



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Edifícios Escolares

Avaliação das condições de conservação, conforto e qualidade do ambiente interior

Diogo Arraiano Xavier

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha
Coorientador: Prof. Doutor Manuel António Pinto da Silva Amaral

Covilhã, junho de 2016

Dedicatória

Dedico esta dissertação à minha família, em especial ao meu pai, à minha mãe e ao meu irmão que me apoiaram desde sempre até ao momento de entrega desta dissertação, fazendo com que este objetivo fosse alcançado. Em especial agradecimento também à minha namorada que sempre esteve presente nos bons e maus momentos durante a elaboração desta dissertação.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor João Carlos Lanzinha que me orientou ao longo deste trabalho e esteve sempre disponível, quer para discutir os assuntos mais questionáveis, quer para partilhar os seus conhecimentos.

Deixo também uma palavra de agradecimento a todos os docentes e/ou investigadores, funcionários e alunos do Departamento de Engenharia Civil na UBI que colaboraram neste trabalho. Em particular, agradeço ao Técnico Albino pela sua disponibilidade para me ajudar na execução das medições que permitiram que esta tese fosse feita.

Não posso deixar de também agradecer a direção do Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã na pessoa do seu diretor Dr. Jorge Antunes pela abertura e disponibilidade para podermos realizar este estudo em escolas deste Agrupamento.

Por fim, e não menos importante, agradeço à minha família pela compreensão, pela paciência e por estarem sempre disponíveis para me ouvirem.

Aos meus amigos de curso que percorreram este mesmo esforço comigo e a todos os meus amigos que me apoiaram incondicionalmente nos momentos mais difíceis.

Resumo

Esta Dissertação têm como principal objetivo descrever e analisar as condições a que os alunos de algumas escolas do 1º ciclo da cidade da Covilhã estão sujeitos no seu dia-a-dia, no interior das infraestruturas que são utilizadas como meio para a sua aprendizagem.

Ao fazermos uma análise de quinze salas de aula de quatro edifícios escolares pertencentes ao Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã nomeadamente a “avaliação das condições de conservação, conforto e qualidade do ambiente interior” pretendemos para além da caracterização dos espaços e do enquadramento teórico, identificar em pormenor as quantidades de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), formaldeído (CH₂O), compostos orgânicos voláteis (cov's) e radão existentes nas salas de aula, como também a recolha, em períodos de duas semanas, dos dados relativos às condições de conforto interior, nomeadamente da temperatura ambiente e humidade relativa.

Neste trabalho também foram objetos de estudo e análise as condições de iluminação das salas de aula, bem como se realizou um estudo de termografia que nos permite identificar os pontos singulares da envolvente de cada sala, demonstrando-se como um dos fatores que será determinante para a identificação de possíveis soluções de reabilitação.

Foram também desenvolvidas leituras acústicas do tempo de reverberação nas salas em estudo procurando-se avaliar as condições a que os ocupantes das salas estão sujeitos relativamente ao conforto acústico.

De seguida comparámos os dados recolhidos nos diversos ensaios com os valores estipulados na normas portuguesas e regulamentação nomeadamente a Portaria nº 353 - A/ 2013 que estipula os valores máximos para concentrações (CO₂, formaldeído, cov's, entre outros) permitindo-nos ter uma perceção das condições fornecidas por cada sala de aula, sendo assim mais fácil identificar os pontos a intervir e as soluções a adotar para minimizar os efeitos negativos na qualidade do ar interior e no conforto Interior insuficiente identificado em várias salas.

Por fim identificamos o caso mais gravoso dos casos em estudo sugerindo neste caso algumas possibilidades de reabilitação.

Palavras-chave

Qualidade do Ar Interior, Conforto Interior, Conservação, Edifícios Escolares.

Abstract

This Dissertation has as main objective to describe and analyze the conditions that students, in some Elementary Schools in the city of Covilhã, are daily subject inside the buildings used for their learnings.

Analysing fifteen classrooms in four school buildings belonging to “Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã”, including the “evaluation of the storage, comfort and indoor environmental quality conditions” we want, in addition to the characterization of the spaces and the theoretical framework, identify, in detail, the amounts of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), formaldehyde (CH₂O), volatile organic compounds (VOCs) and radon in classrooms, as well as the collection, in periods of two weeks, of data relating to conditions of inner comfort, in particular of ambient temperature and humidity.

In this work, the lighting conditions of the classrooms were also object of study and analysis, as well as a thermography study which allows us to identify the specific spots of the surroundings of every room, proving itself as one of the factors that will be crucial to the identification of possible solutions.

Acoustic reverberation time readings in the rooms studied were also developed for evaluating the acoustic comfort conditions that the occupants of the rooms are subject.

Then we compared the data collected in the different tests with the values stipulated in Portuguese laws and regulations, inter alia, “Portaria nº 353-A/2013” which stipulates the maximum values for concentrations (CO₂, formaldehyde, VOCs, among others) allowing us to have a lack of conditions provided by each classroom, making it easier to identify the points to intervene and to adopt solutions to minimize the negative effects on indoor air quality and comfort insufficient identified in several rooms.

Finally we've identified the most serious of the studied cases, suggesting some possibilities for rehabilitation.

Keywords

Indoor air quality, Comfort, conservation, school buildings.

Índice

1. Introdução	1
1.1 Relevância e Importância Social	3
1.2 Objetivos	10
1.3 Organização da Dissertação.....	11
2. Enquadramento Teórico.....	12
2.1 Qualidade do Ar Interior em Edifícios Escolares	14
2.2 Conforto Interior em Edifícios Escolares	17
2.3 Termografia	25
3. Procedimento adotado para as medições	28
3.1 Formaldeído	30
3.2 Dióxido de Carbono (CO ₂).....	32
3.3 Monóxido de Carbono (CO).....	34
3.4 COV's	36
3.5 Radão (Rn)	38
3.6 Humidade Relativa	40
3.7 Temperatura Interior	42
3.8 Iluminação	44
3.9 Termografia	46
3.10 Acústica	48
4. Casos de Estudo	51
4.1 Descrição Geral do Agrupamento de Escolas da Pêro da Covilhã	53
4.2 Escola Pêro da Covilhã.....	55
4.2.1 Sala de Aula A1	58
4.2.2 Sala de Aula A5	61
4.2.3 Sala de Aula A6	64
4.2.4 Sala de Aula A8	67
4.2.5 Sala de Aula A26	69
4.2.6 Sala de Aula A25	72
4.3 Escola de Santo António	74
4.3.1 Sala de Aula SA2	76
4.3.2 Sala de Aula SA4	79
4.4 Escola do Rodrigo.....	81
4.4.1 Sala de Aula R1A.....	83
4.4.2 Sala de Aula R2B.....	85
4.4.3 Sala de Aula 5	87
4.5 Escola do Refúgio.....	89
4.5.1 Sala de aula RE1	91

4.5.2	Sala de aula RE2	94
4.5.3	Sala de aula RE3	96
5.	Medições registadas e análise de resultados	98
5.1	Formaldeído	100
5.2	Dióxido de Carbono (CO ₂).....	116
5.3	Monóxido de Carbono (CO).....	118
5.4	Compostos Orgânicos Voláteis (cov's)	119
5.5	Radão	121
5.6	Humidade e Temperatura.....	122
5.7	Iluminação	131
5.8	Acústica	133
5.9	Termografia	146
5.10	Resumo das Medições	147
6.	Conclusões.....	151
6.1	Considerações Finais	153
6.2	Possíveis alterações para melhoria de condições.....	155
6.3	Sugestão para trabalhos futuros	156
	Bibliografia	157

Índice de Figuras

Figura 4.2.1.6 - Escola Peraboa, Covilhã - Utilização de Painéis Solares	8
Figura 4.2.1.7 : Escola do Rodrigo, Covilhã - Criação de um Sala multiusos contigua ao Edifício Principal	9
Figura 4.2.1.8 - Escola Internacional da Covilhã, Covilhã - Edificação Nova.....	9
Figura 4.2.1.1 - Esquema sobre a qualidade do ambiente interior	14
A qualidade do ar interior é definida pelas várias variantes que possam existir no edifício como se descreve na figura anterior (Figura 4.2.1.2), fazendo com que a conjugação de todas possam proporcionar um espaço agradável e com conforto para os seus utentes.	14
Figura 4.2.1.1 - Esquema Ilustrativo referente ao Conforto Interior	17
Figura 4.2.1.2 - Carta Bioclimática [10]	18
Figura 4.2.1.3 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã	20
Figura 4.2.1.4 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã	21
Figura 4.2.1.5 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã	21
A norma nacional em vigor relativamente ao nível de iluminação interior para os espaços escolares, foi seguida pela norma europeia em Maio de 2003 pelo programa “Parque Escolar” [13]. A figura seguinte (Figura 4.2.1.6) faz o paralelo entre a designação dos espaços funcionais e a designação dos mesmos espaços a nível de iluminação interior com a norma.	22
Figura 4.2.1.1 - Quadro III do anexo do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios .	25
Figura 4.2.1.2 - Aplicações da Termografia em Edifícios	26
Figura 4.2.1.3 - Caracterização da Termografia.....	27
Figura 4.2.1.1 - Níveis de concentração de Formaldeído e efeitos consequentes na saúde ...	30
Figura 4.2.1.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de CO ₂	32
Figura 4.2.1.2 - Sonda Multifunções 9565-P Velocicalc	33
Figura 4.2.1.1 - Imagem parcial referente ao tabela de valores de (CO).....	34
Figura 4.2.1.2 - Equipamento Easylog EL-USB para leituras de (CO)	35
Figura 4.2.1.1 - Leitura de cov's no exterior do edifício.....	37
Figura 4.2.1.2 - Leitura de cov's no interior do edifício	37
Figura 4.2.1.1 - Leitura de cov's no interior do edifício	39
Figura 4.2.1.1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2	41
Figura 4.2.1.1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2	43
Figura 4.2.1.1 - Aparelho da Testo 540	45
Figura 4.2.1.1 - Representação do programa utilizado da Testo para tratamento de dados termográficos.....	46
Figura 4.2.1.2 - Câmara Termográfica Testo 885	47
Figura 4.2.1.1 - Curvas de igual sensação sonora (isofónicas) / Superfície de audição [18] ...	49

Figura 4.2.1.2 - Modelo tipo da colocação da Torre e Microfone	50
Figura 4.2.1.3 -Sonómetro analisador	50
Figura 4.2.1.4 - Amplificador AP601 CESVA FP 121	50
Figura 4.2.1.1 - Imagem de Satélite da Localização da Escola Pêro da Covilhã	53
Figura 4.2.1.2 - Imagem referente ao conjunto de Escolas presentes no Agrupamento de Escolas	54
Figura 4.2.1.1 - Imagem de Satélite da Escola Pêro da Covilhã	55
Figura 4.2.1.2 - Imagem identificativa da Escola Pêro da Covilhã	55
Figura 4.2.1.1 - Localização por satélite referente ao Bloco A onde de localiza a Sala A1	58
Figura 4.2.1.2 - Interior da sala A1	58
Figura 4.2.1.3 - Exterior da Sala A1	58
Figura 4.2.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala A1	59
Figura 4.2.1.5 - Imagem em planta da sala A1	59
Figura 4.2.1.6 - Estores metálicos	60
Figura 4.2.1.7 - Janelas em alumínio exteriores	60
Figura 4.2.1.8 - Painéis de cortiça	60
Figura 4.2.1.9 - Tacos de madeira e mosaico	60
Figura 4.2.1.10 - - Porta Interior em Madeira	60
Figura 4.2.1.11 - - Porta exterior em alumínio	60
Figura 4.2.1.12 - Luminárias	60
Figura 4.2.2.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a sala A5	61
Figura 4.2.2.2 - Exterior da sala A5	61
Figura 4.2.2.3 - Interior da sala A5	61
Figura 4.2.2.4 - Tabela de caraterísticas da sala A5	62
Figura 4.2.2.5 - Imagem em planta da sala A5	62
Figura 4.2.2.6 - - Armários em madeira	63
Figura 4.2.3.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a Sala A6	64
Figura 4.2.3.2 - Exterior da Sala A6	64
Figura 4.2.3.3 -Interior da Sala A6	64
Figura 4.2.3.4 - Tabela de caraterísticas da sala A6	65
Figura 4.2.3.5 - Imagem em planta da sala A6	65
Figura 4.2.3.6 - Floreira	66
Figura 4.2.3.7 - Janela circular	66
Figura 4.2.3.8 - Porta interior incluindo envidraçado	66
Figura 4.2.4.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a sala A8	67
Figura 4.2.4.2 - - Exterior da sala A8	67
Figura 4.2.4.3 - Interior da sala A8	67
Figura 4.2.4.4 - Tabela de caraterísticas da sala A8	68
Figura 4.2.4.5 - Imagem em planta da sala A8	68
Figura 4.2.5.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde de localiza a sala A26 ...	69

Figura 4.2.5.2 - Exterior da Sala A26.....	69
Figura 4.2.5.3 - Interior da Sala A26	69
Figura 4.2.5.4 - Tabela de características da sala A26	70
Figura 4.2.5.5 - Imagem em planta da sala A26.....	70
Figura 4.2.5.6 - Placas de lâ de rocha	71
Figura 4.2.5.7 - Pavimento flutuante em madeira.....	71
Figura 4.2.5.8 - Móveis em madeira	71
Figura 4.2.6.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde de localiza a sala A25 ...	72
Figura 4.2.6.2 - Exterior da Sala A25.....	72
Figura 4.2.6.3 - Interior da Sala A25	72
Figura 4.2.6.4 - Tabela de características da sala A25	73
Figura 4.2.6.5 - Imagem em planta da sala A25.....	73
Figura 4.2.6.1 - Imagem de Satélite referente à localização da escola de Santo António, Covilhã.....	74
Figura 4.2.6.2 - Imagem identificativa da Escola de Santo António, Covilhã	74
Figura 4.3.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala SA2 na Escola de St. António	76
Figura 4.3.1.2 - Exterior da sala SA2	76
Figura 4.3.1.3 - Interior da sala SA2.....	76
Figura 4.3.1.4 - Tabela de características da sala SA2	77
Figura 4.3.1.5 - Imagem em planta da sala SA2.....	77
Figura 4.3.1.6 - Móvel com lavatório e pedra e mármore	78
Figura 4.3.1.7 - Porta em madeira	78
Figura 4.3.1.8 - Parquê em madeira	78
Figura 4.3.1.9 - Revestimento vinílico	78
Figura 4.3.1.10 - Janelas exteriores.....	78
Figura 4.3.1.11 - Blackout em Plástico	78
Figura 4.3.1.12 - Iluminarias.....	78
Figura 4.3.1.13 - Localização por satélite referente à localização da sala SA4 na Escola de St. António	79
Figura 4.3.1.14 - Interior da sala SA4	79
Figura 4.3.1.15 - Exterior da sala SA4.....	79
Figura 4.3.1.16 - Tabela de características da sala SA4	80
Figura 4.3.1.17 - Imagem em planta da sala SA4	80
Figura 4.3.1.1 - Imagem de Satélite referente à localização da escola do Rodrigo, Covilhã ..	81
Figura 4.3.1.2 - Imagem identificativa da Escola do Rodrigo, Covilhã	81
Figura 4.4.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala R1A na Escola do Rodrigo	83
Figura 4.4.1.2 - Exterior da sala R1A.....	83
Figura 4.4.1.3 - Interior da Sala R1A	83

Figura 4.4.1.4 - Tabela de características da sala R1A.....	84
Figura 4.4.1.5 - Porta em Madeira.....	84
Figura 4.4.1.6 - Caixilharia.....	84
Figura 4.4.1.7 -Pavimento flutuante	84
Figura 4.4.1.8 - Luminárias	84
Figura 4.4.1.9 - Localização por satélite referente à localização da sala R2B na Escola do Rodrigo	85
Figura 4.4.1.10 - Interior da sala R2B	85
Figura 4.4.1.11 - Exterior da sala R1A	85
Figura 4.4.1.12 - Tabela de características da sala R2B	86
Figura 4.4.1.13 - Localização por satélite referente à localização da sala R5 na Escola do Rodrigo	87
Figura 4.4.1.14 - Interior da sala R5.....	87
Figura 4.4.1.15 - Exterior da sala R5	87
Figura 4.4.1.16 - Tabela de características da sala R5	88
Figura 4.4.1.1 -Imagem de satélite referente à localização da escola do Refúgio, Covilhã....	89
Figura 4.4.1.2 - Imagem identificativa da escola do Refúgio, Covilhã	89
Figura 4.5.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala RE1 na escola do Rodrigo	91
Figura 4.5.1.2 - Interior da sala RE1	91
Figura 4.5.1.3 -Exterior da Sala RE1.....	91
Figura 4.5.1.4 - Tabela de características da sala RE1	91
Figura 4.5.1.5 - Luminárias	92
Figura 4.5.1.6 - Pavimento.....	93
Figura 4.5.1.7 - Janelas.....	93
Figura 4.5.1.8 - Porta de Sala de Aula	93
Figura 4.5.1.9 - Localização por satélite referente à localização da sala RE2 na escola do Rodrigo	94
Figura 4.5.1.10 - Exterior da sala RE2	94
Figura 4.5.1.11 - Interior da sala RE2	94
Figura 4.5.1.12 - Tabela de características da sala RE2	95
Figura 4.5.1.13 - Localização por satélite referente à localização da sala RE3 na escola do Rodrigo	96
Figura 4.5.1.14 - Interior da sala R3.....	96
Figura 4.5.1.15 - Tabela de características da sala RE2	97
Figura 4.5.1.1 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola Pêro da Covilhã.....	100
Figura 4.5.1.2 - - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola Pêro da Covilhã	101

Figura 4.5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A1 da escola Pêro da Covilhã	101
Figura 4.5.1.4 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A5 da escola Pêro da Covilhã	102
Figura 4.5.1.5 . Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A6 da escola Pêro da Covilhã	102
Figura 4.5.1.6 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A8 da escola Pêro da Covilhã	103
Figura 4.5.1.7 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã	103
Figura 4.5.1.8 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã	104
Figura 4.5.1.9 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola de Santo António	106
Figura 4.5.1.10 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA2 de Santo António.....	107
Figura 4.5.1.11 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA4 de Santo António.....	107
Figura 4.5.1.12 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola do Rodrigo	109
Figura 4.5.1.13 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo	110
Figura 4.5.1.14 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R2B da escola do Rodrigo	110
Figura 4.5.1.15 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo	111
Figura 4.5.1.16 - Resultados de formaldeído referente ao exterior da escola do Rodrigo	111
Figura 4.5.1.17 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE1 da escola do Refúgio	114
Figura 4.5.1.18 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE2 da escola do Refúgio	114
Figura 4.5.1.19 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE3 da escola do Refúgio	115
Figura 4.5.1.1 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido nas salas da escola do Rodrigo	116
Figura 4.5.1.2 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo.....	117
Figura 4.5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo	117

Figura 4.5.1.1 - Gráfico representativo dos resultados de CO ₂ recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo	118
Figura 4.5.1.1 - Gráfico representativo dos resultados de Cov' s recolhido na sala A1	119
Figura 4.5.1.2 - Gráfico representativo dos resultados de Cov' s recolhido na sala A6	119
Figura 4.5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de Cov' s recolhido na sala SA4	120
Figura 4.5.1.4 - Gráfico representativo dos resultados de Cov' s recolhido na sala R2B	120
Figura 4.5.1.1 - Tabela representativa dos valores recolhidos de Radão na Escola Pêro da Covilhã	121

Índice de Tabelas

Tabela 2.1-1 - Valores limiares de proteção e margem de tolerância para os poluentes físicos - químicos [8].....	16
Tabela 2.2-1 - Quadro III do anexo do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios ...	24
Tabela 3.1-1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Formaldeído	31
Tabela 3.4-1 - Equipamento Easylog EL-USB para leituras de (CO)	36
Tabela 3.5-1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Radão	39
Tabela 3.6-1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras de humidade relativa	40
Tabela 3.8-1 - Tabela parcial relativa à recolha de dados de Iluminação nas salas de Aula ...	44

Lista de Acrónimos

CO ₂	Dióxido de Carbono
CO	Monóxido de Carbono
QAI	Qualidade do Ar Interior
LABSED	Laboratório de Saúde na Edificação da Universidade da Beira Interior
UBI	Universidade da Beira Interior
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da qualidade do Ar Interior nos Edifícios
CH ₂ O	Formaldeído
RN...	Radão

Lista de Unidades

°C	Grau Celsius
M	Metro
M ²	Metro Quadrado
M ³	Metro Cúbico
s	Segundo

1. Introdução

1.1 Relevância e Importância Social

1.2 Objetivos

1.3 Organização da Dissertação

1.1 Relevância e Importância Social

“A Organização do espaço escolar depende em muito das condições económico- sociais, com as quais se foi desenvolvendo, não se podendo por isso dissociar de contextos históricos, políticos, religiosos e sociais. “ [1]

A relação entre infância e escolaridade começou a ganhar forma no séc. XVI e XVII onde surgiu uma mudança de mentalidades em relação à habitação como também no que diz respeito à educação.

Em Portugal o tempo que se passou desde a tomada de consciência que o sistema de ensino primário era deveras importante foi demasiado largo, mesmo assim é com a revolução do ensino primário de Marquês de Pombal que em primeira instância são criadas escolas primárias em Portugal, para cada sexo. O Marquês de Pombal aprovou a criação de escolas para cada sexo no ensino público em 17 de Agosto de 1758, atingindo um número total de 440 escolas primárias no Continente e 15 nas ilhas, correspondentes a Madeira e Açores.

“A arquitetura escolar pode ser vista como um programa, uma espécie de discurso que institui na sua materialidade um sistema de valores, sendo que simultaneamente, o espaço educativo reflete as inovações pedagógicas, tanto nas suas conceções gerais, como nos aspetos mais técnicos “ [1]

Foi nos meados do séc. XIX mais precisamente em 1866 que surge o primeiro projeto modelo de uma escola onde se descrevem as condições diferenciais e necessárias de uma escola primária. Estas escolas foram conhecidas pelas escolas Conde Ferreira sendo contruídas cerca de 120 escolas num período de vinte anos. Mais tarde em 1902 e 1912 foi lançado pelo governo Português o primeiro concurso público destinado à construção de escolas de instrução primária, através do projeto do Arquiteto Adães Bermudes, que deu lugar a mais de 184 escolas.

Sendo assim podemos dizer que do programa pedagógico passa a pertencer também a arquitetura juntamente com o urbanismo oferecendo uma vasta cobertura à educação das crianças e permitindo-lhes, desta forma, usufruir de um espaço de repouso e de acesso à pedagogia aliados a um local temperado, limpo, agradável e com ar e luz proporcionados por espaços verdes à sua volta.

Passou-se então a ter a escola primária como dominante em relação às restantes construções locais visto a nível do seu volume, do traço geométrico, bem como dos símbolos que encorpa, permitindo a sua fácil identificação em relação aos demais edifícios.

“Os Projetos foram concebidos para serem construídos em série, em harmonia com as características da arquitetura regional impostas, não só pela aplicação dos materiais próprios das regiões como também pelas variações do clima “ [2]

Em 1941 ocorreu em Portugal um ciclone devastador derrubando várias árvores (pinheiros, carvalhos entre outros) e danificando gravemente os então edifícios escolares existentes, impulsionando desta forma o início do “*Plano dos Centenários*” que se baseou nos modelos projetados pelos Arquitetos Rogério Azevedo e Raul Lino, multiplicando-se até aos anos sessenta.

“O Governo iniciará a execução do plano geral da rede escolar, que será denominado dos Centenários e em que serão fixados o número, localização e tipos de escolas a construir para completo apetrechamento do ensino primário, inscrevendo-se no orçamento de verbas necessárias para as obras a realizar em participação com os corpos administrativos ou outras entidades ” [3]

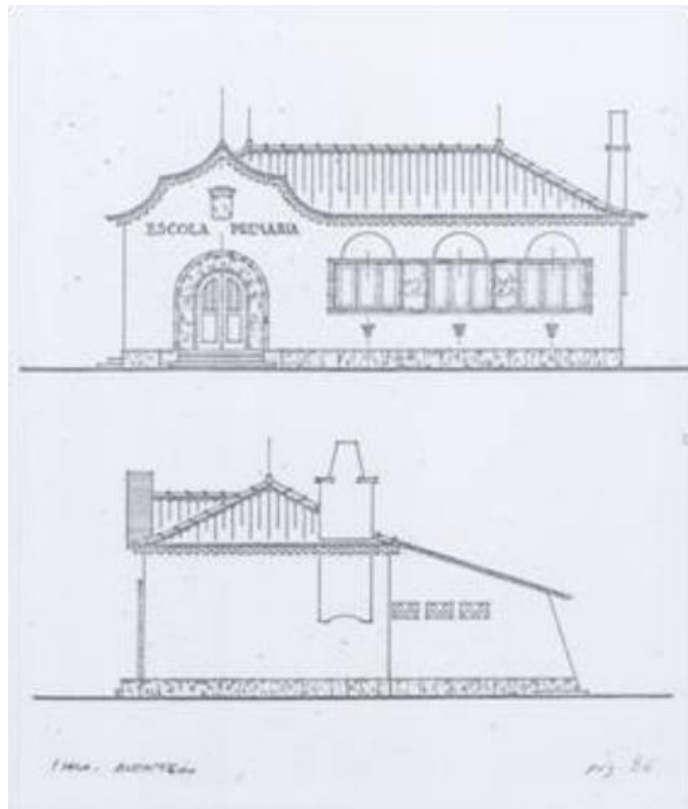


Figura 4.2.1.1 - Modelo de Escola do Plano dos Centenários [1]

Dada a urgência de iniciar os trabalhos, o ministro Duarte Pacheco teve a intenção de rapidamente iniciar a construção de 200 edifícios em todo o país. Assim, cada Direção Regional, da Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, estudaria a localização de 50 escolas. Como os novos projetos ainda não estavam prontos, foram construídos, conforme a região, os projetos tipo Rogério de Azevedo e Raul Lino com as alterações exigidas pelo Plano, isto é, os edifícios com mais de 1 sala seriam geminados de forma a poderem garantir a separação total dos sexos. Alguns pormenores das fachadas também foram simplificados. [3]

Quanto aos projetos em si estes vão ser utilizados conforme a localização geográfica da localidade onde se quer implementar a escola, nomeadamente irá utilizar-se o modelo proposto pelo arquiteto Rogério de Azevedo, este muito caracterizado pelo uso do granito nas suas construções, nos distritos de Norte e Centro do País, e o modelo do arquiteto Raul Lino, muito caracterizado pelo forma e gosto romântico nos seus projetos, nos distritos do Litoral e Sul do País.

O total de escolas previstas no plano dos centenários era cerca de 11458 salas de aula correspondentes a 6809 escolas, mas apenas na primeira fase de execução se levou a cabo à execução de 561 escolas perfazendo um total de 1250 salas de aula. Os projetos dos arquitetos Rogério de Azevedo e Raul Lino tratavam-se de edifícios que se destinavam a ter de um lado o sexo masculino e de outro o sexo feminino, fazendo desta forma parte da sua estrutura um edifício geminado construído com base das características da arquitetura regional, desde a utilização de materiais típicos locais, referentes à sua localização.

Ambos os projetos arquitetónicos são repetitivos com a formalização de base nas mesmas plantas, refletindo em muito nas características regionais e tendo em conta que o edifício escolar deveria ser preparado para o tamanho das crianças, compartilhando e desenvolvendo uma ideia de uma escola aberta ao exterior, não confinada apenas à sala de aula.

Nos projetos de Rogério Azevedo a planta mais usada é em L, com salas retangulares com três amplos vãos a iluminá-las, fazendo com que haja boa iluminação dentro das salas, sendo o edifício constituído por dois pisos, quatro salas e um recreio coberto onde se localizam os sanitários. É bem visível também a presença de granito como decoração, nomeadamente nas entradas em forma de arco, mas em norma variando o aspeto exterior em função da região em causa, em especial na região do Minho (tijolo), Alto Minho, Beira Alta e Douro (granito), Beira Litoral (cantarias) e na região de Trás -os Montes (xisto).

Porém, nos projetos de Rogério Azevedo podem encontrar-se várias soluções que foram adotadas, umas com um piso, outras com dois pisos, alternando deste modo o número de salas existentes.

No seguimento dos Projetos dos Centenários foram propostos pela direção dos Edifícios Nacionais de Portugal a possibilidade de cada Região, nomeadamente Norte, Centro, Lisboa, Sul, Açores e Madeira de proporem os seus próprios projetos com base no estudo da sua região os seus projetos de escolas primárias tendo em vista a continuidade do modelo existente.

Os estudos apresentados pela Direção dos Edifícios Nacionais do Norte serviram de base aos projetos definitivos das escolas primárias de todo o país. Os edifícios, todos com a mesma planta, obedeciam a dois tipos destinados a um só sexo ou com separação para os dois sexos. Os alçados seriam elaborados de forma a marcar, mesmo por qualquer pequena característica, cada uma das regiões. Estavam previstas soluções para 1, 2, 3 e 4 salas de aula, para um sexo, e para 2, 3 e 4 salas de aula para dois sexos. Todas as soluções foram estudadas de forma a serem suscetíveis de ampliação quando julgado oportuno. O Plano dos Centenários previa a construção de edifícios de 6 e 8 salas. Foram estudadas como ampliação dos projetos aprovados em 1944. Mantinha-se o mesmo tratamento dos espaços e, de um modo geral, o mesmo aspeto dos interiores e exteriores. Os projetos eram da autoria do Arquiteto Manuel Fernandes de Sá. [3]

Quanto à região que engloba o nosso estudo, a região Centro, os projetos da Direção dos Edifícios Nacionais do Centro foram projetos da autoria do arquiteto Joaquim Areal.

Houve também uma diferenciação em relação ao modelo de edifícios usados como escolas em meio urbano (Figura 4.2.1.2) e meio rural (Figura 1.1.3) diferenciando-se principalmente no número de pisos do edifício, implicando assim o número de salas disponíveis, sendo fator determinante o número de habitantes da zona em questão e o seu desenvolvimento socioeconómico.



*Figura 4.2.1.3 - Escola Penhaforte, Lamegal, Pinhel, Guarda; Edifício com 1 sala, Tipo Beira Alta
Arquivo Direção - Geral do Equipamento Escolar 1970 [4]*



*Figura 4.2.1.4 - Escola de Dornelas, Aguiar da Beira, Guarda; Edifício de 3 salas, Tipo Beira Alta
Arquivo Direção - Geral do Equipamento Escolar 1973 [3]*

Na atualidade em Portugal têm-se levado a cabo nos últimos anos um programa de modernização das escolas existentes, recuperando as antigas escolas primárias, adaptando-as às novas necessidades pedagógicas, com o objetivo de proporcionar espaços com uma qualidade interior maior, ou seja proporcionar um melhor conforto aos utilizadores, e a nível da estrutura tornando-a mais atrativa, flexível, multifuncional e duradoura. Com início em 2011 o plano “*Parque Escolar*” com vista à modernização das escolas tinha por objetivo centralizar a educação, sendo já alvo de encerramento vários edifícios escolares do Plano Centenário em aldeias e vilas mais pequenas levando à concentração de toda a população escolar local em novos e modernos centros escolares, alguns deles já incorporando as novas necessidades nomeadamente ginnodesportivo e piscina interior, dando assim início à construção das novas escolas do século XXI.

Um dos objetivos das novas escolas, ou simplesmente a reabilitação das existentes é o projeto de modernização da escola em si, ou seja, tal como este trabalho irá referir pretendia-se melhorar a eficiência dos edifícios escolares do ponto de vista ambiental, acústico, iluminação e a integração de novas tecnologias, contribuindo assim para uma escola mais eficiente e segura de modo a poder contribuir diretamente com o rendimento e saúde dos seus ocupantes, nomeadamente as crianças.

Contudo, tem de existir em cada caso uma preocupação quanto à decisão a ser tomada, nomeadamente na reabilitação, tendo sempre o cuidado de partir do edifício já existente, preservando o seu valor arquitetónico, construtivo, como também o seu valor urbano e suas características funcionais.

No caso das edificações novas há que ter em conta a sua finalidade podendo entre muitas outras soluções optar por uma construção de edifícios mais abertos, mais apropriados às diferentes necessidades sociais e educativas, com um maior controle e qualidade do ambiente interior, nomeadamente o tipo de materiais usados no isolamento, ao nível das janelas, pavimento e tetos, bem como soluções de aquecimento interno tanto de aquecimento central como possibilidade de painéis solares. As possibilidades são imensas e as necessidades das crianças estão sempre a mudar sendo por isso necessário um estudo prévio quanto as condições ambientais na zona, bem como quanto às necessidades da população escolar local, porque o mais importante é a segurança e o conforto das crianças para que se possam desenvolver dinamicamente. As figuras seguintes (Figura 4.2.1.5, Figura 1.1.5 e Figura 1.1.6) são ilustrativas quanto às soluções distintas, a da reabilitação e a da edificação nova com vista à ocupação escolar no município da Covilhã.



Figura 4.2.1.6 - Escola Peraboa, Covilhã - Utilização de Painéis Solares



Figura 4.2.1.7 : Escola do Rodrigo, Covilhã - Criação de um Sala multiusos contigua ao Edifício Principal



Figura 4.2.1.8 - Escola Internacional da Covilhã, Covilhã - Edificação Nova

1.2 Objetivos

Com a realização deste trabalho pretende-se relacionar o estado geral dos edifícios escolares com os seus ocupantes, neste caso se tratam maioritariamente crianças, tratando-se assim de uma razão prioritária e de maior importância perceber o estado das suas condições físicas e ambientais.

Ao longo deste trabalho procurou-se também realizar vários estudos e campanhas de medição destinadas a quantificar o estado da qualidade do ar interior dentro dos vários edifícios escolares analisados, bem como avaliar o seu conforto Interior.

Para que esse fim fosse alcançado estudámos e testámos desde a quantidade de formaldeído existente no interior das salas de aula, até à avaliação das características acústicas, deixando-nos desta forma um leque variado de resultados e perspectivas para uma melhor conclusão e perceção dos pontos a intervir.

Estes resultados foram obtidos com diferentes volumes de ocupação, com características construtivas distintas nomeadamente áreas e volumes das salas e suas componentes construtivas nomeadamente materiais de revestimento.

Com este estudo esperamos obter algumas conclusões quanto ao estado geral do conforto Interior e da qualidade do ar em várias salas das escolas do Rodrigo, Refúgio, Pêro da Covilhã e Santo António localizadas na cidade da Covilhã. Pretende-se analisar e compreender os resultados obtidos em cada um dos fatores estudados, identificando assim os pontos mais frágeis e em que é necessário intervir, por forma a melhorar as condições existentes no que se refere à qualidade do ar interior e do seu conforto, seja visual, térmico ou mesmo acústico para os seus utentes.

Tratando-se deste caso de crianças do ensino básico a nossa vontade de aumentar, se possível, a satisfação dos utentes nomeadamente, do seu conforto e bem-estar, é de todo o interesse que se possível o possamos melhorar, menorizando os pontos de maior debilidade, visto tratar-se da nossa geração futura à qual queremos proporcionar o melhor desenvolvimento intelectual e mental nas suas escolas.

1.3 Organização da Dissertação

Iniciamos o nosso trabalho no **Capítulo 1** destinado à primeira envolvência do leitor ao nosso tema de Dissertação “ *Edifícios Escolares - Avaliação das Condições de Conservação, Conforto e Qualidade do Ambiente Interior* “ nomeadamente uma breve descrição desde o início de construção dos edifícios escolares do plano dos Centenários até aos dias de hoje. No seguimento foi introduzido o **Capítulo 2** onde pretende descrever um pouco sobre do que se trata a qualidade do ar nos edifícios escolares, o conforto interior, nomeadamente as condições que são ou não favoráveis aos utentes do espaço público, analisando e sintetizando as normas em vigor em Portugal. Iremos também fazer uma breve introdução sobre o tema “ Termografia “, descrevendo essencialmente que este é um parâmetro importante para a identificação dos pontos singulares da envolvente dos edifícios.

O **Capítulo 3** irá incidir na descrição dos procedimentos adotados bem como dos equipamentos utilizados para a recolha de dados de vários parâmetros que nesta dissertação consideramos importantes englobar com vista a podermos ficar com uma visão quase global dos casos em estudo, nomeadamente na medição de formaldeído, de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV'S), radão (RN), humidade, temperatura, iluminação, termografia e tempo de reverberação nas salas de Aula.

No seguimento deste trabalho irá encontrar-se um **Capítulo 4** onde pretendemos dar a conhecer ao leitor os casos que foram objetos de estudo nesta dissertação com um registo fotográfico das salas das cinco escolas em estudo e descrição dos seus componentes construtivos e das condições de ocupação.

No **Capítulo 5** apresentamos as medições e resultados referentes aos parâmetros já descritos anteriormente como os escolhidos para a base científica e matemática do nosso estudo, onde iremos comparar com os valores recomendados na regulamentação portuguesa para cada um deles, podendo assim obter um conjunto de conclusões quando ao estado do conforto interior e da qualidade do ar existentes nas diferentes salas de aula analisadas.

Concluimos com um **Capítulo 6** onde depois de um enquadramento teórico e normativo e recorrendo aos dados resultantes das medições efetuadas podermos retirar considerações finais quanto ao estado atual de algumas salas de aula das escolas primárias do 1º ciclo pertencentes ao Agrupamento Pêro da Covilhã, propondo neste caso algumas soluções de possíveis alterações para melhoria das condições.

As notas bibliográficas utilizadas nesta dissertação foram colocadas no final do documento, conforme as Normas de Formatação de dissertações de Mestrado da Universidade da Beira Interior.

2. Enquadramento Teórico

2.1 Qualidade do Ar Interior em Edifícios Escolares

2.2 Conforto Interior em Edifícios Escolares

2.3 Termografia

2.1 Qualidade do Ar Interior em Edifícios Escolares

“As exigências de aquecimento e arrefecimento, iluminação, qualidade do ar e de isolamento acústico devem ser consideradas pelos Arquitetos e Engenheiros logo na fase inicial do projeto de modo a serem asseguradas as condições de conforto nos edifícios ou seja garantir a Qualidade do Ambiente Interior e a sua sustentabilidade” [4]

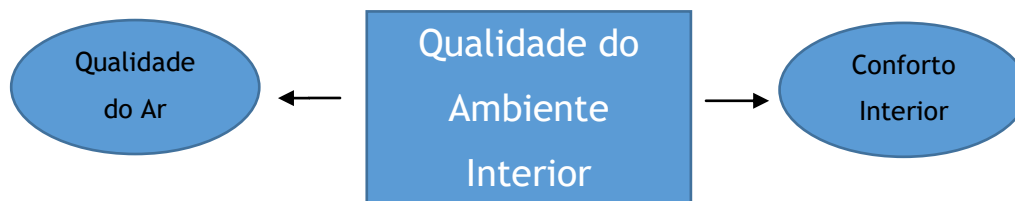


Figura 4.2.1.1 - Esquema sobre a qualidade do ambiente interior

A qualidade do ar interior é definida pelas várias variantes que possam existir no edifício como se descreve na figura anterior (Figura 4.2.1.2), fazendo com que a conjugação de todas possam proporcionar um espaço agradável e com conforto para os seus utentes.

Principalmente nos espaços escolares onde os utilizadores são maioritariamente crianças a atenção e o cuidado que teremos de ter com os principais fatores que influenciam a qualidade do ar tem de ser redobrado, nomeadamente o desenvolvimento de microrganismos, o uso de produtos de limpeza, a renovação do ar ou a deficiente ventilação.

Não podemos esquecer de que se trata de um grupo particularmente vulnerável devido à idade das crianças que ficam assim suscetíveis a problemas de saúde. Assim sendo, as condições da qualidade do ar Interior deverão ser garantidos.

“A qualidade do ar interior pode ser definida como a natureza do ar que afeta a saúde e o bem-estar dos ocupantes de determinado espaço fechado. Não engloba apenas a existência de poluentes, mas também o nível de conforto e a perceção que cada utilizador tem da qualidade do ar que se respira.” [5]

Os parâmetros que influenciam a qualidade do ar interior são desde a humidade relativa, a quantidade de dióxido de carbono (CO₂), a quantidade de monóxido de carbono (CO), a quantidade de formaldeído (HCHO), radão, compostos orgânicos voláteis (COV's) e circulação de ar, entre outros fatores.

No que diz respeito à ventilação, este fator contribui bastante para a melhoria da qualidade do ar interior dos edifícios garantindo assim um maior conforto e bem-estar aos seus

ocupantes. Através de metodologias podemos garantir a renovação do ar interior dos edifícios diminuindo desta forma as perdas energéticas e como consequente aumentando a qualidade do ambiente interior. Conforme as características dos edifícios, a sua ocupação, local de implantação, aberturas para o exterior, a orientação e a exposição aos agentes atmosféricos, nomeadamente temperatura, vento e pressões, a ventilação dos edifícios podem variar.

Quanto aos sistemas de ventilação em edifícios estes deverão evacuar para o exterior as substâncias poluentes de forma eficiente de forma a diminuir significativamente a contaminação do ar interior.

No caso do nosso estudo relativo aos edifícios escolares, tratando-se de edifícios já existentes, as baixas taxas de renovação de ar que poderão verificar-se resolver-se-iam com atividades básicas como a simples abertura periódica das janelas, ou uma melhoria da admissão do ar com aberturas na envolvente. No caso de as taxas de renovação serem elevadas uma das opções seria entre a substituição de janelas a uma melhor vedação de janelas e estores.

Na regulamentação portuguesa são definidas condições básicas no que diz respeito à qualidade do ar interior sendo definidos valores de referência relativos à temperatura do ar, valores mínimos de renovação horária, humidade relativa e de coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis dos elementos da envolvente e também valores máximos das concentrações de poluentes do ar interior, descritos inicialmente na lei do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios - SCE, composto por um extenso pacote legislativo (Decretos-Lei 78, 79 e 80 de 4 de Abril de 2006).

Porém, em 20 de Agosto de 2013 foi publicado o Decreto-Lei, D.L.118/2013, juntamente com as suas portarias e despachos auxiliares que vieram alterar o modo pelo qual eram determinados e definidos os valores mínimos da taxa de renovação de ar dos edifícios. Esta lei veio revogar os anteriores sistemas de certificação Energética dos Edifícios (SCE - DL78/2006 de 4 de Abril), Regulamento das características do comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE - DL80/2006 de 4 de Abril). Juntamente com uma revisão na legislação nacional e com as alterações sofridas, este veio incluir o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) num único diploma. No que diz respeito ao desempenho energético de edifícios de habitação, para além de alterações ao nível dos requisitos térmicos e energético, são preconizadas alterações nas metodologias de cálculo do desempenho energético. [6]

No Capítulo nº 12 podemos encontrar o Despacho 15793 - K relativo aos valores utilizados para verificação do requisito mínimo de ventilação como também quanto à taxa de renovação do

ar, nomeadamente o caudal mínimo na estação de aquecimento RPH, i é de 0.4 h (portaria 349B/2013) e o valor mínimo de taxa de renovação de ar é de 0,4 h (portaria 349B/2013).

Quanto às concentrações máximas de Referência de poluentes no interior dos Edifícios segundo o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização [7], estas são apresentadas na tabela seguinte, onde das quais o nosso estudo vai incidir particularmente apenas nos parâmetros químicos.

Tabela 2.1.1 - Valores limiares de proteção e margem de tolerância para os poluentes físicos - químicos [8]

Poluentes	Unidade	Limiar de proteção	Margem de tolerância (MT) [%]
Partículas em suspensão (fração PM_{10})	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	50	100
Partículas em suspensão (fração $PM_{2,5}$)	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	25	100
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs)	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	600	100
Monóxido de carbono (CO)	$[\text{mg}/\text{m}^3]$	10	-
	[ppmv]	9	
Formaldeído (CH_2O)	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	100	-
	[ppmv]	0,08	
Dióxido de carbono (CO_2)	$[\text{mg}/\text{m}^3]$	2250	30
	[ppmv]	1250	
Radão	$[\text{Bq}/\text{m}^3]$	400	-

2.2 Conforto Interior em Edifícios Escolares

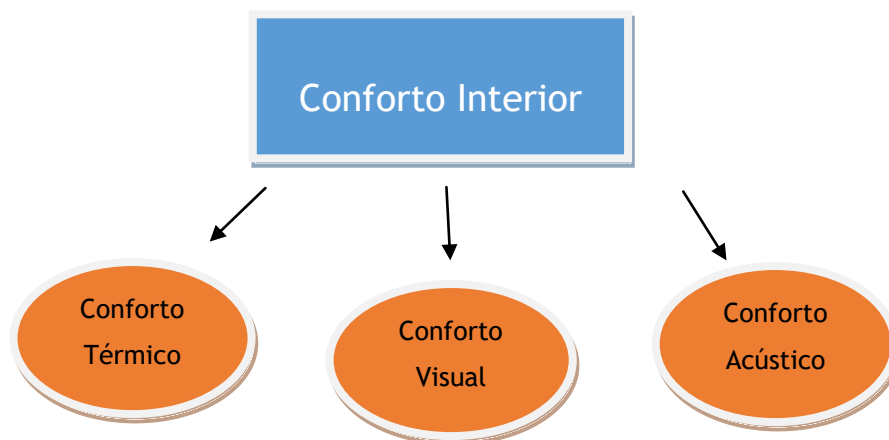


Figura 4.2.1.1 - Esquema Ilustrativo referente ao Conforto Interior

Conforto Térmico

O Conforto Térmico é, em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores, ambientais ou pessoais, governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução. De acordo com literatura o conforto térmico humano e a sua resposta fisiológica, ao stress térmico, dependem da produção de calor metabólico, do nível de fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar, humidade relativa e temperatura média radiante) e do tipo de roupa que o indivíduo estiver usando. O efeito conjugado dos mesmos definirá o grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas. Desta forma, os parâmetros mais importantes do conforto térmico subdividem-se em duas classes: individuais e ambientais [9]

O Conforto Térmico é entendido principalmente como o conforto sentido pelo ocupante do espaço em relação à temperatura nele existente, nomeadamente em relação às trocas térmicas que dependem de dois fatores, individuais e Ambientais.

No caso dos Individuais, vai depender o metabolismo e o vestuário de cada ocupante e o conforto térmico é obtido por trocas térmicas.

No caso das ambientais depende da temperatura do ar; humidade do ar; velocidade do ar; temperatura média radiante.

Quanto à temperatura do ar este fator condiciona para além da quantidade de perda de calor do corpo humano, a temperatura a que o ar é expirado. Outro dos fatores é a humidade do ar

influenciando o conforto térmico tendo interferência na quantidade de perda de água do corpo humano, através da transpiração da pele e a consequente evaporação do suor da pele provocam a humificação do ar que depois é respirado pelo utilizador da sala. Quanto maior for a temperatura maior vai ser a perda de água por parte dos utilizadores através da transpiração.

Outro dos fatores é como descrita anteriormente como a velocidade do ar sendo importante na troca de calor por convecção entre o corpo e o meio ambiente. É um fator importante a nível do conforto interior, também estudado no nosso estudo, onde a ventilação de um edifício desempenha um papel importante na quantidade de calor trocada entre o ar e o ocupante, ou seja, quanto mais eficiente for a ventilação de um edifício menor é a sensação de calor transmitida ao corpo humano.

Relativamente à temperatura média radiante esta é difícil de quantificar com exatidão visto tratar-se da temperatura média das superfícies opacas visíveis em relação direta com o vestuário do ocupante, dependendo claro está da forma e materiais correspondentes ao vestuário usado.

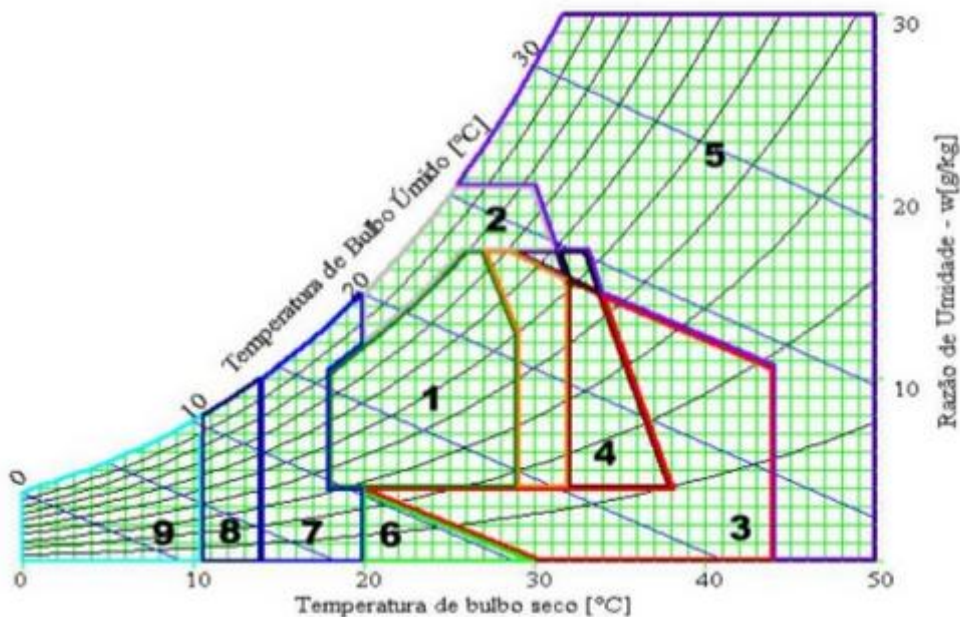


Figura 4.2.1.2 - Carta Bioclimática [10]

Na figura em anteriormente apresentada refere-se ao desenvolvimento de uma carta bioclimática em 1991 por Givoni [10] destinada a estudos no Brasil, baseando-se em temperaturas internas, sendo:

- O número 1 definido como zona de conforto térmico;
- O número 2 destinado à Ventilação (substituição do ar interno pelo ar externo);
- O número 3 relacionado com a relação humidade relativa do ar / temperatura;
- O número 4 abrange a utilização de componentes construtivos com a inércia térmica;
- O número 5 trata do resfriamento artificial relacionado com o tipo de ventilação existente;
- O número 6 destinado à humidificação;
- O número 7 relacionado com a massa térmica e aquecimento Solar;
- O número 8 abrange o Aquecimento Sola Passivo;
- O número 9 destinado ao Aquecimento Artificial.

Em Portugal na legislação em vigor os valores considerados para a determinação do conforto térmico são a nível da Temperatura do ar de 20°C para a estação de aquecimento e uma temperatura do ar de 25°C e 50% de humidade relativa para a estação de arrefecimento.

Conforto Visual

“Um edifício destinado ao ensino deve prover um ambiente visual adequado para os alunos e professores, ou seja: permitir aos ocupantes executar as tarefas visuais de forma precisa, rápida e confortável. Os níveis, a distribuição e as cores da iluminação afetam a percepção do ocupante e transmitem mensagens não-verbais a cerca do ambiente construído, devendo suprir as necessidades físicas, psicológicas e fisiológicas dos ocupantes. “ [11]

O Conforto Visual é um fator indispensável para o bem-estar dos utentes do edifício, sendo que no nosso caso particular do nosso estudo, nos Edifícios Escolares, a saúde e a produtividade são essenciais, sendo importante desde já vários fatores como:

- Vista para o Exterior (nomeadamente a qualidade e quantidade de luz Natural incidente dependendo do número e áreas dos envidraçados)
- Iluminação (Uso de cores e Texturas)
- Espaço Verdes (Cores e texturas da Vegetação área correspondente)

[“O impacto da luz natural no rendimento escolar das aulas europeias” é o nome do estudo desenvolvido pela UPMC (universidade Pierre et Marie Curie) e o Inserm (instituto Nacional de Saúde e investigação médica da França). Este estudo encontrou uma relação direta entre a área das janelas, a superfície das salas de aulas e os resultados académicos dos alunos. Os científicos chegaram á conclusão que os alunos que trabalham em salas de aula com janelas maiores podiam melhorar até 15% as suas classificações em provas de Matemática e lógica. Este estudo foi levado a cabo com 2837 crianças, entre os 9 e os 12 anos, em 148 aulas de 54 escolas de toda a Europa.

Adicionalmente, também se detetou que os alunos de classes com uma maior percentagem de janelas orientadas a Sul e com uma adequada gestão de luz conseguiram melhores resultados que os outros, “o que indica que não se deve apenas investir no aumento da luz natural sem o controlo da mesma quando necessário”, segundo o explicado pela firma Velux.

Isabella Annesi-Maesano, diretora da investigação, comentou, “o acesso a mais luz natural através de janelas maiores tem um impacto positivo nos resultados nas provas dos alunos. Em combinação com outros estudos recentes sobre a importância de uma boa qualidade do ar, esperamos que as condições do ambiente interior das escolas europeias se tenha mais em conta por todos”.] [12]

Vista para o Exterior

Num Edifício é importante proporcionar aos seus ocupantes um conforto e bem-estar com o contacto com a envolvente, nomeadamente, com os espaços Verdes constituídos por elementos Naturais, onde a possibilidade de contacto visual do interior do edifício com estes elementos reforça a sensação de serenidade, confiança e calma ao ocupante, principalmente a uma criança. É de toda a importância um edifício, principalmente escolar, englobar na sua envolvente elementos naturais como também possuir boas áreas de envidraçados e incidência Solar nas salas de Aula, como é demonstrado em seguida (Figura 2.2.3).



Figura 4.2.1.3 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã

Iluminação

Quanto à iluminação utilizada num edifício, a escolha de cores e texturas adequadas podem em muito produzir ambientes apelativos aos ocupantes, principalmente num Edifício com incidência solar diminuta, possibilitando a criação de contrastes a partir de uma boa escolha de lâmpadas e da posição adotada para as mesmas.



Figura 4.2.1.4 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã

Para proporcionar um adequado conforto visual aos ocupantes do edifício, à que ter em conta todos os pormenores desde a cor das lâmpadas usadas, tendo estas influencias diretas na sensação de ambiente que transmitem. Relativamente ao nosso caso em estudo, os edifícios escolares a cor das lâmpadas é maioritariamente branca e em cada sala de aula uma média de quatro pontos fixos de Iluminação induzida.



Figura 4.2.1.5 - Vista Interior de uma Sala de Aula na Escola do Rodrigo, Covilhã

A norma nacional em vigor relativamente ao nível de iluminação interior para os espaços escolares, foi seguida pela norma europeia em Maio de 2003 pelo programa “Parque Escolar” [13]. A figura seguinte (Figura 4.2.1.6) faz o paralelo entre a designação dos espaços funcionais e a designação dos mesmos espaços a nível de iluminação interior com a norma.

DESIGNAÇÃO DO ESPAÇO (PE)	DESIGNAÇÃO NA NORMA / PONTO DA NORMA	NÍVEL MÉDIO DE ILUMIN. (LUX)	UGR
SALA DE AULA NORMAL	CLASSROOM / 6.2.1	300	19
QUADRO DO PROFESSOR	BLACK BOARD / 6.2.4	500	19
SALA DE AULA NORMAL COM UTILIZAÇÃO NOCTURNA E PARA FORMAÇÃO DE ADULTOS	CLASSROOM FOR EVENING CLASSES AND ADULTS EDUCATION / 6.2.2	500	19
SALA DE AULA TIC	COMPUTER PRACTICE ROOMS / 6.2.13	300	19
SALA DE DESENHO NORMAL	ART ROOMS / 6.2.6	500	19
SALA DE DESENHO TÉCNICO	TECHNICAL DRAWING ROOMS / 6.2.8	750	16
SALAS DE ARTES NUMA ESCOLA DE ARTES	ART ROOMS IN ART SCHOOLS / 6.2.7	750	19
OFICINA E LABORATÓRIO (FÍSICA, QUÍMICA, LÍNGUAS, ETC.)	PRATICAL ROOMS AND LABORATORIES / 6.2.9	500	19
SALA DE PREPARAÇÃO DO LABORATÓRIO	PREPARATION ROOMS AND WORKSHOPS / 6.2.15	500	22
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA	-	(1) 500	19
ESTÚDIO DE MULTIMÉDIA	-	(2) 300	19
SALAS DE APOIO AOS ESTUDANTES SEMA PRESENÇA DE DOCENTES	-	(2) 300	19
ÁREA DESTINADA A TRABALHO DE DOCENTES	-	(1) 500	19
ÁREAS DESTINADAS AO ENSINO-APRENDIZAGEM INFORMAL	-	(3) 300	19
ÁREA DE ACTIVIDADES LECTIVAS COMPLEMENTARES (“CLUBES”) E A EXIBIÇÃO DE TRABALHOS / CONTEÚDOS DIDÁCTICOS	STUDENT COMMON ROOMS AND ASSEMBLY HALLS / 6.2.19	200	22

Figura 2.2.6- Documento de Referência para o nível de iluminação [13]

Espaços Verdes

Os Espaços Verdes em localidades Urbanas é cada vez mais indispensável tanto por vias de qualidade do ambiente exterior ao edifício bem como de conforto visual, estético, psicológico entre outros fatores.

Cada vez mais nos grandes centros Urbanos a poluição está presente por via do tráfego crescente bem como outros gases iminentes de edifícios ou funções generalizadas, sendo por isso de realçar a importância de vegetação nestes meios de forma a controlar o microclima, interferindo positivamente no controle da humidade, das radiações solares, na absorção de CO₂, no aumento de produção de Oxigénio bem como uma maior proteção contra agentes climáticos.

No Caso de um Edifício Escolar a importância da presença de espaços verdes acaba por ser maior, visto poder proporcionar às crianças momentos de lazer em contacto direto com a natureza, bem como enquadramentos didáticos e de desportivos na utilização desse espaço.



Figura 2.2.7 - Pátio Exterior com presença de Árvores - Escola do Refúgio, Covilhã

Conforto Acústico

O conforto Acústico é um dos parâmetros importantes no conforto interior de um edifício, principalmente tem de ser responsável por manter o bem-estar dos ocupantes. Este é caracterizado pela quantidade de ruído produzido no seu interior bem como no seu exterior provenientes desde sons gerados no ar ou de impacto.

Nos Edifícios Escolares é de todo importante que este parâmetro seja assertivo e continuo visto que influencia e muito a capacidade de concentração das crianças, condicionando a sua produtividade, para além de poder ser causador em casos excessivo de problemas auditivos e nervosos.

Numa sala de Aula, sendo um compartimento fechado, a propagação do som vai depender essencialmente de como as paredes e teto irão refletir o som, da sua capacidade de absorção e do volume da Sala.

O melhoramento das condições acústicas tem como objetivo impedir a transmissão sonora de um ambiente para o outro, podendo ser feitas através da utilização de vidros adequados às necessidades isolantes do local, bem como através da utilização de alguns materiais isolantes como a Lã de Vidro, Vidro Expandido, entre outros, tendo sempre como principal objetivo o melhoramento do conforto Acústico dos ocupantes.

O RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios publicado pelo decreto de lei 96/2008 prevê para as salas de aula um tempo de reverberação médio nas frequências de 500, 1000, 2000 HZ inferior ou igual que $0,15 \times V^{1/3}$ (s), sendo V o volume da sala (Tabela 2.2.1).

Tabela 2.2.1 - Quadro III do anexo do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

Locais	Tempo de reverberação (500 Hz — 2 kHz)
Salas de aula bibliotecas, salas polivalentes e refeitórios..... Ginásios.....	$T \leq 0,15 V^{1/3}$ [s] (V. artigo 9.º)

V = volume interior do recinto em causa.

2.3 Termografia

“ A termografia é uma técnica baseada na deteção da radiação infravermelha emitida por objetos, possibilitando a medição de temperaturas e a observação de padrões de distribuição de calor em diversos sistemas “ [14].

A Termografia é um instrumento importante para determinar e representar graficamente a distribuição da temperatura das superfícies das salas em estudo sem necessidade de contato com as mesmas. Deste modo pretendemos identificar os pontos singulares da envolvente e definir as ações mais adequadas para uma futura intervenção de reabilitação térmica. A Termografia permite determinar as potenciais perdas de calor da sala devido ao mau isolamento ou simplesmente verificar tratar-se de uma construção inadequada para a prática da função de sala de aula, pois neste espaço os alunos deverão dispor das condições mínimas de conforto térmico nomeadamente no período de aquecimento.

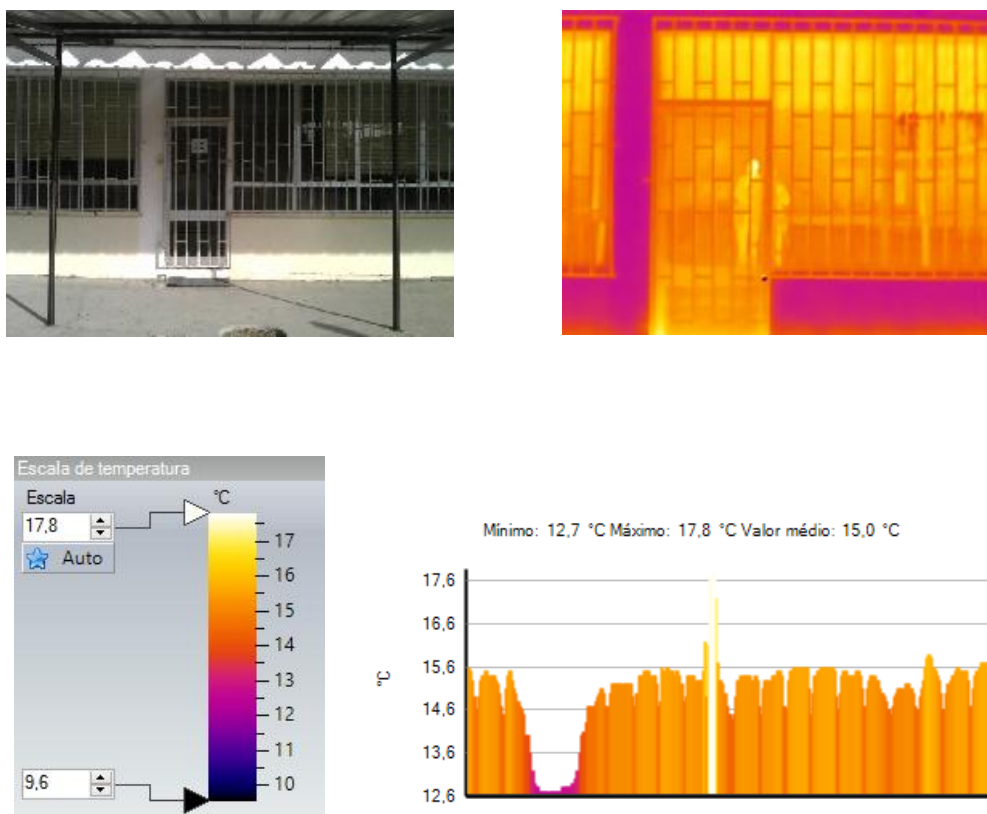


Figura 4.2.1.1 - Quadro III do anexo do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

O estudo da Termografia só é possível porque todos os objetos emitem radiação infravermelha cada um com uma intensidade diferente, dependendo da Temperatura e da capacidade do objeto radiar energia conhecida por emissividade. A radiação Infravermelha traduz-se por uma maior radiação, ou seja quando a temperatura do objeto é maior. No mundo da Termografia podemos dizer que um “Corpo Negro Perfeito” define-se quando o valor de emissividade é igual a 1, retratando-se como sendo um corpo que não reflete luz nenhuma e absorve toda a luz.

Através da utilização de aparelhos de leitura de infravermelhos é possível fazer a leitura das temperaturas ao longo da superfície detetando assim as várias emissividades dos materiais constituintes da fachada como também a temperatura e humidade relativa do interior da Habitação.

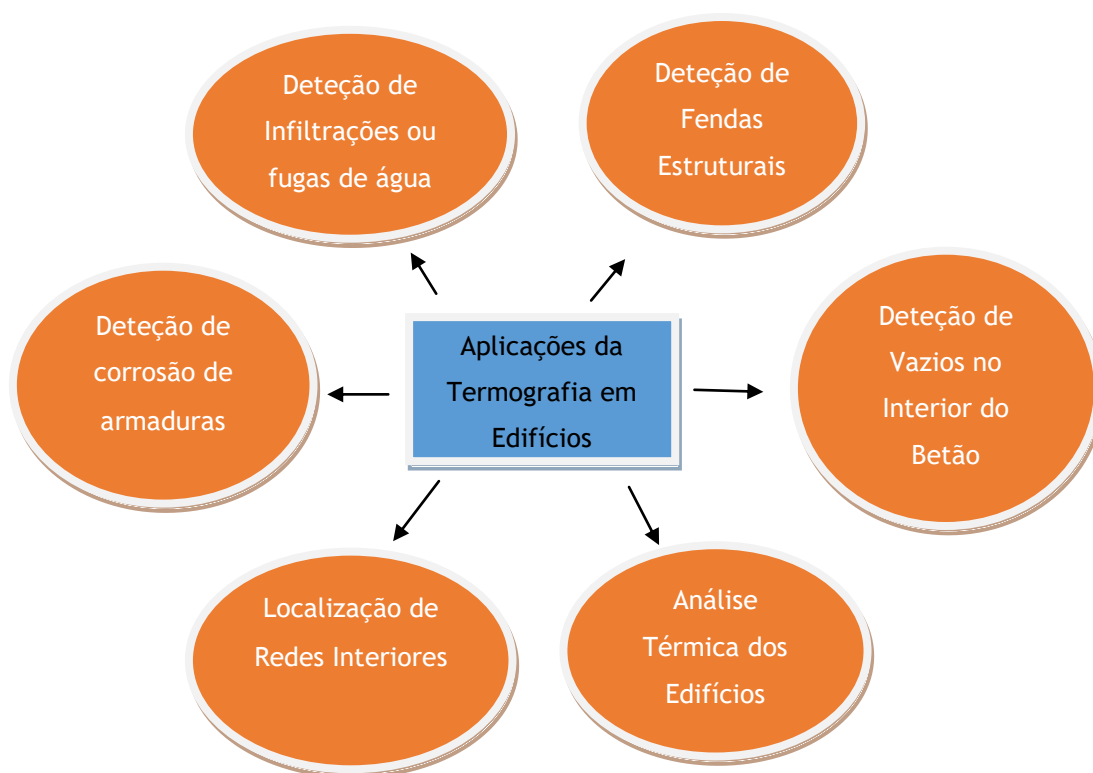


Figura 4.2.1.2 - Aplicações da Termografia em Edifícios

A Condução, convecção e Radiação são os três modos de transmissão de energia Térmica de uma zona mais quente para uma zona mais fria, sendo que o calor move-se com velocidades diferentes devido aos efeitos isolantes dos vários tipos de materiais que atravessa pois cada um tem apresenta um grau de isolamento diferente ou de condutividade Térmica.

A Termografia por sua vez poderá ser caracterizada através de duas técnicas diferentes como é demonstrado na figura seguinte:

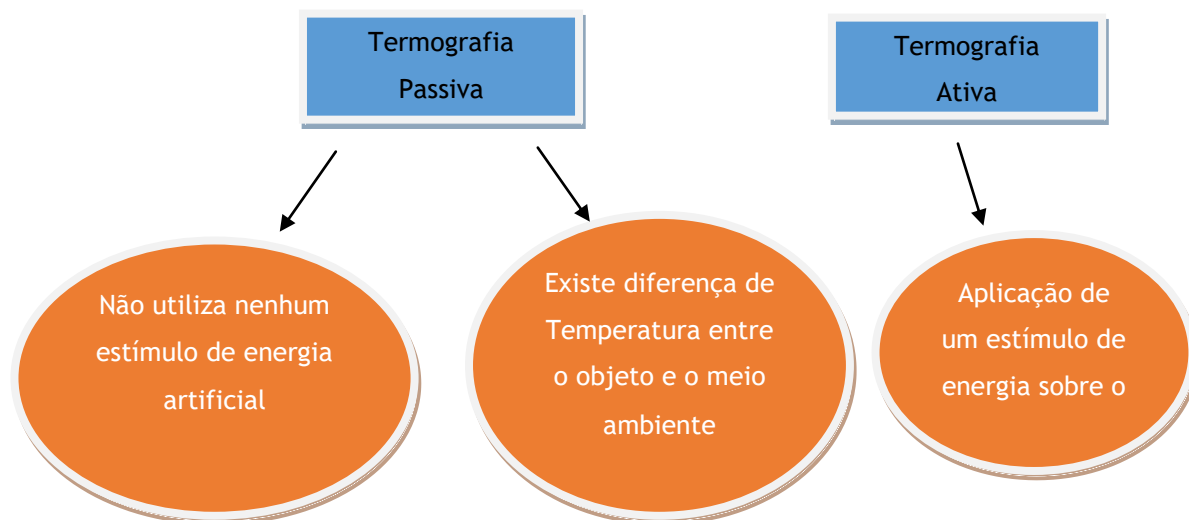


Figura 4.2.1.3 - Caracterização da Termografia

3.Procedimento adotado para as medições

- 3.1 Formaldeído (CH₂O)**
- 3.2 Dióxido de Carbono (CO₂)**
- 3.3 Monóxido de Carbono (CO)**
- 3.4 Compostos Voláteis (COV'S)**
- 3.5 Radão**
- 3.6 Humidade**
- 3.7 Temperatura**
- 3.8 Iluminação**
- 3.9 Termografia**
- 3.10 Acústica**

3.1 Formaldeído

“A exposição ao formaldeído pode causar irritação nos olhos, nariz e no trato respiratório, tendo sido frequentemente associada à exacerbação da asma, especialmente em crianças mais sensíveis”[15]

O Formaldeído (HCHO) é designado com um gás incolor de forte odor, provocando irritação (para valores numa gama média de 0,5 ppm) e desperta a sensibilidade das mucosas. Dentro dos sintomas que pode criar no ocupante do edifício vão desde, dores de cabeça, a garganta seca ou dorida, a fadiga, problemas de memória, na concentração, náuseas, falta de ar, ardor nos olhos entre outros. Porém como os nossos utilizadores são em maioria crianças, sendo estes sensíveis, poderão desenvolver estes sintomas logo em concentrações inferiores a 0,01 ppm.

Concentração de formaldeído (ppm)	Efeitos na saúde
< 0,05	Não observados
0,05 - 1,50	Efeitos neurofisiológicos
0,05 - 1,00	Limite do odor
0,01 - 2,00	Irritação dos olhos
0,10 - 25	Irritação das vias respiratórias superiores
5 - 30	Irritação das vias respiratórias e efeitos nos pulmões
50 - 100	Edemas pulmonares, inflamações, pneumonia
> 100	Coma, morte

Figura 4.2.1.1 - Níveis de concentração de Formaldeído e efeitos consequentes na saúde

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de Formaldeído passou pela leitura no exterior da sala e no interior da mesma sendo esta feita com as portas fechadas, durante os intervalos das aulas em períodos de 1 em um minuto num total de 5 min valores pontuais de Formaldeído sendo o procedimento repetido em várias alturas do dia, da parte da manhã e da parte da tarde, com diferentes tipos de ocupação, chegando mesmo a medir os valores de formaldeído em diferentes dias para base de comparação de valores.

Tabela 3.1.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Formaldeído

Escola básica do 1º ciclo do Refúgio						
Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm						
	Segunda-feira		Quarta-feira		Sexta-feira	
	02/05/2016		04/05/2016		06/05/2016	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Rua	0,01	0,01	0,00		0,01	0,00
	0,01	0,01	0,00		0,01	0,00
Média	0,01	0,01	0,00		0,01	0,00
Sala RE1	0,01	0,08	0,09		0,08	
	0,03	0,05	0,13		0,08	
	0,03	0,03	0,11			
Média	0,02	0,05	0,11		0,05	0,00
Sala RE2	0,14	0,15	0,17		0,09	
	0,15	0,08	0,19		0,09	
	0,15	0,08	0,16			
Média	0,15	0,10	0,17		0,09	0,00
Sala RE3	0,08	0,10	0,11		0,10	
	0,07	0,10	0,13		0,10	
Média	0,08	0,10	0,12		0,10	0,00

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento PPM Formaldeído htV-m onde através deste podemos efetuar medições com precisão de concentrações de formaldeído em partes por milhão (ppm) e mg/m³ numa faixa ampla de humidade e temperatura.



3.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono (CO₂) não é designado um gás prejudicial por natureza ao ser humano, não tendo componentes tóxicos sendo a sua principal fonte oriunda da respiração normal do ser humano mas também de outros processos, como o fumo do tabaco, processos de combustão, trânsito automóvel ou Indústrias.

No nosso caso de estudo, em edifícios escolares é bastante importante estudar e analisar os dados recolhidos quanto aos valores de CO₂ presentes nas salas de aula visto que o dióxido de carbono (CO₂), é perigoso quando as suas quantidades numa determinada área são de valores consideráveis começando a substituir o oxigénio. As concentrações de dióxido de carbono (CO₂) tendem a aumentar durante o dia, dependendo das horas do dia. Os valores excessivos podem provocar náuseas, vômitos, asfixia ou até mesmo hemorragias gastrointestinais.

É recomendável uma taxa mínima de ventilação de 10l/s por pessoa para assegurar uma boa qualidade do ar interior. No que à Norma Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RSECE para novos edifícios é de 1250 ppmv.

Escola básica do 1º ciclo do Rodrigo						
Medições CO ₂ - ppm						
	Segunda-feira		Quarta-feira		Sexta-feira	
	09/05/2016		11/05/2016		13/05/2016	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Rua	293	290	298		299	302
	294	291	312		297	299
	292	291	298		298	297
	293	291	297		298	297
	294	290	299		303	297
Média	294	291	301		299	298
Sala R1A	3402	1607	2701		1869	2524
	3188	1539	2601		1682	2390
	3120	1450	2613		1629	2146
	3086	1384	2568		1515	2077
	3022	1319	2451		1502	2068
Média	3164	1460	2587		1639	2241
Sala R2B	2371	2687	2759		2546	2260
	2340	2632	2634		2440	2194
	2328	2598	2444		2375	2193
	2324	2533	2395		2362	2169
	2316	2505	2337		2280	2144
Média	2336	2591	2514		2401	2192
Sala 5	3025	4148	2903		2772	3414
	3112	4155	2885		2765	3357
	3055	4042	2854		2757	3355
	3070	3981	2821		2676	3274
	3076	3829	2860		2645	3310
Média	3068	4031	2865		2723	3342

Figura 4.2.1.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de CO₂

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de CO₂ passou pela leitura no exterior da sala e no interior da mesma sendo esta feita com as portas fechadas, durante os intervalos das aulas em períodos de 1 em um minuto num total de 5 min valores pontuais de CO₂ sendo o procedimento repetido em várias alturas do dia, da parte da manhã e da parte da tarde, com diferentes tipos de ocupação, chegando mesmo a medir os valores de CO₂ em diferentes dias para uma base de comparação maior

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento TSI - 9565-P Velocicalc foi possível efetuar medições das quantidades de CO₂ existentes em cada sala.



Figura 4.2.1.2 - Sonda Multifunções 9565-P Velocicalc

3.3 Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás altamente prejudicial ao ser humano, tratando-se de um gás tóxico podendo provocar vários efeitos negativos para a saúde dos humanos principalmente afetando-o no seu trabalho, prejudicando-lhe a sua visão, tendo influência na sua destreza motora e psicológica, podendo levar mesmo até à sua morte. A principal característica do modo operacional deste gás é a redução do transporte do oxigénio para as células do corpo através da sua combinação com a hemoglobina no sangue. Este gás tem origem de processos de combustão, bem como o fumo do tabaco ou até mesmo do tráfego dos automóveis e de indústrias.

É de todo o interesse o máximo rigor no controle da concentração deste gás nos Edifícios visto que a sua influência nos humanos depende em muito do estado de saúde dos mesmos, sendo portanto mais suscetível aos mais sensíveis, como por exemplo as crianças.

No nosso caso de estudo, em edifícios escolares é bastante importante estudar e analisar os dados recolhidos quanto aos valores de CO presentes nos edifícios, mas principalmente no interior das salas de aula onde se encontram as crianças praticamente quase todo o tempo.

No que à norma Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RRDECE é de 10 mg/m³.

Numero de Medições	Data / Hora	CO(ppm)
1	02/04/2016 00:00	0
2	02/04/2016 00:05	0
3	02/04/2016 00:10	0
4	02/04/2016 00:15	0
5	02/04/2016 00:20	0
6	02/04/2016 00:25	0
7	02/04/2016 00:30	0
8	02/04/2016 00:35	0
9	02/04/2016 00:40	0
10	02/04/2016 00:45	0
11	02/04/2016 00:50	0
12	02/04/2016 00:55	0
13	02/04/2016 01:00	0
14	02/04/2016 01:05	0
15	02/04/2016 01:10	0
16	02/04/2016 01:15	0
17	02/04/2016 01:20	0
18	02/04/2016 01:25	0
19	02/04/2016 01:30	0
20	02/04/2016 01:35	0
21	02/04/2016 01:40	0
22	02/04/2016 01:45	0

Figura 4.2.1.1 - Imagem parcial referente ao tabela de valores de (CO)

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de CO foi a leitura dos valores continuamente durante duas semanas, sendo o aparelho colocado a uma sexta-feira iniciando a leitura de CO durante as duas semanas seguintes, sendo retirado no dia de sexta-feira da última semana.

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento Easylog EL-USB foi possível efetuar medições das quantidades de CO existentes em cada sala



Figura 4.2.1.2 - Equipamento Easylog EL-USB para leituras de (CO)

3.4 COV's

Os compostos voláteis (cov's) são provenientes dos materiais usados no revestimento dos pavimentos, do mobiliário, dos produtos de limpeza, dos materiais de isolamento, colas entres outros. Como o nome indica são abrangidos mais do que um composto fazendo parte desta classificação todos os compostos que possuem pontos de ebulição entre os 50 °C e os 260 °C, sendo por si complicado a sua avaliação na totalidade devido ao elevado número de compostos voláteis, porém devido a esta dificuldade de classificação individual criou-se um parâmetro que engloba todos os Cov's detetados. Os efeitos que podem causar no humano depende muito quais dos compostos estão presentes como por exemplo:

- Composto (2-(2-butoxi)etanol) - os efeitos causados vão ser ao nível da pele
- Composto (2 -etoxietanol)- os efeitos vão surgir ao nível da reprodução
- Composto (Benzeno) - os efeitos são carcinogéneos (Leucemia entre outros)
- Composto (aldeído) - efeitos a nível da garganta, olhos , nariz
- Composto (Hexano, tolueno) - efeitos a nível do sistema nervoso

Podemos concluir então que os (cov's) mesmo em concentrações inferiores aos valores limites podem ser bastante desconfortáveis desde causadores de stress, desconforto térmico para além da irritação natural, isto provocado apenas pela exposição entre 0.3 a 3 mg/m³, sendo que as pessoas asmáticas são mais vulneráveis, podendo reagir a níveis de concentração mais baixos que o normal, sendo assim necessário uma preocupação acrescida no controle de exposição de (cov's).

Tabela 3.4.1 - Equipamento Easylog EL-USB para leituras de (CO)

Escola básica do 1º ciclo do Refúgio						
Medições COV's - ppm						
	Segunda-feira 02/05/2016		Quarta-feira 04/05/2016		Sexta-feira 06/05/2016	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Rua	0	0	0		0	0
	0	0	0		0	0
	0	0	0		0	0
	0	0	0		0	0
	0	0	0		0	0
Média	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Sala RE1	0,41	0,03	0,22		0,27	0,3
	0,35	0,03	0,21		0,27	0,3
	0,37	0,01	0,21		0,27	0,3
	0,35	0	0,2		0,28	0,3
	0,37	0	0,19		0,29	0,3
Média	0,37	0,01	0,21		0,28	0,30
Sala RE2	0,26	0,12	0,4		0,28	0,25
	0,26	0,11	0,42		0,29	0,25
	0,25	0,1	0,43		0,29	0,26
	0,25	0,1	0,42		0,3	0,27
	0,24	0,09	0,42		0,31	0,27
Média	0,25	0,10	0,42		0,29	0,26
Sala RE3	0,25	0	0,28		0,29	0,25
	0,25	0	0,28		0,29	0,26
	0,24	0	0,27		0,3	0,26
	0,24	0	0,26		0,31	0,27
	0,23	0,01	0,24		0,32	0,27
Média	0,24	0,00	0,27		0,30	0,26

No que à norma Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RSECE é de 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fazendo parte vários compostos desde os Alcanos. Aldeídos a Hidrocarbonetos insaturados entre outros.

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores dos compostos voláteis (cov's) passou pela leitura no exterior da sala e no interior da mesma sendo esta feita com as portas fechadas, durante os intervalos das aulas em períodos de 1 em um minuto num total de 5 min valores pontuais de (cov's) através da análise por cromatografia gasosa, sendo o procedimento repetido em várias alturas do dia, da parte da manhã e da parte da tarde, com diferentes tipos de ocupação, chegando mesmo a medir os valores de (cov's) em diferentes dias para uma base de comparação maior.



Figura 4.2.1.1 - Leitura de cov's no exterior do edifício



Figura 4.2.1.2 - Leitura de cov's no interior do edifício

Equipamento Utilizado

O equipamento utilizado na recolha de dados referentes aos (cov's) foi a sonda Multifunções 9565-P Velocicalc como ilustra nas figuras anteriores (Figura 3.4.1 e Figura 3.4.2).

3.5 Radão (Rn)

O radão é proveniente de solos que contém urânio e granito, trata-se por tanto de um poluente com elevado perigo para a saúde quando atinge níveis altos dentro dos edifícios, uma vez que os níveis de radão são relativamente baixos no exterior.

No estudo das soluções para reduzir a contaminação radioativa provocada pelo radão no interior das habitações é de grande importância compreender: [16]

- Os fenómenos físicos da transformação atómica do urânio [^{238}U] até ao radão [^{222}Rn] e dos seus descendentes até se transformar em chumbo [^{206}Pb];
- A distribuição mineralógica destes elementos radioativos nas litologias geológicas e os fenómenos de mineralização secundária responsáveis pelas elevadas concentrações que se verificam em alguns locais das estruturas dos maciços graníticos ou das zonas de contacto com rochas sedimentares em que ocorrem estas mineralizações;
- Os processos de emanação, de migração, de difusão do radão no solo e deste para a atmosfera e para o interior dos edifícios
- A influência do clima (temperatura, vento e chuva) nos processos de emanação, de migração e de difusão do radão para o interior dos edifícios
- A influência do tipo de arquitetura dos edifícios, da sua relação com o solo e dos sistemas construtivos utilizados, nas taxas de concentração observadas no interior;
- A relação entre os sistemas de ventilação, taxas de renovação do ar e as concentrações de radão verificadas no interior dos edifícios;
- A relação entre a radiação externa natural, a estrutura geológica, a concentração de radão no solo e as taxas de radão no interior dos edifícios.
- A eficiência das barreiras anti radão combinadas com os vários sistemas de ventilação.

Pode provocar cancro, mas sendo que em Portugal o RSECE apenas organiza a sua pesquisa nos Edifícios localizados em zonas graníticas como é o caso do distrito de Castelo Branco, pois a sua infiltração é principalmente feita através do solo ou das paredes

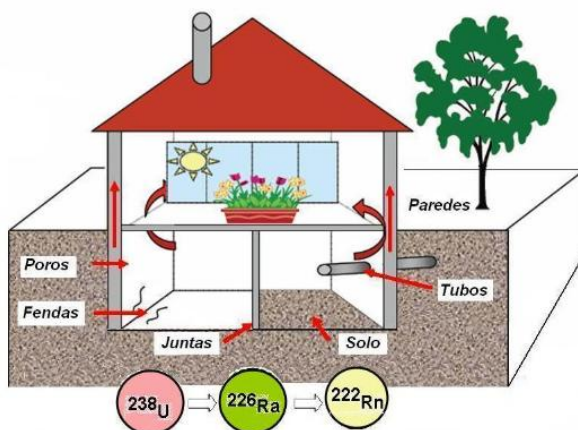


Figura 4.2.1.1 - Leitura de cov's no interior do edifício

No que à norma Portuguesa diz respeito o valor máximo imposto pelo RSECE é de 400 Bq/m³, para edifícios novos.

Tabela 3.5.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras pontuais de Radão

Data	Equipamento	Data de inicio	Data de fecho	dias	Valor de RAC
2016-05-31T12:	225 119	13/11/2015	11/05/2016	180	60
2016-05-31T12:	225 119	13/11/2015	11/05/2016	180	62
2016-05-31T12:	225 119	13/11/2015	11/05/2016	180	48
2016-05-31T12:	225 119	13/11/2015	11/05/2016	180	58
2016-05-31T12:	225 119	13/11/2015	11/05/2016	180	61
2016-05-31T12:	225 119	13/11/2015	11/05/2016	180	38

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de Radão foi a leitura dos valores continuamente durante duas semanas, sendo o aparelho colocado a uma sexta-feira, iniciando a leitura do Radão durante as duas semanas seguintes, sendo retirado no dia de sexta-feira da última semana.

3.6 Humidade Relativa

A humidade relativa é um desencadeador da existência de microrganismos como bolores ou até mesmo ácaros nos edifícios, sendo que a sua exposição duradoura poderá provocar problemas respiratórios aos seus ocupantes ou mesmo agravar os sintomas para aqueles que já sofram de asma, tosse ou outros problemas respiratórios.

A humidade relativa é mais suscetível de afetar as pessoas de idades inferiores a 14 anos, pelo que os cuidados a ter em edifícios escolares deverão ser redobrados visto que as crianças são mais sensíveis à existência de microrganismos, tentando desta forma que se tenha um maior controle na percentagem de humidade relativa dentro dos edifícios.

A temperatura interior e a humidade relativa estão de todo relacionadas, sendo que com valores aceitáveis de humidade relativa no interior (entre os 40% e os 60%) e uma temperatura relativamente elevada, faz com que os microrganismos sejam eliminados. Porém em locais onde a humidade relativa ultrapassa os 70% o aumento da temperatura pode causar o crescimento destes microrganismos, piorando e muito o conforto interior e a saúde dos ocupantes.

Tabela 3.6.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras de humidade relativa

Número de Medições	Data / Hora	Humidade(%rh)
1	02/04/2016 00:00	53,5
2	02/04/2016 00:30	53,9
3	02/04/2016 01:00	54
4	02/04/2016 01:30	54,3
5	02/04/2016 02:00	54,7
6	02/04/2016 02:30	55,1
7	02/04/2016 03:00	55,1
8	02/04/2016 03:30	55,4
9	02/04/2016 04:00	55,4
10	02/04/2016 04:30	55,6
11	02/04/2016 05:00	55,8
12	02/04/2016 05:30	55,5
13	02/04/2016 06:00	55,9
14	02/04/2016 06:30	56,4
15	02/04/2016 07:00	56,3
16	02/04/2016 07:30	56,8
17	02/04/2016 08:00	57
18	02/04/2016 08:30	57,2
19	02/04/2016 09:00	57,1
20	02/04/2016 09:30	56,9

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de humidade relativa foi a leitura dos valores continuamente durante duas semanas, sendo o aparelho colocado a uma sexta-feira, iniciando a leitura de humidade relativa durante as duas semanas seguintes, sendo retirado no dia de sexta-feira da última semana. Este processo foi repetido para todas as salas de aula em estudo.

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento Easylog EL-GFX-2 foi possível efetuar medições das quantidades de Humidade relativa existente em cada sala, e verificar a sua evolução ao longo do dia e da semana.



Figura 4.2.1.1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2

3.7 Temperatura Interior

A temperatura no interior dos edifícios é um fator que têm de ser controlado visto que afeta diretamente desde o conforto dos ocupantes até à produtividade dos mesmos. A temperatura ser for muito baixa ou muito alta poderá provocar desconforto e problemas de saúde nomeadamente problemas respiratórios e cardiovasculares. A temperatura de conforto interior deve variar entre os 20 e 25 °C e é importante que se mantenha dentro deste intervalo sem grandes variações. Porém em edifícios mais antigos existe uma dificuldade acrescida devido aos materiais usados no seu isolamento térmico, que provoca uma eficiência energética do edifício relativamente baixa.

Nos nossos casos de estudo tratando-se maioritariamente de edifícios antigos terá de ser ter um cuidado reforçado para tentar diminuir as perdas de calor, de modo a que a temperatura interior seja preservada tanto no inverno como no verão, o que significa garantir um bom isolamento térmico do interior para o exterior, e vice-versa, e também uma boa ventilação especialmente no período de verão em que as temperaturas são mais elevadas. No período de inverso a ventilação necessária deve ser controlada para evitar perdas térmicas exageradas.

Tabela. 3.7.1 - Tabela referente ao modelo adotado de leituras de temperatura

Número de Medições	Data / Hora	Temperatura(°C)
1	02/04/2016 00:00	19,2
2	02/04/2016 00:30	19,1
3	02/04/2016 01:00	18,9
4	02/04/2016 01:30	18,8
5	02/04/2016 02:00	18,7
6	02/04/2016 02:30	18,6
7	02/04/2016 03:00	18,5
8	02/04/2016 03:30	18,4
9	02/04/2016 04:00	18,3
10	02/04/2016 04:30	18,2
11	02/04/2016 05:00	18,1
12	02/04/2016 05:30	18
13	02/04/2016 06:00	18
14	02/04/2016 06:30	17,9
15	02/04/2016 07:00	17,8
16	02/04/2016 07:30	17,8
17	02/04/2016 08:00	17,8
18	02/04/2016 08:30	17,8
19	02/04/2016 09:00	17,8
20	02/04/2016 09:30	17,9

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores da temperatura ambiente foi o registo contínuo de valores durante duas semanas. Os aparelhos de medição foram colocados à sexta-feira, iniciando-se o registo das temperaturas durante as duas semanas seguintes e sendo retirados no dia de sexta-feira da última semana. Este processo foi repetido para todas as salas de aula em estudo.

Equipamento Utilizado

Através da utilização do equipamento Easylog EL-GFX-2 foi possível efetuar medições dos valores de temperatura ambiente registados em cada sala de aula.



Figura 4.2.1.1 - Equipamento Easylog EL-GFX-2

3.8 Iluminação

“Existem duas formas de iluminação nos Edifícios: a iluminação natural e a iluminação artificial. Ambas podem proporcionar uma iluminação ambiente e uma iluminação específica centrada nas tarefas visuais. A primeira deve permitir um ambiente agradável e adequado às atividades correntes que não apelem de forma muito exigente à percepção visual - observação e deslocação. A segunda distingue-se pela possibilidade do desempenho das tarefas em que a visão é especialmente solicitada sem esforço e nem incómodo”. [17]

A iluminação é um fator importante para o conforto interior, principalmente em Edifícios Escolares visto que as condições de aprendizagem dos alunos nas salas de aula terão de ser feitas nas melhores das condições, uma das quais, as condições visuais. A incidência de luz natural nas salas de aula é de todo importante visto que proporciona aos ocupantes uma ampliação do campo de visão bem como uma acomodação visual diferente da luz artificial. Esta última também é importante nos edifícios nos momentos de incidência natural nula ou para compensar simplesmente a insuficiência da mesma, sendo necessário ter em especial atenção na utilização da luz artificial, a área a iluminar, bem como a finalidade e utilização do espaço.

Tabela 3.8.1 - Tabela parcial relativa à recolha de dados de Iluminação nas salas de Aula

nº da Sala : A6	Data: 18 /11/15	Posições		
		Frente	Meio	Atrás
Persianas corridas e luz apagada				
Fila da janela		286	294	277
Fila do meio		116	134	168
Fila da porta		52	55	115
Persianas corridas e luz ligada				
Fila da janela		562	519	617
Fila do meio		462	329	460
Fila da porta		265	255	365
Persianas subidas e luz apagada				
Fila da janela		32900	30990	2505
Fila do meio		840	890	1450
Fila da porta		367	450	634

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores de iluminação foi executado em três fases diferentes. A primeira destinou-se às leituras pontuais de iluminação com as persianas da sala fechadas e a luz artificial apagada, fazendo a leitura na fila juntos às janelas, na fila do meio e na fila junto à porta de entrada. A segunda fase utilizou-se o mesmo modo operacional que a anterior, apenas alterando a condição da sala onde se procedeu à ligação das luzes artificiais. Numa última fase mantendo o mesmo modo operacional utilizado nas duas últimas, alterou-se novamente a condição da sala subindo as persianas e desligando a luz artificial. O objetivo desta nossa leitura é perceber se a incidência de luz natural é suficiente na sala ou se é necessário o auxílio da luz artificial, e se os pontos onde esta está colocada se é eficiente ou não. Repetiu-se este método para todas as salas em estudo.

Equipamento Utilizado

O Equipamento utilizado nas medições da intensidade da luz foi o aparelho da Testo 540.



Figura 4.2.1.1 - Aparelho da Testo 540

3.9 Termografia

A termografia é um processo que nos permite determinar e representar graficamente a distribuição da temperatura das superfícies dos edifícios sem necessidade de contato direto com os mesmos, detetando a existência de incoerências nos padrões de temperatura dos elementos constituintes da construção, indicando deste modo a existência ou não de problemas.

Deste modo pretendemos identificar os pontos singulares da envolvente podendo assim determinar as potenciais perdas de calor da sala devido ao mau isolamento ou simplesmente construção inadequada para a prática da função de sala de aula onde nesta os alunos deverão ter todas as condições nomeadamente no inverno.

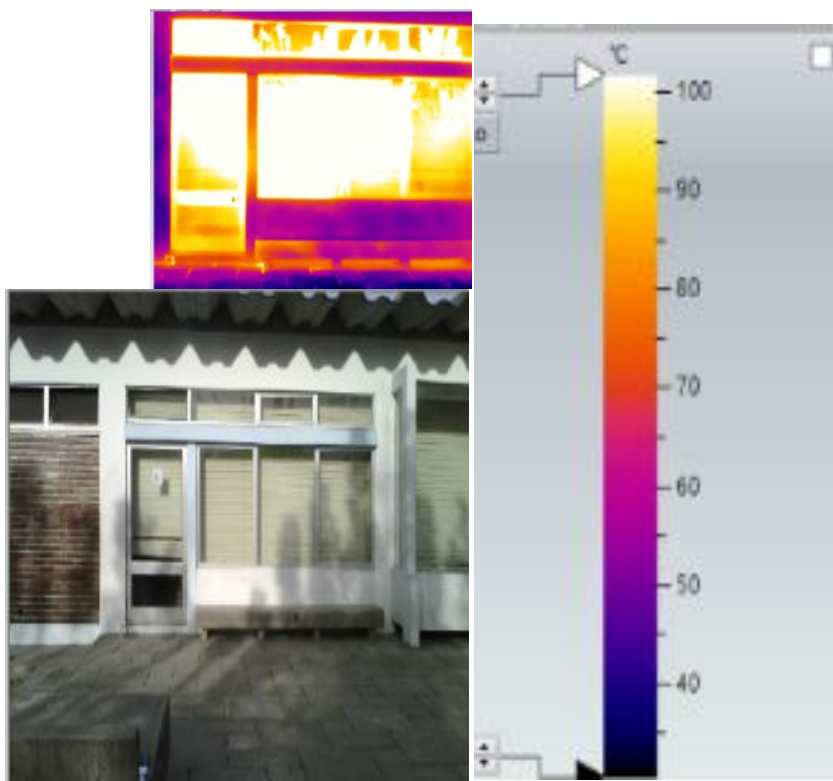


Figura 4.2.1.1 - Representação do programa utilizado da Testo para tratamento de dados termográficos

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para a leitura de valores através da termografia foi posicionado a câmara termográfica no exterior e interior das salas, numa tentativa de identificar os pontos de perdas térmicas, infiltrações, humidades e temperatura das salas.

Equipamento Utilizado

O Equipamento utilizado no estudo da termografia foi a câmara termográfica da Testo 885

As principais características técnicas do equipamento são as seguintes:

- Intervalo de medição -30 a $+100$ °C; 0 a $+350$ °C (seleccionável); 0 a $+650$ °C (seleccionável)
- Sensibilidade térmica < 30 mK a $+30$ °C
- Exatidão de temperaturas ± 2 °C, $\pm 2\%$ do v.m.
- Resolução infravermelha 320×240 pixels
- Resolução máxima 640×480 pixels



Figura 4.2.1.2 - Câmara Termográfica Testo 885

3.10 Acústica

A Acústica dos edifícios entende-se pelo estudo da propagação do ruído. A exposição ao ruído no interior de um edifício pode provocar aos seus ocupantes graves problemas de saúde, nomeadamente a nível de perda de audição, a efeitos psicológicos, ao aumento de stress entre outros. É muito importante criar condições adequadas de reverberação interior para garantir uma adequada inteligibilidade da palavra nomeadamente numa situação de sala de aula onde é muito importante que os alunos tenham uma receção adequada dos ensinamentos que estão a ser transmitidos.

Existem vários tipos de ruído visto que podem existir várias fontes de onde é produzido, diferenciando-se entre si pela pressão sonora, dependendo das características da sua fonte e também das características da envolvente, sobretudo de reflexão, absorção e transmissão.

No estudo da acústica aplicada é frequente considerarem-se dois tipos de situações distintas sendo o primeiro considerado o mais importante no âmbito dos nossos casos de estudo: [18]

- 1) O estudo da propagação sonora em espaços fechados, que pode, por sua vez, ser subdividido em três áreas:
 - a) O estudo da propagação do som no interior de um espaço fechado, frequentemente denominado de condicionamento acústico interior, que depende sobretudo da geometria do espaço, do tipo de revestimentos interiores e do recheio (mobiliário e ocupação). Este estudo visa controlar o som produzido e propagado no interior de um determinado espaço fechado, de modo à obtenção de um ambiente acústico adequado ao seu volume e às suas funções.
 - b) Estudo da propagação de sons aéreos entre dois espaços, normalmente denominado isolamento sonoro, que depende preferencialmente da massa e da estanquidade dos vários elementos que separam os dois locais.
 - c) O estudo da propagação do som por via sólida, de sons ou ruídos de percussão, provenientes de choques ou de outras solicitações mecânicas aplicadas diretamente nos elementos de construção, que depende essencialmente do tipo de estrutura do edifício, da ligação entre elementos de compartimentação e das características do local de aplicação da solicitação.
- 2) Estudo da propagação sonora no exterior, quer na perspetiva da proteção dos edifícios (do exterior para o interior), quer na perspetiva da minimização dos níveis de ruído transmitidos para o exterior (em relação a fontes do edifício existentes no

exterior ou em relação a fontes no interior do edifício, considerando a própria radiação dos elementos envolventes do edifício).

O segundo caso descrito não tem um cariz importante pois os nossos casos de estudo localizam-se em zonas relativamente tranquilas, não sendo o efeito do ruído exterior predominante.

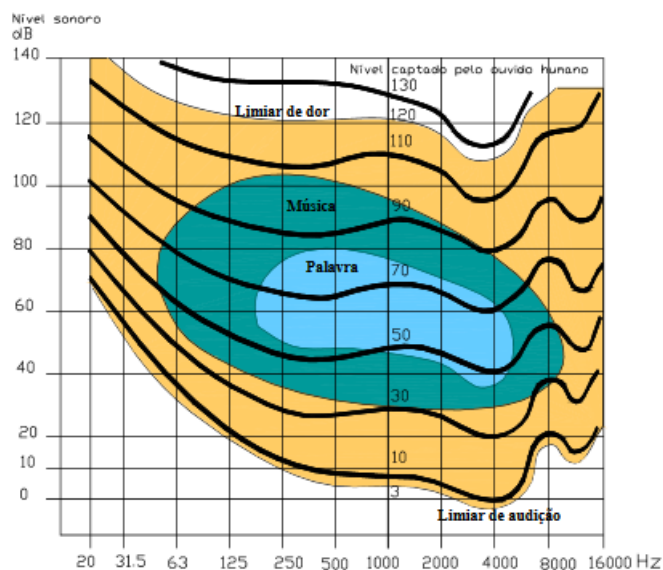


Figura 4.2.1.1 - Curvas de igual sensação sonora (isofónicas) / Superfície de audição [18]

Procedimento Adotado

O procedimento adotado neste estudo para o estudo da acústica foi seguido pelo procedimento operativo da avaliação dos requisitos acústicos dos edifícios onde nomeadamente foram seguidos os seguintes passos:

- 1º Foi calculada a área e o volume das salas com as respetivas distâncias laterais;
- 2º Foram marcadas com giz no chão as 2 posições distintas da fonte sonora, ficando sempre estas a uma distância mínima de 1,5 m da parede;
- 3º Foram marcadas as 6 posições do microfone, com uma distância mínima de 1,0 m da parede;
- 4º Foi iniciado colocada a fonte sonora na posição TR1 e o microfone na posição nº1, estando este colocado a uma distância mínima de 2 metros do chão;
- 5º Foi iniciada a emissão sonora durante 3 segundos com a leitura na posição nº1 do microfone;

- 6º Foi-se alterando a posição do microfone pelas seis posições, mantendo a posição da Fonte Sonora, procedendo assim à leitura de 6 valores para a posição TR1;
- 7º Alterou-se a posição da fonte sonora para a TR2 procedendo-se à leitura das 6 posições distintas do microfone.

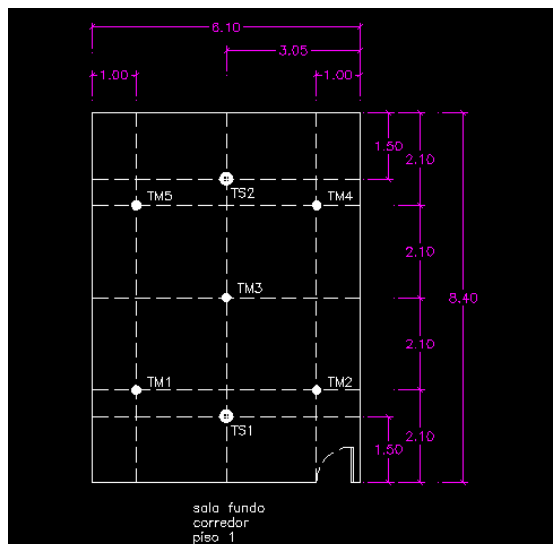


Figura 4.2.1.2 - Modelo tipo da colocação da Torre e Microfone

Equipamento Utilizado

O equipamento utilizado para a realização dos testes acústicos foi o sonómetro analisador Espectral CESVA SC310, um alta voz omnidirecional e amplificador/gerador de ruído AP601 CESVA FP 121 e um portátil.



Figura 4.2.1.3 -
Sonómetro analisador



Figura 4.2.1.4 - Amplificador AP601
CESVA FP 121

4. Casos de Estudo

4.1 Descrição Geral do Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã

4.2 Escola Pêro da Covilhã

4.2.1 Sala A1

4.2.2 Sala A5

4.2.3 Sala A6

4.2.4 Sala A8

4.2.5 Sala A26

4.2.6 Sala A25

4.3 Escola de Santo António

4.3.1 Sala SA2

4.3.2 Sala SA4

4.4 Escola do Rodrigo

4.4.1 Sala R1A

4.4.2 Sala R2B

4.4.3 Sala A5

4.5 Escola do Refúgio

4.5.1 Sala RE1

4.5.2 Sala RE2

4.5.3 Sala RE3

4.1 Descrição Geral do Agrupamento de Escolas da Pêro da Covilhã



Figura 4.2.1.1 - Imagem de Satélite da Localização da Escola Pêro da Covilhã

O Agrupamento de Escolas Pêro da Covilhã foi constituído no ano letivo de 2003/2004, ano da sua instalação. A Sede do Agrupamento de Escolas é a escola básica do 2.º ciclo Pêro da Covilhã localizada na rua Dr. Manuel Castro Martins, Covilhã.

O Agrupamento de Escolas engloba:

- Oito jardins de infância dos quais o jardim de infância do Rodrigo, jardim de infância de S. Silvestre, Jardim de Infância de Santo António, jardim de infância do Refúgio, jardim de infância da Boidobra, jardim de infância de Peraboa e o jardim de infância A Lã e a Neve.
- Oito Escolas Básicas do 1.º Ciclo das quais a escola EB de S. Silvestre, EB do Rodrigo, EB do Refúgio, EB de Santo António, EB A Lã e a Neve, EB da Boidobra, EB Jardim - Ferro e a escola EB D. M^a Amália de Vasconcelos em Peraboa.
- Uma Escola Básica do 2º Ciclo - a escola EB Pêro da Covilhã

Tendo em conta a localização dos estabelecimentos do Agrupamento e os dados populacionais do Censo de 2001, pode afirmar-se que o Agrupamento Vertical de Escolas Pêro da Covilhã serve uma população residente de cerca de 20 860 pessoas e 9 069 famílias.



Figura 4.2.1.2 - Imagem referente ao conjunto de Escolas presentes no Agrupamento de Escolas

Quanto à sua população escolar no presente do ano letivo de 2015/2016 atingia os 1365 alunos, distribuídos pelos diversos estabelecimentos. Destes, 188 alunos frequentam os Jardins de Infância, 650 frequentam o 1º Ciclo, 527 alunos frequentavam a Escola Básica Pero da Covilhã, do 2º Ciclo.

Do universo de escolas do agrupamento selecionamos para o nosso estudo as seguintes escolas:

- Escola Básica do Refúgio;
- Escola Básica de St. António;
- Escola Básica S. Silvestre;
- Escola Básica do Rodrigo;
- Escola Básica Pêro da Covilhã.

A escolha destas escolas deveu-se a possuírem características distintas na construção, a nível de áreas, materiais de isolamento, entre outros parâmetros podendo assim ter uma amostra diversificada de dados.

4.2 Escola Pêro da Covilhã

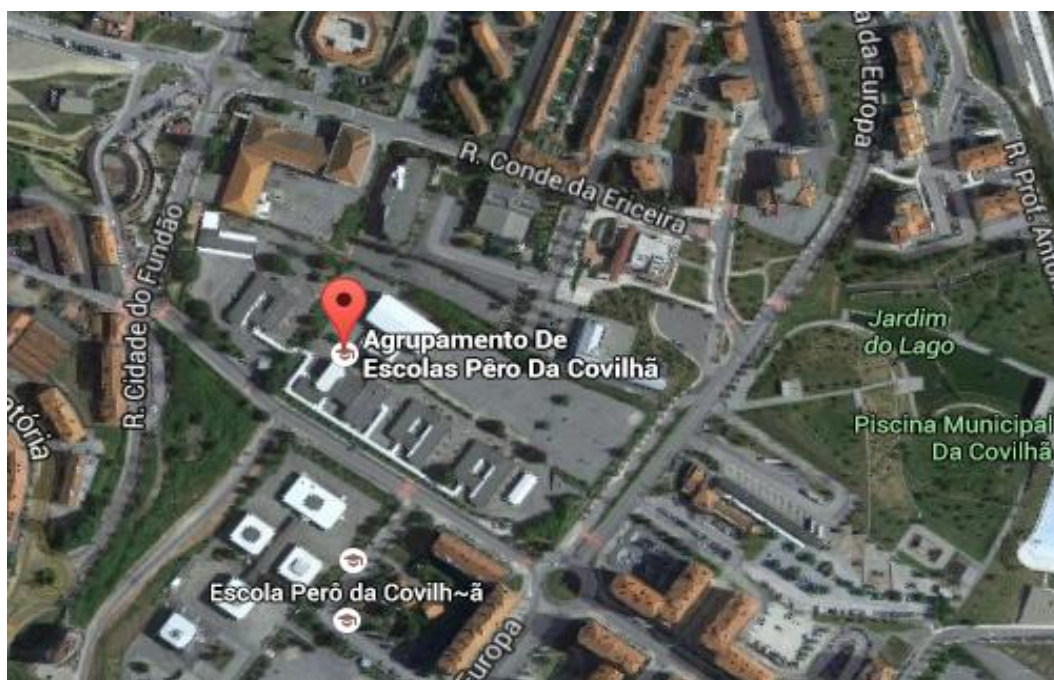


Figura 4.2.1.1 - Imagem de Satélite da Escola Pêro da Covilhã



Figura 4.2.1.2 - Imagem identificativa da Escola Pêro da Covilhã

A Escola Básica Pêro da Covilhã está situada na Rua Dr. Manuel Castro Martins, antiga estrada do campo de aviação, na zona de expansão da cidade. O terreno onde está implantada é acidentado o que dificulta a circulação entre os diferentes níveis de cota.

O seu espaço escolar é limitado a:

- **Norte:** Serviço S.M.A.S. e Parque de estacionamento camarário;
- **Sul:** Rua Dr. Manuel Castro Martins (antiga Estrada Campo de Aviação);
- **Este:** Eixo T. C. T ;
- **Oeste:** Rua Cidade do Fundão.

A escola Pêro da Covilhã é um estabelecimento de ensino público com ano de construção em 1979. A sua ocupação é exclusivamente escolar constituído por sete pavilhões, nomeadamente o Pavilhão A, Pavilhão B, Pavilhão C, Pavilhão D, Pavilhão E, Pavilhão Polivalente e um Pavilhão Gimnodesportivo.

As aulas nesta Escola funcionam nos Pavilhões A, B e C que têm características iguais, tanto em espaços como no tipo de materiais de construção. Nesse sentido escolhemos 4 salas de aula do pavilhão A para este estudo e 2 salas de música pertencentes ao pavilhão D.

O pavilhão A é constituído por um hall de entrada, duas casas de banho, uma sala de professores, cinco salas de aula normais, duas salas de educação visual e tecnologia com as respetivas arrecadações e uma sala de Ciências da Natureza e a respetiva arrecadação.

Para o nosso estudo escolhemos a sala de ciências da Natureza (sala A1), uma das salas de EVT (sala A6) e duas salas normais de aulas (sala A5 e sala A8), já que estas diferem na orientação, na época de construção, nas dimensões, e nas características dos materiais de revestimento, e por certo nos poderão dar informações uteis para o nosso estudo.

A capacidade de alunos nestas salas é de 30 alunos englobando todas as salas vinte carteiras, uma secretaria do professor e armários. Todas as salas do pavilhão A têm o mesmo tipo de revestimento no teto, (aglomerado negro de cortiça, a caixilharia é toda em alumínio anodizado com vidro simples. O pavimento é revestido por tacos de madeira e nas zonas de entrada por mosaico cerâmico retangular de cor vermelha. As portas interiores da sala são em aglomerado de madeira e as exteriores em alumínio anodizado com vidro simples.

Estas salas têm uma ocupação diária de 8 horas, com inicio das aulas às 8:30 h e com o seu término pelas 17:50 h, com intervalos de 10 minutos após cada bloco de 90 minutos, e período de almoço entre as 13:20h e as 14:30h.

No âmbito do nosso estudo foram também escolhidas duas salas do pavilhão D, salas de música, sendo estas diferentes das restantes escolhidas no pavilhão A, a nível de dimensão e de materiais de revestimento.

A capacidade de alunos nestas salas é de 30 alunos, contendo ambas as salas 20 carteiras, uma secretaria do professor, armários e instrumentos musicais.

As salas são compostas por um teto falso com placas de lã de rocha sendo a sua caixilharia de alumínio com vidro simples.

O pavimento é flutuante com revestimento a película de madeira e as portas das salas são em caixilharia de alumínio anodizado e vidro simples com saída direta para um pequeno telheiro.

Estas salas têm uma ocupação diária de 8 horas, com início das aulas às 8:30 h e seu término pelas 17:50 h, com intervalos de 10 minutos após cada bloco de 90 minutos e período de almoço entre as 13:20 h e as 14:30h.

4.2.1 Sala de Aula A1

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se a ter duas fachadas envidraçadas perpendiculares em contacto com o exterior sendo uma localizada a Noroeste e outra a Sudoeste com grande incidência solar permitindo deste modo comparar os dados recolhidos com as restantes salas escolhidas.

As áreas e volumes das salas em estudo são todas diferentes uma das outras, sendo cada uma analisada de forma singular e única.

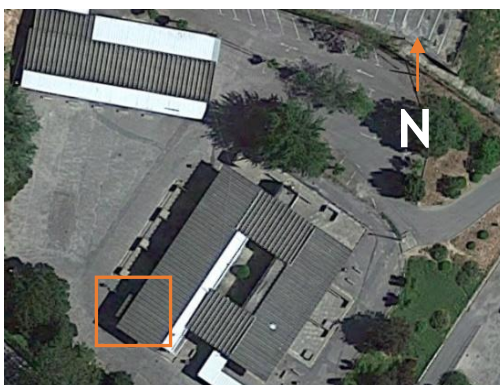


Figura 4.2.1.1 - Localização por satélite referente ao Bloco A onde se localiza a Sala A1



Figura 4.2.1.3 - Exterior da Sala A1



Figura 4.2.1.2 - Interior da sala A1

Escola Pêro da Covilhã		
Sala A1		
Área	57,43 m ²	
Pé direito livre	3,04 m	
Volume	174,58 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Painéis de aglomerado negro de cortiça	
Piso	Tacos de Madeira e mosaico cerâmicos rectangular de cor vermelha na zonas de entrada da sala	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	10	Janelas em caixilharia de alumínio anodizado de cor cinzenta com vidro simples de espessura 6 mm, incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala
Elementos de Sobreamento	10	Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
	3	Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm
	Exteriores	
	Número	Características
	1	Porta em alumínio anodizado incluindo vidro simples de 6mm
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Número de Alunos	30 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	67%	
Número de Carteiras	19	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	42	
Outras Fontes de Calor	1 Projector / 4 radiadores de Parede	

Figura 4.2.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala A1

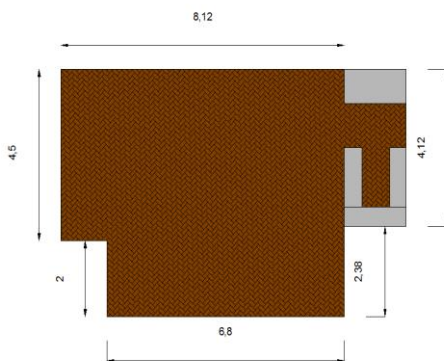


Figura 4.2.1.5 - Imagem em planta da sala A1



Figura 4.2.1.6 - Estores metálicos



Figura 4.2.1.7 - Janelas em alumínio exteriores

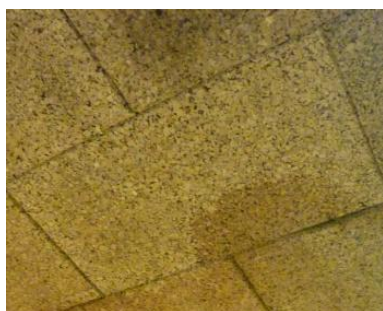


Figura 4.2.1.8 - Painéis de cortiça

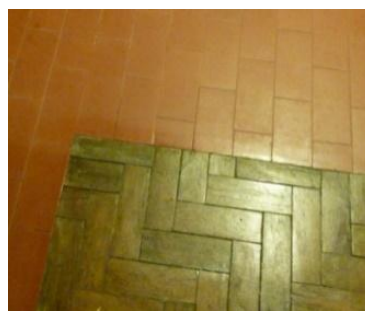


Figura 4.2.1.9 - Tacos de madeira e mosaico



Figura 4.2.1.11 - Porta exterior em alumínio



Figura 4.2.1.10 - - Porta Interior em Madeira



Figura 4.2.1.12 - Luminárias

4.2.2 Sala de Aula A5

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se principalmente à sua área, sendo a sala com maior área do nosso estudo, visto englobar um espaço de aula e um espaço de apoio para trabalhos manuais. A sala encontra-se dividida fisicamente por armários e tem duas portas de contato com o exterior, uma das quais dá acesso a um pátio interior. Devido à sua configuração e dimensão é de especial interesse confirmar as condições de iluminação e condicionamento acústico interior.

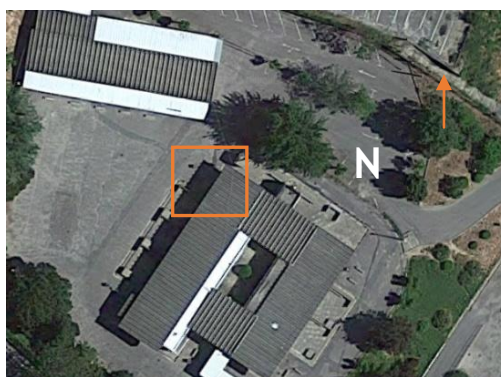


Figura 4.2.2.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a sala A5



Figura 4.2.2.2 - Exterior da sala A5



Figura 4.2.2.3 - Interior da sala A5

Escola Pêro da Covilhã		
Sala A5		
Área	107,623 m ²	
Pé direito livre	3,04 m	
Volume	327,17 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Painéis de aglomerado negro de cortiça	
Piso	Tacos de madeira e mosaico cerâmico rectangular de cor vermelha na zonas de entrada da sala	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	10	Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da Sala
Elementos de Sobreamento	10	Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
	3	Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm
	Exteriores	
	Número	Características
	2	Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Número	Características
	2	Armários em madeira
Número de Alunos	30 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	73%	
Número de Carteiras	22	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	48	
Outras Fontes de Calor	1 Projector / 4 radiadores de Parede	

Figura 4.2.2.4 - Tabela de caraterísticas da sala A5

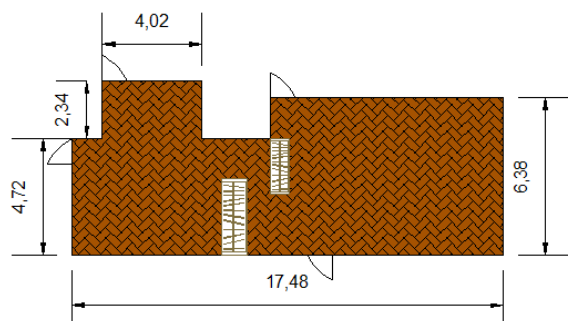


Figura 4.2.2.5 - Imagem em planta da sala A5



Figura 4.2.2.6 - - Armários em madeira

4.2.3 Sala de Aula A6

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se a ter duas fachadas envidraçadas perpendiculares em contacto com o exterior identicamente à sala A1, sendo no entanto localizada uma Nordeste e outra a Sudeste, o que torna um dado válido para comparação de valores de iluminação, juntamente com a análise as restantes salas. Outro dos fatores foi pelo facto de se situar na extremidade do edifício e com três ligações, uma para o exterior, duas para o interior, sendo estas de ligação a outras salas de aula, o que é interessante comparar os valores a nível de tempo de reverberação.



Figura 4.2.3.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde de localiza a Sala A6



Figura 4.2.3.2 - Exterior da Sala A6



Figura 4.2.3.3 - Interior da Sala A6

Pé direito livre	3,04 m	
Volume	196,61,58 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Painéis de aglomerado negro de cortiça	
Piso	Tacos de madeira e mosaico rectangular de cor vermelha na zonas de entrada da sala	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	8	Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da Sala
	1	Floreira envidraçada com 1 vidro de (4 x 2)m e 2 vidros de (1 x2) em ambos os lados com 6mm de espessura
	1	Janela circular de raio 80 cm com 6mm de espessura
Elementos de Sobreamento	10	Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
	1	Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm
	1	Porta em aglomerado de madeira de espessura de 4cm incluindo envidraçado de 4mm
	Exteriores	
	Número	Características
	1	Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Número de Alunos	30 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	82%	
Número de Carteiras	23	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	43	
Outras Fontes de Calor	1 Projector / 4 radiadores de Parede	

Figura 4.2.3.4 - Tabela de caraterísticas da sala A6

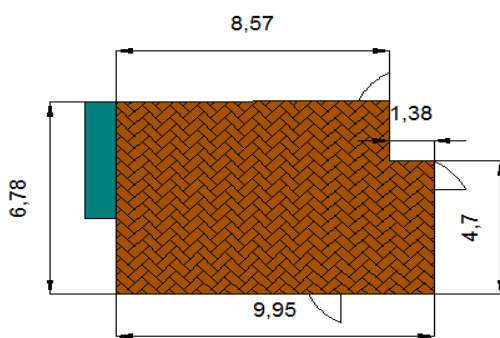


Figura 4.2.3.5 - Imagem em planta da sala A6



Figura 4.2.3.6 - Floreira



Figura 4.2.3.7 - Janela circular



Figura 4.2.3.8 - Porta interior incluindo envidraçado

4.2.4 Sala de Aula A8

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de a sua fachada envidraçada ser orientada a Este, sendo assim de todo o interesse para a comparação de resultados. Outro dos fatores deveu-se à sua localização no próprio bloco A, visto ter ligação com o hall de entrada onde se inserem as casas de banho do edifício. Esta sala a Noroeste tem ligação com o pátio interior, a Nordeste com uma sala de aula, a Sudoeste o hall de entrada e a Este o pátio exterior, sendo assim a sala com mais ligações comparativamente com as anteriores referidas.



Figura 4.2.4.1 - Localização por satélite referente ao bloco A onde se localiza a sala A8



Figura 4.2.4.2 - Exterior da sala A8



Figura 4.2.4.3 - Interior da sala A8

Escola Pêro da Covilhã		
Sala A8		
Área	108,88 m ²	
Pé direito livre	3,04 m	
Volume	331,00 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Painéis de aglomerado negro de Cortiça	
Piso	Tacos de madeira e mosaico rectangular de cor vermelha nas zonas de entrada da sala	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	9	Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala
1	Floreira envidraçada com 1 vidro de (4 x 2)m e um vidro de (1 x2) em um dos lados com 6mm de espessura	
Elementos de Sobreamento	11	Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
	1	Porta em aglomerado de madeira de espessura 4 cm
	1	Porta em aglomerado de madeira de espessura de 4cm incluindo envidraçado de 4mm
	Exteriores	
Número	Características	
1	Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm	
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Número de Alunos	30 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	93%	
Número de Carteiras	25	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	47	
Outras Fontes de Calor	1 Projector / 4 radiadores de Parede	

Figura 4.2.4.4 - Tabela de caraterísticas da sala A8

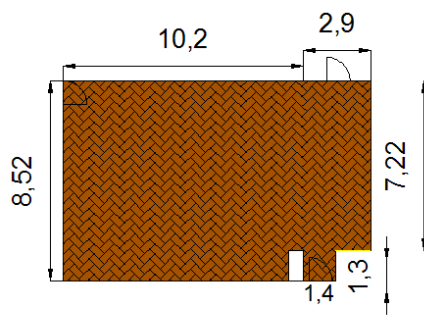


Figura 4.2.4.5 - Imagem em planta da sala A8

4.2.5 Sala de Aula A26

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de se localizarem num pavilhão com características construtivas diferentes e tendo as salas como finalidade a lecionação de aulas de música e por essa razão apresentar materiais de revestimento aparentemente apropriados. Esta sala apresenta uma fachada envidraçada orientada a sul, sendo compreendida entre duas salas de aulas a A 25 e a A 27.

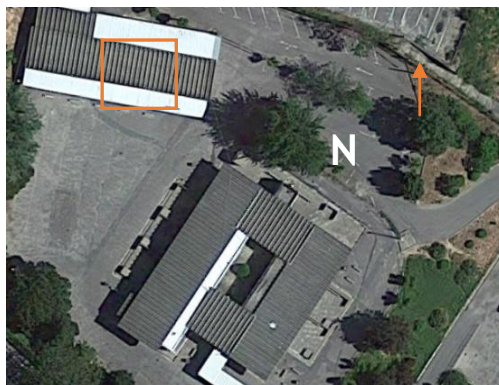


Figura 4.2.5.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde se localiza a sala A26



Figura 4.2.5.2 - Exterior da Sala A26



Figura 4.2.5.3 - Interior da Sala A26

Escola Pêro da Covilhã		
Sala A26		
Área	52,67 m ²	
Pé direito livre	3,08 m	
Volume	162,23 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 11 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Teto falso com painéis amovíveis de gesso cartonado e manta de lã de vidro	
Piso	Pavimento flutuante com revestimento em película de madeira	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	4	Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala
Elementos de Sobreamento	4	Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege
Portas	Exteriores	
	Número	Características
Pontos de Iluminação	Número	Características
	4	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Exteriores	
	1	Gradeamento em ferro cobrindo toda a zona envidraçada
	Interiores	
	2	Móveis em folheado de madeira
Número de Alunos	30 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	45%	
Número de Carteiras	17	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	31	
Outras Fontes de Calor	1 Projector / 2 radiadores de Parede	

Figura 4.2.5.4 - Tabela de caraterísticas da sala A26

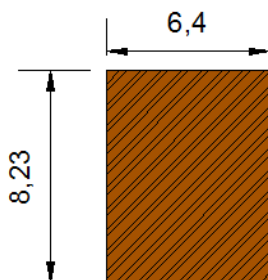


Figura 4.2.5.5 - Imagem em planta da sala A26

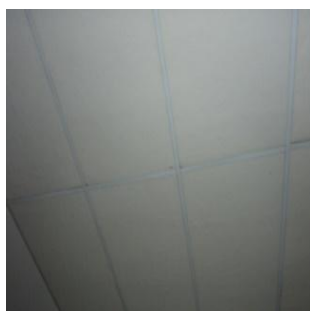


Figura 4.2.5.6 - Placas de lâ de rocha



Figura 4.2.5.7 - Pavimento flutuante em madeira



Figura 4.2.5.9 - Placas de lâ de rocha

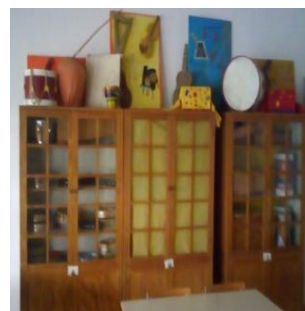


Figura 4.2.5.8 - Móveis em madeira

4.2.6 Sala de Aula A25

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de apesar da mesma ter características construtivas e de revestimento semelhantes e a mesma orientação de fachada envidraçada que a sala A26, possui no entanto alguns elementos diferenciadores, nomeadamente, a ausência de gradeamento em ferro o que poderá ter influência na incidência de luz natural. Por outro lado está posicionada na extremidade do pavilhão tendo portanto duas fachadas em contato com o exterior o que poderá ter interesse para verificar o comportamento térmico.

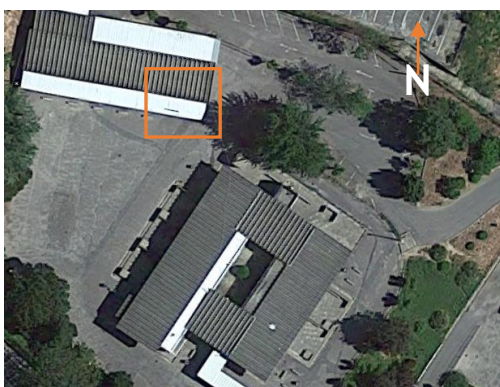


Figura 4.2.6.1 - Localização por satélite referente ao bloco D onde se localiza a sala A25



Figura 4.2.6.2 - Exterior da Sala A25



Figura 4.2.6.3 - Interior da Sala A25

Escola Pêro da Covilhã		
Sala A25		
Área	52,67 m ²	
Pé direito livre	3,08 m	
Volume	162,23 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 11 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Painéis de lâ de rocha	
Piso	Piso flutuante em madeira	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	4	Janelas em alumínio anodizado de cor cinzenta com espessura de vidro de 6 mm . Incorporado com basculantes metálicos nas janelas inferiores da sala
Elementos de Sobreamento	4	Estores de lâminas metálicas interiores de cor bege
Portas	Exteriores	
	Número	Características
	1	Porta em alumínio anodizado incluindo envidraçado de 6mm
Pontos de Iluminação	Características	
	Número	
	4	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	Número	
	2	Móveis em aglomerado de madeira
Número de Alunos	30 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	42%	
Número de Carteiras	17	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	31	
Outras Fontes de Calor	1 Projector / 2 radiadores de Parede	

Figura 4.2.6.4 - Tabela de caraterísticas da sala A25

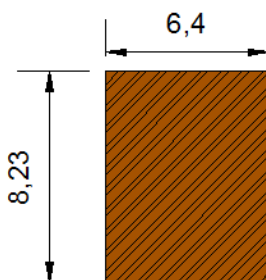


Figura 4.2.6.5 - Imagem em planta da sala A25

4.3 Escola de Santo António

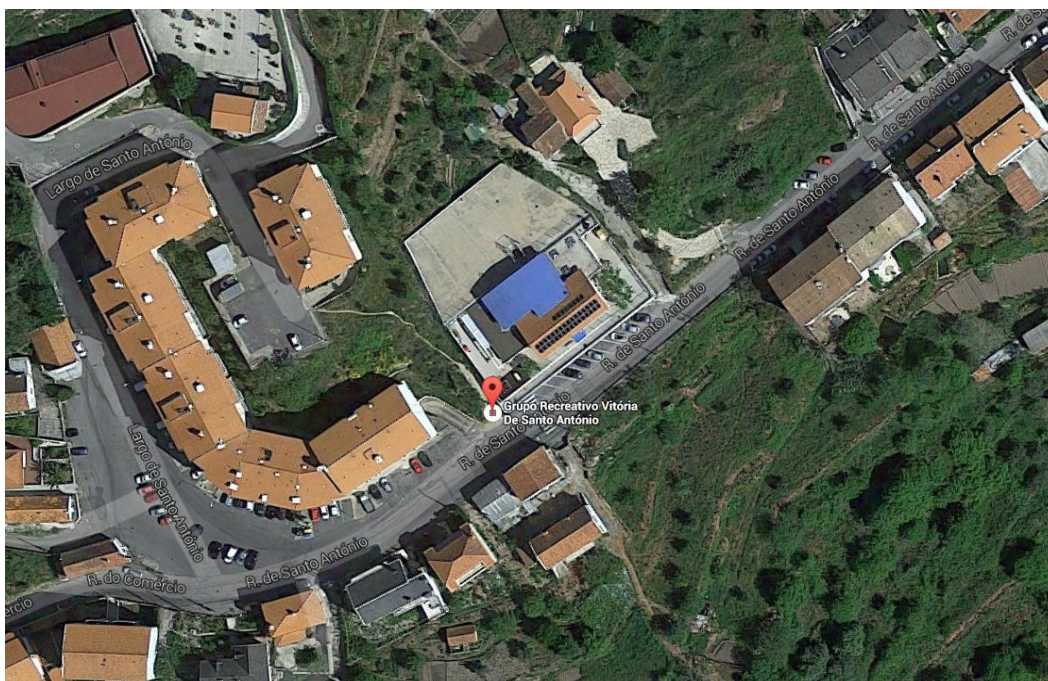


Figura 4.2.6.1 - Imagem de Satélite referente à localização da escola de Santo António, Covilhã



Figura 4.2.6.2 - Imagem identificativa da Escola de Santo António, Covilhã

A Escola Básica de St António está situada num bairro da cidade da Covilhã, o bairro de Santo António.

O seu espaço escolar é limitado a:

- **Norte:** prédios de habitação
- **Sul:** estrada de St António
- **Este:** prédios de habitação
- **Oeste:** prédios de habitação

A escola básica de St. António é um estabelecimento de ensino público construído entre os anos 1941 e 1956, com um total de quatro salas.

Em 2003 sofreu obras de ampliação com a construção de novas salas de aula, configurando-se no final por um edifício de dois andares, onde no piso 0 engloba um sector do 1º Ciclo e pré-escolar e no piso 1 o 1º Ciclo.

O piso 0 é constituído 3 casas de banho, 2 salas de aula, uma sala de ATL e 1 sala de refeições. No piso 1 incorpora uma biblioteca escolar, uma sala de professores, 1 gabinete e 2 salas de aula.

No âmbito do nosso estudo escolhemos uma sala de aula no piso 0, (sala 1º ano) e uma sala no piso 1 (sala do 4º), visto tratarem-se de salas de aula que diferem na orientação das suas fachadas envidraçadas e na sua localização no edifício.

A capacidade máxima de alunos nestas salas é de 26 alunos. Todas as salas têm 20 carteiras, uma secretária do professor e dois armários. A caixilharia é em alumínio lacado com vidro duplo e o pavimento é revestido em parquê de madeira ou revestimento vinílico.

Estas salas têm uma ocupação diária de 7 horas, com início das aulas às 9h00 e seu término pelas 17h30, com intervalos de 30 minutos após cada bloco de 120 minutos e período de almoço entre as 13h00 e as 14h30.

Alguns alunos frequentam o ATL entre as 7h 30 m e as 9h00 e após as 16 horas. Esta Escola é frequentada por um total de 96 alunos.

4.3.1 Sala de Aula SA2

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao fato de estar posicionada no piso 0 na extremidade do edifício, tendo assim duas fachadas em contato com o exterior, o que poderá ter interesse para verificar o comportamento térmico e a influência na incidência de luz natural. A fachada com maior área envidraçada está orientada a sudeste e a outra a nordeste.



Figura 4.3.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala SA2 na Escola de St. António



Figura 4.3.1.2 - Exterior da sala SA2



Figura 4.3.1.3 - Interior da sala SA2

Escola de Santo António		
Sala SA2		
Área	68,19 m ²	
Pé direito livre	3,06 m	
Volume	208,67 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Reboco pintado	
Piso	Parquê em madeira e revestimento vinílico	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	4	Janelas em alumínio lacado de cor azuk com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	4	Blackout em plástico de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
	1	Porta em madeira
Pontos de Iluminação	Características	
	Número	Características
	5	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	Número	Características
	1	Móvel com lavatório e pedra de mármore
	2	Móveis aglomerado de madeira
Número de Alunos	26 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	82%	
Número de Carteiras	17	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	29	

Figura 4.3.1.4 - Tabela de caraterísticas da sala SA2

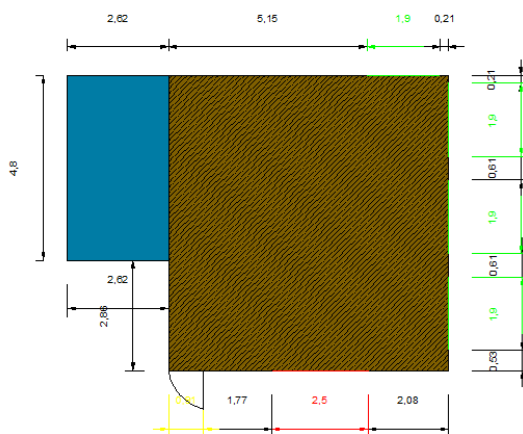


Figura 4.3.1.5 - Imagem em planta da sala SA2

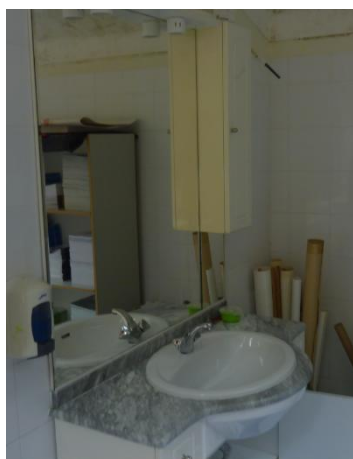


Figura 4.3.1.6 - Móvel com lavatório e pedra e mármore



Figura 4.3.1.7 - Porta em madeira

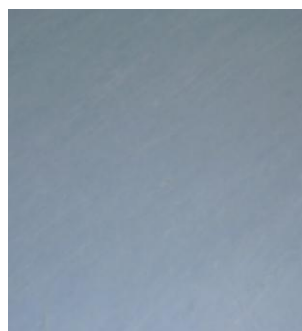


Figura 4.3.1.9 - Revestimento vinílico

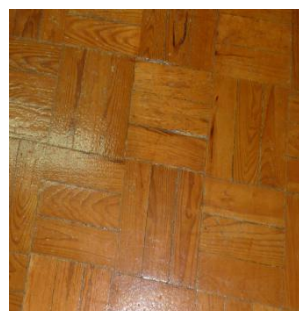


Figura 4.3.1.8 - Parquê em madeira

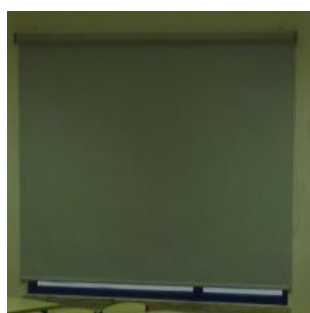


Figura 4.3.1.11 - Blackout em Plástico



Figura 4.3.1.10 - Janelas exteriores



Figura 4.3.1.12 - Iluminarias

4.3.2 Sala de Aula SA4

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de estar localizada ao contrário da sala SA2 no piso 1, tendo as suas fachadas envidraçadas orientadas a sudoeste e a sudeste.



Figura 4.3.1.13 - Localização por satélite referente à localização da sala SA4 na Escola de St. António



Figura 4.3.1.15 - Exterior da sala SA4



Figura 4.3.1.14 - Interior da sala SA4

Escola de Santo António		
Sala SA4		
Área	66,49 m ²	
Pé direito livre	3,06 m	
Volume	197,68 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Reboco pintado	
Piso	Parquê em madeira e revestimento vinílico	
Exteriores		
Janelas	Número	Características
	4	Janelas em alumínio lacado de cor azul com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	4	Blackout em plástico de cor bege
Interiores		
Portas	Número	Características
	1	Porta em aglomerado de madeira
Pontos de Iluminação	Número	Características
	5	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	1	Móvel com lavatório e pedra de mármore
	2	Móveis aglomerado de madeira
Número de Alunos	26 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	82%	
Número de Carteiras	19	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	32	
Outras Fontes de Calor	2 radiadores de Parede	

Figura 4.3.1.16 - Tabela de caraterísticas da sala SA4

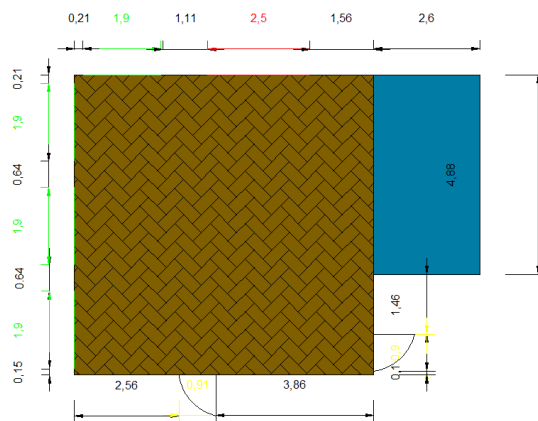


Figura 4.3.1.17 - Imagem em planta da sala SA4

A escola básica do Rodrigo fica situada num bairro da cidade da Covilhã sendo o seu espaço escolar limitado a:

- **Norte:** prédios de habitação
- **Sul:** Rua Mateus Fernandes
- **Este:** vivendas de habitação com pequenos quintais
- **Oeste:** prédios de habitação

A escola do Rodrigo é um estabelecimento de ensino público construído entre 1941 e 1956 no âmbito do “*Plano dos Centenários*”, com ocupação do edifício exclusivamente escolar com 8 salas de aula.

Em 2001 sofreu obras de ampliação com a construção de novas salas de aula. Nesse sentido escolhemos 3 salas de aula da Escola Básica para este estudo. Este pavilhão de dois andares é constituído por no piso 0 compreender um sector do 1º Ciclo e um piso 1 também com 1º Ciclo.

O piso 0 engloba 3 casas de banho, 4 salas de aula, uma sala ATL, 1 sala de refeições, uma biblioteca escolar, uma sala de professores, um ginásio, 2 gabinetes e 2 dispensas. O piso 1 contém 4 salas de aula.

Para o nosso estudo escolhemos uma sala de aula no piso 0, (sala 1º ano) e duas salas no 1º andar (salas do 2º e 3º ano) já que são 3 tipos de salas diferentes ao nível de orientação de fachadas e de ocupação.

A capacidade máxima de alunos nestas salas é de 26 alunos, tendo todas as salas cerca de 20 carteiras, uma secretária do professor e armários.

Todas as salas têm caixilharia de alumínio com vidro duplo, piso flutuante aglomerado de madeira e as portas da sala são em madeira.

Estas salas têm uma ocupação diária de 7 horas, com início das aulas às 9h00 e seu término pelas 17h30, com intervalos de 30 minutos após cada bloco de 120 minutos e período de almoço entre as 13h00 e as 14h30. Alguns alunos frequentam o ATL entre as 7h 30 m e as 9h00 e após as 16 horas.

Esta Escola é frequentada por um total 196 alunos.

4.4.1 Sala de Aula R1A

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se ao facto de estar posicionada no piso 0 na extremidade do edifício, tendo duas fachadas em contato com o exterior, o que poderá ter interesse para verificar o comportamento térmico e às condições de iluminação natural. A sua fachada envidraçada está orientada a sudeste.

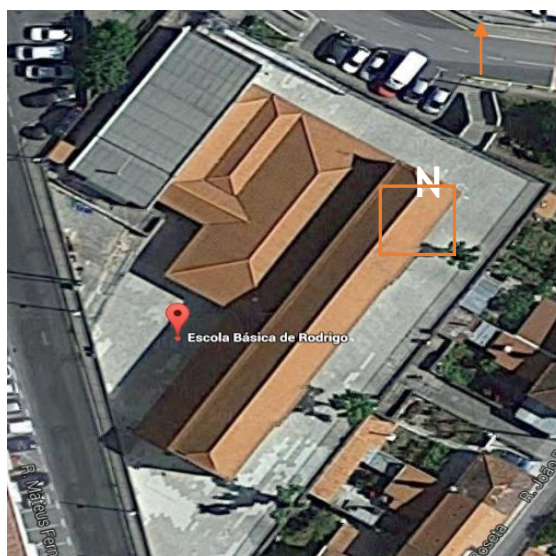


Figura 4.4.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala R1A na Escola do Rodrigo



Figura 4.4.1.2 - Exterior da sala R1A



Figura 4.4.1.3 - Interior da Sala R1A

Escola de Rodrigo		
Sala R1A		
Área	72,32 m ²	
Pé direito livre	3,08 m	
Volume	222,74 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Teto falso juntamente com placas de aglomerado de madeira pintada	
Piso	Pavimento flutuante em aglomerado de madeira	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	3	Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	3	Blackout em plástico de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
	1	Porta em madeira
Pontos de Iluminação	Características	
	Número	6
		Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	Número	2
		Móveis de aglomerado de madeira
Número de Alunos	26 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	100%	
Número de Carteiras	20	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	42	
Outras Fontes de Calor	2 Radiadores de Parede	

Figura 4.4.1.4 - Tabela de características da sala R1A

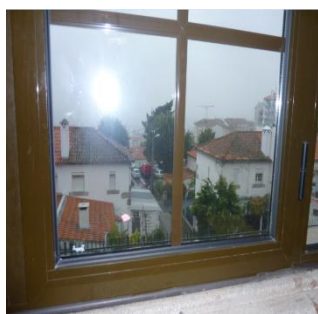


Figura 4.4.1.6 - Caixilharia

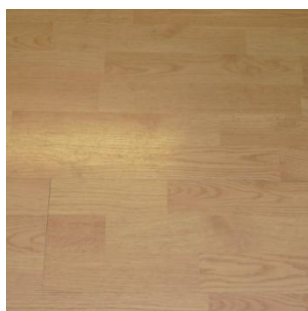


Figura 4.4.1.7 - Pavimento flutuante



Figura 4.4.1.8 - Luminárias



Figura 4.4.1.5 - Porta em Madeira

4.4.2 Sala de Aula R2B

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 1 do edifício, tendo duas fachadas em contato com o exterior, e sendo a sua fachada envidraçada orientada a sudeste.

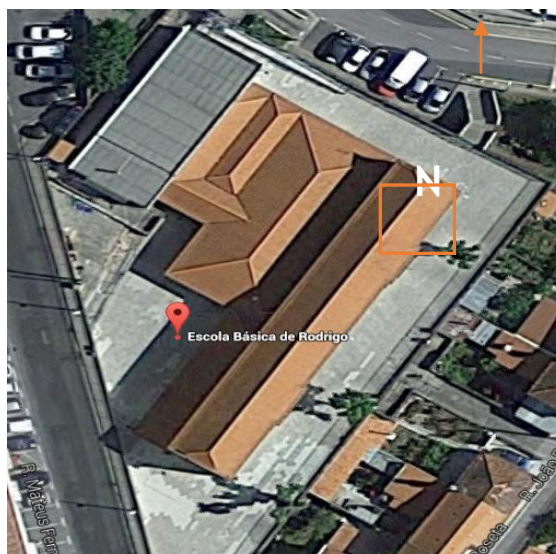


Figura 4.4.1.9 - Localização por satélite referente à localização da sala R2B na Escola do Rodrigo



Figura 4.4.1.11 - Exterior da sala R1A



Figura 4.4.1.10 - Interior da sala R2B

Escola de Rodrigo		
Sala R2B		
Área	72,32 m ²	
Pé direito livre	3,08 m	
Volume	222,74 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Teto falso juntamente com placas de aglomerado de madeira pintada	
Piso	Pavimento flutuante em aglomerado de madeira	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	3	Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	3	Blackout em plástico de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	2	Móveis de aglomerado de madeira
Número de Alunos	26 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	100%	
Número de Carteiras	18	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	37	
Outras Fontes de Calor	2 Radiadores de Parede	

Figura 4.4.1.12 - Tabela de características da sala R2B

4.4.3 Sala de Aula 5

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 1 do edifício, numa fração distinta das salas anteriores, no bloco do lado esquerdo do edifício. Tem três fachadas em contato com o exterior, sendo que a sua fachada localizada a sudoeste apresenta vários sintomas de infiltração de água e acumulação de humidade de condensação acentuada no interior da sala. A sua fachada envidraçada é orientada a sudeste.



Figura 4.4.1.13 - Localização por satélite referente à localização da sala R5 na Escola do Rodrigo

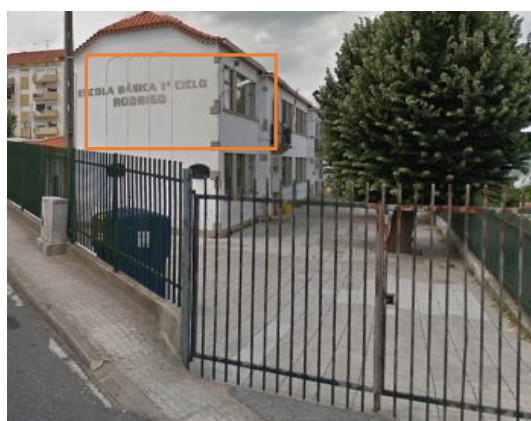


Figura 4.4.1.15 - Exterior da sala R5



Figura 4.4.1.14 - Interior da sala R5

Escola de Rodrigo		
Sala R5		
Área	72,32 m ²	
Pé direito livre	3,08 m	
Volume	222,74 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada	
Piso	Pavimento flutuante em aglomerado de madeira	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	3	Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	3	Blackout em plástico de cor bege
Portas	Interiores	
	Número	Características
	1	Porta em madeira
Pontos de Iluminação	Características	
	Número	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	Número	Móveis de aglomerado de madeira
Número de Alunos	26 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	100%	
Número de Carteiras	19	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	36	
Outras Fontes de Calor	2 Radiadores de Parede	

Figura 4.4.1.16 - Tabela de caraterísticas da sala R5

4.5 Escola do Refúgio



Figura 4.4.1.1 - Imagem de satélite referente à localização da escola do Refúgio, Covilhã



Figura 4.4.1.2 - Imagem identificativa da escola do Refúgio, Covilhã

A escola Básica com Jardim de Infância do Refúgio fica situada na rua Grupo Recreativo Refugiense, no Refúgio, junto da associação Grupo Recreativo Refugiense, na EN18. O seu espaço escolar é limitado a:

- **Norte:** prédios de habitação - Rua do Forno
- **Sul:** Estrada Nacional 18
- **Este:** prédios de habitação
- **Oeste:** Restaurante

A escola do Refúgio é um estabelecimento de ensino público construído entre 1941 e 1956 no âmbito do “*Plano dos Centenários*”, com ocupação do edifício exclusivamente escolar com 3 salas de aula.

Em 2002 sofreu obras de ampliação com a construção de novas salas de aula e um Jardim de Infância. O edifício é constituído por dois andares, nomeadamente no piso 0 funciona um sector do 1º Ciclo e outro do Pré-escolar.

O Pré-escolar tem uma sala de atividades, um vestiário, um gabinete, uma dispensa, duas casas de banho, uma sala de apoio as atividades de apoio à família e uma copa.

O piso 0 engloba três casas de banho, uma sala de aula, uma sala ATL, uma sala de refeições e uma biblioteca escolar. O piso 1 fazem parte um hall, uma casa de banho, uma sala de professores, três salas de aula, uma sala de informática, um gabinete e uma dispensa.

Para o nosso estudo escolhemos uma sala de aula no rés-do-chão, (sala 1º ano) e duas salas no 1º andar (salas do 2º e 3º ano) já que são 3 tipos de salas com orientações, dimensões e características constitutivas diferentes, sendo que o piso 1 foi sujeito a reabilitação total na edificação.

A capacidade máxima de alunos nestas salas é de 26 alunos. Todas as salas têm 20 carteiras, uma secretaria de professor e armários. Todas as salas têm caixilharia em PVC com vidro duplo. O pavimento é revestido a vinil e as portas da sala são em madeira.

Estas salas têm uma ocupação diária de 7 horas, com início das aulas às 9h00 e seu término pelas 17h30, com intervalos de 30 minutos após cada bloco de 120 minutos e período de almoço entre as 13h00 e as 14h30. Alguns alunos frequentam o ATL entre as 7h 30 m e as 9h00 e após as 16 horas esta escola é frequentada por 96 alunos no 1º Ciclo e por 25 alunos do Jardim de Infância.

4.5.1 Sala de aula RE1

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 0 do edifício. A sua fachada envidraçada encontra-se orientada a sul.



Figura 4.5.1.1 - Localização por satélite referente à localização da sala RE1 na escola do Rodrigo



Figura 4.5.1.3 -Exterior da Sala RE1



Figura 4.5.1.2 - Interior da sala RE1

Escola de Refugio		
Sala RE1		
Área	48,5 m ²	
Pé direito livre	3,5 m	
Volume	169,75 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada	
Piso	Pavimento vinílico	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	3	Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	3	Blackout em tecido
Portas	Interiores	
	Número	Características
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	2	Móveis de aglomerado de madeira
Número de Alunos	26 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	100%	
Número de Carteiras	21	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	36	
Outras Fontes de Calor	2 radiadores de Parede	



Figura 4.5.1.4 - Luminárias

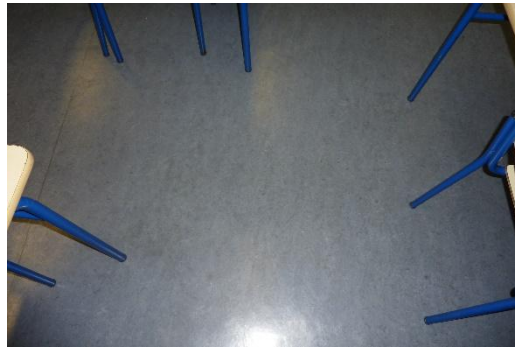


Figura 4.5.1.5 - Pavimento



Figura 4.5.1.6 - Janelas

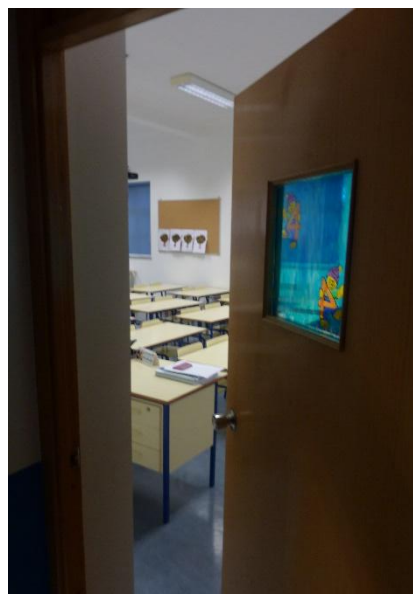


Figura 4.5.1.7 - Porta de Sala de Aula

4.5.2 Sala de aula RE2

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 1 do edifício. A sua fachada envidraçada encontra-se orientada a sul porém foi âmbito de reabilitação. Neste sentido seria interessante estudar as condições da mesma a nível do conforto e da qualidade do ar interior.



Figura 4.5.1.8 - Localização por satélite referente à localização da sala RE2 na escola do Rodrigo



Figura 4.5.1.9 - Exterior da sala RE2



Figura 4.5.1.10 - Interior da sala RE2

Escola de Refúgio		
Sala RE2		
Área	51,24 m ²	
Pé direito livre	3,5 m	
Volume	179,34 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada	
Piso	Pavimento vinílico	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	3	Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	3	Blackout em tecido
Portas	Interiores	
	Número	Características
	1	Porta em madeira
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	2	Móveis de aglomerado de madeira
Número de Alunos	25 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	100%	
Número de Carteiras	20	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	34	
Outras Fontes de Calor	2 radiadores de Parede	

Figura 4.5.1.11 - Tabela de caraterísticas da sala RE2

4.5.3 Sala de aula RE3

A escolha desta sala para âmbito do nosso estudo deveu-se à sua localização no piso 0 do edifício. A sua fachada envidraçada encontra-se orientada a sudoeste.



Figura 4.5.1.12 - Localização por satélite referente à localização da sala RE3 na escola do Rodrigo



Figura 4.5.1.13 - Interior da sala R3

Escola de Refugio		
Sala RE3		
Área	47,14 m ²	
Pé direito livre	3,5 m	
Volume	165 m ³	
Paredes	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face	
Teto	Teto falso com placas de aglomerado de madeira pintada	
Piso	Pavimento vinílico	
Janelas	Exteriores	
	Número	Características
	3	Janelas em alumínio lacado de cor castanha com vidro duplo de espessura 12 mm .
Elementos de Sobreamento	3	Blackout em tecido
Portas	Interiores	
	Número	Características
	1	Porta em madeira
Pontos de Iluminação	Número	Características
	6	Luminárias P11/24 com 2 lâmpadas de 40 W
Complementos	Interiores	
	2	Móveis de aglomerado de madeira
Número de Alunos	22 (máx. / hora)	
Idade Média de Alunos	11 (dos 10 aos 12 anos)	
% Média de Ocupação	100%	
Número de Carteiras	19	
Número de Quadros	1	
Número de Cadeiras	26	
Outras Fontes de Calor	2 radiadores de Parede	

Figura 4.5.1.14 - Tabela de caraterísticas da sala RE2

5. Medições registadas e análise de resultados

5.1 Formaldeído

5.2 Dióxido de carbono (co₂)

5.3 Monóxido de carbono (co)

5.4 Compostos orgânicos voláteis (cov ´ s)

5.5 Radão

5.6 Humidade relativa e temperatura ambiente

5.7 Iluminação

5.8 Acústica

5.9 Termografia

5.10 Resumo de Medições

5.1 Formaldeído

Escola Pêro da Covilhã

Escola Pêro da Covilhã												
Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm												
	Segunda-feira		Quarta-feira		Sexta-feira		Segunda-feira		Quarta-feira		Sexta-feira	
	16/11/2015		18/11/2015		20/11/2015		23/11/2015		25/11/2015		27/11/2015	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Exterior	0,00	0,02		0,00	0,01	0,00			0,00			
Sala A1	0,00	0,03		0,00	0,02	0,00			0,00			
					0,01							
Média	0,00	0,03		0,00	0,01	0,00			0,00			
	0,04	0,06		0,03	0,08	0,04			0,05			
Sala A1	0,04	0,06		0,03	0,09	0,04			0,05			
					0,09							
Média	0,04	0,06		0,03	0,09	0,04			0,05			
		0,06		0,03		0,00	0,01					0,01
Exterior		0,04		0,03		0,00	0,01					0,01
Sala A5		0,06										
Média		0,06		0,03		0,00	0,01					0,01
		0,01	0,01	0,11		0,01	0,01					0,02
Sala A5		0,01	0,00	0,12		0,01	0,02					0,03
				0,11			0,01					0,03
Média		0,01	0,01	0,11		0,01	0,01					0,03
Exterior	0,00			0,01	0,01	0,00						
Sala A6	0,00			0,00	0,01	0,01						
Média	0,00			0,01	0,01	0,01						
	0,01	0,01	0,02	0,10	0,03	0,01						
Sala A6	0,01	0,01	0,01	0,07	0,05	0,01						
			0,01	0,06	0,05							
Média	0,01	0,01	0,01	0,08	0,04	0,01						
Exterior				0,01		0,00		0,01				0,02
Sala A8				0,01		0,00		0,02				0,02
Média				0,01		0,00		0,02				0,02
	0,03		0,02	0,01		0,14		0,02				0,06
Sala A8	0,03		0,02	0,01		0,13		0,02				0,05
						0,12						0,05
Média	0,03		0,02	0,01		0,13		0,02				0,05
Exterior		0,02		0,03	0,01	0,00	0,01		0,00			
Sala A25		0,01		0,01	0,01	0,00	0,01		0,00			
		0,01		0,00								
Média		0,01		0,01	0,01	0,00	0,01		0,00			
		0,04		0,12	0,10	0,10	0,02		0,02			
Sala A25		0,02		0,21	0,11	0,11	0,02		0,02			
		0,02		0,21	0,09	0,11						
Média		0,03		0,18	0,10	0,11	0,02		0,02			
Exterior	0,00	0,02			0,01	0,00						
Sala A26	0,00	0,01			0,01	0,00						
		0,01										
Média	0,00	0,01			0,01	0,00						
	0,03	0,07	0,02	0,02	0,01	0,02						
Sala A26	0,03	0,07	0,03	0,02	0,01	0,02						
			0,03									
Média	0,03	0,07	0,03	0,02	0,01	0,02						

Figura 4.5.1.1 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola Pêro da Covilhã

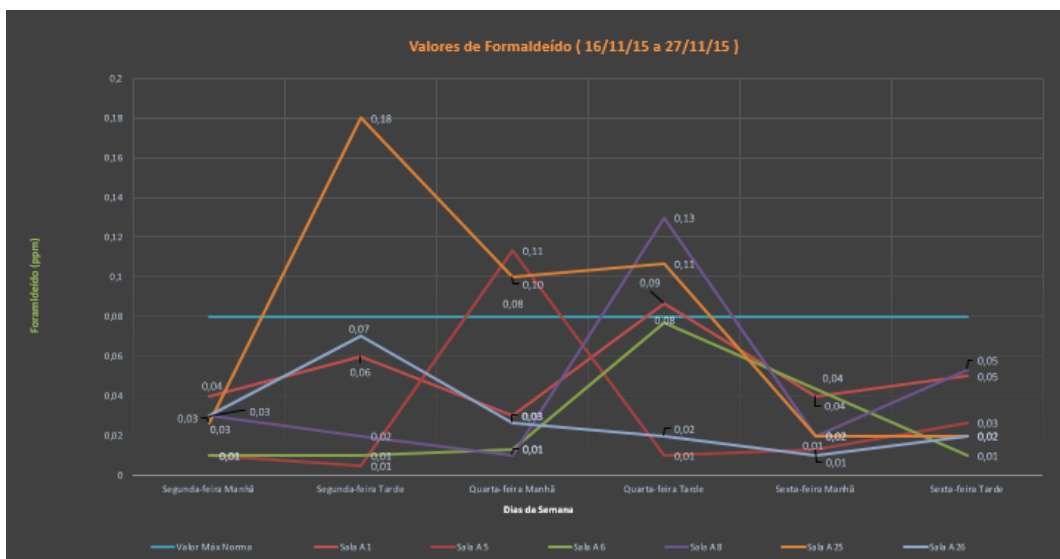


Figura 4.5.1.2 - - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola Pêro da Covilhã

Como se verifica nas figuras (Fig. 5.1.1 e Fig.5.1.2) apresentadas anteriormente podemos constatar que os valores de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 16/11/15 e 27/11/15, nas seis salas em estudo da escola Pêro da Covilhã, encontram-se na maioria abaixo do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,01 e 0,11 ppm.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário são idênticos teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

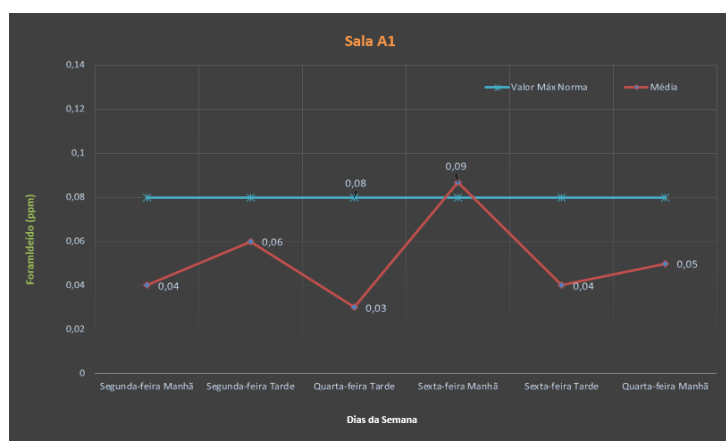


Figura 4.5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A1 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.3, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,03 e 0,09 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm apenas na sexta-feira da parte da manhã, registando um valor de 0,09 ppm, decrescendo durante a tarde.

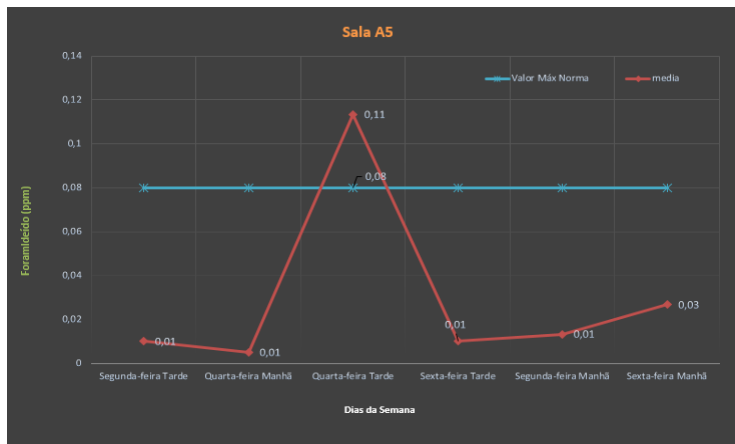


Figura 4.5.1.4 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A5 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.4, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm apenas na quarta-feira da parte da tarde, registando um valor de 0,11 ppm, decrescendo durante a tarde, mantendo-se na restante semana e no início da seguinte entre os intervalos de 0,01 e 0,03 ppm.

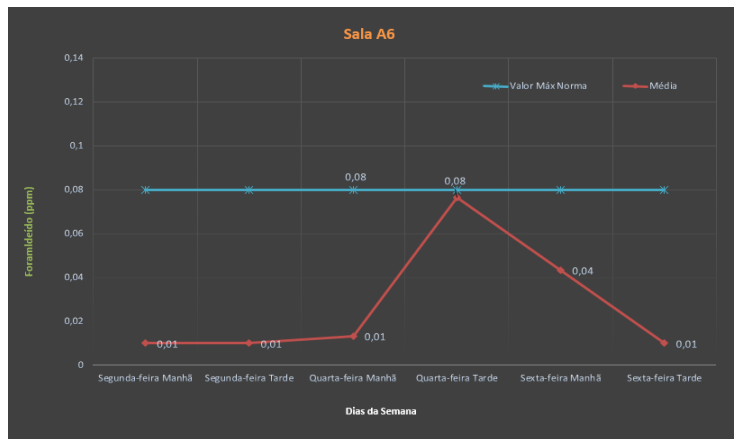


Figura 4.5.1.5 . Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A6 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.5, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,08 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm, apenas registando na quarta-feira de tarde o seu maior valor de 0,08 ppm.

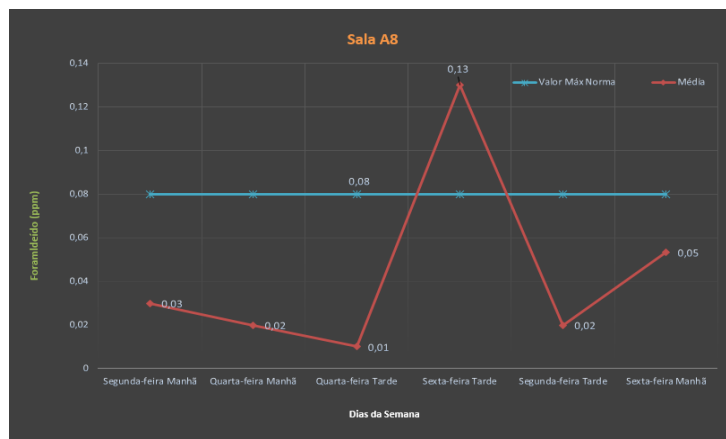


Figura 4.5.1.6 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A8 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.6, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,13 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm apenas na sexta-feira da parte da tarde, registando um valor de 0,13 ppm.

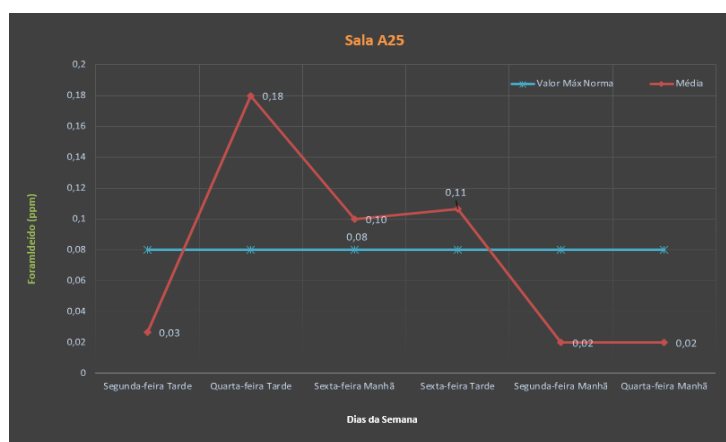


Figura 4.5.1.7 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.7, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,02 a 0,18 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm praticamente em toda a 1ª semana, registando o seu valor máximo de 0,18 ppm na quarta-feira de tarde, decrescendo nos dias seguintes da semana, mas apenas na segunda-feira da 2ª semana regista valores abaixo do valor de referência.

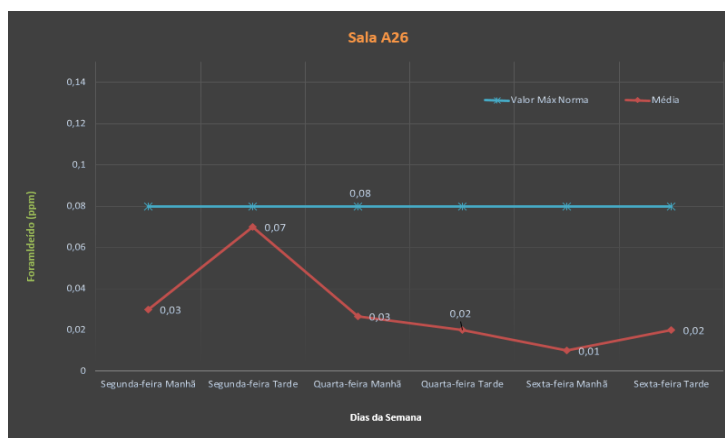


Figura 4.5.1.8 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala A25 da escola Pêro da Covilhã

Em análise da Fig. 5.1.8, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,01 a 0,07 ppm, nunca ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm, apenas registando na segunda-feira de tarde o seu maior valor de 0,07 ppm

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, e sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos, e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala A5 e de 0,13 ppm na sala A8, são valores pontuais visto decrescerem no decorrer das horas seguintes. Estas variações podem ter sido originadas por limpeza do pavimento ou utilização de alguns materiais dentro da sala de aula, nomeadamente materiais nas atividades de artes plásticas que originassem a subida do valor deste parâmetro. As descidas acentuadas de valores podem ser explicadas pelo aumento de ventilação nomeadamente abertura de janelas.
- Quanto aos valores obtidos na sala A25, praticamente na 1ª semana todos ultrapassam o valor recomendando de 0,08 ppm. A explicação para o registo destes valores poderá estar na libertação de componentes dos materiais em aglomerado de madeira existentes na sala, de equipamentos em funcionamento, visto tratar-se de uma sala de música.

- Ao que diz respeito aos valores obtidos nas salas A6 e A26 estes não representam qualquer risco para os utilizadores, visto não ultrapassarem o valor recomendado de 0,08 ppm.

Escola de Santo António

Tabela 5.1.1 - Tabela 5.1.1 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola de Santo António

Escola básica do 1º ciclo Stº António						
Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm						
	Segunda-feira		Quarta-feira		Sexta-feira	
	04/04/2016		06/04/2016		08/04/2016	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Rua entrada principal	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	
	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	
Média	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	
Sala SA2	0,04	0,11	0,14	0,11	0,02	
	0,04	0,11	0,09	0,11	0,03	
			0,10		0,02	
Média	0,04	0,11	0,11	0,11	0,02	
Sala SA4	0,08	0,10	0,12	0,02	0,18	
	0,09	0,13	0,10	0,03	0,20	
		0,13		0,03	0,22	
Média	0,09	0,12	0,11	0,03	0,20	
Rua acesso recreio piso 1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	
	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	
Média	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	

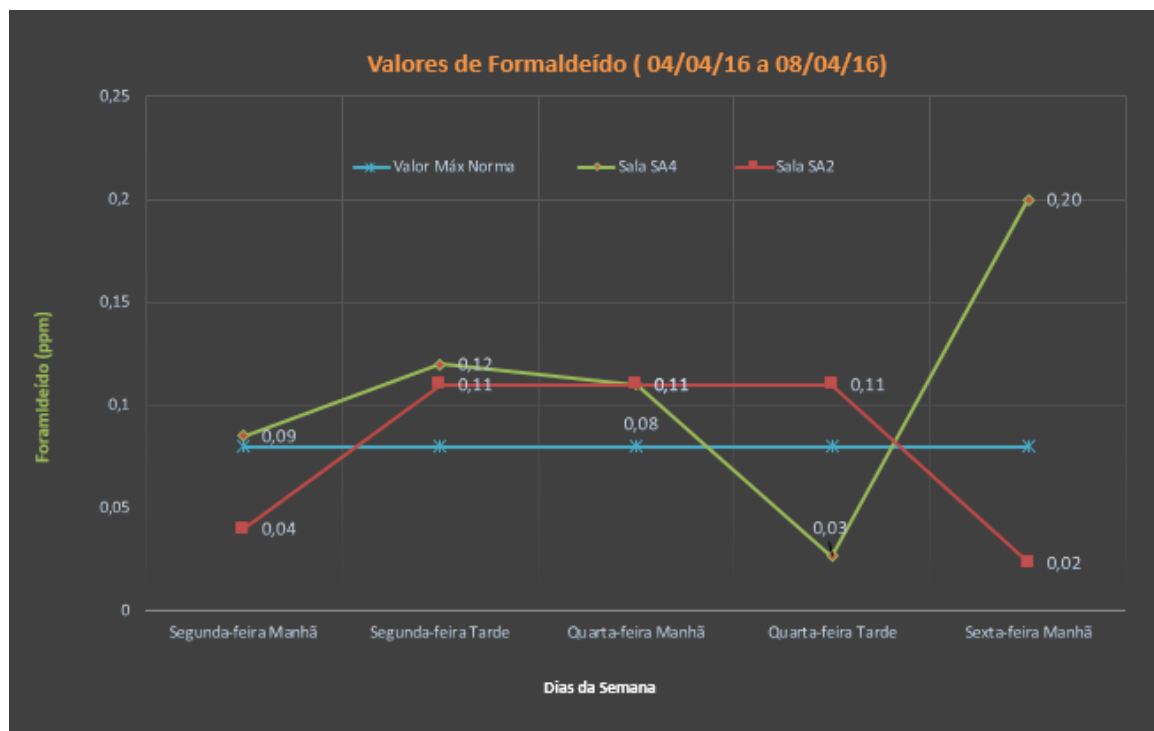


Figura 4.5.1.9 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola de Santo António

Como se verifica na tabela 5.1.1 e na Fig.5.1.9 apresentadas anteriormente podemos constatar que os valores de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 04/04/16 e 08/04/16, nas duas salas em estudo da escola de Santo António, encontram-se quase sempre acima do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,02 e 0,20 ppm.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário é idêntico teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

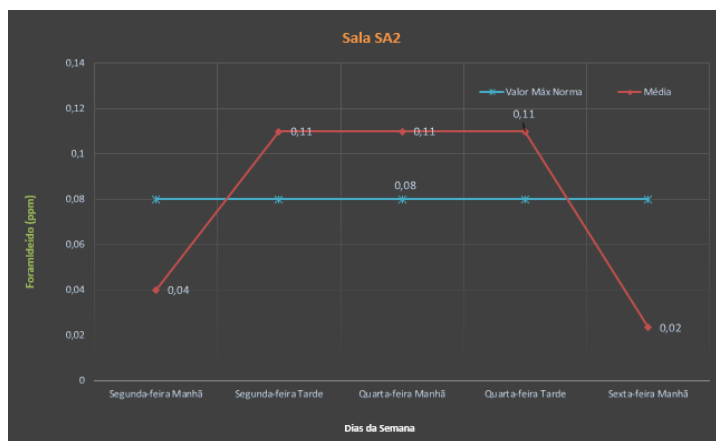


Figura 4.5.1.10 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA2 de Santo António

Em análise da Fig. 5.1.10, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,02 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm praticamente em toda a semana, iniciando-se com uma subida acentuada na segunda-feira de manhã, até registar o seu valor máximo de 0,11 ppm, entre segunda-feira de tarde e quarta-feira de tarde, decrescendo até um valor mínimo de 0,02 ppm na sexta-feira.

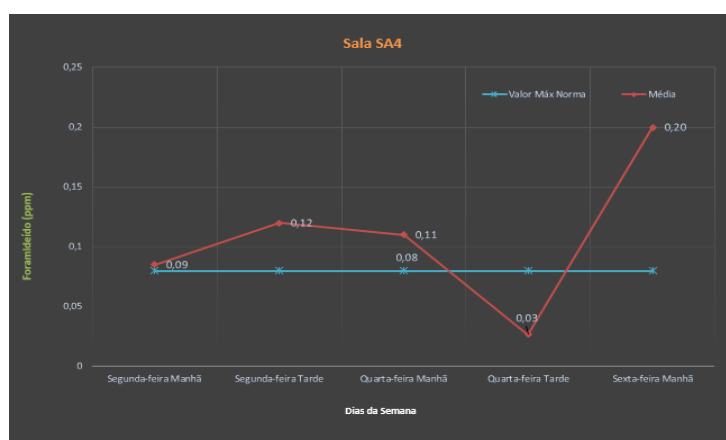


Figura 4.5.1.11 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala SA4 de Santo António

Em análise da Fig. 5.1.11, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,03 a 0,20 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm praticamente em toda a semana, iniciando-se na segunda-feira de manhã, até registar o seu valor máximo de 0,12 ppm. Durante o dia de quarta-feira os valores registados obtêm um decréscimo, voltando a subir acentuadamente durante a semana atingindo o seu valor máximo de 0,20 ppm, muito acima do valor de referência.

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, e sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos, e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala SA2 podem ter sido originados pela utilização de alguns materiais, ou de equipamentos dentro da sala de aula, que originassem a subida do valor deste parâmetro. O facto deste valor se ter mantido nos restantes dias da semana pode ser explicado pela insuficiente ventilação, nomeadamente a não abertura de janelas.
- Quanto aos valores obtidos na sala SA4, praticamente durante a semana ultrapassam o valor recomendando de 0,08 ppm. A explicação para o registo destes valores poderá estar na libertação de componentes dos materiais em aglomerado de madeira existentes na sala, de equipamentos em funcionamento ou na utilização de materiais nomeadamente de artes plásticas, acentuando-se no final da semana, atingindo o valor de 0,20 ppm, muito acima do valor de referência, causado pela continuidade das ações e condições sem um aumento de ventilação.

Escola do Rodrigo

Tabela 5.1.2 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola do Rodrigo

Escola básica do 1º ciclo do Rodrigo						
Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm						
	Segunda-feira		Quarta-feira		Sexta-feira	
	09/05/2016		11/05/2016		13/05/2016	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Exterior	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Média	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Sala R1A	0,11	0,07	0,07		0,08	0,08
	0,11	0,06	0,07		0,09	0,08
Média	0,11	0,07	0,07		0,09	0,08
Sala R2B	0,08	0,13	0,09		0,13	0,07
	0,10	0,13	0,09		0,13	0,07
Média	0,09	0,13	0,09		0,13	0,07
Sala 5	0,13	0,17	0,14		0,14	0,13
	0,15	0,17	0,14		0,14	0,13
Média	0,14	0,17	0,14		0,14	0,13

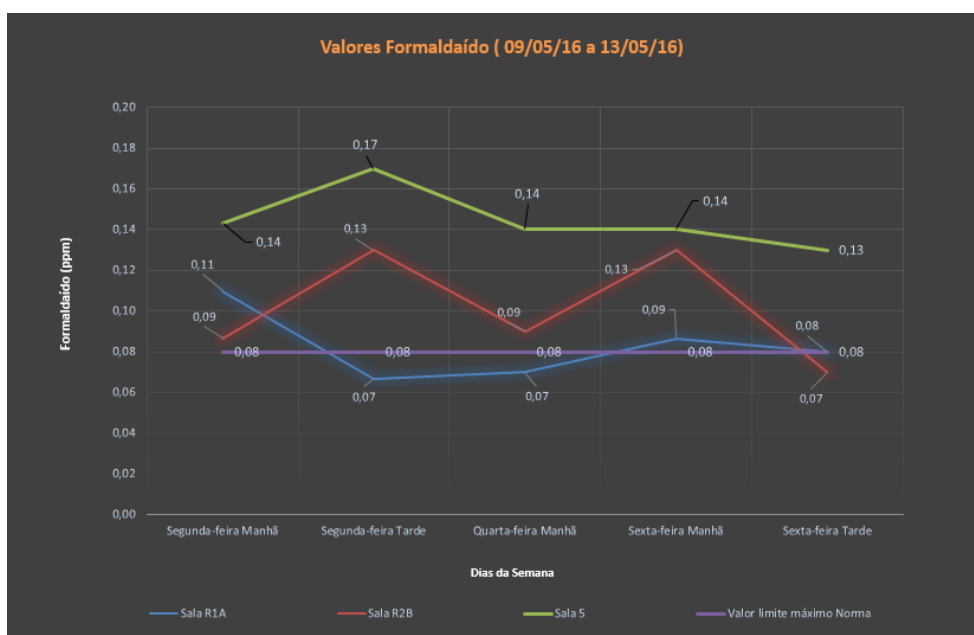


Figura 4.5.1.12 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola do Rodrigo

Como se verifica na tabela, (tabela 5.1.2) e figura (Fig. 5.1.12) apresentadas anteriormente podemos constatar que os valores de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 09/05/16 e 13/05/16, nas três salas em estudo da escola do Rodrigo, que se

encontram na maioria acima do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,07 e 0,17 ppm. Podemos assim concluir que este parâmetro corresponde a um risco para a saúde dos utilizadores destas salas.

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, de utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário é idêntico teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

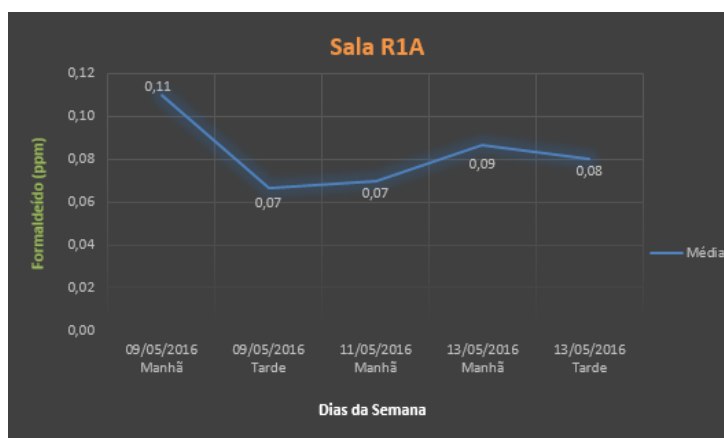


Figura 4.5.1.13 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo

Em análise da Fig. 5.1.13, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,07 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm na maior parte da semana, tendo o seu maior pico sido alcançado na segunda - feira de manhã, decrescendo durante a tarde, mantendo-se durante a restante semana entre os intervalos de 0,07 e 0,09 ppm.

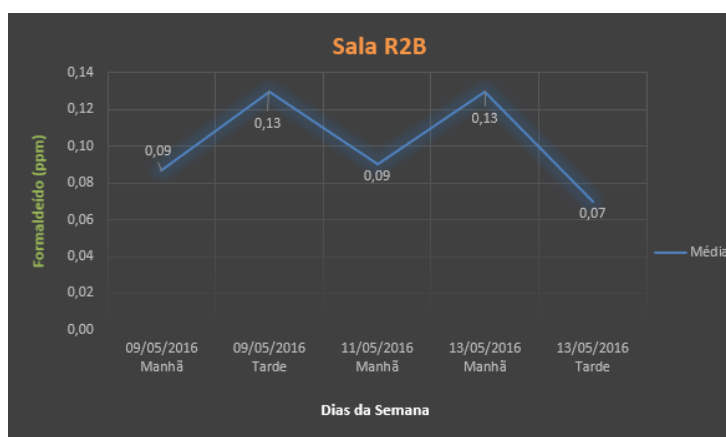


Figura 4.5.1.14 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala R2B da escola do Rodrigo

Em análise da Fig. 5.1.14, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,09 a 0,19 ppm, muito acima do valor de referência de 0,08 ppm em praticamente toda a semana, tendo sido registados dois grandes picos de valor de 0,13 ppm, segunda - feira de tarde, e sexta-feira de manhã, terminando no final da semana com o único valor aceitável de 0,07 ppm.

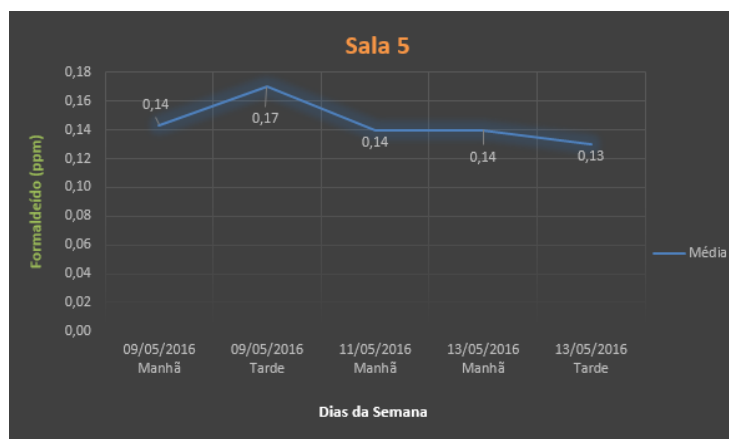


Figura 4.5.1.15 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo

Em análise da Fig. 5.1.15, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,13 a 0,17 ppm, muito acima do valor de referência de 0,08 ppm em todos os dias da semana, tendo sido o seu maior valor 0,17 registado segunda - feira de tarde.

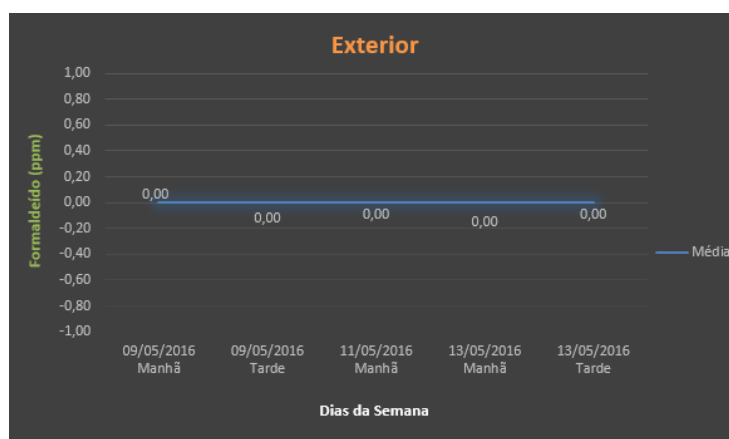


Figura 4.5.1.16 - Resultados de formaldeído referente ao exterior da escola do Rodrigo

Em análise da Fig. 5.1.16, pode verificar-se que não foi registado qualquer valor de formaldeído no exterior do edifício, obtendo um valor de 0,0 ppm.

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, e sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos, e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala R1A e de 0,13 ppm na sala R2B, são valores pontuais visto decrescerem no decorrer das horas seguintes. Estas variações podem ter sido originadas por limpeza do pavimento ou utilização de alguns materiais dentro da sala de aula, nomeadamente materiais nas atividades de artes plásticas que originassem a subida do valor deste parâmetro. As descidas acentuadas de valores podem ser explicadas pelo aumento de ventilação nomeadamente abertura de janelas.
- Quanto aos valores obtidos na sala 5, todos ultrapassam o valor recomendando de 0,08 ppm. A explicação para o registo destes valores poderá estar na libertação de componentes dos materiais em aglomerado de madeira existentes na sala, de equipamentos em funcionamento, ou devido ao facto da sala de se localizar em frente a uma sala de informática.

Escola do Refúgio

Tabela 5.1.3 - Tabela referente aos resultados de Formaldeído recolhidos na escola do Refúgio

Escola básica do 1º ciclo do Refúgio						
Medições de Formaldeído (HCHO) - ppm						
	Segunda-feira		Quarta-feira		Sexta-feira	
	02/05/2016		04/05/2016		06/05/2016	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Rua	0,01	0,01	0,00		0,01	0,00
	0,01	0,01	0,00		0,01	0,00
Média	0,01	0,01	0,00		0,01	0,00
Sala RE1	0,01	0,08	0,09		0,08	
	0,03	0,05	0,13		0,08	
	0,03	0,03	0,11			
Média	0,02	0,05	0,11		0,05	0,00
Sala RE2	0,14	0,15	0,17		0,09	
	0,15	0,08	0,19		0,09	
	0,15	0,08	0,16			
Média	0,15	0,10	0,17		0,09	0,00
Sala RE3	0,08	0,10	0,11		0,10	
	0,07	0,10	0,13		0,10	
Média	0,08	0,10	0,12		0,10	0,00

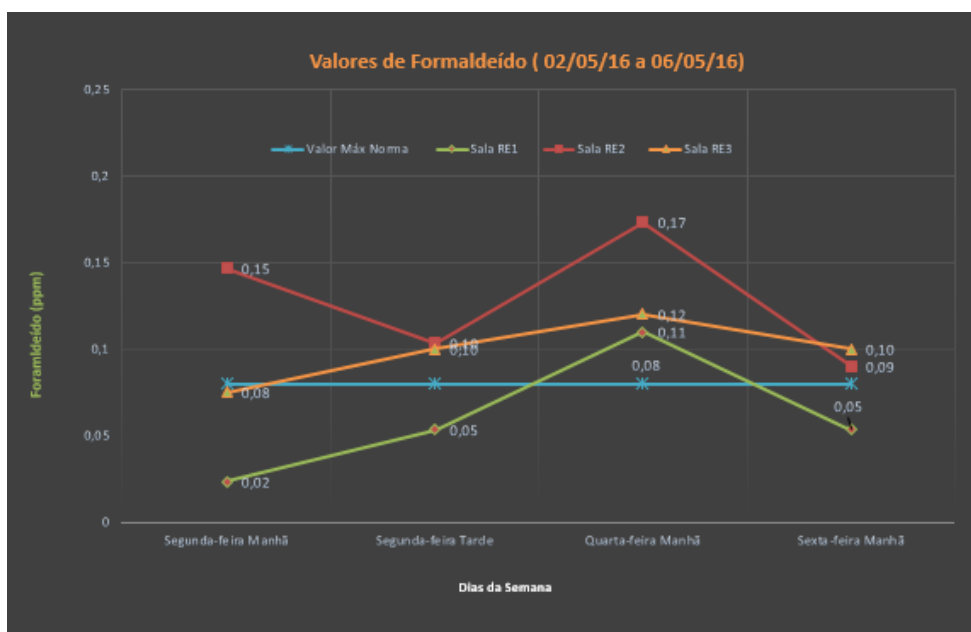


Fig. 5.1.16 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido nas salas da escola do Refúgio

Como se verifica na tabela, (tabela 5.1.3) e figura (Fig. 5.1.16) apresentadas anteriormente podemos constatar que os valores de formaldeído recolhidos no período compreendido entre os dias 02/05/16 e 06/05/16, nas três salas em estudo da escola do Refúgio, que se encontram na maioria acima do valor máximo admissível de 0,08 ppm, variando entre intervalos de 0,02 e 0,17

Tendo em consideração que cada sala tem variações diferentes, sendo que a sua utilização é idêntica, de utilização escolar, e os equipamentos e mobiliário é idêntico teremos de analisar em pormenor a variação de valores de cada sala de aula.

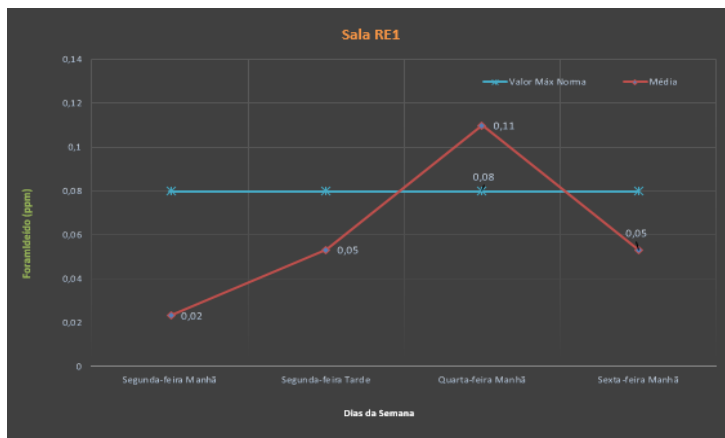


Figura 4.5.1.17 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE1 da escola do Refúgio

Em análise da Fig. 5.1.17, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,02 a 0,11 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm apenas na quarta-feira de manhã, registando um valor de 0,11 ppm.

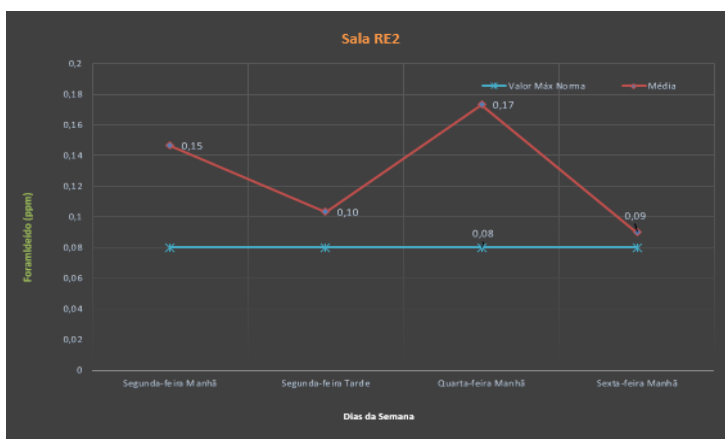


Figura 4.5.1.18 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE2 da escola do Refúgio

Em análise da Fig. 5.1.18, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,09 a 0,17 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm em toda a semana,

registrando o seu valor máximo de 0,17 ppm na quarta-feira de manhã, decrescendo nos dias seguintes da semana até atingir um valor próximo, mas superior do valor de referência, de 0,09 ppm.

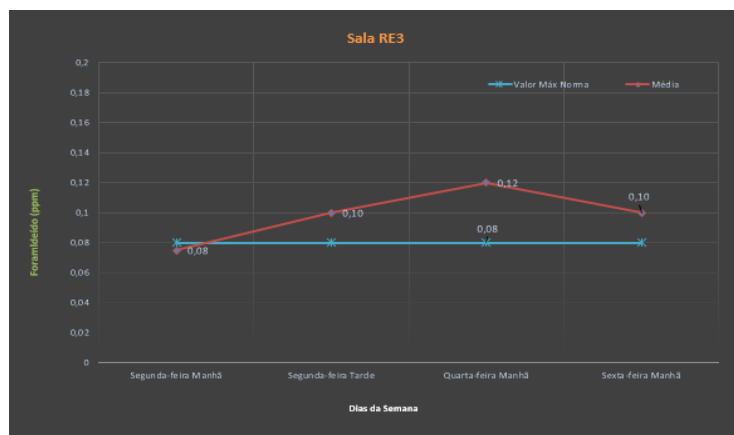


Figura 4.5.1.19 - Gráfico representativo dos resultados de formaldeído recolhido na sala RE3 da escola do Refúgio

Em análise da Fig. 5.1.19, verifica-se que os valores obtidos encontram-se entre o intervalo de 0,08 a 0,12 ppm, ultrapassando o valor de referência de 0,08 ppm em praticamente toda a semana, registrando o seu valor máximo de 0,12 ppm na quarta-feira de manhã, mantendo-se acima do valor de referência até sexta-feira.

Considerando todos os valores apresentados anteriormente, e sabendo que o tipo de materiais de revestimento e os equipamentos e mobiliário das salas são idênticos, e que praticamente todas elas têm o mesmo tipo de ocupação e de utilização podemos afirmar que houve outros fatores que possam ter contribuído para o registo de valores tão distintos:

- Os valores registados de 0,11 ppm na sala RE1, de 0,17 ppm na sala RE2 e de 0,12 na sala RE3 são valores pontuais, devido a que os valores foram recolhidos durante o decorrer de atividades de artes plásticas nessas salas, durante a manhã de quarta-feira, nomeadamente o uso de cola e outros materiais que originou a subida do valor de formaldeído. As descidas de valores que se verificaram na sexta-feira podem ser explicadas pelo aumento de ventilação, nomeadamente abertura de janelas.

5.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

Escola do Rodrigo

Tabela 5.2.1 - Tabela referente aos resultados de CO₂ recolhidos na escola do Rodrigo

Escola básica do 1º ciclo do Rodrigo						
Medições CO ₂ - ppm						
	Segunda-feira 09/05/2016		Quarta-feira 11/05/2016		Sexta-feira 13/05/2016	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Rua	299	290	298		299	302
	294	291	312		297	299
	292	291	298		298	297
	293	291	297		298	297
	294	290	299		303	297
Média	294	291	301		299	298
Sala R1A	3402	1607	2701		1869	2524
	3188	1539	2601		1682	2390
	3120	1450	2613		1629	2146
	3086	1384	2568		1515	2077
	3022	1319	2451		1502	2068
Média	3164	1460	2587		1639	2241
Sala R2B	2371	2687	2759		2546	2260
	2340	2632	2634		2440	2194
	2328	2598	2444		2375	2193
	2324	2533	2395		2362	2169
	2316	2505	2337		2280	2144
Média	2336	2591	2514		2401	2192
Sala 5	3025	4148	2903		2772	3414
	3112	4155	2885		2765	3357
	3055	4042	2854		2757	3355
	3070	3981	2821		2676	3274
	3076	3829	2860		2645	3310
Média	3068	4031	2865		2723	3342

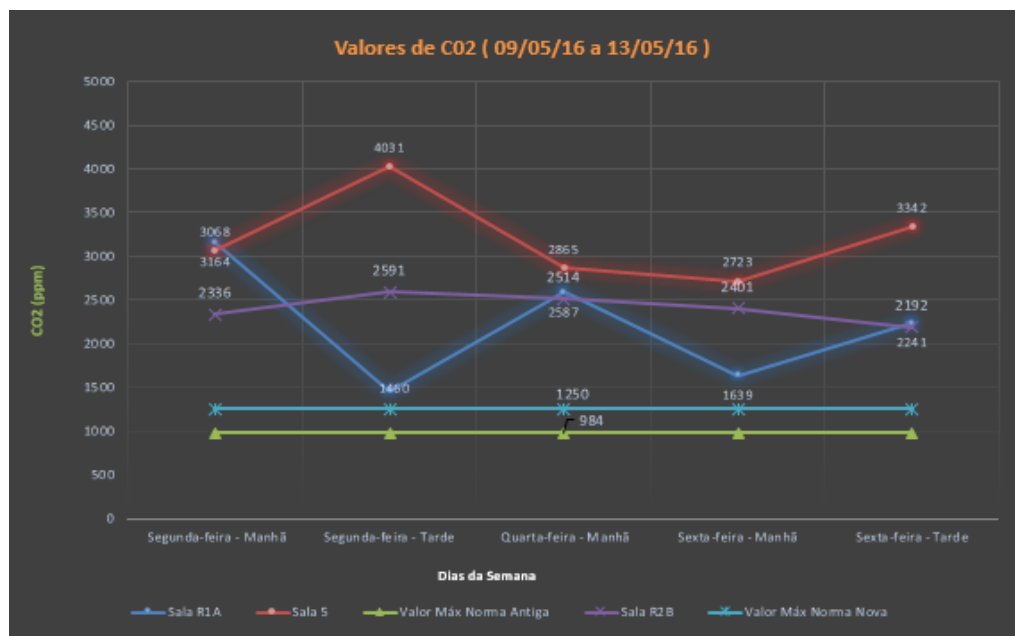


Figura 4.5.1.1 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhido nas salas da escola do Rodrigo

Sala R1A

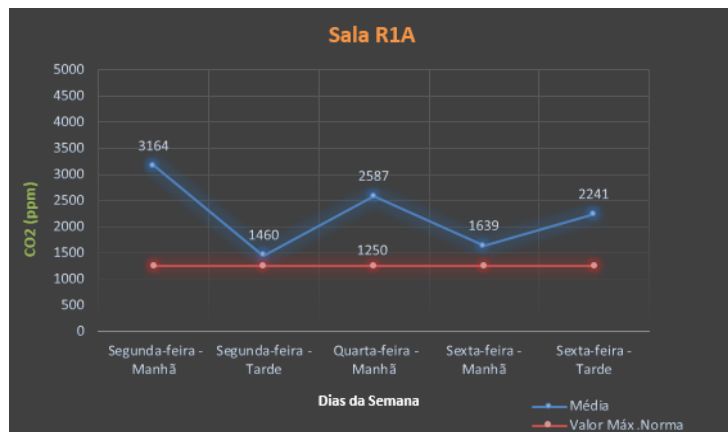


Figura 4.5.1.2 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido na sala R1A da escola do Rodrigo

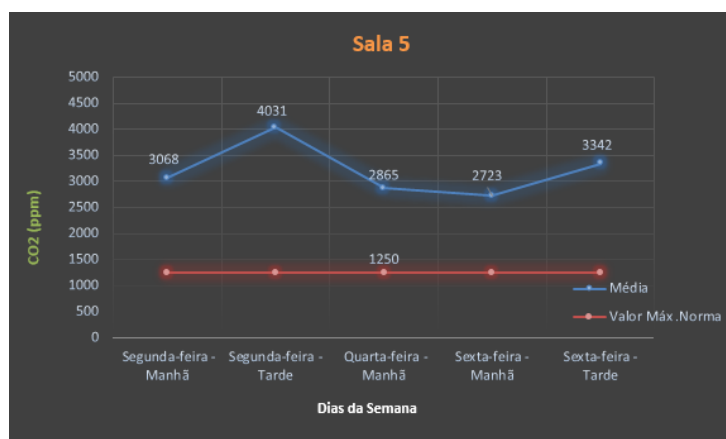


Figura 4.5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de CO2 recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo

Os valores de CO2 recolhidos, registaram um total de 8 salas com valores máximos e mínimos que ultrapassam o valor recomendado, notando-se desta forma que mais de metade das salas em estudo possuem condições de ventilação insuficiente, existindo apenas duas salas, a sala A6 e a sala A26, que registam valores aceitáveis, abaixo de 1250 ppm.

5.3 Monóxido de Carbono (CO)

Numero de Medições	Data / Hora	CO(ppm)
1	02/04/2016 00:00	0
2	02/04/2016 00:05	0
3	02/04/2016 00:10	0
4	02/04/2016 00:15	0
5	02/04/2016 00:20	0
6	02/04/2016 00:25	0
7	02/04/2016 00:30	0
8	02/04/2016 00:35	0
9	02/04/2016 00:40	0
10	02/04/2016 00:45	0
11	02/04/2016 00:50	0
12	02/04/2016 00:55	0
13	02/04/2016 01:00	0
14	02/04/2016 01:05	0
15	02/04/2016 01:10	0
16	02/04/2016 01:15	0
17	02/04/2016 01:20	0
18	02/04/2016 01:25	0
19	02/04/2016 01:30	0
20	02/04/2016 01:35	0
21	02/04/2016 01:40	0
22	02/04/2016 01:45	0

Figura 4.5.1.1 - Gráfico representativo dos resultados de CO₂ recolhido na sala 5 da escola do Rodrigo

Os valores de CO foram obtidos em todas as 14 salas em estudo foi registado, depois de um período mínimo de 8 dias de leitura contínua no interior das salas, valores inferiores ao valor recomendável de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus utilizadores.

5.4 Compostos Orgânicos Voláteis (cov's)

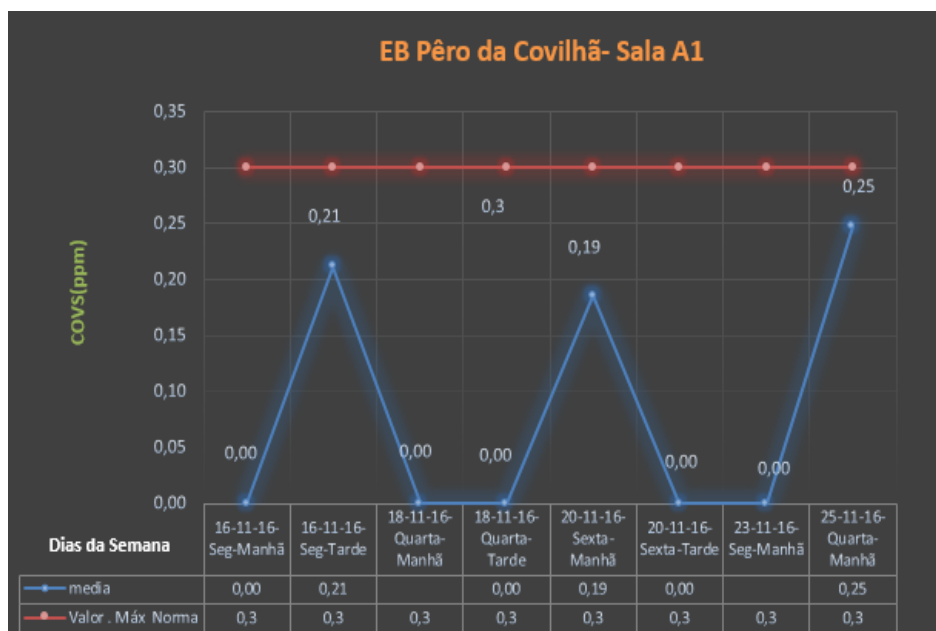


Figura 4.5.1.1 - Gráfico representativo dos resultados de Cov's recolhido na sala A1

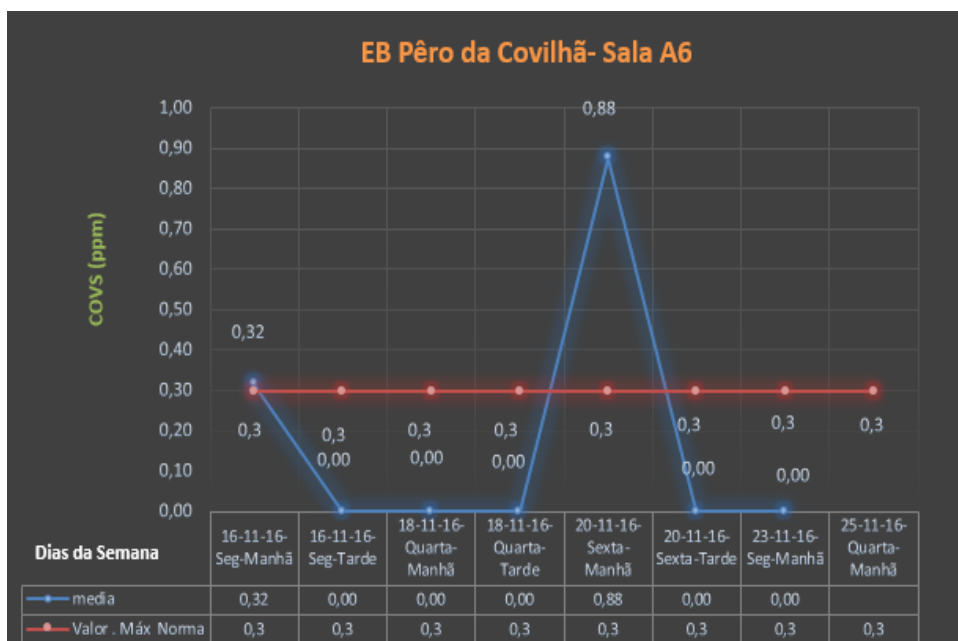


Figura 4.5.1.2 - Gráfico representativo dos resultados de Cov's recolhido na sala A6

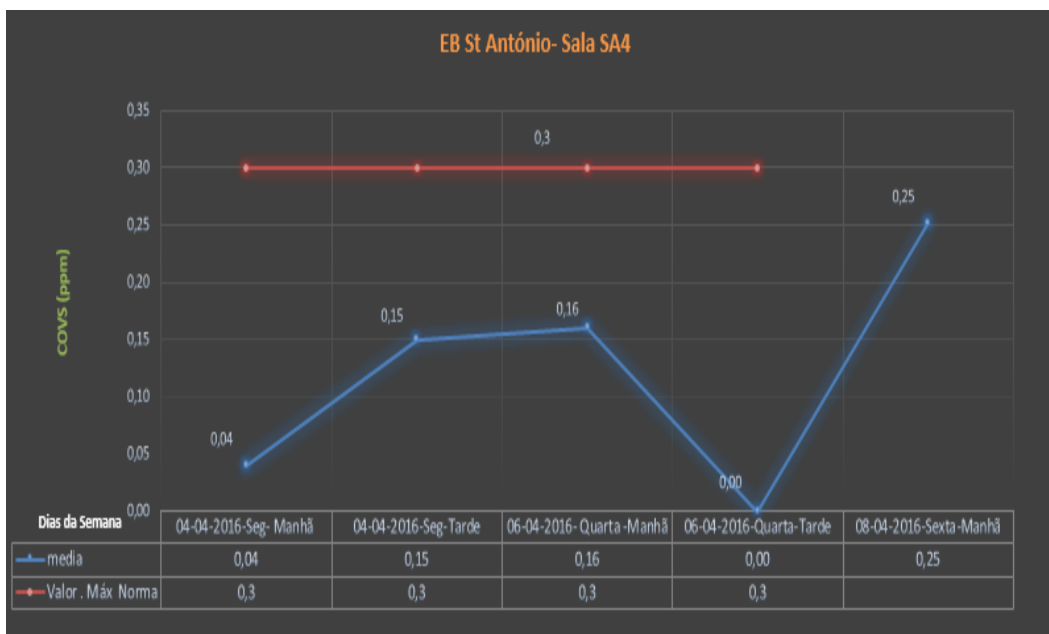


Figura 4.5.1.3 - Gráfico representativo dos resultados de Cov's recolhido na sala SA4

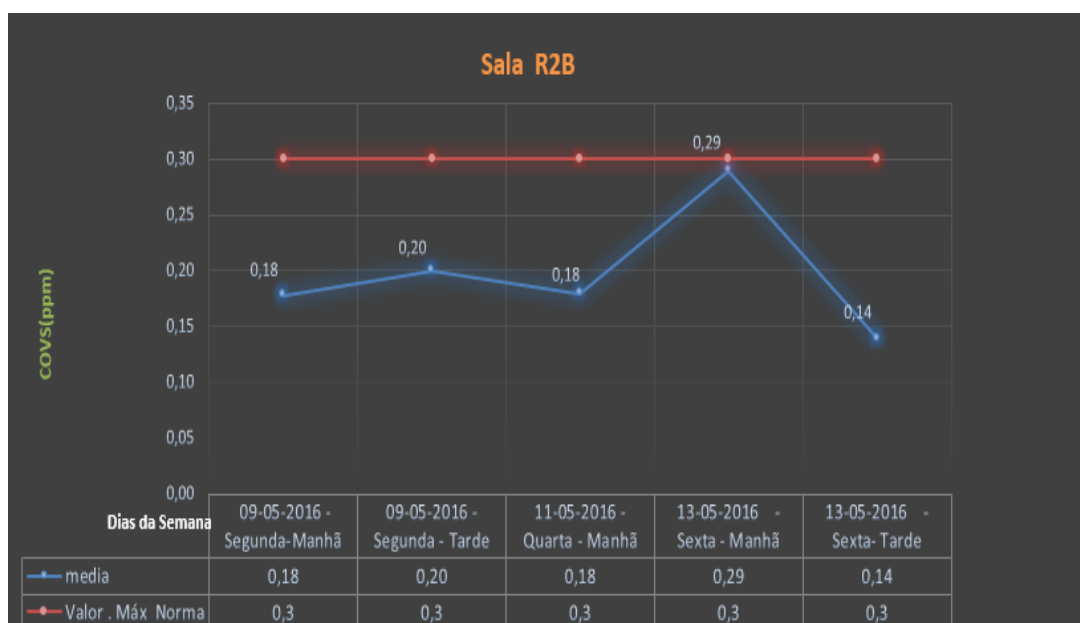


Figura 4.5.1.4 - Gráfico representativo dos resultados de Cov's recolhido na sala R2B

Os resultados Compostos Orgânicos Voláteis (Cov's), obtidos na maioria das salas em estudo, os valores obtidos estão abaixo do valor de referência 0,3 ppm, apenas registando valores superiores em 5 salas, sendo na sua maioria tratar-se de valores pontuais sendo que na sala A6 é registado um valores máximo 3 vezes superior a 0,3 ppm, correspondendo desta forma para um risco para os seus ocupantes, mesmo tratando-se de um valor pontual.

5.5 Radão

Equipamento	Data de Inicio	Dias	RAC
225 119	13/11/2015	180	60
225 119	13/11/2015	180	62
225 119	13/11/2015	180	48
225 119	13/11/2015	180	58
225 119	13/11/2015	180	61
225 119	13/11/2015	180	38
223 506	13/11/2015	180	58
223 506	13/11/2015	180	61
223 506	13/11/2015	180	67
223 506	13/11/2015	180	65
223 506	13/11/2015	180	70
223 506	13/11/2015	180	63
223 529	13/11/2015	180	310
223 529	13/11/2015	180	317
223 529	13/11/2015	180	318
223 529	13/11/2015	180	314
223 529	13/11/2015	180	316
223 529	13/11/2015	180	314
223 783	13/11/2015	180	304
223 783	13/11/2015	180	304
223 783	13/11/2015	180	304
223 783	13/11/2015	180	302
223 783	13/11/2015	180	305
223 783	13/11/2015	180	297
223 764	13/11/2015	180	64
223 764	13/11/2015	180	66
223 764	13/11/2015	180	70
223 764	13/11/2015	180	67
223 764	13/11/2015	180	67
224 912	13/11/2015	180	43
224 912	13/11/2015	180	49
224 912	13/11/2015	180	48
224 912	13/11/2015	180	46
224 912	13/11/2015	180	44
224 912	13/11/2015	180	46

Figura 4.5.1.1 - Tabela representativa dos valores recolhidos de Radão na Escola Pêro da Covilhã

Os valores de radão (Rn) foram obtidos durante um período de 180 dias contínuos. Este parâmetro apenas foi âmbito de estudo na escola Pêro da Covilhã, tendo sido obtidos em todas as salas, valores inferiores ao valor de referência de 400 bq/m³.

Na comparação entre os diferentes valores podemos confirmar que as salas pertencentes ao polo A registam valores baixos entre os 43 e 70 bq/m³. Contudo as Salas A26 e A25 registam valores muito superiores às salas do bloco A, constatando que o terreno onde se encontra o Polo D, facilita a infiltração pelo solo deste parâmetro, o que aliado a uma ventilação insuficiente poderá fazer subir ainda mais o valor de Radão.

5.6 Humidade e Temperatura

Pêro da Covilhã

Sala A1

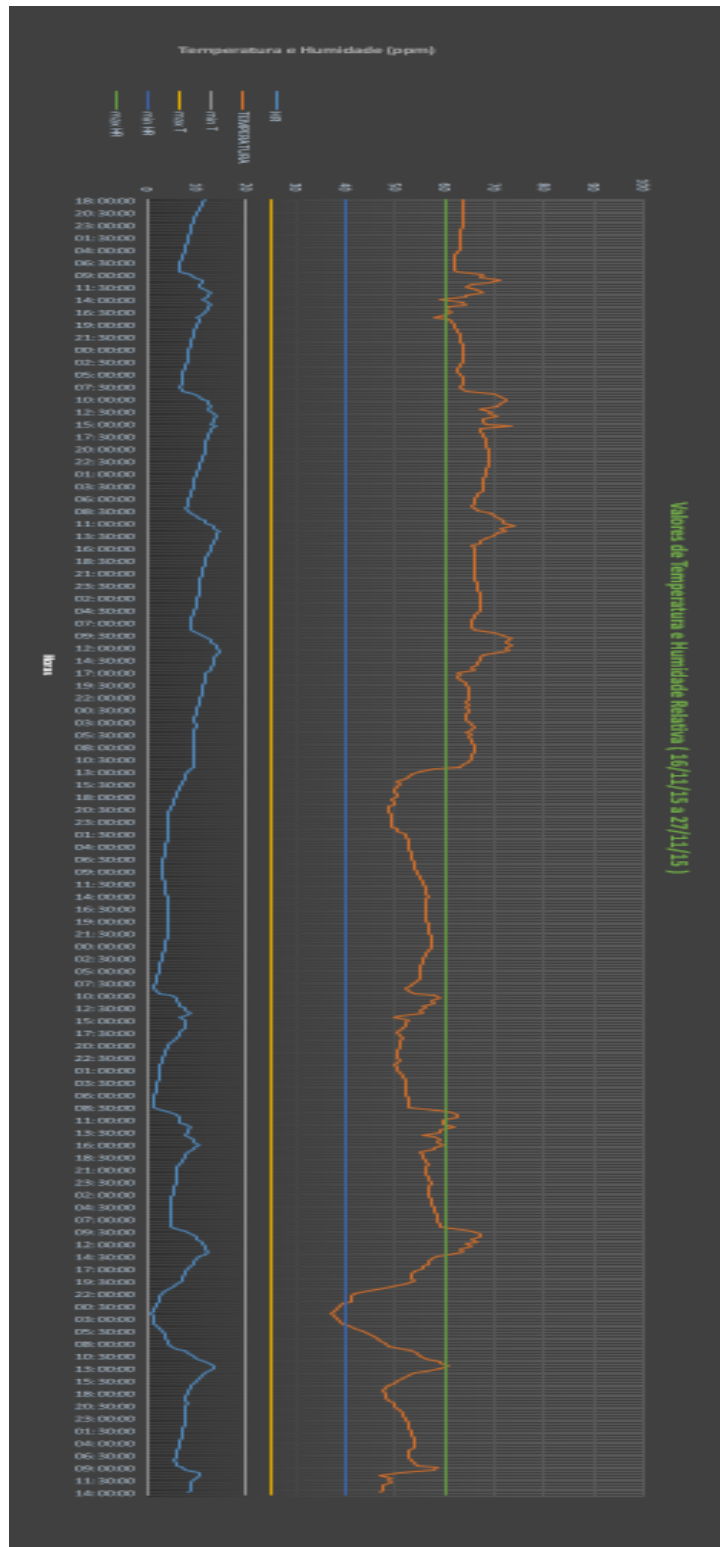


Fig.5.6.1 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A1

Sala A5

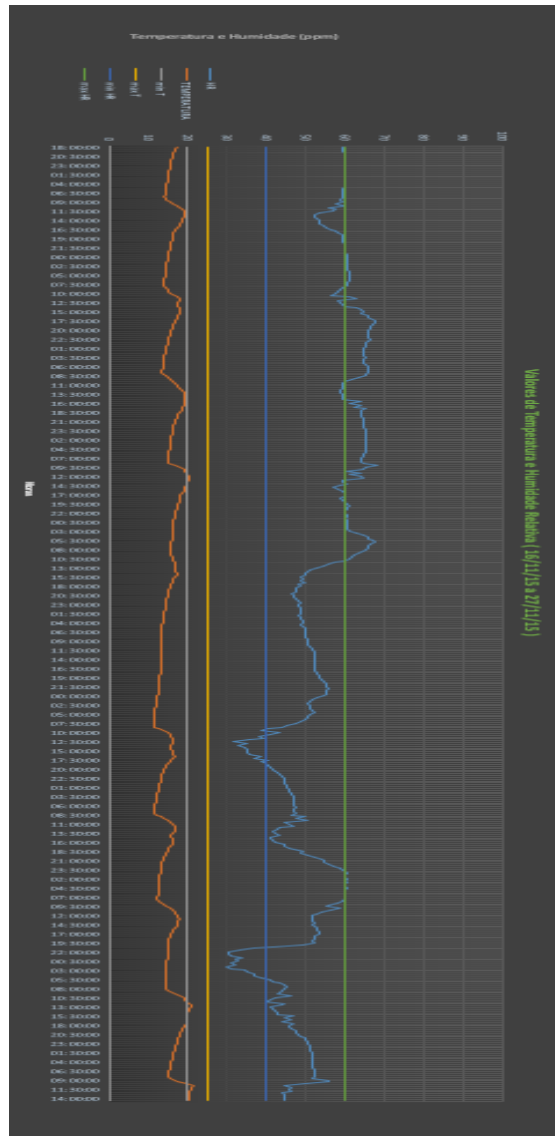


Fig.5.6.2 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A5

Sala A8

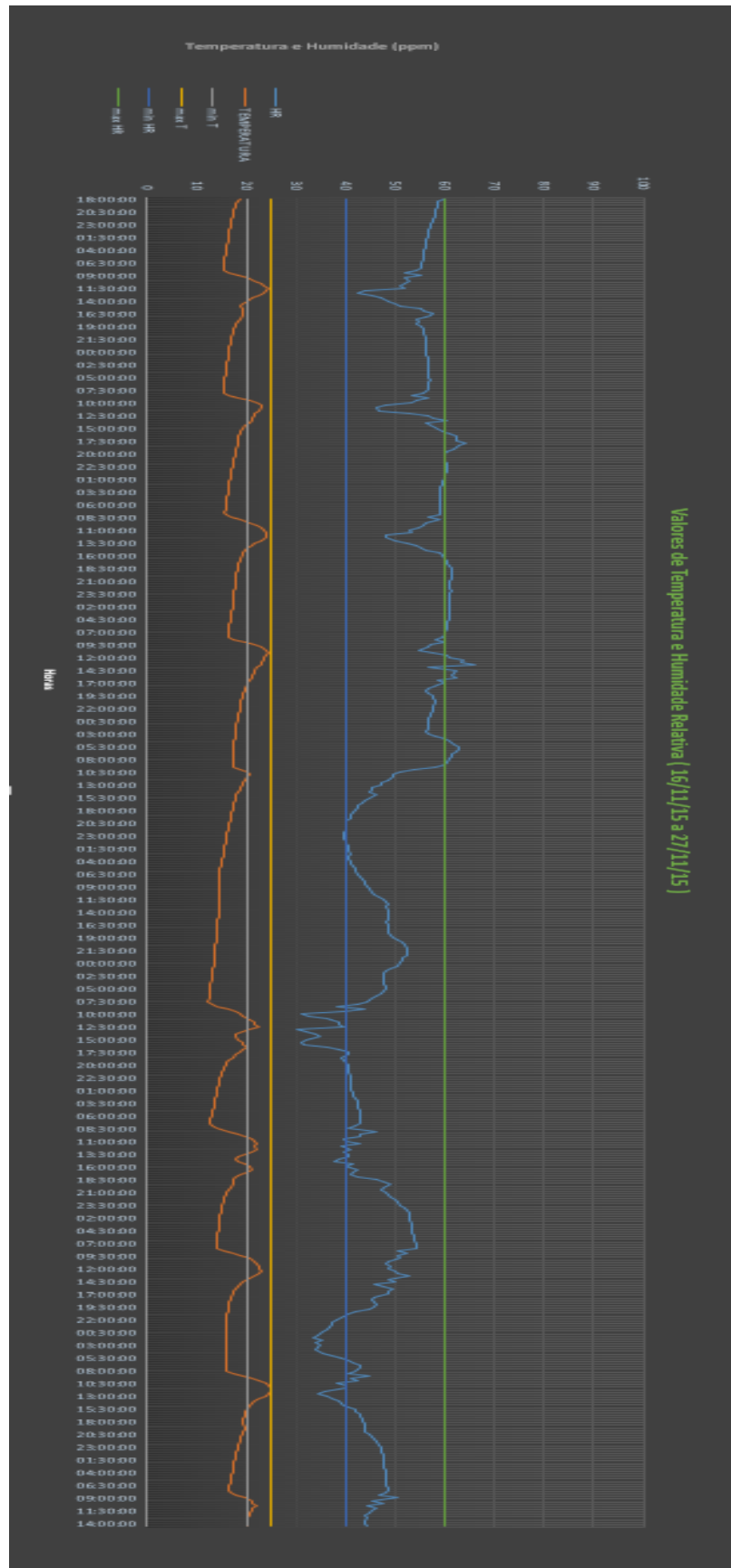


Fig.5.6.3 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A8

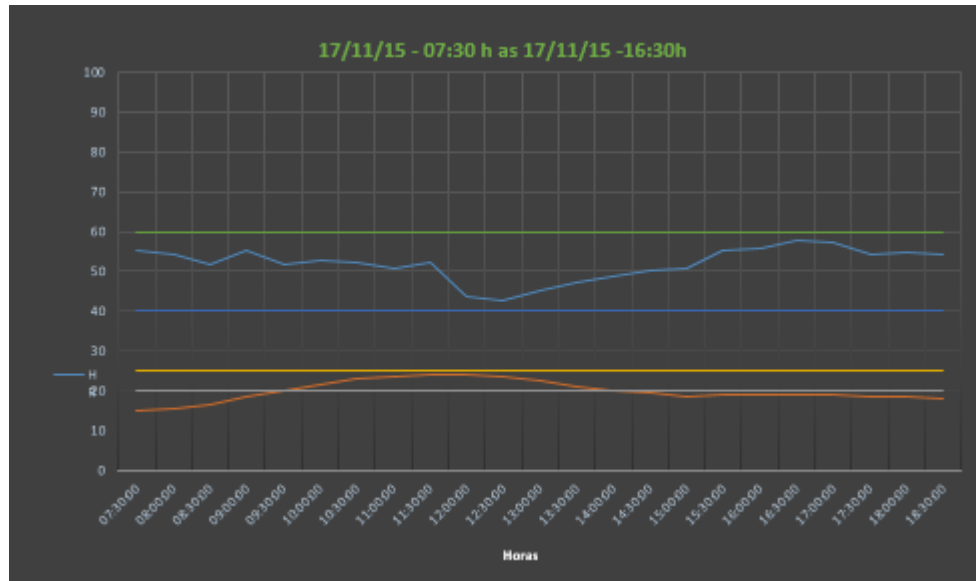


Fig.5.6.4 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A8

Sala A25

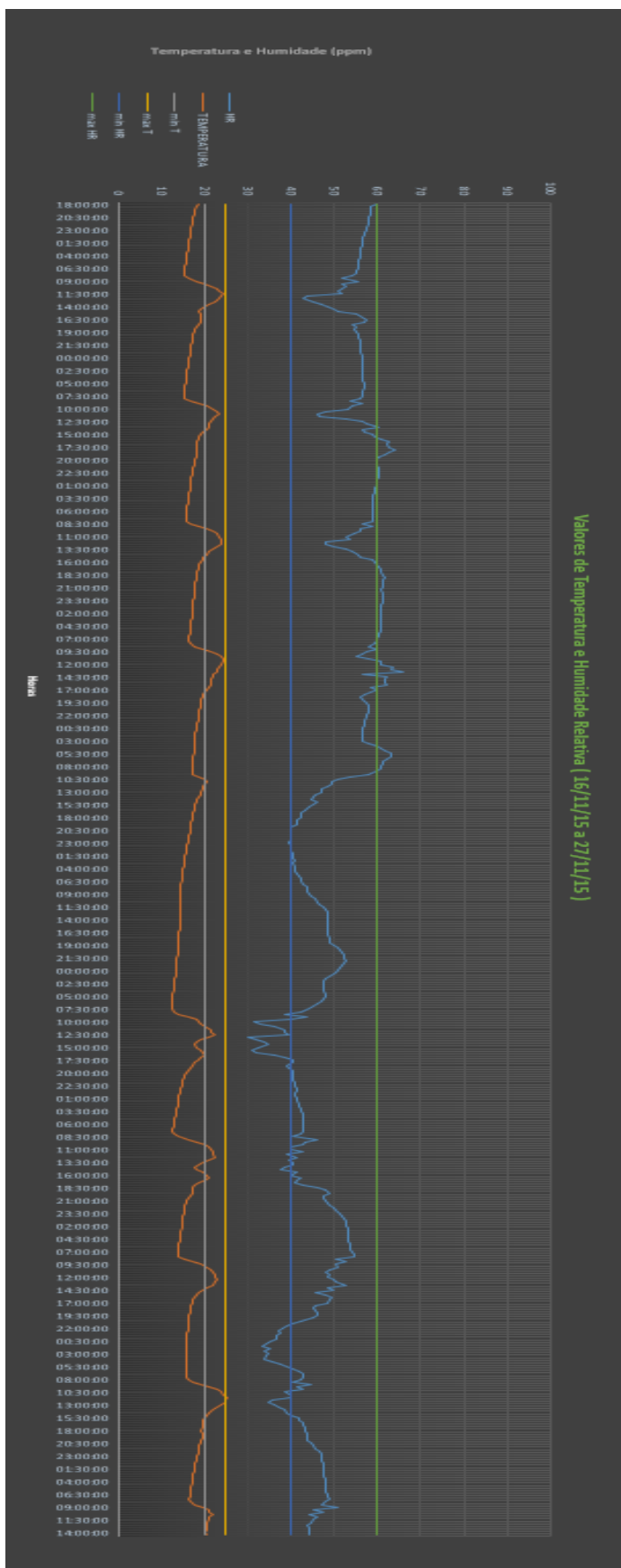


Fig.5.6.5 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A25

Sala A26

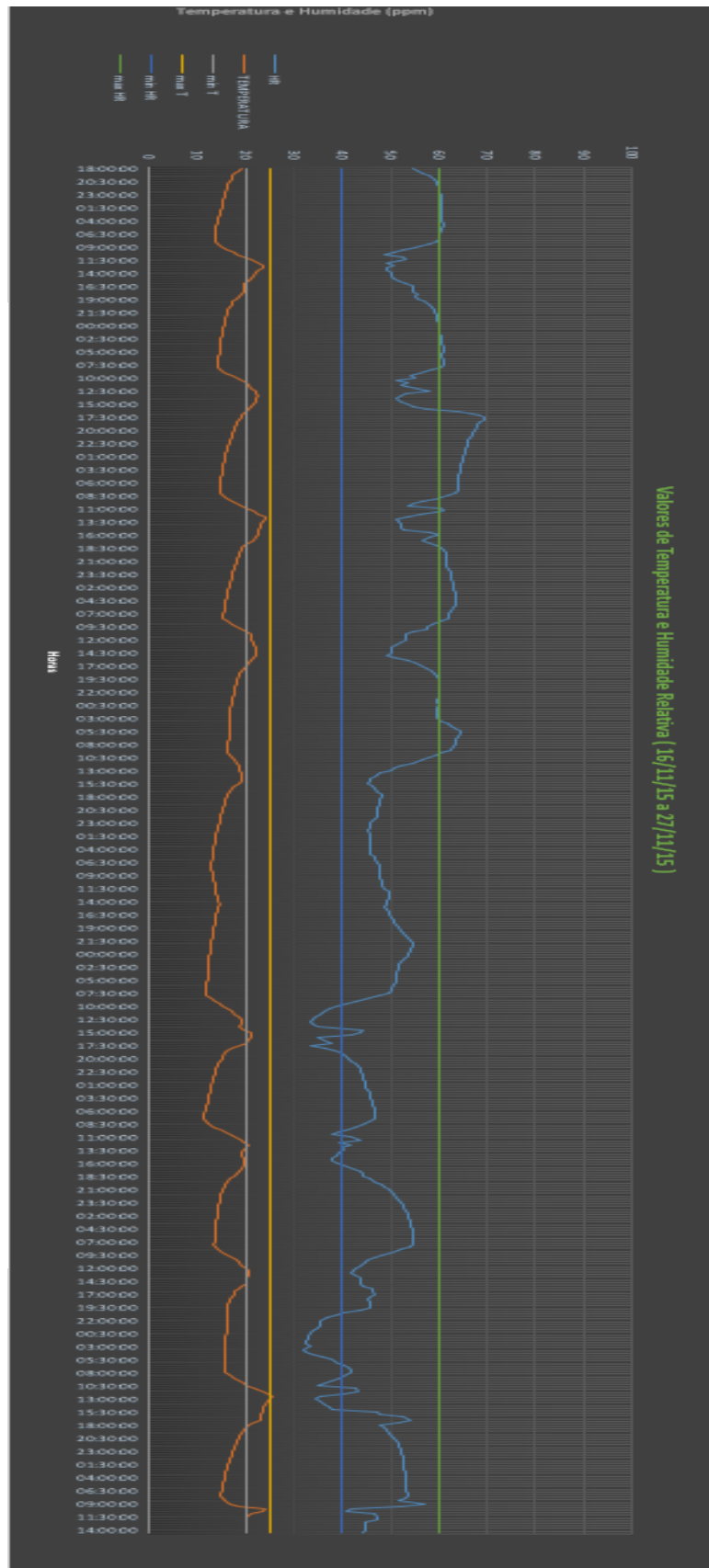


Fig. 5.6.6 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala A26

Escola Rodrigo
Sala 5

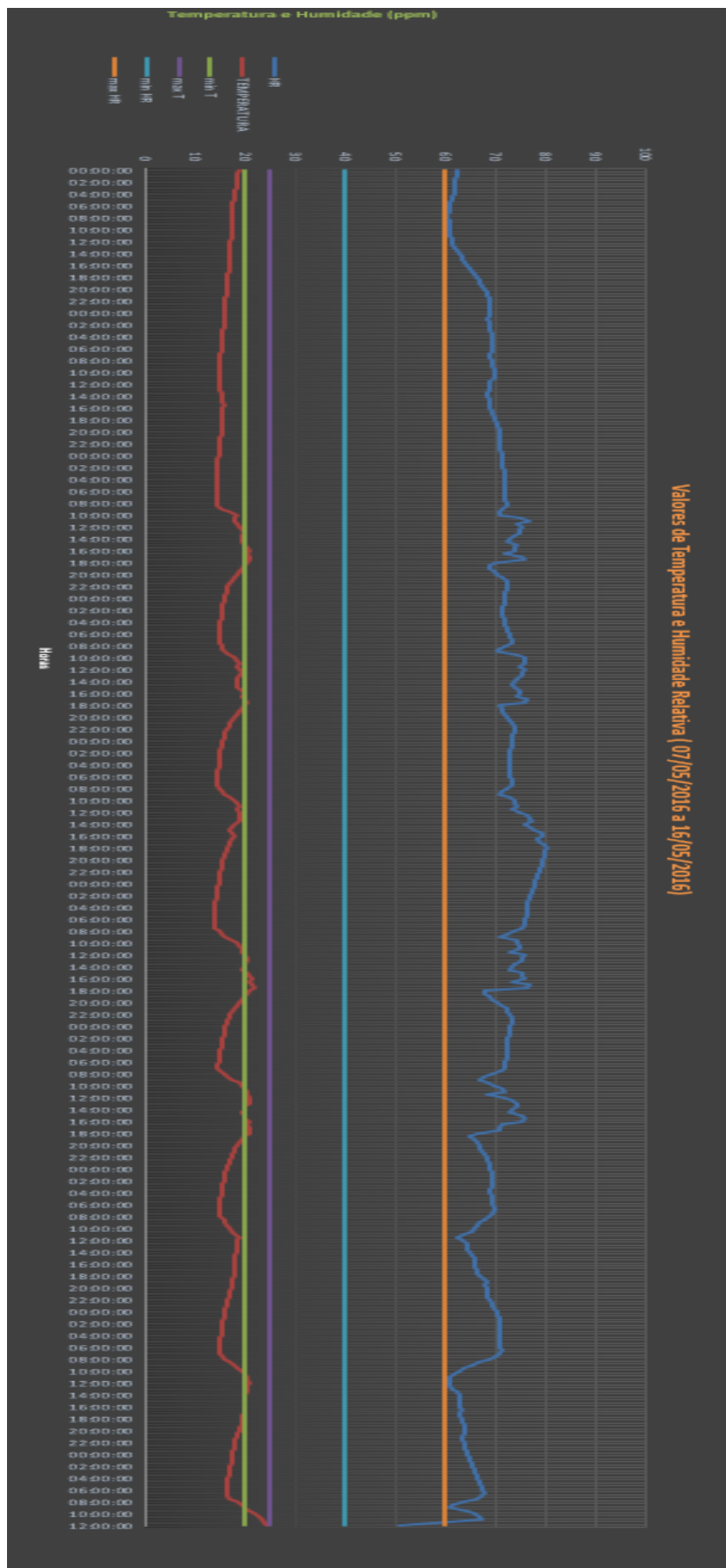


Fig.5.6.7 - Tabela ilustrativa dos valores referentes à humidade e Temperatura da sala 5

Em análise dos gráficos anteriores a temperatura ambiente foi registada durante 2 semanas de leitura periódica em todas as salas em estudo, em nenhuma delas se registaram valores mínimos acima do intervalo da temperatura de conforto (20°C a 25°C), correspondendo desta forma a que o conforto térmico nas escolas em estudo não é atingido na sua totalidade.

Em relação à Humidade Relativa foram registados valores em 6 salas das 14 em estudo que, tanto para os valores mínimos, como para valores máximos, não cumprem o intervalo de conforto entre os (40 e 60 %hr).

Em 5 das 6 salas em que os valores de humidade relativa se registam elevados, são na escola Pêro da Covilhã, estando assim estes valores relacionados com a fraca qualidade das caixilharias existentes nas salas, nomeadamente, caixilharias em alumínio sem corte térmico e vidro simples.

É de realçar que a temperatura durante o período letivo entre as 8h e as 18h , começa num mínimo de 14°C demorando cerca de 4 horas a estabelecer um valor aceitável dentro dos parâmetros recomendáveis de 20°C a 25 °C, notando-se desta forma de uma necessidade de tornar mais eficiente as condições de isolamento, mantendo a temperatura constante, bem como uma avaliação das horas necessárias para o arranque do aquecimento, de modo a compensar estes valores.

5.7 Iluminação

Iluminação média com persianas fechadas e luz desligada	300 LUX																				
	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás						
Fila da janela	38	72	119	42	54	74	42	54	74	286	294	277	350	292	247	23	33	25	39	43	35
Fila do meio	31	42	61	32	30	63	32	30	63	116	134	169	138	135	104	32	36	36	69	59	49
Fila da porta	25	36	127	28	38	159	28	38	159	52	55	115	68	66	55	85	90	74	96	336	140
Iluminação média com persianas fechadas e luz ligada	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás
Fila da janela	145	160	245	226	205	268	226	205	268	562	519	617	584	468	423	64	84	76	82	91	74
Fila do meio	114	109	147	266	223	290	462	329	460	388	311	388	311	255	119	160	160	172	197	215	184
Fila da porta	114	141	242	376	280	415	285	255	365	325	254	233	135	133	137	167	290	201			
Iluminação média com persianas abertas e luz desligada	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás	Fila da Frente	Fila do meio	Fila de trás
Fila da janela	100	310	780	734	837	1105	32900	30990	2505	2267	3485	3265	370	470	404	235	270	227			
Fila do meio	89	178	272	508	513	863	840	890	1450	1066	1280	1162	444	490	530	345	349	342			
Fila da porta	76	153	558	355	387	814	367	450	634	710	633	606	980	788	836	627	791	848			

Fig. 5.9.1 - Tabela ilustrativa dos valores obtidos na leitura de LUX, na escola Pêro da Covilhã

Como se verifica na Fig. anterior a iluminação apenas foi obtido nas salas de aula da escola Pêro da Covilhã, registando-se em geral uma boa relação, pavimento - iluminação, no que diz respeito à incidência de luz natural, visto que os valores recolhidos são em praticamente todas as salas, superiores ao valor de referência de 300 LUX, com persianas abertas e com a luz artificial desligada, ou seja as salas na sua maioria obtêm uma boa incidência de luz natural.

Quanto aos valores obtidos na sequência da leitura com persianas fechadas e luz artificial ligada, podemos afirmar que os equipamentos existentes para a incidência de luz artificial são insuficientes, ou mal posicionados, transmitindo assim uma incidência de luz artificial inferior ao necessário.

5.8 Acústica

Escola do Refúgio

Sala RE2

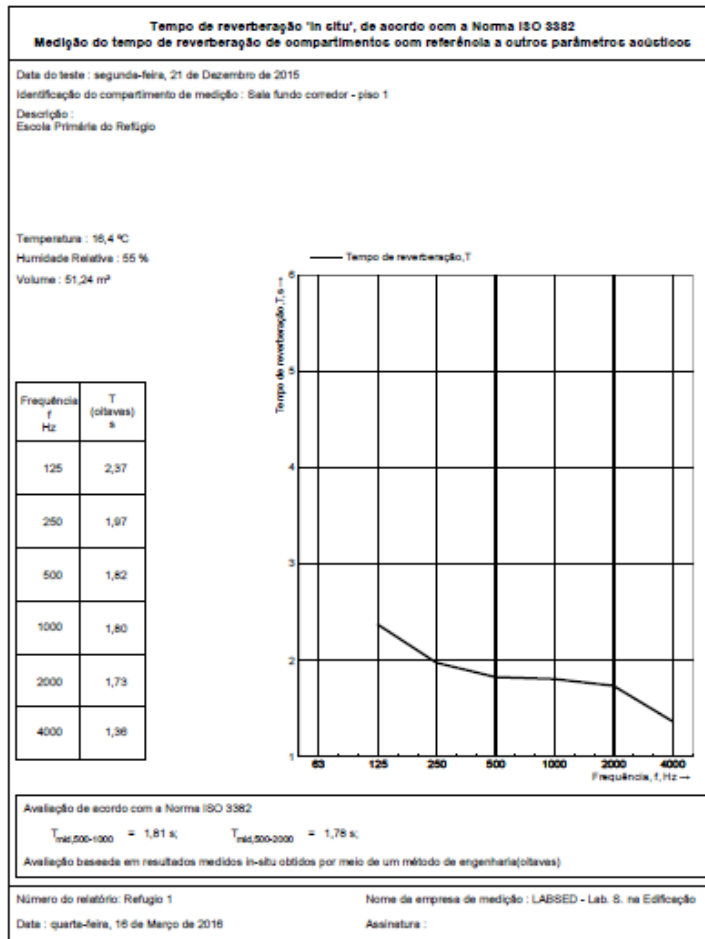


Fig 5.8.2 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala RE2

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I
	$Tr \leq 0.15V^{1/3}$	I		valor de Tr
133,82	0,77	0,19	1,55	1,36
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	1,36	\leq	0,77	Tr incorreto

Fig 5.8.3 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala RE2

Sala RE3

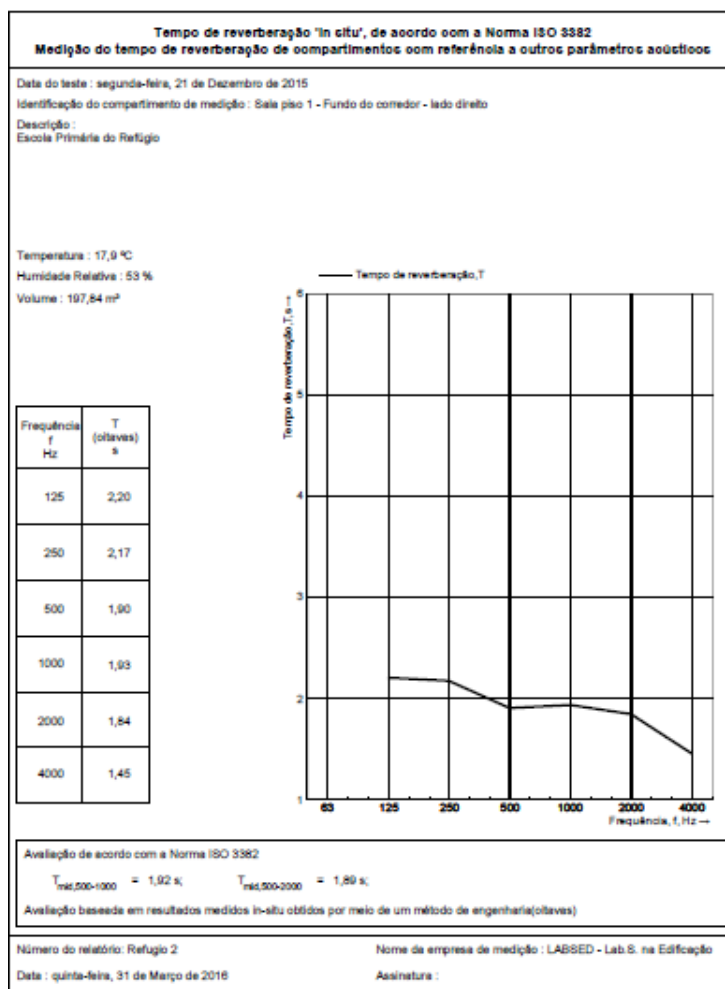


Fig 5.8.4 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala RE3

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência Tr <= 0.15V ^{1/3}	incerteza (25%) I	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I valor de Tr
197,84	0,87	0,22	1,89	1,67
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	1,67	<=	0,87	Tr incorreto

Fig 5.8.5 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala RE3

Sala RE2

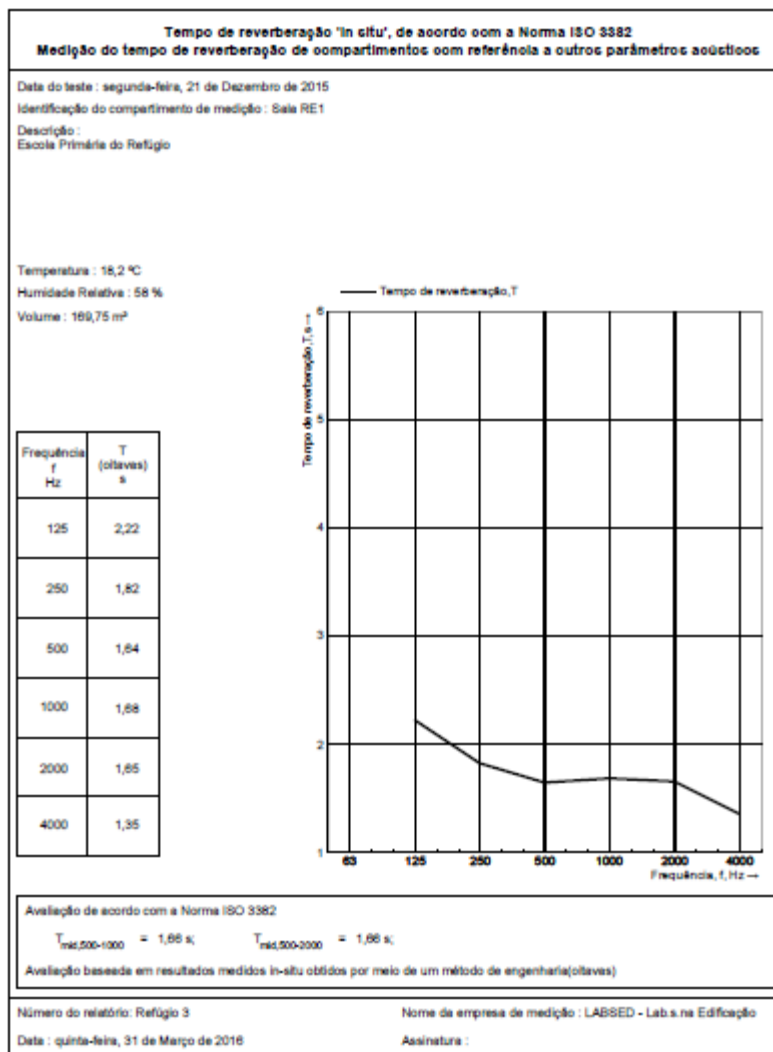


Fig 5.8.6 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala RE2

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I
	$Tr <= 0.15V^{1/3}$	I		valor de Tr
169,75	0,83	0,21	1,66	1,45
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	1,45	<=	0,83	Tr incorreto

Fig 5.8.7 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala RE2

Escola do Rodrigo

Sala R1A

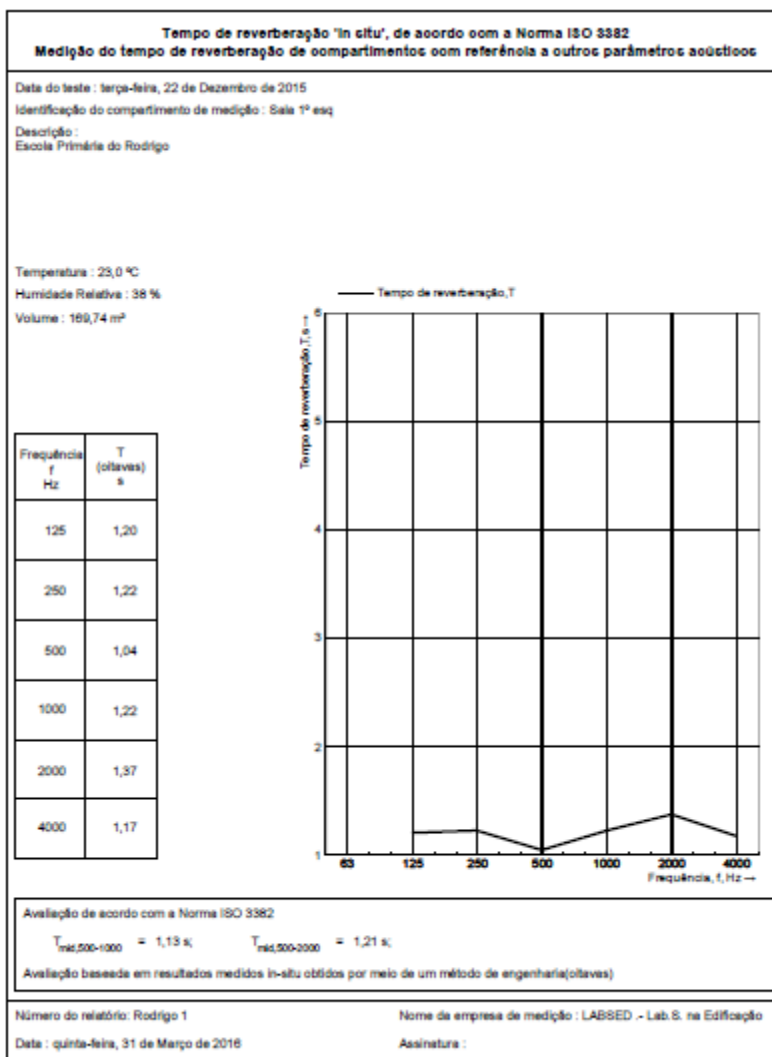


Fig 5.8.8 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala R1A

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I
	$Tr \leq 0.15V^{1/3}$	I		valor de Tr
169,74	0,83	0,21	1,21	1,00
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	1,00	\leq	0,83	Tr incorreto

Fig 5.8.9 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala R1A

Sala R2B

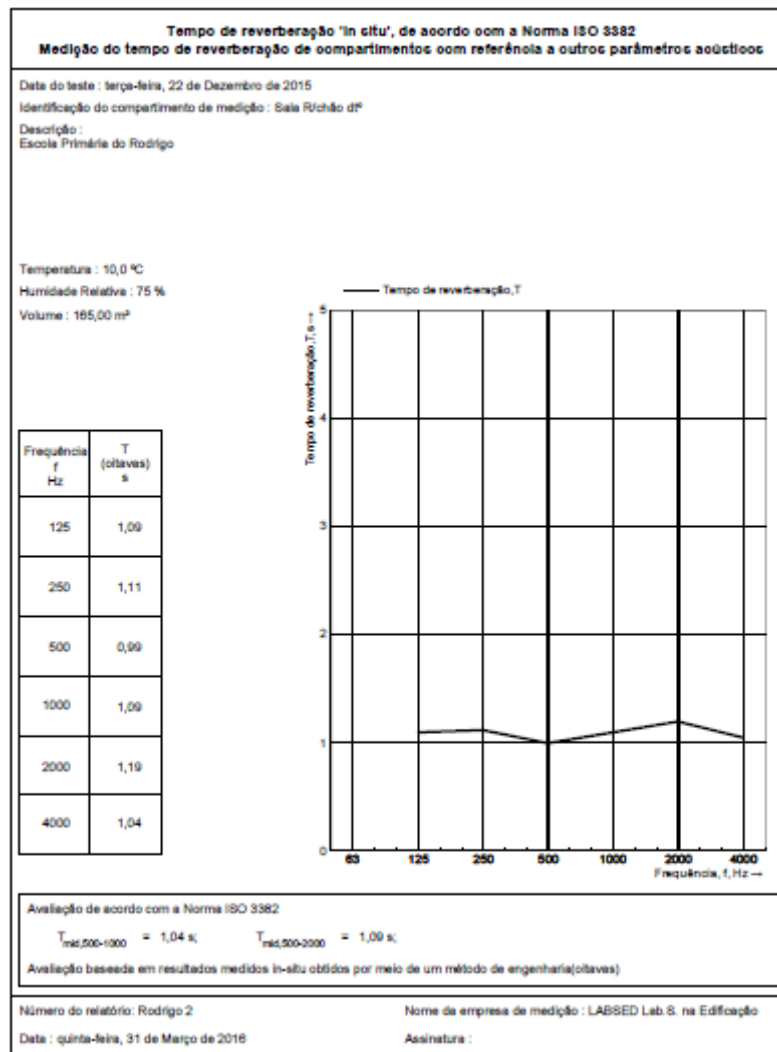


Fig 5.8.10 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala R2B

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I valor de Tr
	$Tr <= 0.15V^{1/3}$	I		
165,00	0,82	0,21	1,09	0,88
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	0,88	<=	0,82	Tr incorreto

Fig 5.8.11 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala R2B

Sala 5

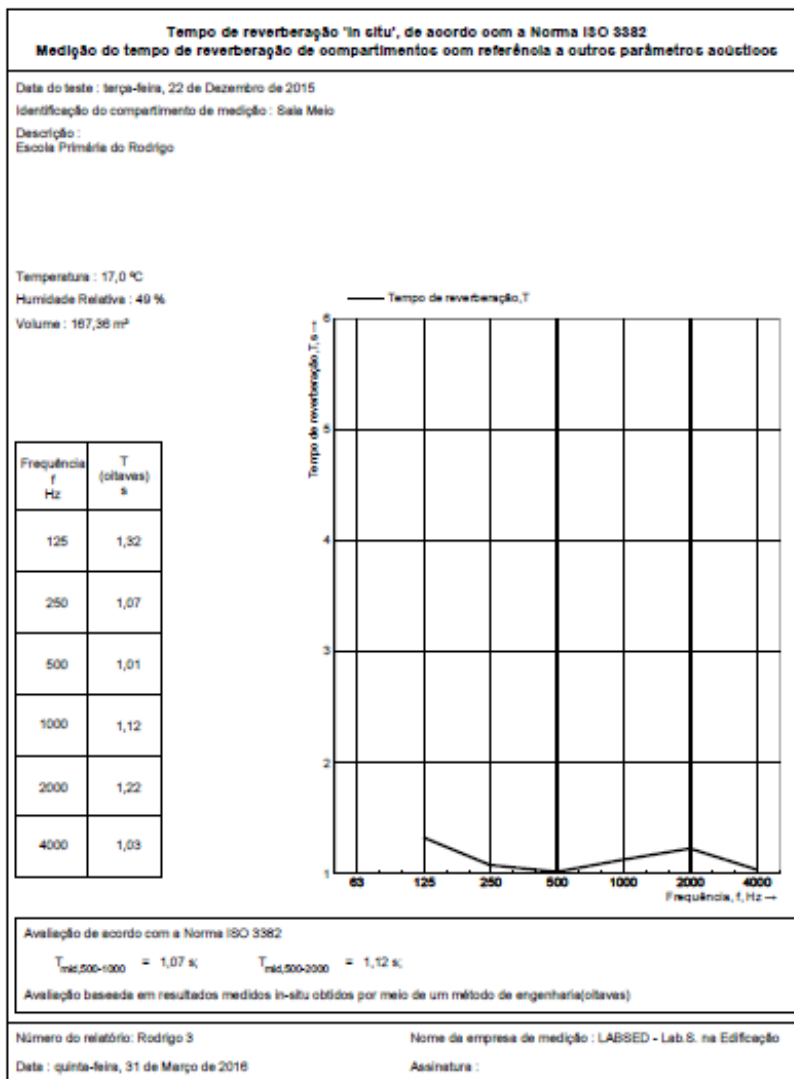


Fig 5.8.12 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala 5

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Volume m3	Tr de referência Tr <= 0.15V^1/3	incerteza (25%) I	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I valor de Tr
167,36	0,83	0,21	1,12	0,91
Verificação	Tr 500-2KHz-I 0,91	condição <=	Tr de referência 0,83	Resultado Tr incorreto

Fig 5.8.13 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala 5

Escola De Santo António

Sala SA2

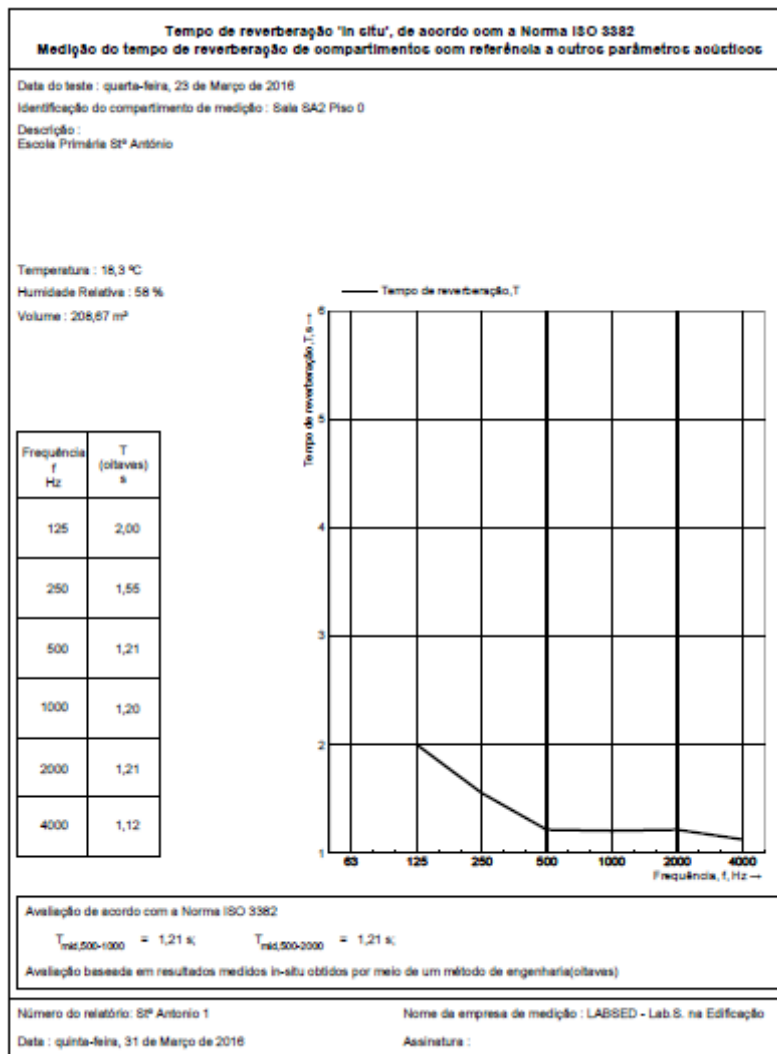


Fig 5.8.14 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala SA2

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência Tr <= 0.15V^1/3	incerteza (25%) I	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I valor de Tr
208,67	0,89	0,22	1,21	0,99
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	0,99	<=	0,89	Tr incorreto

Fig 5.8.15 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala SA4

Sala SA4

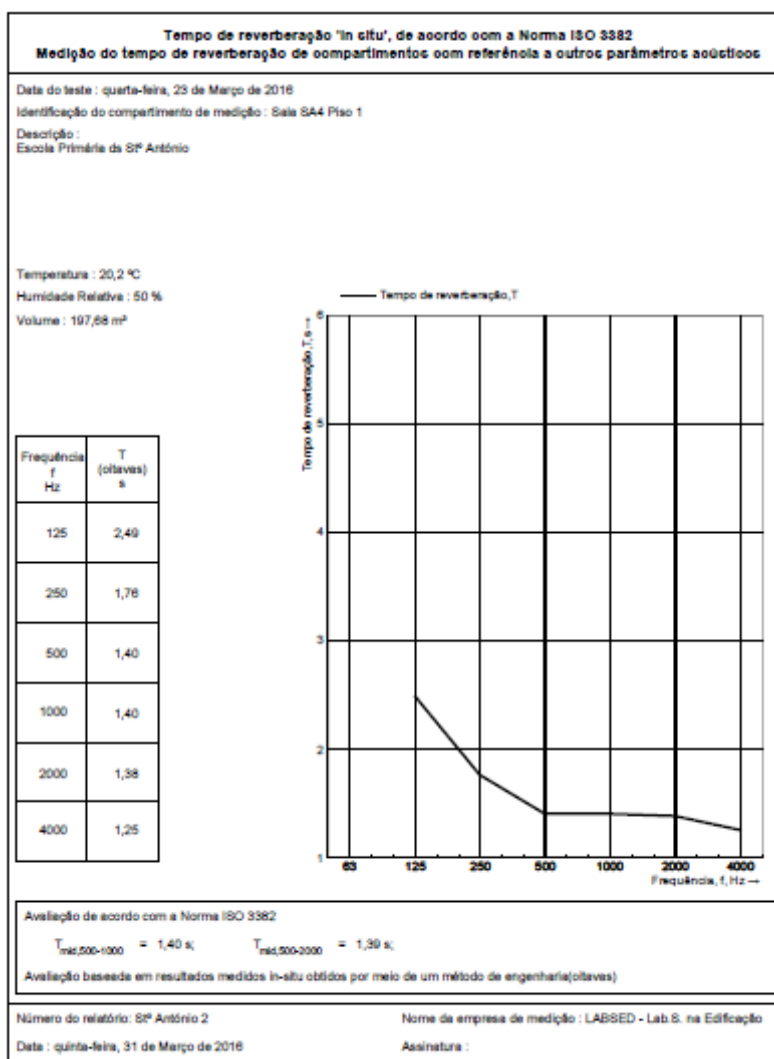


Fig 5.8.16 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala SA4

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I
	$Tr \leq 0.15V^{1/3}$	I		valor de Tr
197,68	0,87	0,22	1,39	1,17
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	1,17	<=	0,87	Tr incorreto

Fig 5.8.17 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverberação da Sala SA4

Sala A5

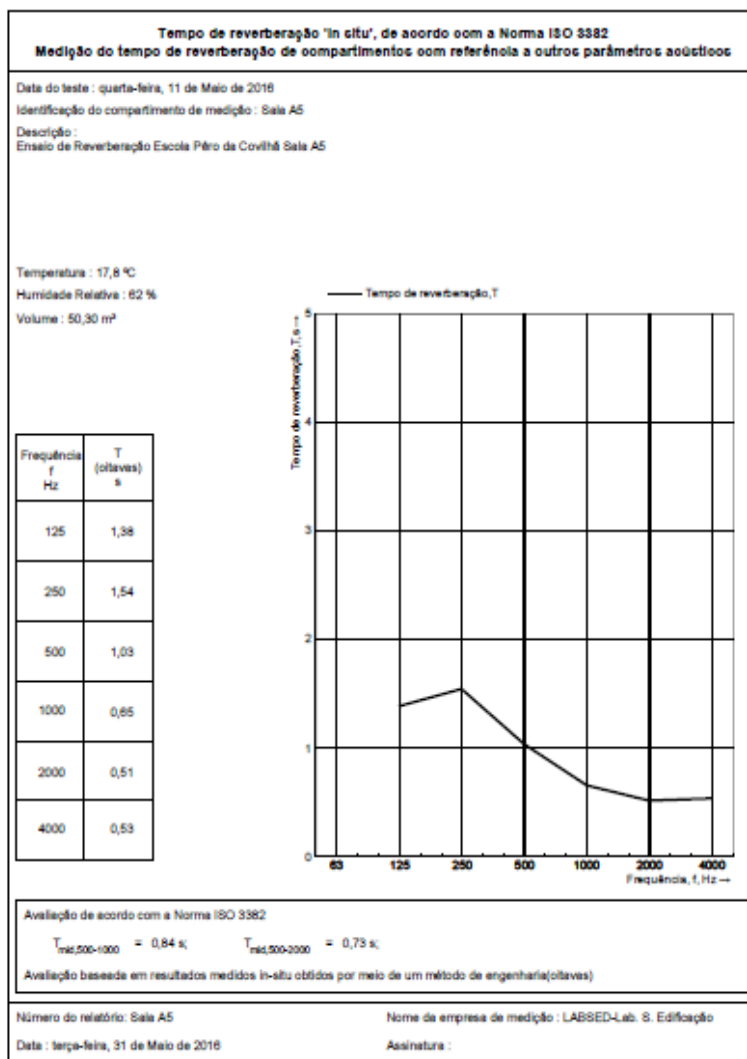


Fig 5.8.20 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala A5

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I
	$Tr <= 0.15V^{1/3}$	I		valor de Tr
152,91	0,80	0,20	0,73	0,53
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	0,53	<=	0,80	TR correto

Fig 5.8.21 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala A5

Sala A6

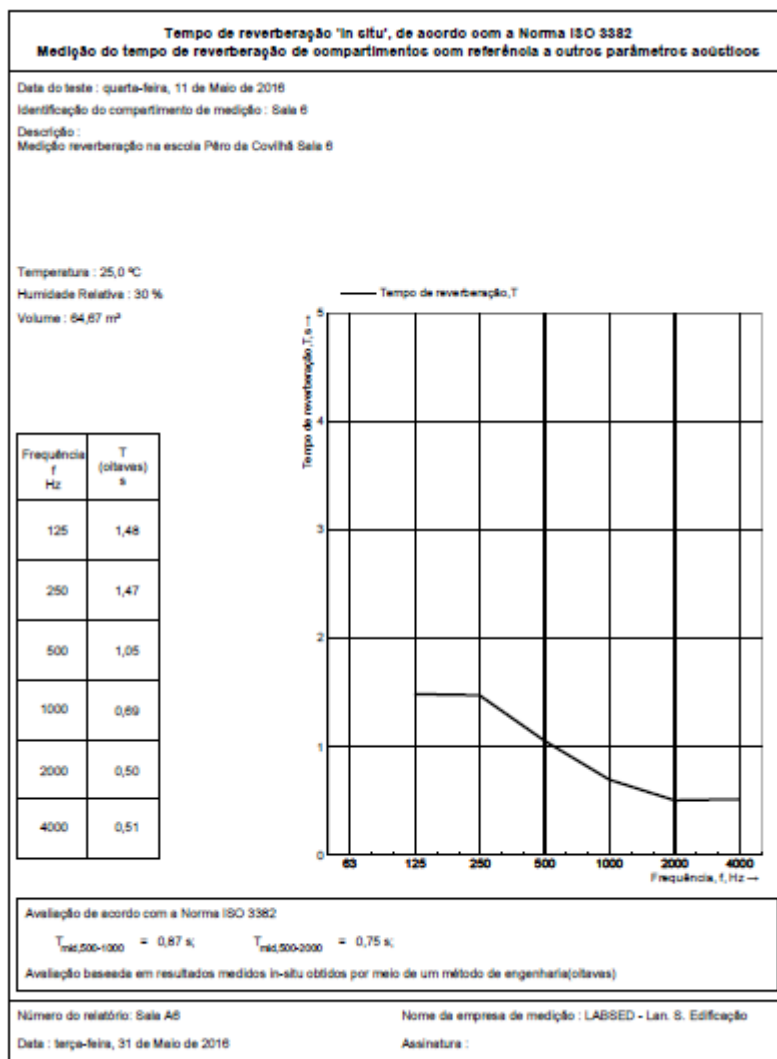


Fig 5.8.22 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala A6

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I
	$Tr \leq 0.15V^{1/3}$	I		valor de Tr
227,04	0,92	0,23	0,75	0,52
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	0,52	\leq	0,92	TR correto

Fig 5.8.23 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala A6

Sala A8

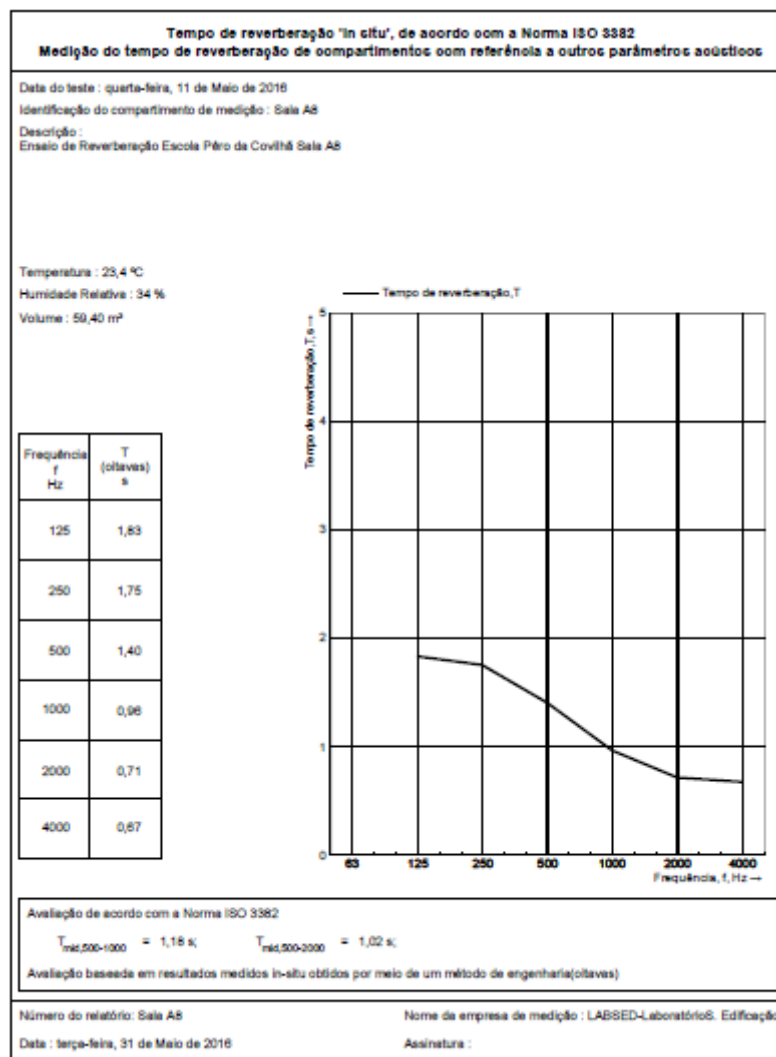


Fig 5.8.24 - Valor do tempo de reverberação segundo a norma ISSO 3382 da sala A8

CÁLCULO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO				
Volume m3	Tr de referência	incerteza (25%)	Tr 500-2KHz	Tr 500-2KHz-I valor de Tr
	$Tr \leq 0.15V^{1/3}$	I		
180,57	0,85	0,21	1,02	0,81
Verificação	Tr 500-2KHz-I	condição	Tr de referência	Resultado
	0,81	\leq	0,85	TR correto

Fig 5.8.23 - Imagem referente ao cálculo do tempo de reverbação da Sala A6

Com base na comparação dos valores obtidos do valor do tempo de reverberação com o valor de TR de referência podemos afirmar:

- Escola do Refúgio - nenhuma sala cumpre as condições acústicas, $TR \geq TR$ de Referência
- Escola do Rodrigo - nenhuma sala cumpre as condições acústicas, $TR \geq TR$ de Referência
- Escola de St. António - nenhuma sala cumpre as condições acústicas, $TR \geq TR$ de Referência
- Escola Pêro da Covilhã - todas as salas cumprem as condições acústicas $TR \leq TR$ de Referência

5.9 Termografia



Fig.5.9.1 - Identificação da fachada sala A5

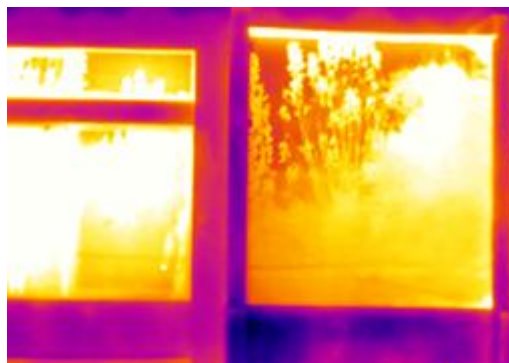


Fig.5.9.2 - Identificação das pontos singulares da sala A5

As temperaturas variam entre os 17,1 °C no ponto mais frio para 102 °C no ponto mais quente



Fig.5.9.3 - Identificação da fachada sala A6

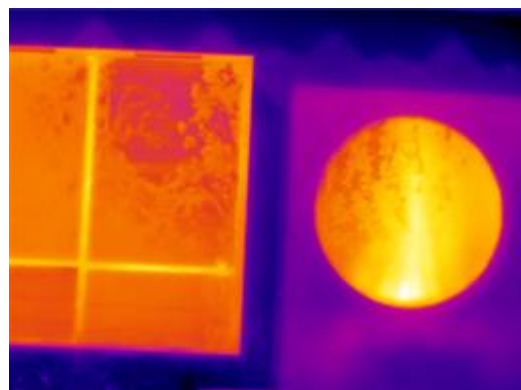


Fig.5.9.4 - Identificação das pontos singulares da sala A6

Os resultados obtidos através da leitura da termografia permite identificar os pontos singulares da envolvente podendo assim determinar as potenciais perdas de calor da sala devido ao mau isolamento ou simplesmente construção inadequada para a prática da função de sala de aula onde nesta os alunos deverão ter todas as condições nomeadamente no inverno.

Parâmetros	Valores de Referência	Escola do Rodrigo			Escola do Refúgio				Escola de St. António	
		RIA	R2B	Sala 5	RE1	RE2	RE3	SA2	SA4	
Formaldaido	0,08	0,07 - 0,11	0,07 - 0,13	0,13 - 0,17	0,02 - 0,11	0,09 - 0,17	0,08 - 0,12	0,02 - 0,11	0,03 - 0,20	
C02	1250 ppmv	1460 - 3164	2192 - 2591	2192 - 2591	1377 - 3761	2737 - 3970	1984 - 3416	2723 - 4031	1201 - 3674	
CO	9 ppmv	0-3	0-2,5	0-4	0-0	0-0	0-2,5	0-0	0-0,5	
Temperatura interior	20-25	15,5 - 24,5	13,5 - 26,3	13,7 - 24,5	18,2 - 25	16,1 - 25,8	15,3 - 27,1	15,8 - 25,8	14,7 - 23,3	
Humidade relativa	40-60	40,5 - 78,2	42,4 - 79,4	51,1 - 80,4	49,1 - 76	40,6 - 80,2	44,3 - 82,8	31,6 - 71,2	40,3 - 76,3	
Cov's	0,3	0,11 - 0,23	0,14 - 0,29	0,16 - 0,22	0,10 - 0,42	0-0,3	0,01 - 0,37	0-0,4	0-0,25	
Radão (BAC)	400 bq/m ³									
Tempo de reverberação(s)	$T_r \leq 0,15 \text{ V} - 113$	1,00 \geq 0,83	0,88 \geq 0,82	0,91 \geq 0,83	1,45 \geq 0,83	1,67 \geq 0,87	1,57 \geq 0,85	0,99 \geq 0,89	1,17 \geq 0,87	

Fig. 5.11.2 - Tabela com valores obtidos dos vários parâmetros em estudo em comparação com os valores obtidos das restantes escolas em estudo

Através das tabelas resumo descritas na Fig.5.10.1 e Fig 5.10.2 observamos:

- Formaldeído - Em cada sala em estudo foram obtidos no mínimo 5 leituras deste componente, tendo sido efetuadas em dias e períodos do ano diferentes . Em resultante dos valores obtidos podemos observar que das 14 salas em estudo apenas duas ,sala A6 e sala A26, registam valores mínimos e máximos, abaixo ou igual ao valor de referência. Foram no entanto referenciadas duas salas, sala 5 e sala RE2, em escolas distintas que registam valores elevados de formadeído em todo o período de medição. As restantes salas registaram picos elevados, mas nunca passando de valores pontuais.
- CO₂ - Os valores de CO₂ recolhidos, registaram um total de 8 salas com valores máximos e mínimos que ultrapassam o valor recomendado, notando-se desta forma que mais de metade das salas em estudo possuem condições de ventilação insuficiente, existindo apenas duas salas, a sala A6 e a sala A26, que registam valores aceitáveis, abaixo de 1250 ppm.
- CO - Em todas as 14 salas em estudo foi registado, depois de um período mínimo de 8 dias de leitura contínua no interior das salas, valores inferiores ao valor recomendável de 9 ppm, não registando assim qualquer perigo de saúde para os seus utilizadores.
- Temperatura ambiente - Os valores recolhidos durante 2 semanas de leitura periódica em todas as salas em estudo, em nenhuma delas se registaram valores mínimos acima do intervalo da temperatura de conforto (20°C a 25°C), correspondendo desta forma a que o conforto térmico nas escolas em estudo não é atingido na sua totalidade.
- Humidade Relativa - Foram registados valores em 6 salas das 14 em estudo que, tanto para os valores mínimos, como para valores máximos, não cumprem o intervalo de conforto entre os (40 e 60 %hr). Em 5 das 6 salas em que os valores de humidade relativa se registam elevados, são na escola Pêro da Covilhã, estando assim estes valores relacionados com a fraca qualidade das caixilharias existentes nas salas, nomeadamente, caixilharias em alumínio sem corte térmico e vidro simples.
- Compostos Orgânicos Voláteis (Cov's) - Na maioria das salas em estudo, os valores obtidos estão abaixo do valor de referência 0.3 ppm, apenas registando valores superiores em 5 salas, sendo na sua maioria tratar-se de valores pontuais sendo que na sala A6 é registado um valores máximo 3 vezes superior a 0,3 ppm, correspondendo desta forma para um risco para os seus ocupantes, mesmo tratando-se de um valor pontual.

- Radão (R_n) - Este parâmetro apenas foi âmbito de estudo na escola Pêro da Covilhã, tendo sido obtidos em todas as salas, valores inferiores ao valor de referência de 400 bq/m³. Na comparação entre os diferentes valores podemos confirmar que as salas pertencentes ao polo A registam valores baixos entre os 43 e 70 bq/m³. Contudo as Salas A26 e A25 registam valores muito superiores às salas do bloco A, constatando que o terreno onde se encontra o Polo D, facilita a infiltração pelo solo deste parâmetro, o que aliado a uma ventilação insuficiente poderá fazer subir ainda mais o valor de Radão.
- Acústica - O tempo de reverberação obtido pelos ensaios realizados apenas é inferior ao TR de referência nas salas da escola Pêro da Covilhã, tendo as restantes escolas obtido valores que não verificam a qualidade acústica. Este fator deve-se sobretudo aos materiais de revestimento distintos existentes nas várias escolas, onde as placas de aglomerado de cortiça existentes no teto das salas de aula da escola Pêro da Covilhã, lhes confer o conforto acústico.
- Iluminação - Este parâmetro apenas foi obtido nas salas de aula da escola Pêro da Covilhã, registando-se em geral uma boa relação, pavimento - iluminação, no que diz respeito à incidência de luz natural, visto que os valores recolhidos são em praticamente todas as salas, superiores ao valor de referência de 300 LUX, com persianas abertas e com a luz artificial desligada, ou seja as salas na sua maioria obtêm uma boa incidência de luz natural. Quanto aos valores obtidos na sequência da leitura com persianas fechadas e luz artificial ligada, podemos afirmar que os equipamentos existentes para a incidência de luz artificial são insuficientes, ou mal posicionados, transmitindo assim uma incidência de luz artificial inferior ao necessário.

6. Conclusões

6.1 Considerações Finais

A relação entre um edifício e seus ocupantes têm vindo as ser um desafio constante, tanto pelo processo de construção, tanto pelo processo de reabilitação. Desde sempre o principal objetivo e compromisso de um engenheiro se entende por averiguar, compreender, solucionar, melhorar as condições interiores e exteriores de um edifício, de modo a que a saúde e a produtividade dos seus utilizadores esteja sempre assegurada.

Com a conclusão deste trabalho, é possível concluir que foram atingidos os objetivos propostos inicialmente. Durante o capítulo 4 apresentámos e analisámos os vários dados recolhidos, enaltecendo os casos com situações mais prejudiciais à saúde dos seus utilizadores, nomeadamente as crianças, tentando compreender as suas causas. Em todos estes tratam-se de situações de deficiência do conforto e da qualidade do ambiente interior, só sendo possível detetar após um conhecimento dos elementos de revestimento e eficiência térmica dos edifícios, pormenorizando em cada caso o estado geral de habitação e conservação, o que se tratou de um grande desafio.

Compreender as condições e os cuidados especiais que nos obriga a ter, quando tratamos de fatores que afetam um edifício e quem o utiliza é bastante importante, de modo a poder minimizar os pontos em defeito, principalmente tratando-se de edifícios escolares. A preocupação e a atenção é compreendida desde o aquecimento, à ventilação interior, à iluminação, ao tipo de materiais existentes no seu interior, de modo a que todos estes fatores não contribuam para problemas na saúde, na compreensão, no desenvolvimento das crianças, sendo estas objeto de uma maior necessidade e preocupação pelo seu conforto e qualidade habitacional.

A legislação portuguesa em vigor relativa aos limites dos vários fatores que afetam a qualidade do ar interior, tem vindo a surgir melhorias nas condições mínimas, tentando assim maximizar o conforto e qualidade da parte dos utilizadores no interior de um edifício.

Com as elações retiradas do capítulo 4 quanto às condições atuais dos edifícios escolares de 1º ciclo pertencentes ao agrupamento de escolas Pêro da Covilhã, permite-nos identificar alguns pontos sugestivos quanto a melhorias e intervenções já executadas menos eficazes.

Ao que diz respeito à escola do Refúgio, esta apresenta valores negativos quando comparados com os de referência em praticamente todos os parâmetros analisados, não sendo compreensível que um edifício que foi alvo de uma reabilitação /ampliação, à relativamente poucos anos, não se tenha tido o cuidado para que as condições mínimas, do tempo de reverberação, do conforto térmico, e das condições de ventilação, fossem cumpridas para

que não hajam registos de uma temperatura fora dos limites de conforto, e de uma humidade excessiva, podendo e muito causar ou agravar doenças aos seus utilizadores, maioritariamente crianças. O mesmo acontece na escola do Rodrigo, também ela sujeita a intervenções de reabilitação / ampliação, não atingindo igualmente os requisitos principais de temperatura, humidade relativa e conforto acústico.

Ambas as escolas, Rodrigo e Refúgio foram construídas entre os anos de 1941 e 1956, no “*Plano dos Centenários*” e a escola Pêro da Covilhã foi construída no ano de 1979 com características bem diferentes. Após a análise dos dados obtidos ao longo do trabalho podemos afirmar que as intervenções de reabilitação executadas nas escolas do “*Plano dos Centenários*”, não foram com o intuito de melhorar as condições da qualidade do ar interior, nem de conforto interior, mas sim de um aumento da capacidade do edifício com ampliações, procedendo apenas com o melhoramento visual, através da pintura de fachadas, substituição de pavimentos e reabilitação de tetos, pensando apenas na quantidade de utilização do edifício que pode prestar e não na qualidade da utilização do mesmo.

A Escola da Pêro da Covilhã, depois da análise dos resultados, sugere-se a melhoria da renovação de ar nas salas de aula, com a substituição dos caixilhos permitindo assim uma maior manutenção da temperatura interior e humidade relativa dentro das salas de aula.

Conclui-se portanto que o conforto térmico, e o conforto acústico melhoram com o ano de construção, sendo que as reabilitações aos edifícios existentes terão de ter mais em consideração esses parâmetros, não esquecendo um maior controlo também ao nível dos compostos orgânicos voláteis e formaldeído, para que a saúde e o conforto dos utilizadores estejam assegurados.

6.2 Possíveis alterações para melhoria de condições

Com a análise dos resultados obtidos, propomos soluções de reabilitação para a sala de aula que nos dados em análise ao longo deste trabalho, não cumpre com os valores de referência em mais do que um parâmetro.

O caso mais suscetível a reabilitação será a sala RE3 da escola do Refúgio, não cumprindo os valores recomendados de CO₂ de 1250 ppm, nem do tempo de reverberação. Nos outros parâmetros, nomeadamente na temperatura o valor mínimo está muito abaixo do desejado e a nível de humidade relativa atinge valores máximos muito altos em comparação com os valores do intervalo de conforto. No que diz respeito aos compostos orgânicos voláteis (cov's) atinge um valor máximo muito superior ao valor recomendado, o mesmo acontece relativamente ao formaldeído.

Uma das propostas possíveis de reabilitação passaria pelo aumento considerável da ventilação do ar interior, reduzindo consideravelmente a concentração de formaldeído e de cov's, como também pela diminuição dos valores elevados de Humidade relativa, passando por uma melhoria ou alteração dos materiais de revestimento e envidraçados para que se torna-se possível o cumprimento do tempo de reverberação, aumentando assim o conforto acústico. Quanto à temperatura, passaria por uma melhoria dos equipamentos de aquecimento do espaço, ou um melhor eficiência dos existentes, tentando perceber em pormenor as horas do dia em que é necessário manter a temperatura, e as horas em que é necessário aumentá-la.

6.3 Sugestão para trabalhos futuros

Com a presente dissertação pretendeu-se um melhor entendimento sobre as condições gerais dos edifícios escolares de 1º ciclo da cidade da Covilhã, tentando retirar conclusões válidas e concretas para futuros trabalhos.

A grande limitação desta dissertação foi o pouco tempo que houve disponível para a sua elaboração, visto que se tratam de muitas escolas, muitos parâmetros a analisar e poucos meios materiais e pessoais disponíveis para um levantamento e tratamento de dados tão extenso.

Pretendeu-se contudo fazer uma análise crítica sobre as condições existentes nas escolas de 1º ciclo, nomeadamente a nível da qualidade do ar interior, conforto térmico e conforto acústico, tirando deste modo relações sobre as condições gerais a que os alunos estão sujeitos no interior das escolas. Demonstrámos ainda através da análise dos dados que os edifícios mais recentes reúnem maiores condições gerais, contudo à que reabilitar os edifícios existentes mas não pensando apenas no exterior, na atração visual, mas sim no melhoramento de condições interiores.

Algumas sugestões para trabalhos futuros parte desde :

- Alargar o número de escolas em estudo; executando a recolha de dados nas quatro estações do ano (Verão, Inverno, Outono e Primavera);
- Consciencializar as pessoas em geral que a qualidade do ar interior é um ponto muito importante a ter em conta;
- Um estudo geral da importância de um aumento de fiscalização sobre os valores mínimos a cumprir em edifícios públicos, nomeadamente escolas e hospitais;
- Desenvolver projetos de sensibilização e alargamento de métodos para análise e manutenção dos valores mínimos necessários para que seja mantido uma boa qualidade do ar interior e de conforto no interior dos edifícios.

Bibliografia

- [18] [http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=122&tx_ttnews\[backPid\]=1&cHash=8678c9adfc](http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=122&tx_ttnews[backPid]=1&cHash=8678c9adfc)
- [14] <http://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/113>
- [9] http://www.masterantiga.iag.usp.br/conforto/parametros_do_CT.html
- [4] <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10245>
- [7] <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>
- [15] https://www.researchgate.net/profile/Celia_Alves2/publication/262656913_Formaldehyde_in_schools_A_review/links/55a7935208aeceb8cad63b70.pdf
- [1] Dissertação de Óscar Ricardo Pires Vila Pouca (Universidade do Porto) - “ Escolas Primárias - Edifícios com propósito” (2012)
- [2] Dissertação de Carla Andreia Galvão de Carvalho (Universidade Lusíada de Lisboa) - “A evolução da arquitetura escolar portuguesa” (2012)
- [3] <http://193.137.22.223/pt/patrimonio-educativo/museu-virtual/exposicoes/os-edificios-escolares-do-plano-dos-centenarios/os-novos-projetos-do-plano-dos-centenarios/>
- [10] <http://pt.slideshare.net/grazielleclarino1/estrategias-bioclimticas>
- [11] <http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/404.pdf>
- [16] <http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/1885/1/70-91.pdf>
- [5] http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/POST_12MC06_03.PDF
- [6] <http://revistas.ua.pt/index.php/captar/article/viewFile/2716/2568>
- [17] <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60323/1/000137090.pdf>
- [8] Portaria nº353-A/2013 do Diário da República, 1ª série - Nº 235 - 4 de dezembro de 2013
- [13] Manual de projeto de instalações técnicas referentes à iluminação
- [12] Artigo