da iluminância nos 46 postos de trabalho dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores fechados

Com base no gráfico da figura 53, identifiquei dois postos de trabalho para avaliar a iluminância ao longo do dia. Escolhi de acordo com a proximidade das janelas, onde um incide a luz natural e artificial e o outro que incide apenas a artificial., para isso definiu-se dois tipos de posto de trabalho para a sua comparação:

Definiu-se como posto de trabalho junto a janela e o posto afastado das janelas.

6.5.1.1 Posto de trabalhador junto as janelas

Para o posto de trabalho 21, a iluminância teve a seguinte variação ao longo do dia:

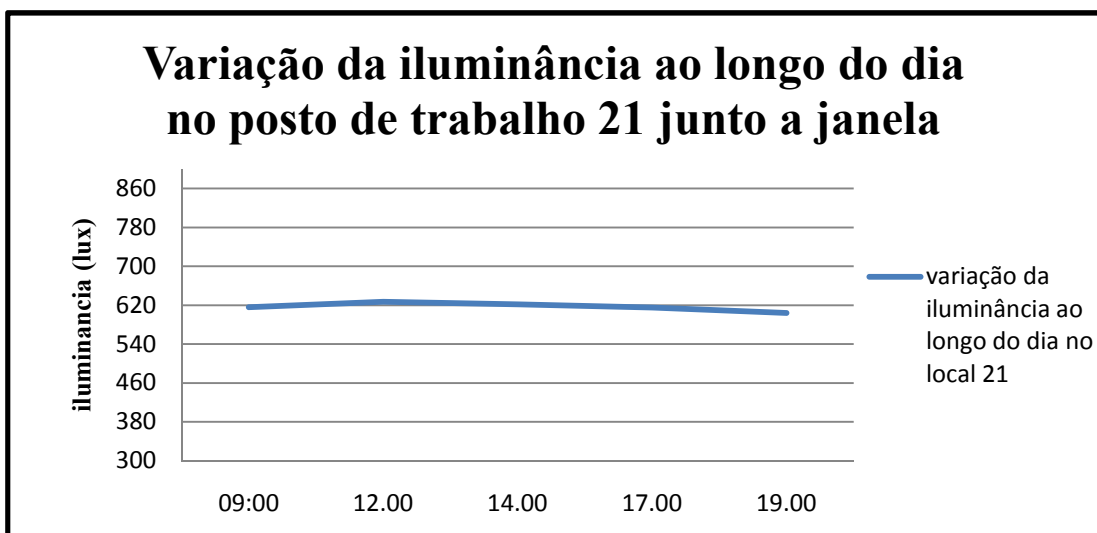


Fig.54. Variação da iluminância ao longo do dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia nublado com os estores fechados

Observa-se no gráfico da figura 54, a variação da iluminância para um posto de trabalho junto as janelas, a iluminância varia entre 603 e 625lux.

Verifica-se que junto a janela, a iluminância ao longo do dia foi superior a 500lux, apesar de os estores estarem fechados, isto deve se as más condições dos estores, pois, deixam entrar a luz natural do exterior.

6.5.1.2 Posto de trabalho afastado das janelas

Para o posto de trabalho 45, a iluminância teve a seguinte variação:

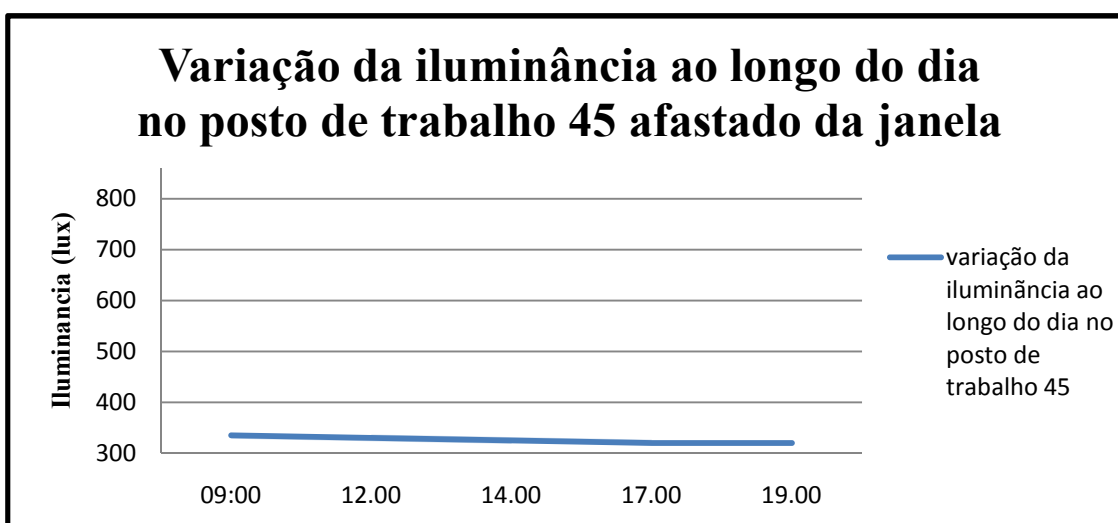


Fig.55. Variação da iluminância ao longo do dia no posto de trabalho 45 afastado das janelas, num dia nublado com os estores fechados

Constata-se que o gráfico da figura 55, a iluminância varia praticamente entre 305 e o 315 lux ao longo do dia.

No posto de trabalho 45, não incide luz natural, apenas artificial, isto possibilita que a iluminância seja inferior a 500lux, abaixo do recomendado da norma DIN 5035:1990 parte 2.

A variação de percentagem de lugares com iluminância superior a 500lux ao longo do dia, figura 56.

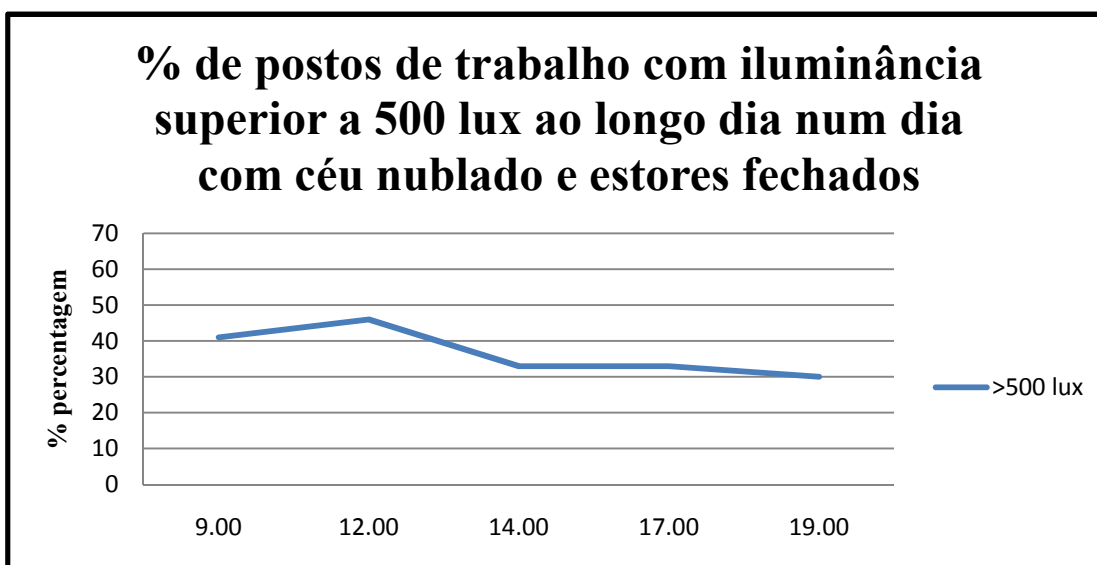


Fig.56.% de lugares com iluminância superior a 500 lux num dia com céu nublado e com estores fechados

Observa-se no gráfico da figura 56, que nem 50% dos locais atingem os 500lux ao longo do dia com o céu nublado e estores fechados, apesar disso tendo o seu pico às 12 horas.

A falta de luz natural e o uso apenas da artificial manifesta-se insuficiente, porque as iluminarias não têm a intensidade necessária para ao trabalho realizado no open-space.

6.5.2 Dia Nublado com estores abertos

Tabela.32 Parâmetros de iluminância medidos no dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores abertos

Hora	Iluminância					Uniformidade de iluminância
	Nº de lugares		Máximo	Mínimo	Média	
	>500 lux	<500 lux				
9.00	22	24	679	203	480,2	0,42
12.00	26	20	1051	191	545,7	0,35
14.00	27	19	805	208	529,6	0,39
17.00	23	23	699	199	497,7	0,40

De acordo com a tabela 32, pode se verificar que sofreu um aumento dos postos de trabalho com uma iluminância superior a 500lux, uma média de iluminância entre 480,2 e 545,7 lux e uma uniformidade de iluminância entre 0,35 e 0,42.

Em relação a um dia nublado e com estores abertos foi efectuado um gráfico, onde se pode visualizar a iluminância ao longo do dia em todos os postos de trabalho, gráfico da figura 57.

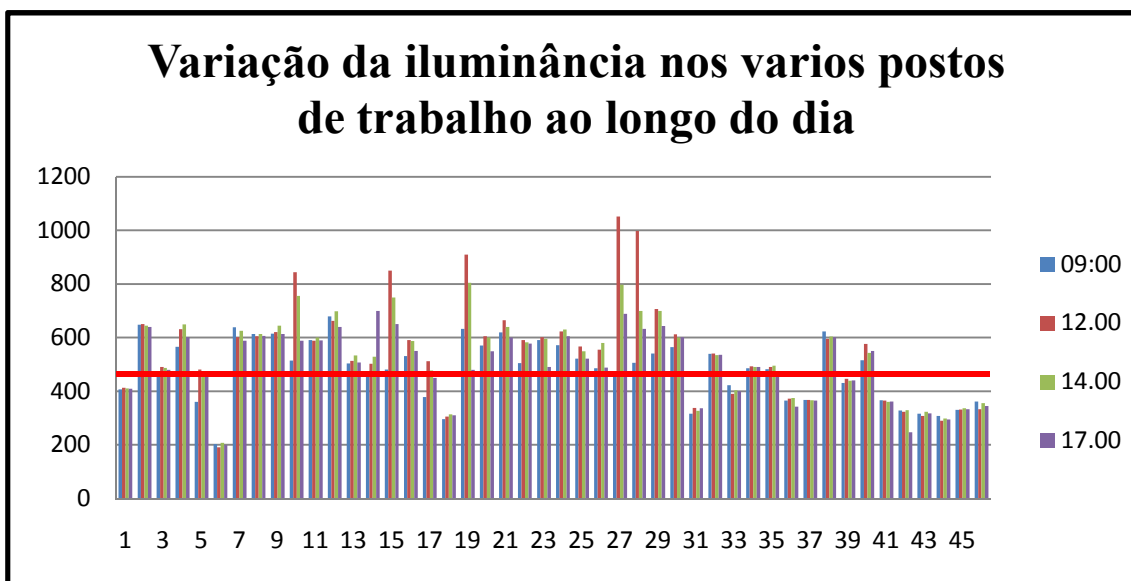


Fig.57.Variação da iluminância nos 46 postos de trabalho dia 8 de Fevereiro com o dia nublado e os estores fechados

Observa-se com o gráfico da figura 57, que a iluminância aumentou com a abertura dos estores, com vários locais acima dos 500lux.

6.5.2.1 Posto de trabalhador junto as janelas

Para o posto de trabalho 21, a iluminância teve a seguinte variação ao longo do dia:

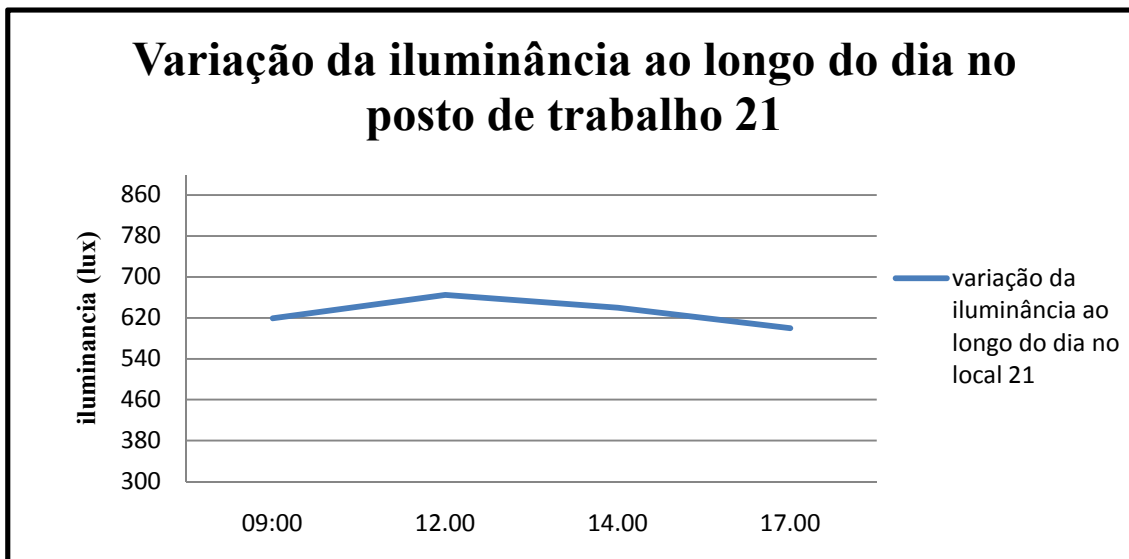


Fig.58.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia nublado com os estores abertos

Observa-se no gráfico da figura 58 que a iluminância variou entre os 600 e os 680lux.

Está de acordo com o disposto da norma DIN 5035:1990 parte 2.

6.5.2.2 Posto de trabalho afastado das janelas

Para este local foi medido ao longo do dia no posto de trabalho 45, a iluminância teve a seguinte variação ao longo do dia:

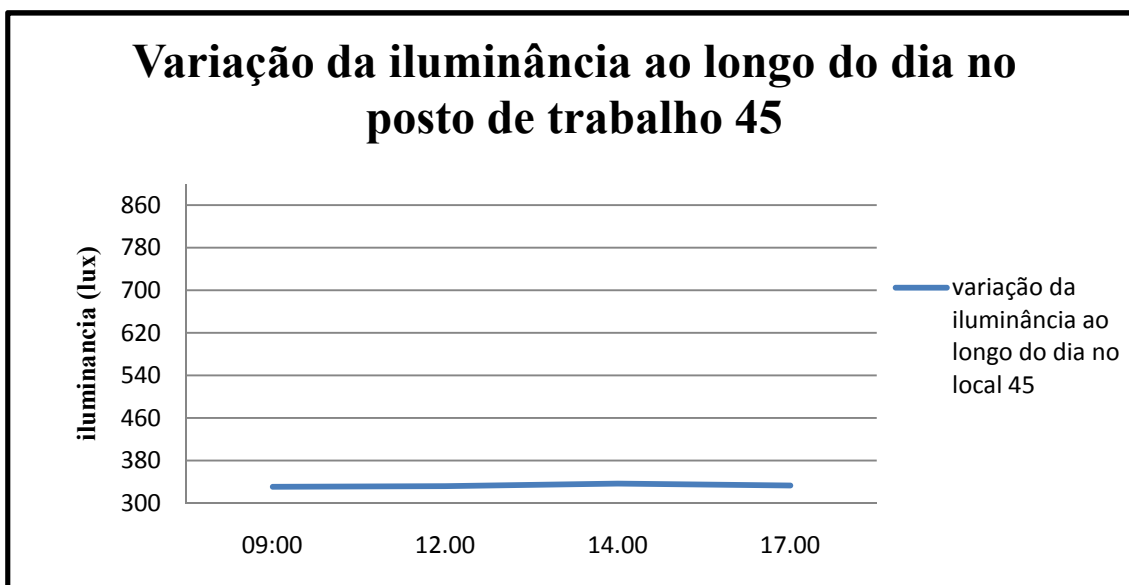


Fig.59.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 45 afastado das janelas, num dia nublado com os estores fechados

A iluminância no gráfico da figura 59 variou entre 320 e 330 lux.

E como se apresenta abaixo dos 500 lux, não esta de acordo com a norma e não é o posto de trabalho adequado para a realização do trabalho.

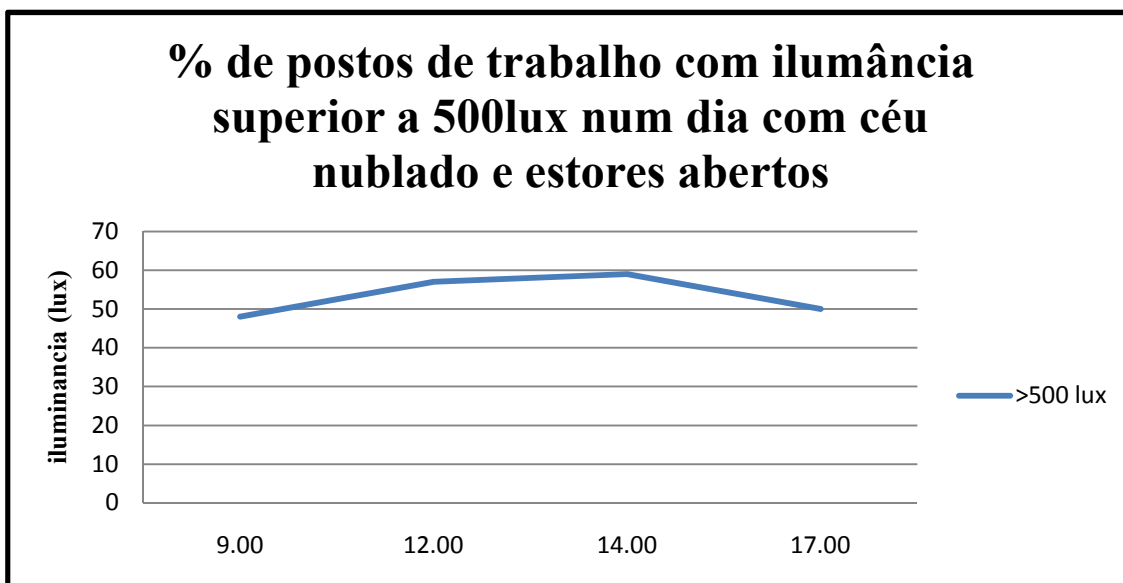


Fig.60.% de lugares com iluminância superior a 500 lux num dia com céu nublado e com estores abertos

Observa-se no gráfico da figura 60, que a iluminância com o céu nublado e com os estores abertos, permitiu o aumento da percentagem de lugares com uma iluminância

superior a 500 lux, deve-se à entrada da luz natural nos locais perto das janelas, pois, a luz artificial é insuficiente.

6.5.3 Dia de céu limpo com estores abertos

Tabela.33.Parâmetros de iluminância medidos no dia 12 de Fevereiro com o dia com céu limpo e estores abertos

Hora	Iluminância					Uniformidade de iluminância
	Nº de lugares		Máximo	Mínimo	Média	
	>500 lux	<500 lux				
9.00	26	20	788	182	501,6	0,36
12.00	28	18	883	194	544,9	0,35
14.00	28	18	1001	189	568,7	0,33
17.00	24	22	640	191	525,7	0,36

De acordo com a tabela 33,quando o céu limpo e com os estores abertos, a maioria dos postos de trabalho tem a iluminância adequada de acordo com a norma DIN 5035:1990 parte 2, uma média de iluminância que variou entre 501,6 e 568,7lux e uma uniformidade de iluminância de 0,33 e 0,36.

Em relação a um dia de céu limpo com estores abertos foi efectuado um gráfico, onde se pode visualizar a iluminância ao longo do dia nos postos de trabalho, gráfico da figura 63.

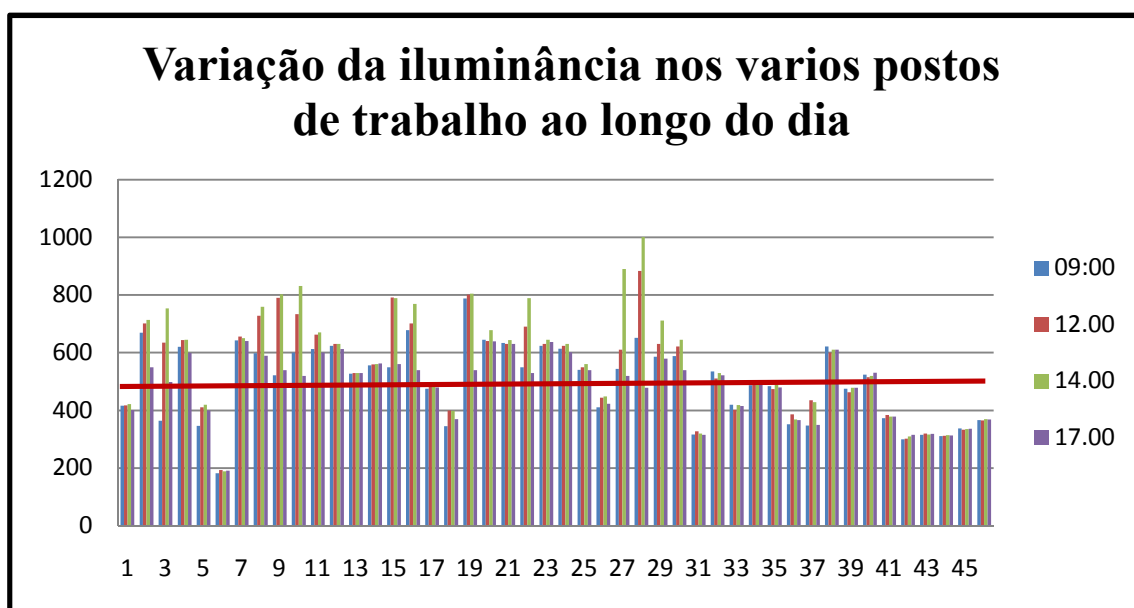


Fig.61.Variação da iluminância nos 46 postos de trabalho dia 12 de Fevereiro com o dia de céu limpo e estores abertos

Observa-se no gráfico da figura 61, que a iluminância na maioria dos postos de trabalho está acima dos 500lux, ao longo do dia.

6.5.3.1 Posto de trabalhador junto as janelas

Para o posto de trabalho 21, teve a seguinte variação ao longo do dia de iluminância:

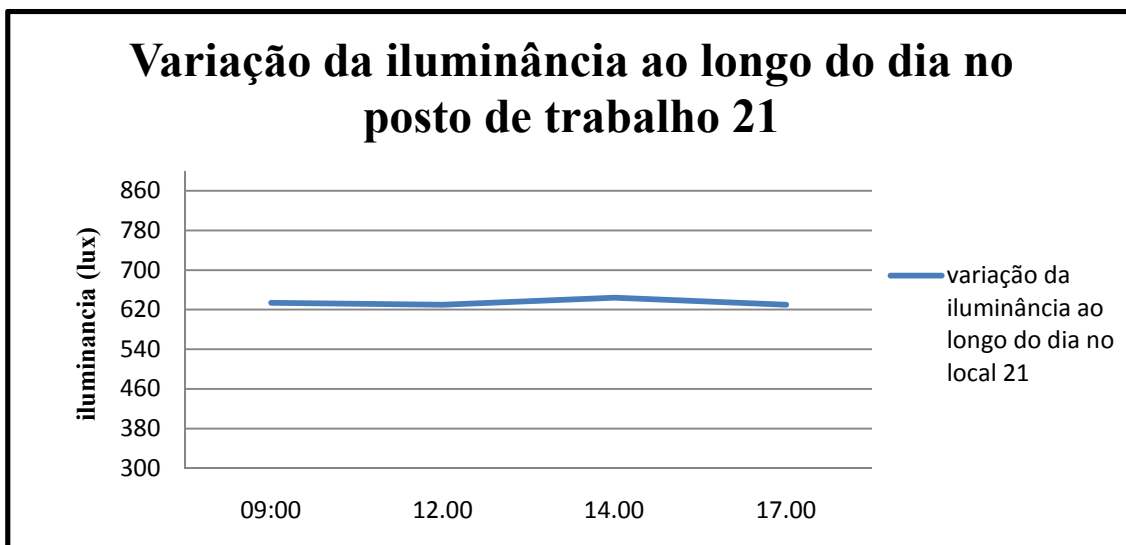


Fig.62.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia com céu limpo e com os estores abertos

Segundo o gráfico da figura 62, a iluminância durante o dia variou entre 622 e 660 lux ao longo do dia.

Este posto de trabalho está de acordo com o disposto da norma DIN 5035:1990 parte 2, pois, está acima dos 500lux.

6.5.3.2 Posto de trabalho afastado das janelas

Para o posto de trabalho 45, teve a seguinte variação ao longo do dia de iluminância:



Fig.63.Variação da iluminância ao longo dia no posto de trabalho 21 junto a janelas, num dia com céu limpo e com os estores abertos

Segundo o gráfico da figura 63, verifica-se que a iluminância neste local varia aproximadamente entre 320 e 330 lux.

Como os gráficos das figuras 57 e 60 os 65, uma vez, que estão longes das janelas onde incide luz natural, vão estar sempre abaixo dos 500lux.

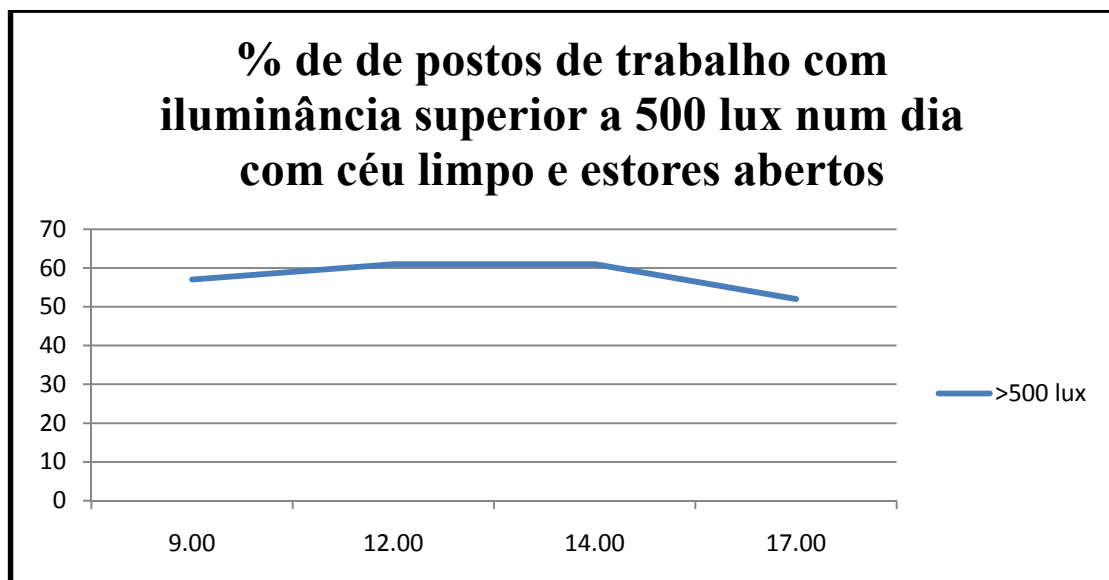


Fig.64.% de lugares com iluminância superior a 500 lux num dia com céu limpo e com estores abertos

Observa-se no gráfico da figura 64, que a iluminância com o céu limpo e com os estores abertos, permitiu o aumento da percentagem de lugares para cima de 60% com uma iluminância superior a 500 lux, deve-se à entrada de luz artificial nos locais perto das janelas, pois, a luz artificial é insuficiente.

6.6 Tempo de reacção

Estas medições foram realizadas de 25 a 29 de Janeiro para 12 trabalhadores e 9 a 12 de Fevereiro para os restantes trabalhadores.

Foi realizada a uma amostra de 21 pessoas, das quais 4 eram mulheres e 17 homens, com idades compreendidas entre os 27 anos e os 52 anos

A frequência das medições foi:

- Início da manhã (IA);
- Antes do almoço (AA);
- Depois do almoço (DA);
- Fim da tarde (FA);

Ainda foi realizado um inquérito como os seguintes parâmetros:

- Designação;
- Dados do trabalhador;
- Hábitos alimentares;
- Doenças crónicas;
- Horas se sono;

Este inquérito permite tirar ilações relativas a cada trabalhador e relacionar com o seu tempo de reacção.

Tabela 34 Dados do trabalhador e respectivo cálculo do IMC para cada trabalhador

Designação	Dados do trabalhador				Índice de massa corporal (IMC)	Condição
	Idade	Sexo	Peso	Altura	Peso / (altura) ²	
M1	37	M	65	170	22,5	Peso normal
F1	41	F	66	155	27,5	Acima do Peso ideal
M2	52	M	70	180	21,6	Peso normal
M3	38	M	70	176	22,6	Peso normal
M4	33	M	100	174	33	Obeso de grau 1
F2	27	F	55	170	19	Peso normal
M5	37	M	97	175	31,7	Obeso de grau 1
M6	42	M	75	168	26,6	Acima do Peso ideal
M7	33	M	60	161	23,1	Peso normal
M8	45	M	66	170	22,8	Peso normal
M9	42	M	69	171	23,6	Peso normal
F3	45	F	50	160	19,5	Peso normal
M10	35	M	70	175	22,9	Peso normal
M11	49	M	74	187	21,2	Peso normal
M12	39	M	64	178	20,2	Peso normal
M13	35	M	74	165	27,2	Acima do Peso ideal
M14	42	M	100	185	29,2	Acima do Peso ideal
M15	38	M	92	170	31,8	Obeso de grau 1
M16	44	M	75	182	22,6	Peso normal
F4	34	F	70	170	24,2	Peso normal
M17	33	M	60	167	21,5	Peso normal

Com a análise da tabela 34, apura-se que 67% dos trabalhadores possuem um peso normal, 19% com um peso acima do ideal, 15% de obeso de grau 1, de acordo com a escala de índice de massa corporal.

Com esta análise, temos uma amostra com um IMC com peso normal na maioria da população de trabalhadores.

Tabela 35 Escala de Índice de massa corporal

Condição	IMC
Abaixo do Peso ideal	Abaixo dos 18,5
Peso normal	Entre 18,5 e 24,9
Acima do peso ideal	Entre 25,0 e 29,9
Obesidade de grau 1	Entre 30,0 e 34,9

Tabela 36 Resultados do inquérito realizado aos trabalhadores

Designação	Fuma	Doença crónica	Usa óculos	Toma café	Pratica desporto	Horas de sono	Bebida ao almoço
M1	Não	Sim	Sim	Sim (2)	Não	Média (7)	bebidas alcoólicas
F1	Não	Não	Sim	Sim (2)	Sim	Média (7,5)	Água
M2	Não	Não	Sim	Sim (2)	Não	Média (6)	Água
M3	Não	Sim	Sim	Sim (2)	Sim	Média (8)	Água
M4	Não	Não	Sim	Não	Não	Média (7,5)	Bebidas alcoólicas
F2	Não	Não	Sim	Sim (2)	Não	Média (7)	Água
M5	Não	Não	Não	Não	Não	Média (6)	Água
M6	Não	Não	Sim	Não	Não	Média (8)	Refrigerante
M7	Não	Sim	Não	Sim (2)	Sim	Média (7)	Água
M8	Não	Não	Não	Sim (2)	Sim	Média (7)	Água
M9	Sim	Sim	Sim	Sim (2)	Não	Média (6)	Água
F3	Não	Não	Não	Não	Sim	Média (7,5)	Sumo de laranja
M10	Não	Não	Sim	Sim (2)	Sim	Média (8)	Água
M11	Não	Não	Sim	Sim (2)	Não	Média (7)	bebidas alcoólicas
M12	Não	Não	Não	Não	Sim	Média (7)	Água
M13	Não	Não	Não	Sim (2)	Não	Média (7)	Água
M14	Não	Não	Sim	Sim (3)	Sim	Média (6,5)	Bebidas alcoólicas
M15	Não	Não	Sim	Sim (3)	Sim	Média (6)	Água
M16	Sim	Sim	Sim	Sim (3)	Não	Média (7)	Água
F4	Não	Não	Não	Não	Sim	Média (7)	Água
M17	Não	Não	Sim	Sim (2)	Sim	Média (7)	Água

De acordo com a análise da tabela 36, a maioria das pessoas não fumam, nem padecem de doença crónica, usam óculos de descanso apenas para uso no computador, tomam 2 cafés por dia, metade dos trabalhadores praticam desporto, e dormem cerca de 7 horas por noite e quase todos os trabalhadores não bebem bebidas alcoólicas ao almoço.

Utilizando o equipamento foi possível criar uma amostra de 15 tentativas para cada trabalhador e medido o tempo de reacção, tabela 37.

Tabela 37 Exemplo de amostragem de 15 tentativas para o trabalhador 1 a hora das 9:30 às 10:00 no dia 8 de Fevereiro

P	T	Led	Bot	T.A.L ms	TR ms
1	1	3	3	1508	699
1	2	3	3	3795	667
1	3	1	1	3937	644
1	4	3	3	3761	678
1	5	1	1	2369	779
1	6	3	3	784	809
1	7	3	3	2204	595
1	8	3	3	2165	640
1	9	1	1	733	731
1	10	2	2	2384	583
1	11	1	1	2463	663
1	12	1	1	2656	640
1	13	3	3	3020	573
1	14	3	3	2006	574
1	15	2	2	2682	563

Legenda:

P- Tipo de Programa utilizado (0 ou 1);

T- Numero da tentativa

Led- N° do Led;

Bot- N° do Botão correspondente ao Led;

T.A.L- Tempo de Acendimento entre Leds;

TR- tempo que demora a carregar no led, desde que vê o estímulo e carrega no botão;

Para o tempo de reacção foram analisados vários parâmetros estatísticos, como ajuste linear, média, mediana, desvio-padrão, máximos, e mínimos ao longo de uma semana, estes parâmetros foram realizados para observar se existiam padrões comportamentais entre os trabalhadores ao longo das 4 amostragens diárias e durante os 5 dias.

6.6.1 Ajuste linear

O ajuste linear teve como função observar qual seria a tendência dos trabalhadores ao longo das 15 tentativas, ao início da manhã, antes do almoço, depois do almoço e no final do trabalho.

Realizamos ajustes lineares individualmente para cada trabalhador, que se encontram em anexos, contudo conclui-se que seria mais fácil observar a tendência geral de todos os trabalhadores, em apenas um gráfico, figura 65.

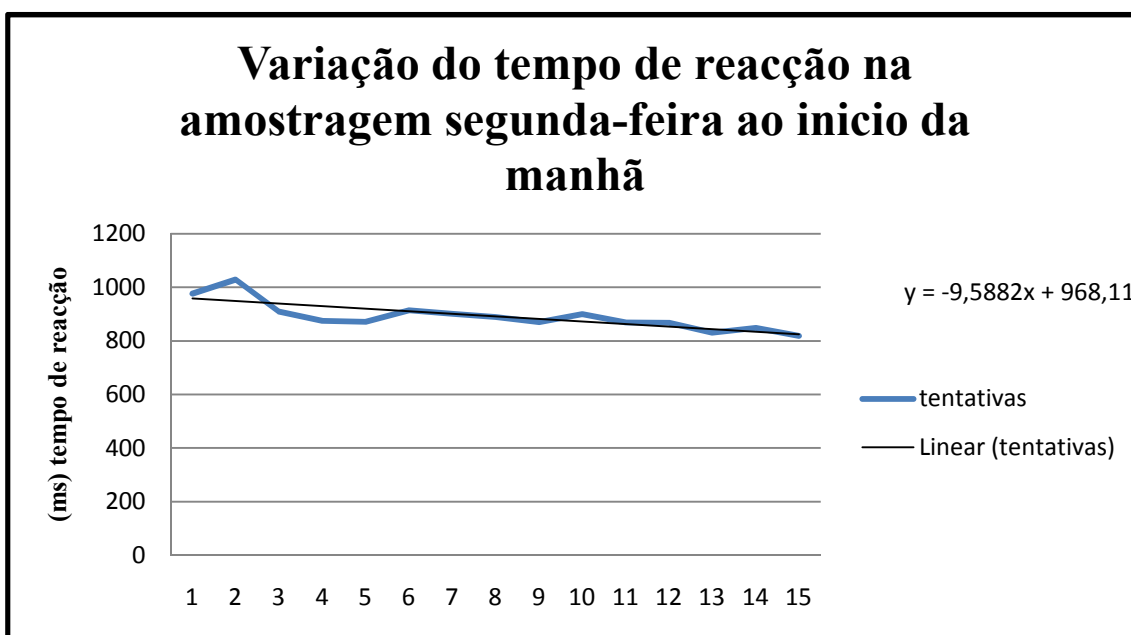


Fig.65. Variação do tempo de reacção na amostragem para 15 tentativas para todos os trabalhadores

Observado a linha de ajuste linear a tendência geral do tempo de reacção nas amostras de 15 tentativas diárias nos 21 trabalhadores é de baixar, ou seja, ao longo das tentativas os trabalhadores ficam com o tempo de reacção menor.

Como se analisa no exemplo de gráfico ao início da manhã de segunda-feira, que os trabalhadores na primeira tentativa é de 1000ms e na última tentativa é de 800ms.

6.6.2 Tempo médio de reacção

O parâmetro estatístico “média” analisa o tempo médio de reacção nas amostras de 15 tentativas, permite analisar onde os trabalhadores tiveram os seus tempos de reacção maiores ou menores. Foram realizados estes gráficos individuais para cada trabalhador, estando em anexos. Contudo foi mais conveniente colocar a média de todos os trabalhadores, para analisar uma tendência geral ao longo da semana, gráfico da figura 66.

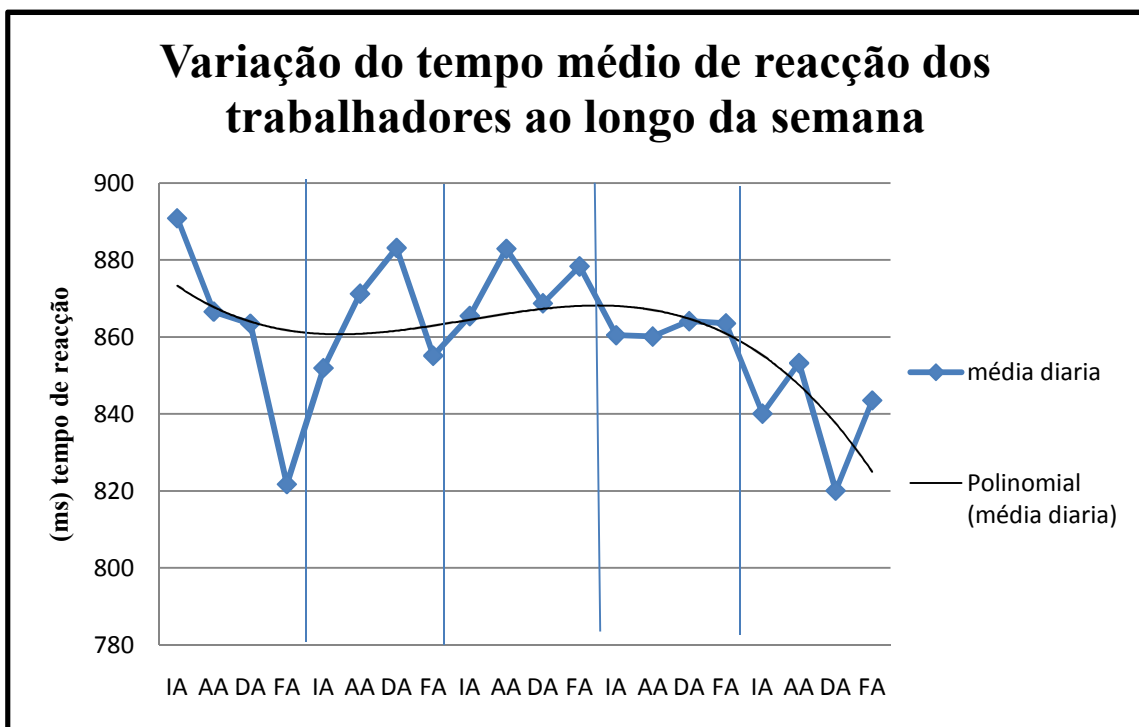


Fig.66.Variação da média ao longo dos dias da semana de todos trabalhadores na semana

Segundo o gráfico da figura 66 analisa-se que o tempo médio reacção, não variou ao longo do dia e da semana de uma forma padronizada.

De uma forma geral e observando a linha de tendência, podemos dizer que o tempo médio de reacção registada baixa ao longo da semana, tendo como as amostras um valor médio de reacção inferiores na segunda-feira ao final do trabalho e na sexta-feira depois do almoço.

O seu pico superior da velocidade média foi ao início da manhã de segunda-feira, e pode dever-se ao facto de os trabalhadores não estarem acostumados ao equipamento.

6.6.3 Desvio padrão

O parâmetro estatístico "desvio padrão" mede a dispersão do tempo de reacção das 15 tentativas ao longo da amostragem, permite analisar se os trabalhadores estão concentrados. Foram realizados gráficos individuais do desvio padrão ao longo da semana, que estão em anexos. Foi elaborado um gráfico para todos os trabalhadores ao longo da semana, figura 67, para descrever a tendência geral ao longo da semana.

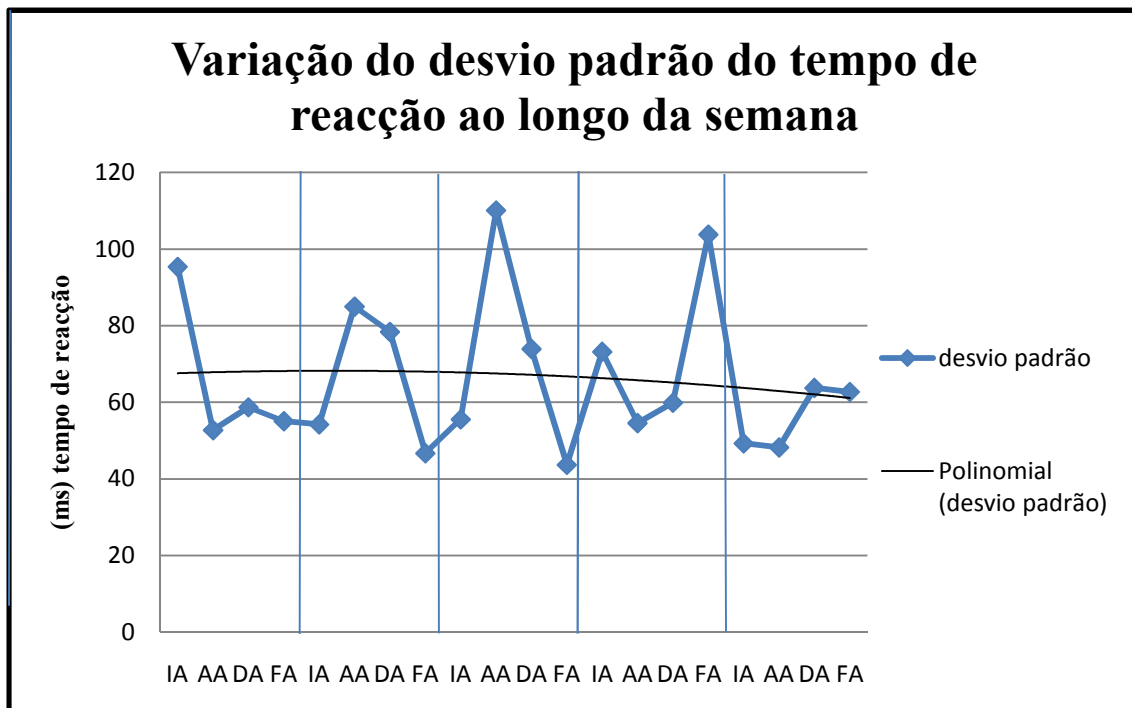


Fig.67. Variação do desvio padrão ao longo dos dias da semana de todos trabalhadores na semana de 8 a 13 de Fevereiro

Tal como com os valores da média, a observação das linhas de tendência do gráfico da figura 67 permitem-nos observar uma tendência de descida no final da semana.

Teve os seus picos superiores na quarta-feira antes do almoço e no final do trabalho de quinta-feira.

6.6.4 Mediana

O parâmetro estatístico a “mediana” permite analisar qual o valor do tempo de reacção intermédio das 15 tentativas das amostragens diárias ao longo da semana.

Foram realizados gráficos individuais da mediana, em anexos. Foi elaborado um gráfico para todos os trabalhadores ao longo da semana da mediana, figura 70, para descrever a tendência geral ao longo da semana.

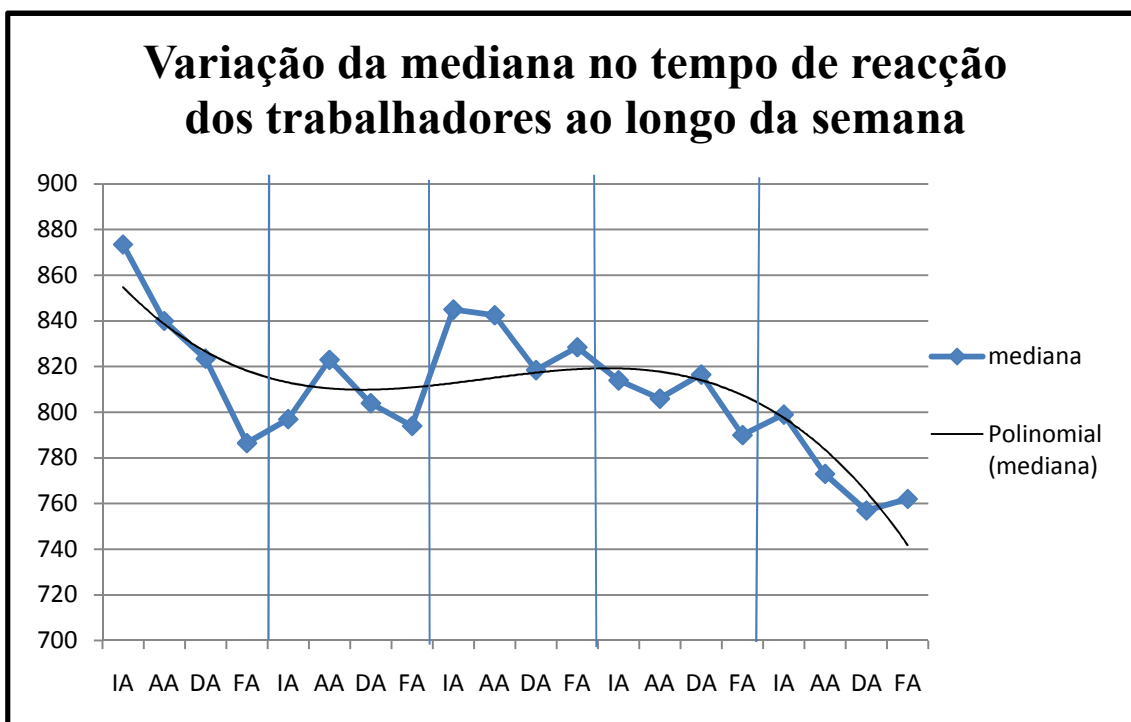


Fig.68. Variação do desvio padrão ao longo dos dias da semana do trabalhador M1 na semana de 8 a 13 de Fevereiro

Verifica-se no gráfico da figura 68, que o valor do tempo de reacção mediano dos trabalhadores ao longo da semana tem uma tendência de descida.

Tem o seu menor tempo de reacção em relação a mediana na segunda-feira no final do trabalhador e o seu maior pico também na segunda-feira no início da manhã.

Durante a semana a mediana variou entre os 870ms e os 760ms, tendo uma variação de 110ms.

Como o observado no gráfico 68, aqui também a mediana superior é ao início da manhã de segunda-feira também podemos afirmar que é devido os trabalhadores não estarem habituados ao equipamento.

6.6.5 Mínimos

O parâmetro estatístico “mínimo” permite identificar a tentativa com um tempo de reacção mínimo, ou seja, que o trabalhador teve o seu tempo de reacção menor.

Foram feitos um gráfico de mínimos para cada trabalhador, estão em anexos.

Contudo houve a necessidade de elaborar um gráfico para todos os trabalhadores ao longo da semana para os valores mínimos do tempo de reacção, figura 71, para descrever a sua tendência ao longo da semana.

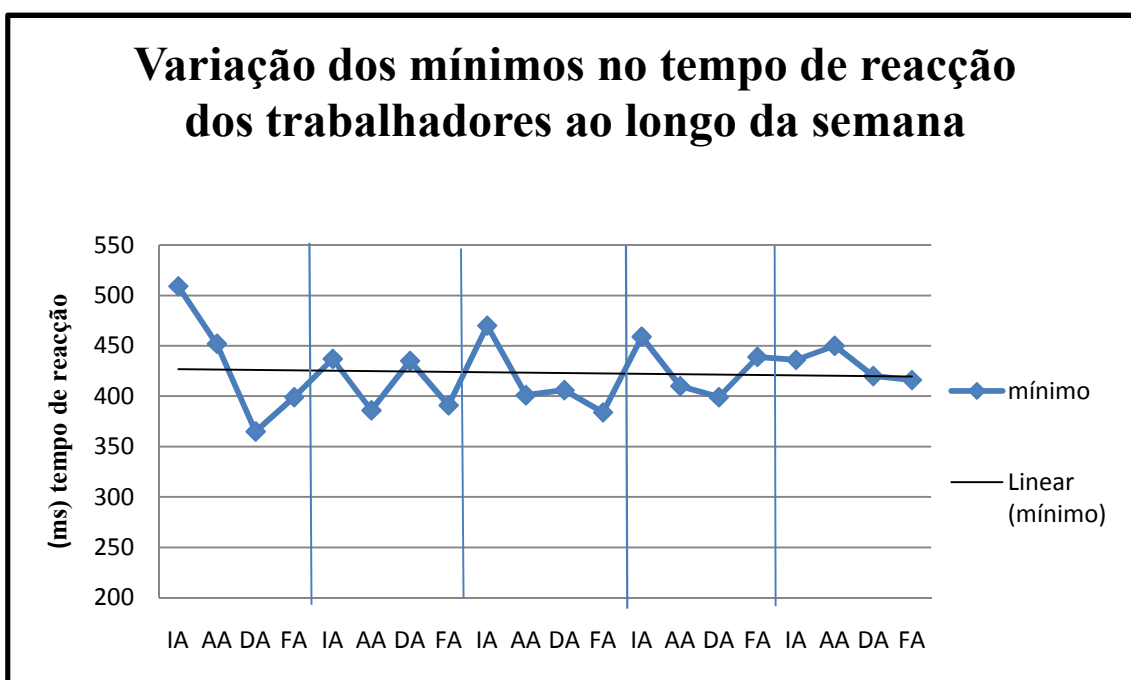


Fig.69. Variação do mínimos ao longo dos dias da semana do trabalhador M1 na semana de 8 a 13 de Fevereiro

Observa-se no gráfico da figura 69, que o mínimo ao longo da semana varia de uma forma aleatória, contudo verifica-se uma tendência de descida ao longo da semana, tendo o seu valor mais alto e mais baixo na segunda-feira, respectivamente ao início da manhã e depois do almoço.

O seu pico mais alto ao início da manhã, pode ser devido aos trabalhadores não estarem acostumados o equipamento de tempo de reacção como aconteceu nos gráficos anteriores.

6.6.6 Máximos

O parâmetro estatístico “máximo” permite identificar a tentativa com um tempo de reacção máximo, ou seja, que o trabalhador teve o seu tempo de reacção maior.

Foram feitos um gráfico de máximos para cada trabalhador, estão em anexos.

Contudo houve a necessidade de elaborar um gráfico para todos os trabalhadores ao longo da semana para os valores máximos do tempo de reacção, figura 70, para descrever a sua tendência ao longo da semana.

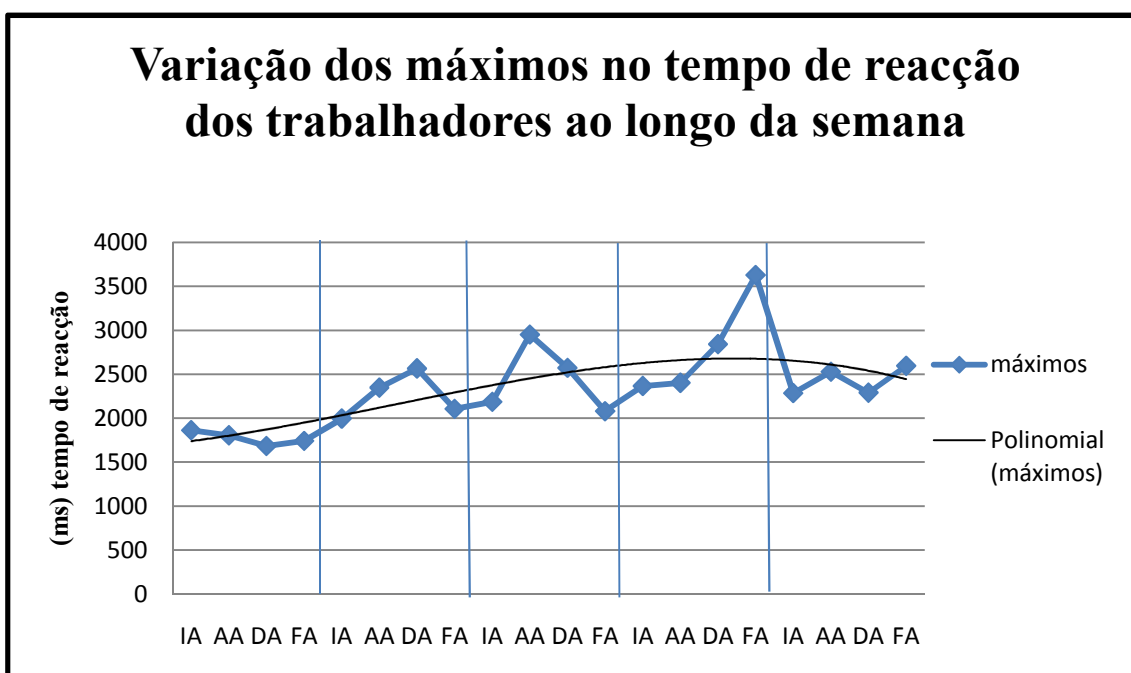


Fig.70 Variação dos máximos ao longo dos dias da semana de todos os trabalhador na semana de 8 a 13 de Fevereiro

De acordo com a observação do gráfico da figura 70, ao contrário dos gráficos referidos anteriormente, este sofre uma tendência de subida ao longo da semana, tendo como o seu pico na quinta-feira.

Há contudo de realçar este gráfico faz referencia a um único trabalhador, pois, o trabalhador é muito mais lento que os outros trabalhadores, que torna o gráfico menos generalista da população do open-space.

6.6.7 Relação do tempo de reacção médio com os máximos e mínimos

Teve-se a necessidade de relacionar o tempo de reacção médio com os máximos e mínimos, gráfico da figura 71.

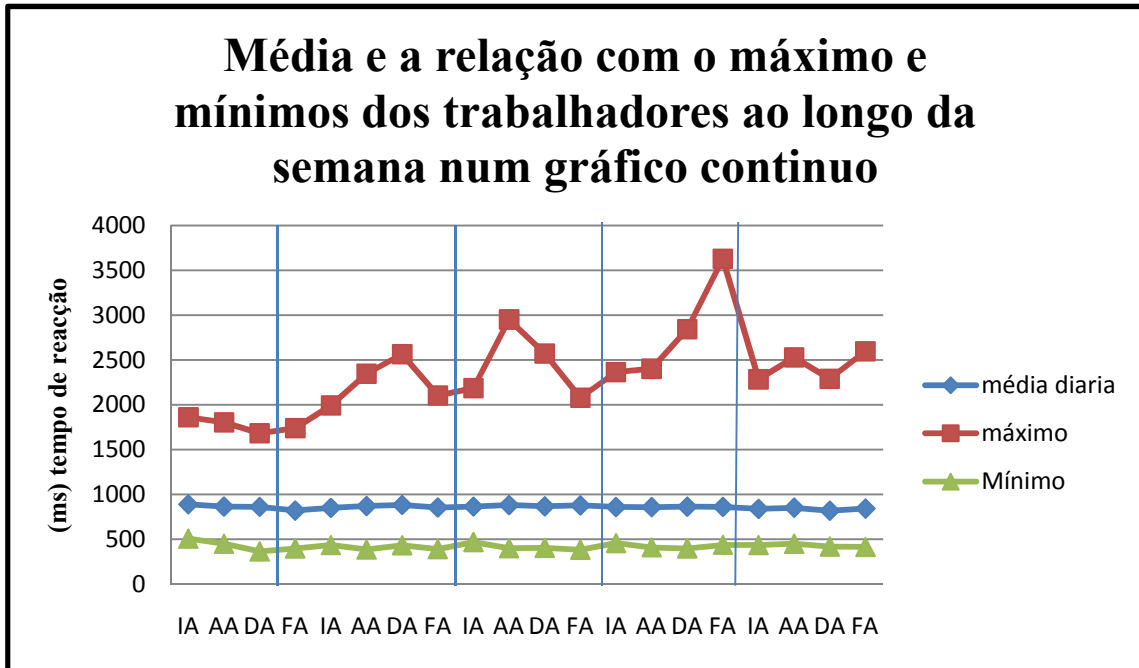


Fig.71. Variação da diferença entre os máximos e mínimos e a média ao longo da semana dos trabalhadores

A relação dos máximos, mínimos e média que se observa visualmente no gráfico da figura 71, é uma relação directa entre a média e os mínimos, que variam respectivamente entre 900ms e 500ms enquanto os máximos sofrem uma tendência de subida como referido no gráfico da figura 70. Há contudo de salientar como referido anteriormente os máximos dizem respeito a um trabalhador, por isso, teve-se a necessidade de retirar esse trabalhador e elaborar um novo gráfico, figura 72.

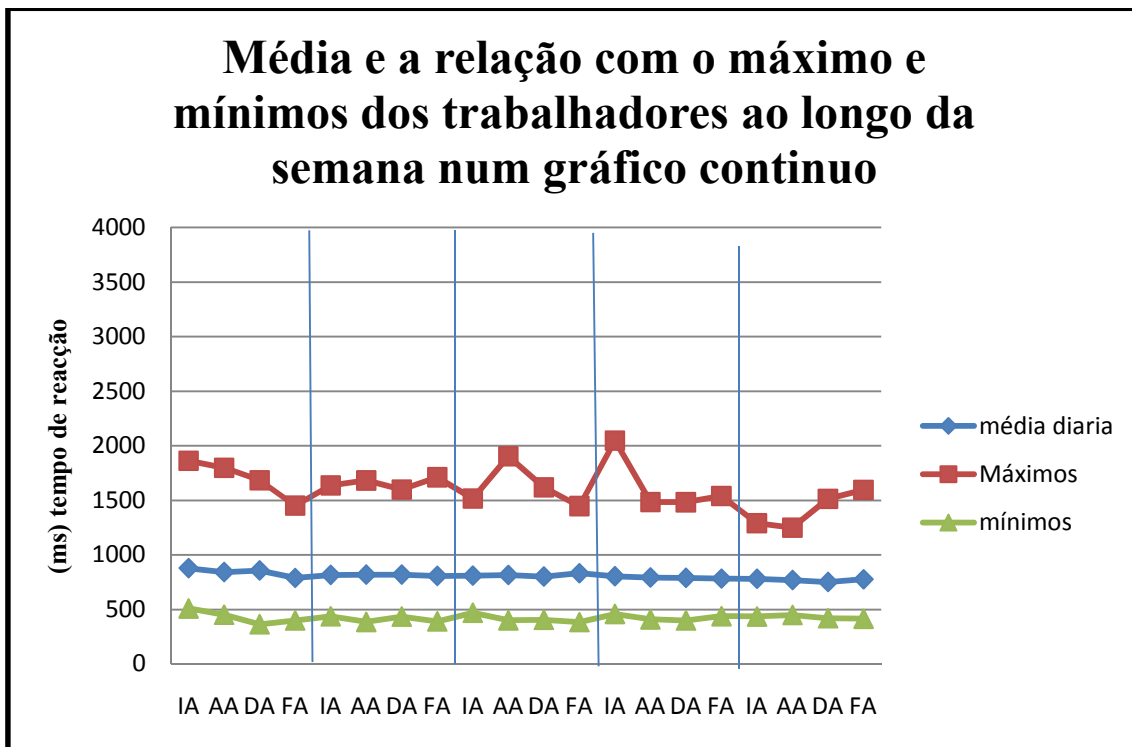


Fig.72. Variação da diferença entre os máximos e mínimos e a média ao longo da semana dos trabalhadores sem um trabalhador

De um ponto vista geral, quando se retirou um trabalhador, que devido a características individuais, tinha um tempo reacção geral mais elevado.

Assim observa-se no gráfico da figura 72, os máximos a descenderem cerca de 1000ms ao longo da semana, enquanto, que a média desceu 100ms e os mínimos manterem-se inalterados.

7 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objectivo, realizar um estudo da variação do ambiente térmico, de ruído e de gases, dos quais se destacam dióxido de azoto, monóxido de carbono e o oxigénio ao longo da semana e despiste de partículas de PM₁₀ e tentou-se relacionar com o tempo de reacção dos trabalhadores ao longo do dia e da semana.

No que respeita ao ambiente térmico verifica-se que a humidade relativa sofre um decréscimo ao longo da semana, situando-se abaixo do estipulado no Decreto-Lei 243/86 de 20 de Agosto. Por sua vez, a temperatura ao longo da semana situa-se numa gama de valores consentânea com a neutralidade térmica, com excepção da sexta-feira em relação a ISO 7730.

Quanto ao ruído segundo o Decreto-lei 182/2006 de 6 de Setembro, que estabelece os valores limite e valores de acção, verifica-se que, no local de trabalho, os valores não excedem os valores limite inferiores de acção.

Relativamente aos gases NO₂ e CO durante as duas semanas, os respectivo VLE estão muito abaixo do estipulado na norma NP 1796:2007 e aquém da concentração máxima definida no Decreto-Lei 79/2006, de 6 de Abril.

Quanto ao O₂, a percentagem diária e semanal está de acordo com o Decreto-Lei 243/86, excepto na segunda-feira em que a percentagem foi inferior a 19,5%.

Quanto à despistagem de partículas de PM₁₀, verifica-se que as concentrações destas se situam abaixo dos valores limite de exposição expressos no Decreto-Lei 79/2006 de 6 de Abril, não sendo necessário realizar medições de PM_{2,5}.

Quanto a iluminação considerada nas piores condições, que são em dia nublado, com os estores fechados e no final de tarde, verifica-se que cerca dos 60% dos locais está abaixo dos valores médios estipulados pela norma DIN 5035:1990 segunda parte, devendo-se este facto ao uso de iluminação artificial.

Conclui-se que iluminação é insuficiente sendo por isso, necessário mudar as luminárias colocando umas com maior potência de modo aumentar a iluminância.

Em relação ao tempo de reacção poderia-se colocar várias questões, apesar disso, sabe-se que o trabalho não exige muito esforço do trabalhador a nível físico, apenas a nível psicológico.

De entre os factores de ordem física, como o ruído, gases, ambiente térmico, iluminância, o último é de todos aqueles que poderá provocar uma perturbação maior no trabalhador, uma vez que esta abaixo do estipulado da norma e pode provocar fadiga, sonolência e cansaço visual.

Quanto aos factores biológicos foi realizado um pequeno inquérito onde se colocaram várias questões relativas aos seus hábitos diários e se registaram dados pessoais.

Os trabalhadores tem na maioria um IMC de peso normal, não fumam, não padecem de doenças crónicas, não consomem álcool e dormem cerca de 7 horas diárias, com uma vida relativamente saudável.

Depois do estudo de vários parâmetros estatísticos e pela observação dos gráficos ao longo do dia e da semana, como o ajuste linear das amostragens, média, desvio padrão, mínimos, máximos verificou-se que não existe padrões.

Apesar disso existe em todos os trabalhadores uma tendência de descida ao longo da semana excepto nos máximos que sofre uma tendência de subida ao longo da semana, contudo, este parâmetro é influenciado por um único trabalhador, que quando se retirou da amostra de trabalhadores a tendência geral dos máximos ao longo da semana foi de descida.

Conclui-se que os trabalhadores ao longo da semana ficam com um tempo de reacção inferior ao contrário do que seria de esperar, contudo não se pode relacionar nem com factores químicos, físicos e nem biológicos.

8 PRESPECTIVAS FUTURAS

Com este trabalho analisaram-se as condições de ambiente térmico, concentrações de gases (NO_2 , CO e O_2), iluminâncias nos vários postos de trabalho. Paralelamente efectuou-se um despiste das PM_{10} com vista ao respectivo relacionamento com o tempo de reacção.

Como eventuais trabalhos futuros destacam-se:

1. Averiguar a quantidade da carga microbiana como bactérias e fungos no open-space, pois, é um local onde existe ar condicionado que é um dos principais veículos de propagação de microrganismos.
2. Realizar um estudo para analisar se a disposição das mesas é a mais adequada de modo a obter o máximo rendimento das luminárias. Como foi observado, as luminárias não tem a intensidade necessária para o trabalho a realizar.
3. Fazer medições das concentrações de amianto no open-space, pois há uns anos atrás, ocorreram obras de requalificação nos tectos dos edifícios podendo existir ainda amianto disperso no ar.
4. Associar os impulsos sonoros aos impulsos visuais para verificar se o tempo de reacção aumenta ou diminui ao longo do dia e da semana.
5. Realizar uma análise ergonómica dos locais de trabalho, dado que os trabalhadores aí passam a maior parte do tempo sentados. Assim deve-se verificar o ajuste da cadeira, a altura do monitor da secretaria tendo em vista a sua adequação a cada trabalhador

Bibliografia

- Águas, P. N. M. (2001). CONFORTO TÉRMICO, Módulo da Disciplina de mestrado Métodos instrumentais em Energia e Ambiente, Instituto superior tecnico.
- Aguilera, A. (1981). Ejercícios para el Perfeccionamiento de la Rapidez: Ejercícios para el Perfeccionamiento de la Agilidad.
- Alves, J. (1985). Relação entre o Tempo de Reacção Simples, de Escolha e de Decisão e o Tipo de Desporto praticado (individual e colectivo). Lisboa, UTL.
- Arezes, P. M. F. M. (2002). Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído. Departamento de Produção e Sistemas. Guimarães, Universidade do Minho. **Doutoramento.**
- ASHRAE (1999). Ventilation for acceptable indoor air quality – Standard. Atlanta.
- Bartololomeu, M. M. F. (2003). Iluminação no local de trabalho. Instituto Superior de Língua e Administração. Santarém, ISLA. **Pós-graduação em Higiene e Segurança no Trabalho: 25.**
- Basto, J. E. (2007). Qualidade do ar interno. ITAJAI.
- Batista, C. A. T. (2008). POLUIÇÃO DO AR DE INTERIORES: UMA AVALIAÇÃO DE CASOS RELACIONADOS À CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL. Ambiental. Juiz de Fora, Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Brickus, L. S. R. and f. r. d. A. Neto (1998). "A qualidade do ar de interiores e a química." Quimica Nova **vol.22**: 01/04/98.
- Burge, H. A. (2004). Indoor air quality hanbook. New york, Mcgraw-Hill.
- Carmo, A. T. and R. T. A. Prado (1999). Qualidade do Ar interno. São Paulo.
- Castanys and M. Fernandez (2003). La preparacion Biológica en la formacion integral del desportista.
- Castelo, B. d. S. J. (2009). Estudo Integrado de variáveis ocupacionais na Industria Extractiva. Departamento de Engenharia de Minas. Porto, Universidade do Porto. **mestrado.**
- EPA. (1994). "Indoor Air Pollution - An introduction for Health Professionals." from www.epa.gov/iaq/pubs.
- Ferreira, A. and C. Salema (2003). Som, Luz e Cor. Porto.
- Frota, A. B. and S. R. Schiffer (2001). Manual de conforto térmico. São Paulo, Studio Nobel.
- Gioda, A. and F. R. A. Neto (2003). Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não industriais no Brasil: uma abordagem comparativa.
- Gomes, M. J. M. (2002). "Ambiente e Pulmão." Jornal de Pneumologia **vol.28.**

- Hansen, S. J. (1991). Managing Indoor Air Quality.
- Houssay, B. A. (1994). Fisiologia Humana. Rio de Janeiro.
- Ikefuti, P. V. and M. C. C. T. Amorim (2002). Analise do conforto térmico em diferentes padrões de construção em presidente prudente. Geografia. S. Paulo.
- Kimura and Imanaka (2002). The effects of different instructions for preparatory muscle tension on simple reaction time.
- LEE, S. C. and M. CHANG (1999). Indoor air quality investigations at five classrooms. Indoor Air.
- Lima de Paula, J. F. (2003). Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial. Escola de Enfermagem Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. **Mestrado em Enfermagem Fundamental**: 116f.
- Lopes, R. F. (2007). Condições de conforto térmico na construção de Edifícios. Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Porto, Universidade do Porto. **Mestrado**.
- Magill, R. A. (2000). Aprendizagem motora: Conceito e aplicações. São Paulo, Edgard Blucher.
- Martinho, M. E. d. S. (2003). Coordenação Motora e Velocidade de Reacção. Ciências do Desporto e de Educação Física. Porto, Universidade do Porto. **Mestrado**.
- Miguel, A. S. S. R. (2010). Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 11ª edição, Porto Editora, Porto
- municipais, S. (2009). Relatório de sustentabilidade de 2008. Porto.
- NIOSH (1987). Guide to industrial equipment. USA.
- Nunes, Z. d. G. (2005). ESTUDO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AR DE AMBIENTES INTERNOS CLIMATIZADOS. Rio de Janeiro, Instituto de Controle da Qualidade em Saúde.
- Paula, A. H. (2004). A fadiga no esporte.
- Prevention, C. f. d. C. a. (2010). "carbon Monoxide Poisoning." from <http://www.cdc.gov/co/faqs.htm>.
- Quadros, M. E. (2008). Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Engenharia ambiental. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. **Pós-Graduação**.
- Rebelo, A. t. B. (2008). Riscos nas salas de aula-. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. **Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais**.
- Reeve, R. N. (1994). Environmental Analysis. England, John Wiley & Sons Ltd.
- Schwartz, J. (1993). Particulate air pollution and hospital emergence room visits for asthma in Seattle. Seattle.
- Seeley, R. R., T. D. Stephens, et al. (2003). Anatomia & Fisiologia. Idaho.

- Sueli and Claudio (2008). Meio ambiente. Rio de Janeiro.
- Tavares, F. (1993). A capacidade de decisão táctica no jogador de Basquetebol. Estudo comparativo dos processos perceptivo-cognitivos em atletas seniores e cadetes. FCDEF. Porto, UP.
- Doutoramento.**
- Toledo, B. G. (2008). INTEGRAÇÃO DE ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL: MÉTODOS E GUÍA PRÁTICO PARA PROJETO LUMINOTÉCNICO. Arquitectura e urbanismo. Brasília, Universidade de Brasília. **Pós-Graduação.**
- Trebién, R., N. Mendes, et al. (2007). Sensibilidade do Índice PMV e regiões de Conforto visando o aperfeiçoamento de Climatizadores, Ambiente Construído. Porto Alegre.
- Vaghetti, C. A. O., H. Roesler, et al. (2007). "Tempo de reação simples auditivo e visual em surfistas com diferentes níveis de habilidade: comparação entre atletas profissionais, amadores e praticantes " **13º**.
- Verani, L. H. W. (2003). Contaminantes Químicos. Apostila do CEST. Florianópolis.
- VIANNA, N. and J. GONÇALVES (2001). Iluminação e Arquitectura. S.Paulo, Geros.
- Viñaspre, P. s. d. Qualidades físicas básicas. Manual de Educação Física e Desportos, Técnicas e Actividades Práticas.
- WHO (2000). The right to health indoor air. Bilthoven.
- World Health Organization, W. (2008). "Programmes and Projects:Indoor Air Pollution." from www.who.int/indoor/en/.

ANEXOS



Folha de registo

Actividade realizada					
<i>Dados pessoais</i>					
Nome					
Idade					
Sexo					
<i>Medidas antropométricas</i>					
Peso					
Altura					
<i>Características do indivíduo</i>					
	Sim	Não	Observações		
Fuma					
Doença crónica					
Usa óculos					
Toma café					
Pratica desporto					
<i>Notas adicionais</i>					
	08/02/10	09/01/10	10/01/10	11/01/10	12/01/10
Horas de sono					
Bebida ao almoço					