



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Qualidade do Ar Interior em Estabelecimentos de Ensino no Douro Sul

Rui Amândio de Figueiredo Clemêncio

Dissertação

Mestrado em Tecnologias Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Paulo Gabriel Fernandes de Pinho

Janeiro de 2025

Janeiro de 2025



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Qualidade do Ar Interior em Estabelecimentos de Ensino no Douro Sul

Rui Amândio de Figueiredo Clemêncio

Dissertação

Mestrado em Tecnologias Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Paulo Gabriel Fernandes de Pinho

Janeiro de 2025

DEDICATÓRIA

Especialmente à minha esposa Inês, e aos meus filhos, Zé Pedro, Zé Miguel e Zé Diogo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho resulta de uma vontade em querer fazer algo mais, e se por vezes pensamos que não somos capazes de atingir determinado objetivo, temos que lutar com força e determinação para atingir a meta.

Aos meus familiares, por estarem sempre ao meu lado, por me incentivarem a não desistir de um objetivo, especialmente aos meus pais, e aos meus sogros, sempre prontos a ajudar.

Um agradecimento muito especial ao meu amigo Jorge, por estar sempre disponível, para me ouvir, e me ajudar no trilhar de um caminho que nem sempre segue pelos caminhos menos tortuosos.

Um agradecimento ao Professor Paulo Pinho, pela inteira disponibilidade demonstrada em todo este percurso, sem o qual eu não teria conseguido realizar este trabalho.

RESUMO

A investigação sobre a Qualidade do Ar Interior (QAI) é uma questão fundamental, pois atualmente as pessoas passam cerca de 90% do seu dia em ambientes interiores. Também as crianças, passam grande parte do seu dia em ambientes fechados, concretamente nos estabelecimentos de ensino, pelo que é fundamental caracterizar a contaminação existente nesses espaços, os diversos poluentes e a relação entre os predominantes no meio envolvente e no interior das escolas.

Esta dissertação resulta da análise da QAI e parâmetros de conforto, concretamente, a Temperatura, Humidade Relativa, CO₂, NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5}, medidos em espaços de estabelecimentos de ensino, localizados em municípios do interior norte de Portugal.

Foram estudados sete edifícios correspondendo a dezoito espaços monitorizados, tendo-se observado que, em todas as salas de aula, a concentração de CO₂ apresentou valores superiores ao limiar de proteção definido no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços. Verificando-se uma relação direta da sua concentração de CO₂ com a presença dos alunos no interior dos espaços, aumentando ao longo do período de permanência no interior, não se verificando, na maior parte das salas estudadas, o efeito da ventilação (natural ou forçada) no decréscimo da mesma durante os períodos de permanência, mas apenas nas interrupções. Também se observou uma relação direta da temperatura interior com a temperatura ambiente do exterior.

Foi também analisada a qualidade do ar ambiente tendo-se verificado que a qualidade do ar junto dos estabelecimentos de ensino, foi boa o que permitiria uma renovação do ar interior com o ar exterior sem afetar a qualidade do ar interior com poluentes atmosféricos provenientes de fontes exteriores, concretamente, NO₂, O₃, PM₁₀ e PM_{2,5}.

Esta investigação alerta para o mau estado de manutenção dos sistemas de climatização dos estabelecimentos de ensino, assim como para uma inadequada ventilação dos espaços interiores. Saliendo também, que nos estabelecimentos escolares que se localizam em áreas com as características da área estudada, em que se verifica normalmente uma qualidade do ar exterior boa, a renovação com ar ambiente exterior pode ser realizado sem a necessidade do tratamento do ar exterior. Estas ações, bem como a criação de espaços com um dimensionamento adequado, são fundamentais para a criação de ambientes saudáveis, que promovam a saúde e o bem-estar dos ocupantes.

Palavras-chave:

Qualidade do Ar Interior, Estabelecimentos de Ensino, Norte de Portugal e Poluentes Atmosféricos.

ABSTRACT

Research into Indoor Air Quality (IAQ) is a fundamental issue, as people currently spend around 90% of their day indoors. Children also spend a large part of their day indoors, specifically in educational establishments, so it is essential to characterize the existing contamination in these spaces, the various pollutants and the relationship between those prevalent in the environment and inside schools.

This dissertation is the result of an analysis of IAQ and comfort parameters, specifically temperature, relative humidity, CO₂, NO₂, PM₁₀ and PM_{2.5}, measured in educational establishments located in municipalities in the north of Portugal.

Seven buildings were studied, corresponding to eighteen monitored spaces, and it was observed that in all classrooms the CO₂ concentration was higher than the protection threshold defined in the Energy Performance Regulations for Commercial and Service Buildings.

There was a direct relationship between the concentration of CO₂ and the presence of students inside the rooms, which increased over the period of time they were inside. In most of the rooms studied, there was no effect of ventilation (natural or forced) on the decrease in CO₂ concentration during periods of permanence, but only during interruptions. There was also a direct relationship between the indoor temperature and the ambient temperature outside.

The ambient air quality was also analyzed and it was found that the air quality near the educational establishments was good, which would allow the indoor air to be renewed with the outdoor air without affecting the indoor air quality with atmospheric pollutants from outside sources, specifically NO₂, O₃, PM₁₀ and PM_{2.5}.

This research highlights the poor state of maintenance of the air conditioning systems in educational establishments, as well as inadequate ventilation of indoor spaces. It should also be pointed out that in schools located in areas with the characteristics of the area studied, where there is normally good outdoor air quality, renovation with outdoor air can be carried out without the need for outdoor air treatment. These actions, as well as the creation of appropriately sized spaces, are fundamental to creating healthy environments that promote the health and well-being of the occupants.

Keywords:

Indoor Air Quality, Educational Establishments, Northern Portugal and Atmospheric Pollutants.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
LISTA DE SIGLAS	XVIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 INFLUÊNCIA DO AR NA SAÚDE	3
2.2 QUALIDADE DO AR	4
2.2.1 Ar ambiente exterior.....	5
2.2.2 Ar interior.....	8
2.2.3 Fatores que influenciam a Qualidade do Ar nos Edifícios Escolares.....	10
2.3 ENQUADRAMENTO LEGAL	12
2.3.1 Qualidade do Ar Ambiente – Legislação Nacional.....	13
2.3.2 Qualidade do Ar Interior – Legislação Nacional.....	16
2.3.3 Parâmetros e Limiares de Proteção.....	18
3 CASO DE ESTUDO	19
3.1 OBJETIVOS DO ESTUDO	19
3.2 METODOLOGIA DE RECOLHA DOS DADOS	19
3.2.1 Estabelecimentos Escolares da área de influência do Douro Sul.....	20
3.2.2 Caracterização dos estabelecimentos de ensino a avaliar.....	20
3.2.3 Medição da concentração dos poluentes atmosféricos e parâmetros ambientais.....	20
3.3 QUESTÕES ÉTICAS	21
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	22
4.1 CARATERIZAÇÃO DA AMOSTRA	22
4.2 MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR AMBIENTE	26
4.2.1 Medição dos poluentes no Ar Ambiente - Exterior.....	27
4.2.2 QUALAR – Sistema de Informação sobre Qualidade do Ar.....	27
4.2.3 IPMA – Rede de Vigilância Meteorológica.....	28
4.3 ANÁLISE DOS DADOS POR CONCELHO	30
4.3.1 Armamar.....	31
4.3.2 Lamego.....	48
4.3.3 Moimenta da Beira.....	65
4.3.4 Tarouca.....	83

5	DISCUSSÃO E RESULTADOS	91
5.1	PARÂMETROS AMBIENTAIS EXTERIORES ANALISADOS.....	91
5.2	PARÂMETROS AMBIENTAIS INTERIORES ANALISADOS.....	94
5.3	RELAÇÃO ENTRE O AR EXTERIOR E O AR INTERIOR	96
6	CONCLUSÃO	98
6.1	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	99
6.2	PERSPETIVAS FUTURAS.....	99
7	BIBLIOGRAFIA.....	100
	APÊNDICES.....	105
	APÊNDICE A	106
	APÊNDICE B	114
	APÊNDICE C	121

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores e fontes que afetam a Qualidade do Ar Interior e o Conforto.(adaptado de APA, 2010).....	9
Tabela 2 – Valores limite de poluentes definidos no RJAGQAr.	14
Tabela 3 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos de acordo com a Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro de 2013 (versão consolidada).....	18
Tabela 4 - Valores recomendados.	18
Tabela 5 - Estabelecimentos de Ensino na Área do Douro Sul alvo do estudo – fonte: https://www.gesedu.pt/PesquisaRede	23
Tabela 6 - Estabelecimentos de Ensino em estudo – fonte: https://www.gesedu.pt/PesquisaRede	23
Tabela 7 – Número de alunos alvo do estudo.	24
Tabela 8 – Escola monitorizada e período de estudo.	24
Tabela 9 – Locais de colocação dos aparelhos de monitorização da qualidade do ar e parâmetros validados por local.	25
Tabela 10 – Locais de avaliação da qualidade do ar exterior (ar ambiente).	26
Tabela 11 – Valores médios de concentração observados (base horária).	27
Tabela 12 - Valores máximos de concentração observados (base horária).....	27
Tabela 13 – Caracterização dos Edifícios Escolares.....	30
Tabela 14 – Armamar – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.	31
Tabela 15 – Caracterização das salas no período monitorizado.	33
Tabela 16 – AE Armamar – Pré-escolar – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.....	36
Tabela 17 – Caracterização das salas no período monitorizado – Armamar – 1ºCEB.....	41
Tabela 18 – AE Armamar – 1º Ciclo– Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.....	44
Tabela 19 – Lamego – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.	48
Tabela 20 – Caracterização das salas no período monitorizado.	49
Tabela 21 – AE Lamego – Salas Avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados. ...	52
Tabela 22 – Lamego - Sé – Caracterização das salas no período monitorizado.....	56
Tabela 23 – AE Lamego – Sé – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.	60

Tabela 24 – Moimenta da Beira – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.	65
Tabela 25 – Caraterização das salas no período monitorizado.	66
Tabela 26 – AE Moimenta da Beira – Alvite – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.	70
Tabela 27 – Caraterização das salas no período monitorizado.	76
Tabela 28 – AE Moimenta da Beira – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.	79
Tabela 29 – Tarouca – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.	83
Tabela 30 – Caraterização das salas no período monitorizado – Tarouca – Centro Escolar. ..	84
Tabela 31 – AE Tarouca – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.	87
Tabela 32 – Resumo dos resultados da Temperatura interior (°C) – 09:00h – 15:30h.	94
Tabela 33 – Resumo dos resultados da HR (%) – 09:00h – 15:30h.	95
Tabela 34 – Resumo dos Resultados obtidos de CO2 – 09:00h – 15:30h.	95
Tabela 35 – Resumo dos resultados obtidos.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela ONU em 2015 (https://e4k4c4x9.delivery.rocketcdn.me/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_POSTER_PT_new2018.jpg)	3
Figura 2 - Interação entre emissões antropogénicas de poluentes atmosféricos com o ambiente e a saúde humana (adaptado de Sillmann J. <i>et al.</i> , 2021).....	5
Figura 3 - Concentrações médias de PM _{2,5} , calculadas mensalmente (linha contínua) e anualmente (linha tracejada), na América do Norte (esquerda) e Europa (direita). Fonte: Dados gerados a partir de CAMSRA (vermelho) e GEOS-IT (azul).....	6
Figura 4 – Evolução das emissões de: PM ₁₀ , PM _{2,5} , amoníaco, óxidos de enxofre, compostos orgânicos voláteis não metânicos e óxidos de azoto, entre 1990 e 2021. Fonte: (CE, 2024)	7
Figura 5 – Evolução da concentração de PM _{2,5} na Europa – 2012-2023 (EEA, Air quality statistics, 2018).....	7
Figura 6 – Evolução da concentração de PM ₁₀ na Europa – 2012-2023 (EEA, Air quality statistics, 2018).....	7
Figura 7 – Percentagem do tempo gasto em ambientes interiores e exteriores (adaptado de Mannan M., Al-Ghamdi S. G.; 2021).	8
Figura 8 - Mapa de localização das escolas alvo deste estudo.....	22
Figura 9 - Localização dos estabelecimentos de ensino estudados (Elaborado em Power BI).	24
Figura 10 – Variação da concentração média horária de O ₃ e NO ₂ obtidas na estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados.....	28
Figura 11 – Valores médios de Temperatura (°C) e Precipitação (mm) observados (estação de Vila Real).	28
Figura 12 – Valores máximos de Radiação (W/m ²) observados (Estação de Vila Real).....	29
Figura 13 – Localização das escolas estudadas em Armamar.	31
Figura 14 – Localização do Jardim de Infância de Armamar e Salas avaliadas.	32
Figura 15 – Armamar - Jardim de Infância de Armamar. O polígono verde indica a localização da Sala 1, e o polígono vermelho indica a localização da Sala 2.	32
Figura 16 – Armamar - Jardim de Infância de Armamar (JI Armamar) – Sala 1 (esquerda) e Sala 2 (direita). O círculo vermelho indica a localização do equipamento de monitorização.	33
Figura 17 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Armamar – JI Armamar.....	34

Figura 18 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Armamar – JI Armamar.....	34
Figura 19 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados – Armamar – JI Armamar.	35
Figura 20 – Variação da concentração média horária de NO ₂ e O ₃ obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados – Armamar – JI Armamar.	35
Figura 21 – Concentração de CO ₂ no período de estudo – Pré-primária: sala 1 e sala 2 – Armamar – JI Armamar.	37
Figura 22 – Temperatura média no período de estudo – Interior e Exterior – Armamar – JI Armamar.....	38
Figura 23 – Humidade relativa no período de estudo – Armamar – JI Armamar: sala 1 e sala 2.	39
Figura 24 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior – Armamar – JI Armamar.....	39
Figura 25 – Localização Centro Escolar de Armamar e Salas avaliadas.	40
Figura 26 – Armamar 1º CEB.	40
Figura 27 – Armamar – 1ºCEB – Sala 2 (esquerda) e Sala 8 (direita). O círculo vermelho indica a localização do equipamento de monitorização.	41
Figura 28 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Armamar – 1ºCEB.	42
Figura 29 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Armamar – 1ºCEB.	42
Figura 30 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Armamar – 1ºCEB.....	43
Figura 31 – Variação da concentração média horária de NO ₂ e O ₃ obtidas na Estação MONITARSENSE – Armamar – 1ºCEB.....	43
Figura 32 – Concentração de CO ₂ no período de estudo – Armamar - 1ºCEB: sala 2 e sala 8.	45
Figura 33 – Variação da temperatura – 1ºCEB – Interior e Exterior – Armamar – 1ºCEB.....	45
Figura 34 – Humidade relativa – Armamar – 1ºCEB.	47
Figura 35 – Humidade Relativa média – Interior e Exterior – Armamar – 1ºCEB.	47
Figura 36 – Lamego - Sudeste – Centro Escolar - Salas avaliadas.	49

Figura 37 – Lamego - Sudeste – Sala 2 (esquerda), Biblioteca (centro) e Sala 2 (direita). O círculo vermelho indica a localização do equipamento de monitorização.....	50
Figura 38 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara - Lamego – Sudeste.	50
Figura 39 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real - Lamego – Sudeste.	51
Figura 40 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sudeste.	51
Figura 41 – Variação da concentração média horária de O ₃ e NO ₂ obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sudeste.	52
Figura 42 – Concentração de CO ₂ no período de estudo - Lamego – Sudeste.	53
Figura 43 – Temperatura média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sudeste.	54
Figura 44 – Humidade relativa no período de estudo - Lamego – Sudeste.	55
Figura 45 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sudeste.	55
Figura 46 – Lamego Sé N°2 – Salas avaliadas.....	56
Figura 47 – Lamego - Sé – Sala Pré-Primária (esquerda), Sala 1°CEB (centro) e Refeitório (direita). O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.	56
Figura 48 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara - Lamego – Sé.	57
Figura 49 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real - Lamego – Sé.....	57
Figura 50 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sé.....	58
Figura 51 – Variação da concentração média horária de NO ₂ e O ₃ obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sé.....	58
Figura 52 – Concentração de CO ₂ no período de estudo nos compartimentos monitorizados - Lamego – Sé.....	61
Figura 53 – Temperatura média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sé. ..	62
Figura 54 – Humidade relativa no período de estudo - Lamego – Sé.....	63
Figura 55 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sé.....	64
Figura 56 – Moimenta da Beira – Escola Básica de Alvite (EB1 Alvite) – Salas avaliadas. ..	66

Figura 57 – Moimenta da Beira – EB1 Alvite – Localização das Salas. Esquerda: Sala 1ºCEB e Direita: Sala JI. O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.	67
Figura 58 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	67
Figura 59 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	68
Figura 60 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	69
Figura 61 – Variação da concentração média horária de NO ₂ e O ₃ obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	69
Figura 62 – Concentração de CO ₂ – Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	71
Figura 63 – Temperatura média – Interior e Exterior – Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	72
Figura 64 – Humidade relativa no período de estudo – Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	73
Figura 65 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior – Moimenta da Beira – EB1 Alvite.	74
Figura 66 – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	75
Figura 67 – Salas monitorizadas – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	75
Figura 68 – Biblioteca (esquerda), Sala 1ºCEB (centro) e Sala Pré-Primária (direita) – Moimenta da Beira – Centro Escolar. O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.	76
Figura 69 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	77
Figura 70 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	77
Figura 71 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	78
Figura 72 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	78
Figura 73 – Concentração de CO ₂ – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	80
Figura 74 – Variação da temperatura - Interior e Exterior – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	81

Figura 75 – Humidade relativa – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	82
Figura 76 – Humidade Relativa média – Interior e Exterior – Moimenta da Beira – Centro Escolar.	82
Figura 77 – Tarouca – Centro Escolar. Esquerda: Sala JI, Centro: Sala 8 e Direita: Biblioteca.	83
Figura 78 – Localização das salas monitorizadas – Tarouca – Centro Escolar.	83
Figura 79 – Tarouca – Biblioteca (esquerda), Sala 1ºCEB (centro) e Sala Pré-Primária (direita). O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.	84
Figura 80 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Tarouca – Centro Escolar.	85
Figura 81 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Tarouca – Centro Escolar.	85
Figura 82 – Variação da concentração média horária de PM ₁₀ e PM _{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Tarouca – Centro Escolar.	86
Figura 83 – Variação da concentração média horária de O ₃ e NO ₂ obtidas na Estação MONITARSENSE – Tarouca – Centro Escolar.	86
Figura 84 – Concentração de CO ₂ no período de estudo – Tarouca – Centro Escolar.	88
Figura 85 – Variação da temperatura no período de estudo - Interior e Exterior – Tarouca – Centro Escolar.	89
Figura 86 – Humidade relativa no período de estudo – Tarouca – Centro Escolar.	90
Figura 87 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior – Tarouca – Centro Escolar.	90
Figura 88 – Concentração de CO medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior dos estabelecimentos de ensino (durante o período em avaliação).	92
Figura 89 – Concentração de NO ₂ medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior do estabelecimento de ensino em avaliação e na EMQA – Douro Norte (durante o período em avaliação).	92
Figura 90 – Concentração de O ₃ medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior do estabelecimento de ensino em avaliação e na EMQA – Douro Norte (durante o período em avaliação).	93
Figura 91 – Concentração de PM _{2,5} e PM ₁₀ medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior do estabelecimento de ensino em avaliação e na estação da QUALAR – Douro Norte (durante o período em avaliação).	93
Figura 92 – Temperatura mínima e máxima registada por espaço avaliado.	94

Figura 93 – Humidade Relativa (HR) mínima e máxima registada por espaço avaliado.	95
Figura 94 – Concentração de CO ₂ – valor máximo registado por espaço avaliado.	96
Figura 95 – Comparação da evolução da Temp.: Interior (Mínima e Máxima) e Exterior (IPMA - Vila Real).	97
Figura 96 – Comparação da evolução da HR do Exterior (IPMA - Vila Real) e HR Interior.	97

LISTA DE SIGLAS

ACES – Agrupamento de Centros de Saúde

AEA - Agência Europeia do Ambiente

AE – Agrupamento de Escolas

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

CEB - Ciclo do Ensino Básico

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

EMQAr - Estações de Monitorização da Qualidade do Ar

EPA - Environmental Protection Agency

HR – Humidade Relativa

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

JI – Jardim de Infância

MBeira - Moimenta da Beira

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial de saúde

RJAGQAr – Regime Jurídico de Avaliação e Gestão da Qualidade do Ar.

QAI - Qualidade do Ar Interior

QUALAR - Sistema de Informação sobre Qualidade do Ar em Portugal (Rede Nacional de Monitorização da Qualidade do Ar)

Temp. - Temperatura

SED - Síndrome do Edifício Doente

UE – União Europeia

WHO - World Health Organization

WMO - World Meteorological Organization

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A Organização Mundial de Saúde (OMS), considera que nove em cada dez pessoas respiram ar poluído. Em 2024, a OMS considerou que anualmente os riscos ambientais são responsáveis por 13 milhões de mortes e que se registam 7 milhões de mortes, todos os anos, devido à má qualidade do ar ambiente exterior (WHO, 2024).

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (AEA), anualmente poderiam ser evitadas 253 000 mortes prematuras, apenas na União Europeia (UE), se o nível de partículas finas (PM_{2.5}) no ar ambiente exterior cumprisse as recomendações da OMS. Na UE, a poluição por dióxido de azoto (NO₂) é responsável por 52 000 mortes prematuras, bem como a exposição de curta duração ao ozono (O₃), que mata prematuramente anualmente 22 000 pessoas (EEA, European Environment Agency, 2023)

Apesar de o ar ambiente exterior, continuar a ser um fator de preocupação para o Homem, e particularmente o seu potencial de causar doenças em quem o respira, as questões relacionadas com a qualidade do ar no interior dos edifícios são reconhecidas como causa de insalubridade e doenças aos seus ocupantes (*e.g.* Dimitroulopoulou C. *et al.*, 2006).

A atual concentração da população em grandes centros urbanos e o facto de passarmos grande parte do nosso dia em ambientes interiores, contaminados, aumenta a exposição a um número de poluentes cada vez maior. No interior dos edifícios, nomeadamente nos locais de trabalho e nas escolas, a concentração de pessoas, de atividades geradoras de poluentes e a renovação do ar condiciona a qualidade do ar. A qualidade do ar é muito afetada se existir uma deficiente ventilação e climatização do ar devido a uma inadequada manutenção dos equipamentos, nomeadamente dos aparelhos de ventilação, aquecimento e de arrefecimento (*e.g.* Blondeau P., 2004).

Apesar de toda a evidência e de todos os estudos concluírem do real impacto das atividades humanas na poluição ambiental e na má qualidade do ar ambiente, a Pandemia de Covid-19, veio confirmar que todas estas atividades, nomeadamente a emissão de gases provocada pelos veículos movidos a combustíveis fósseis influencia a qualidade ambiental. O facto de esta pandemia ter obrigado a maioria dos países a encerrarem grande parte das suas atividades quotidianas, com a conseqüente diminuição do tráfego automóvel, provou-se que existe uma relação muito significativa entre a poluição do ar exterior e as atividades humanas (*e.g.*, Adam, M.G. *et al.*, 2021; CCDRLVT, 2022).

Por outro lado, o facto de a Covid-19 ter obrigado a que as pessoas tenham passado mais tempo em ambientes fechados, contribuiu para a diminuição da qualidade do ar em ambientes interiores, devido a uma deficiente ventilação desses espaços, o que conduziu a um aumento da concentração dos poluentes (*e.g.*, Agarwal N. *et al.*, 2021).

As crianças são mais suscetíveis aos efeitos adversos da poluição interior, pelo facto de possuírem um metabolismo mais acelerado, pelo que o volume de ar inspirado é superior comparativamente ao de um adulto, e uma vez que os seus órgãos estão numa fase de desenvolvimento, o risco para a sua saúde é maior. É fundamental que a construção, a reabilitação e a manutenção dos edifícios escolares garanta condições ambientais adequadas (WHO, 2005).

1.2 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em quatro partes essenciais.

Numa primeira parte dedicada à fundamentação teórica sobre o tema e fundamentada no conhecimento mais atual sobre a temática.

Numa segunda parte está definida a metodologia utilizada na investigação.

Na terceira parte são apresentados os resultados por concelho, edifício estudado e local monitorizado, sendo simultaneamente realizada uma análise a estes mesmos resultados.

Nos dois capítulos finais é realizada a discussão e as principais conclusões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Influência do Ar na Saúde

A Agência Europeia do Ambiente (AEA) define ambiente como tudo aquilo que nos rodeia, e com as quais o Homem estabelece relações, onde se inclui o ambiente natural e todas as alterações realizadas pelo Homem, nomeadamente o ambiente construído, mas também a terra, a água e o ar (EEA, 2024).

Os novos desafios, deste século, provocados pelas alterações climáticas, acarretam problemas sem precedentes que desafiam a humanidade a fazer mudanças na forma de interagir com o meio ambiente (*e.g.* Sillmann J. *et al.*, 2021). O aumento da população mundial, a produção de alimentos em quantidade e a segurança alimentar obrigam a tomar medidas importantes, mas fundamentais para cumprir os Objetivos para um Desenvolvimento Sustentável até 2030 (Figura 1), preconizados pela Organização das Nações Unidas em 2015 (WHO, 2015).



Figura 1 – Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela ONU em 2015
(https://e4k4c4x9.delivery.rocketcdn.me/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_POSTER_PT_new2018.jpg)

“Nenhum organismo vive sem Ambiente.”, as relações que o ser humano estabelece com o local onde vive, condicionam e alteram o estado do ambiente. As alterações decorrentes da interação dos organismos entre si, afetam o estado do ambiente e conseqüentemente põem em risco a própria sobrevivência do Homem. Para Déoux (Déoux S., Déoux P., 1996) a ganância e a convicção de que o Homem tem que ser o dono do Universo está a pôr em risco a sobrevivência do Homem na Terra.

Para Déoux (Déoux S., Déoux P., 1996), a proteção do ambiente é crucial e urgente para preservar a espécie humana na Terra, uma vez que a extinção massiva de espécies animais e as alterações provocadas pelo Homem no ambiente são de tal forma impactantes que está em causa a saúde pública de todos os que coabitam no ambiente.

De acordo com a OMS a existência de ar puro é um requisito básico para a saúde humana. A WHO evidencia a relação entre o ambiente interior, locais onde o ser humano passa grande parte da sua vida, tais como: habitações; edifícios; escolas; locais de trabalho; e a qualidade do ar desses locais, que é afetada por todas as relações e interações do Homem e do local onde este se encontra, nomeadamente as atividades que este desenvolve no interior desses espaços (WHO, 2010).

O impacto da qualidade do ar interior na saúde nem sempre foi considerado como relevante, só há poucas décadas é que se dá real atenção ao ar interior dos edifícios e não apenas à qualidade do ar dos locais de trabalho, que desde há muitos anos merece a atenção dos investigadores (*e.g.* Jones A., 1999).

Também já é um facto comprovado de que uma deficiente qualidade do ar interior, reduz a capacidade cognitiva dos ocupantes desses locais, nomeadamente das crianças que se encontram no interior dos estabelecimentos escolares (*e.g.* Mendell M. J., Heath G. A., 2004).

2.2 Qualidade do Ar

O ambiente, e concretamente a poluição ambiental, é um problema global, com o qual nos devemos preocupar cada vez mais, dada a constante alteração do estado do ambiente que nos rodeia. A boa qualidade do ar que respiramos é fundamental para a proteção da saúde. Não só a qualidade do ar ambiente exterior, mas também a qualidade do ar interior. De acordo com a OMS as pessoas passam mais de 90% do seu tempo em ambientes interiores (WHO, 2000), onde muitas vezes a concentração de poluentes é muito superior, à concentração no ambiente exterior, o estudo da qualidade do ar nestes locais é imprescindível, sendo importante a identificação de quais os fatores que influenciam a QAI, concretamente os poluentes mais comuns nesses espaços.

2.2.1 Ar ambiente exterior

A poluição do ar desde tempos imemoriais é considerada uma ameaça para a saúde humana, Hipócrates em 400ac, já reconhecia a sua importância. Muito mais tarde, durante o período da Revolução Industrial, verificou-se uma grande influência das emissões de gases provenientes da atividade industrial com uma crescente poluição das cidades industrializadas (*e.g.* Fowler, *et al.*, 2020).

Apesar de estas evidências, somente nos últimos 150 anos é possível confirmar através da realização de estudos e avaliação dos parâmetros ambientais de forma exata a concentração e o tipo de contaminantes presentes na atmosfera, emitidos pelas diversas fontes emissoras de poluentes (*e.g.* Fowler, *et al.*, 2020). Na Figura 2 é apresentada uma imagem que pretende resumir a complexa interação entre emissões antropogénicas de poluentes atmosféricos, a sua interação com o clima (gases de efeito estufa), a interação com a saúde humana e com a produtividade agrícola.

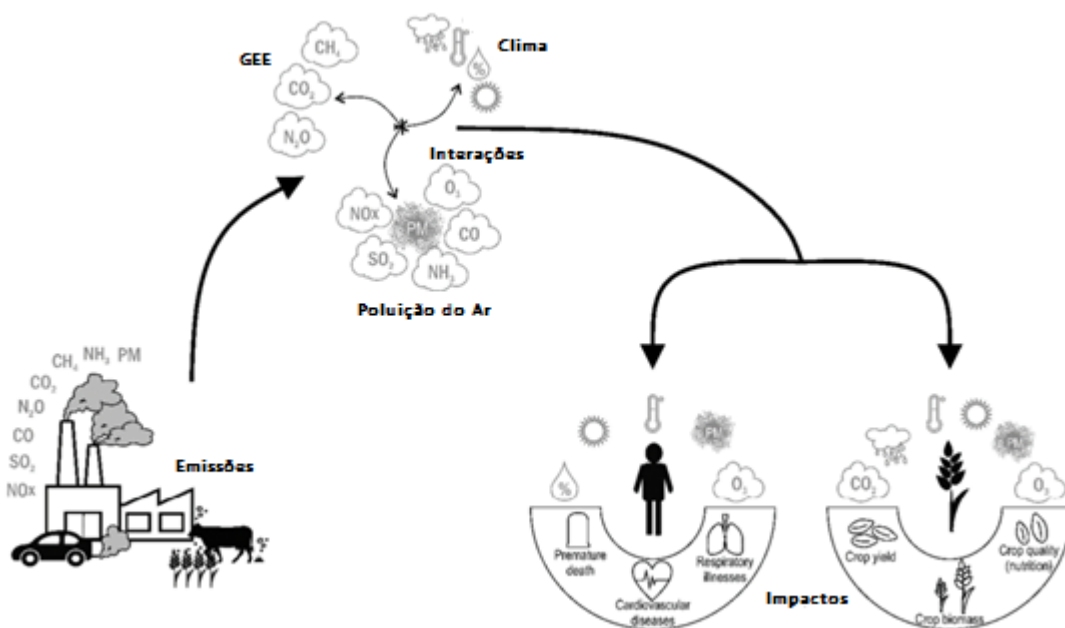


Figura 2 - Interação entre emissões antropogénicas de poluentes atmosféricos com o ambiente e a saúde humana (adaptado de Sillmann J. *et al.*, 2021).

As fontes emissoras de poluentes atmosféricos, tenham estes poluentes origem em fontes naturais ou origem antropogénica, especialmente nas emissões provenientes de fontes industriais, nomeadamente as provenientes do tráfego automóvel ou da produção de animais para a alimentação humana, alteram de forma substancial a composição do ar, sendo este um veículo de contaminação para o Homem (*e.g.* Sillmann J. *et al.*, 2021).

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2024), as alterações climáticas em curso, causadas pela acumulação na atmosfera de gases com efeito de estufa, ocorrem numa escala temporal de décadas a séculos, o que tem provocado mudanças ambientais a nível global, por outro lado, os efeitos da poluição do ar, que acontecem próximos da superfície terrestre, têm efeitos visíveis ao fim de poucos dias ou semanas. Fenómenos locais, tais como grandes fogos, influenciam a qualidade do ar a longas distâncias, a poluição do ar na atmosfera é responsável por complicações na saúde da população.

Embora os níveis de poluição do ar sejam atualmente inferiores ao que se verificava há algumas décadas, em 2021 97 % dos habitantes das zonas urbanas estavam expostos a concentrações de partículas finas, $PM_{2.5}$ superiores aos recomendados nas orientações da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2021). Na Figura 3 é apresentada a variação da concentração de $PM_{2.5}$ na América do Norte e na Europa.

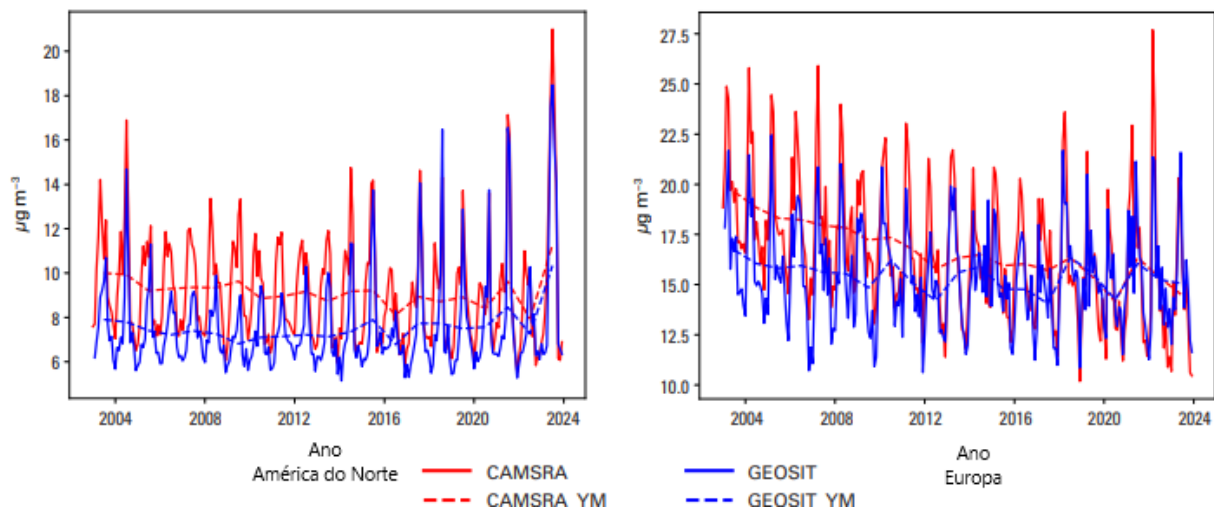


Figura 3 - Concentrações médias de $PM_{2.5}$, calculadas mensalmente (linha contínua) e anualmente (linha tracejada), na América do Norte (esquerda) e Europa (direita). Fonte: Dados gerados a partir de CAMSRA (vermelho) e GEOS-IT (azul).

Na Europa, e de acordo com a AEA, tem-se verificado uma redução sustentada nas emissões de PM_{10} , $PM_{2.5}$, amoníaco, óxidos de enxofre, compostos orgânicos voláteis (COV) não metânicos e óxidos de azoto no período de 1990 a 2021 (ver Figura 4).

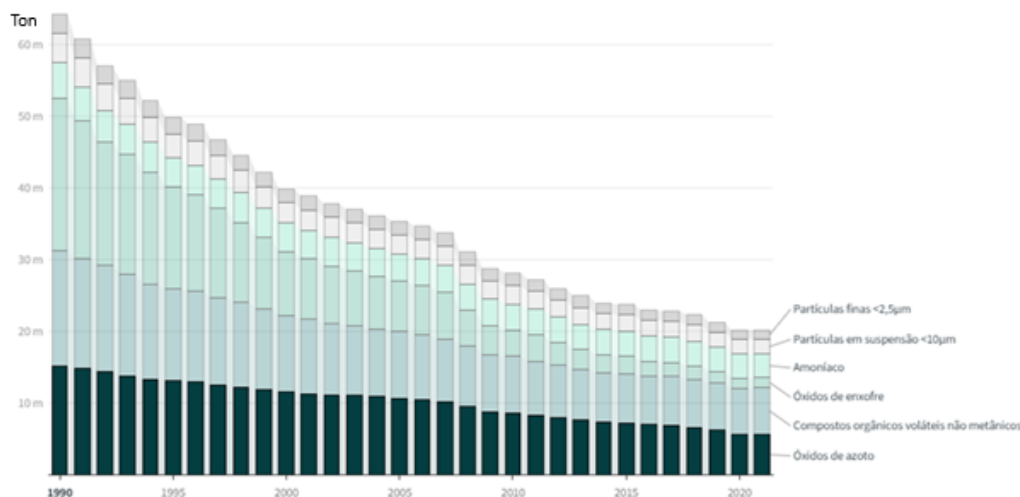


Figura 4 – Evolução das emissões de: PM_{10} , $PM_{2.5}$, amoníaco, óxidos de enxofre, compostos orgânicos voláteis não metânicos e óxidos de azoto, entre 1990 e 2021. Fonte: (CE, 2024)

E embora a qualidade do ar continue a representar o maior perigo ambiental, a nível europeu tem-se verificado uma melhoria ao longo das últimas décadas (CE, 2024). Especificamente para as $PM_{2.5}$, (poluente com maior impacte no número de mortes prematuras) e para as PM_{10} (Madureira, et al., 2020), o nível da sua concentração no ar diminuiu no período de 2012 a 2023, conforme se poderá constatar pela análise da Figura 5 e Figura 6:

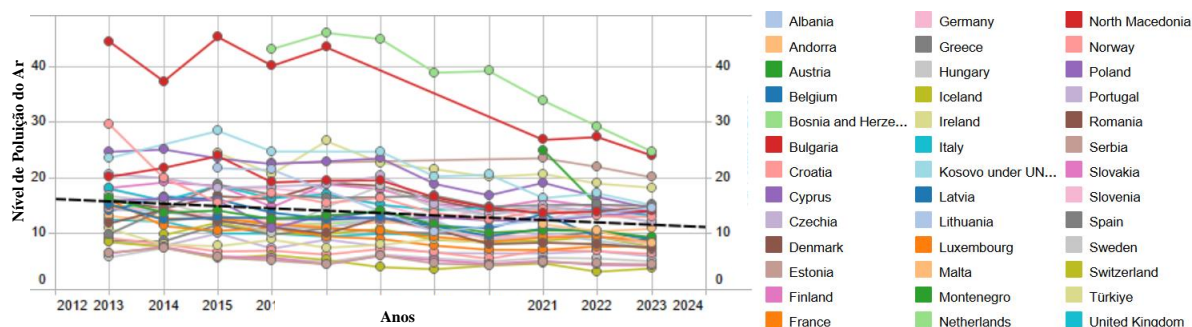


Figura 5 – Evolução da concentração de $PM_{2.5}$ na Europa – 2012-2023 (EEA, Air quality statistics, 2018)

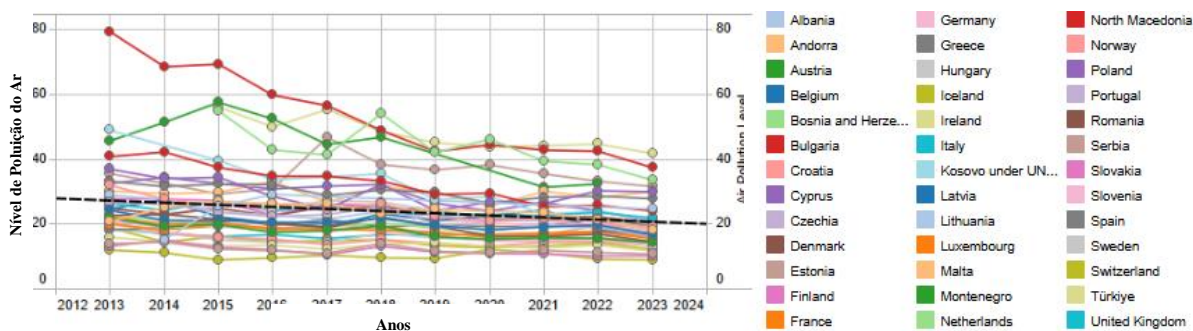


Figura 6 – Evolução da concentração de PM_{10} na Europa – 2012-2023 (EEA, Air quality statistics, 2018)

2.2.2 Ar interior

De acordo com vários estudos referentes à problemática da poluição do ar interior (e.g. Jones A., 1999; Klepeis N., 2001; Chao C.Y., 2001; Lee S., Chang M., 2000; Mannan M., Al-Ghamdi S.G.; 2021), está confirmado que a concentração de alguns poluentes no interior é bastante mais significativa do que a existente no ar exterior, e uma vez que o Homem passa cerca de 90% do seu tempo em ambientes interiores, o risco de vir a sofrer de doenças provocadas pela má qualidade dos ambientes interiores é cada vez maior (e.g. Mannan M., Al-Ghamdi S.G.; 2021). Um estudo efetuado na América do Norte concluiu que os adultos passam cerca de 87% do seu dia no interior de edifícios, sendo o restante dia usado na realização de deslocações de trânsito no interior de veículos, 5%, sendo que apenas 8% do dia é passado em ambientes exteriores (Klepeis N., *et al.*, 2001). De uma forma genérica pode-se resumir o tempo passado em cada um dos diferentes ambientes de acordo com a Figura 7:

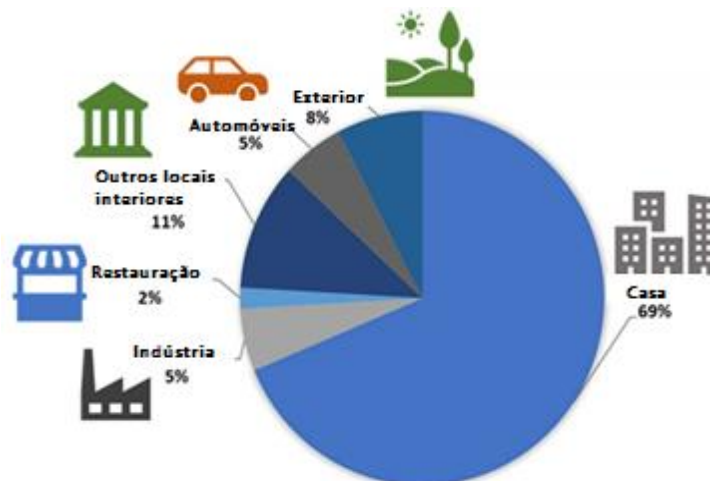


Figura 7 – Percentagem do tempo gasto em ambientes interiores e exteriores (adaptado de Mannan M., Al-Ghamdi S. G.; 2021).

Só muito recentemente é que os efeitos na saúde provocados por uma deficiente QAI passaram a ser uma preocupação. Nos anos 70, utilizadores de edifícios comerciais e de edifícios públicos relataram problemas relacionados com a permanência em espaços interiores, nomeadamente problemas respiratórios, cefaleias, fadiga e asma, conforme referido em artigo de revisão da literatura publicado em 2016 (Horr Y. A. *et al.*, 2016). Nestes mesmos estudos são também referidos vários dos fatores que influenciam a saúde e o bem-estar dos ocupantes, nomeadamente o conforto térmico, aspetos visuais, o ruído e os poluentes atmosféricos presentes no ambiente. A exposição a poluentes no ar respirado em ambientes interiores, nomeadamente a exposição prolongada a produtos químicos produzidos por essas mesmas atividades, são potencialmente nefastos para a saúde dos ocupantes (Hulot N.B., 1999).

No entanto, a QAI não é influenciada apenas pela contaminação produzida no interior dos edifícios, mas também pelo meio envolvente onde esses edifícios se localizam. O ar exterior influencia a QAI, nomeadamente quando estes estão localizados em locais com intensa atividade industrial ou elevado tráfego rodoviário (*e.g.* Blondeau P., 2004) além de todas as outras fontes antropogénicas de emissão de poluentes.

A evidência demonstra que uma má qualidade do ar exterior influencia a qualidade do ar no interior dos edifícios. De uma forma geral, a qualidade do ar no interior está relacionada com uma deficiente ventilação dos espaços interiores e com a contaminação proveniente do exterior (*e.g.* Chao C.Y., 2001). A contaminação do ar provocada pela poluição proveniente de fontes antropogénicas é um fator preponderante na má qualidade do ar no interior dos edifícios. De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2010) a localização de um edifício, a sua interação com o meio ambiente que o rodeia e todas as fontes emissoras de contaminantes existentes no seu interior, são os responsáveis pela qualidade do ar no interior desse espaço, nomeadamente os referidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores e fontes que afetam a Qualidade do Ar Interior e o Conforto.(adaptado de APA, 2010).

Fatores	Fontes
Temperatura e valores extremos de humidade	Colocação imprópria dos dispositivos de medição (termostatos), deficiente controlo de humidade, incapacidade do edifício de compensar extremos climáticos, número de equipamentos instalados e a densidade de ocupação.
Dióxido de carbono	Número de pessoas, queima de combustíveis fósseis, (gás, aquecedores, etc.).
Monóxido de Carbono	Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), combustão, fumo do tabaco.
Formaldeído	Madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia - formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário, papel químico.
Partículas	Fumo, entradas de ar, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros de HVAC, limpezas.
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Fotocopiadoras e impressoras, computadores, carpetes, mobiliário, produtos de limpeza, fumo tintas, adesivos, calafetagem, perfumes, laca, solventes.
Ventilação inadequada (ar exterior insuficiente, deficiente circulação)	Medidas de poupança de energia e manutenção, má conceção do projeto do sistema de HVAC, operação deficiente de funcionamento, alteração do sistema de funcionamento do HVAC pelos ocupantes, conceção desajustada dos espaços em avaliação.
Matéria microbiana	Água estagnada em sistemas de HVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento (chillers), torres de refrigeração.

A poluição do ar no interior dos edifícios geralmente é duas a cinco vezes maior do que a que se verifica no exterior, podendo em situações extremas ser mais de 100 vezes superior (EPA U. E., s.d.).

As características dos edifícios onde o Homem passa grande parte do seu dia, por vezes são afetados por um fenómeno denominado de Síndrome do Edifício Doente (SED), esta designação resulta da existência de várias fontes de emissão de poluentes, existentes no interior,

e que são responsáveis por sintomas de doença aos seus ocupantes, muitas vezes não muito específicos, mas que interferem com o seu estado de saúde (WHO, 1984). A utilização de novos tipos de materiais na construção dos edifícios, a não ventilação adequada dos espaços interiores, e as atividades realizadas no interior são geradoras de poluentes que afetam a saúde e o bem-estar dos ocupantes (*e.g.* Assimakopoulos V., Helmis C., 2004).

2.2.2.1 Edifícios escolares

Apesar das investigações ainda serem insuficientes, as que têm sido realizadas têm demonstrado que deve existir uma maior preocupação em relação aos potenciais efeitos na saúde provocados por uma deficiente QAI, preocupação esta agravada pelo facto de que, tal como anteriormente referido, atualmente as pessoas passam grande parte da sua vida em ambientes interiores, sejam eles o local de trabalho, a casa ou a escola (Pinto M. *et al.*, 2021).

A maior vulnerabilidade das crianças aos poluentes presentes no meio ambiente, e os riscos para a sua saúde, são fatores conhecidos e referidos em inúmeros estudos, (*e.g.* Fromme *et al.*, 2007; Barreira E. *et al.*, 2024; Giuli V.D. *et al.*, 2012; EPA, 2012; WHO, 2010) e o reconhecimento de que as crianças passam grande parte do seu dia dentro de edifícios, é uma preocupação que deve ser estudada, de forma reduzir o risco para a sua saúde (Singh, *et al.*, 2019).

A QAI é fundamental para a promoção do bem-estar, da saúde e da aprendizagem dos alunos, um ambiente térmico desconfortável, os contaminantes químicos e microbiológicos presentes nos espaços interiores, são alguns dos fatores que condicionam e interferem com a saúde, o conforto, a produtividade e a aprendizagem dos alunos (*e.g.* Giuli V.D. *et al.*, 2012).

A realização de estudo sobre a QAI e a sua relação com a saúde dos alunos contribui para se obter um conhecimento mais aprofundado das reais condições das escolas, e para a necessidade de serem realizadas intervenções não apenas de índole estrutural, mas também ações de manutenção eficazes dos diversos equipamentos, nomeadamente dos sistemas de climatização, e procedimentos básicos de manutenção dos espaços interiores, que promovam um ambiente mais favorável para a aprendizagem (*e.g.* Barreira E. *et al.*, 2024).

2.2.3 Fatores que influenciam a Qualidade do Ar nos Edifícios Escolares

No interior dos estabelecimentos escolares existem diversos fatores com influência na qualidade do ar nomeadamente os materiais utilizados na construção dos edifícios, o tipo de

ocupação dos edifícios, as atividades realizadas no seu interior. Todos estes fatores são condicionantes da deterioração da qualidade do ar (*e.g.* Csobod, E.A. *et al.*, 2014).

As crianças passam cerca de 30% da sua vida no interior dos estabelecimentos escolares (Giuli, V. D., *et al.*, 2012) e apesar de a suscetibilidade relativamente às condições existentes (poluentes existentes) variarem de pessoa para pessoa, a elevada concentração de alguns poluentes nesses espaços é fator prejudicial para a saúde de todos os seus ocupantes.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) conclui, através da evidência científica comprovada por estudos efetuados do real impacte da qualidade do ar existente no interior das escolas com o desempenho académico e de saúde das crianças (EPA, 2012)

As fontes de poluição existentes no ambiente próximo dos edifícios escolares têm influência na QAI, uma vez que as escolas não são estanques, às contaminações do exterior, nomeadamente as que provêm dos sistemas de ventilação, e da abertura de janelas (*e.g.* EPA, 2012).

Um dos maiores problemas para a má qualidade do ar no interior dos edifícios está relacionado com a deficiente ventilação desses mesmos espaços, pelo que a melhor estratégia para combater este grave problema deverá passar por uma renovação do ar interior, através da promoção de um sistema de ventilação mais eficiente (*e.g.* Daisey, Angell, & Apte, 2003). Outra estratégia para combater a concentração dos poluentes no interior passa pela eliminação das fontes poluidoras existentes no interior.

A evidência confirma que uma maior taxa de entrada de ar exterior, em zonas sem muitas fontes de poluição, nos espaços interiores, melhora a QAI (*e.g.* Wargocki P. *et al.*, 1999).

2.3 Enquadramento Legal

Desde longa data a União Europeia tem legislado no sentido de criar um melhor ambiente para os seus habitantes, nomeadamente no domínio da qualidade do ar para combater as emissões de poluentes na origem através da fixação de objetivos, que se baseiam nas normas da OMS, desde os anos 70. De forma a acompanhar os avanços científicos, técnicos e a crescente preocupação com os impactos da poluição no ambiente e na saúde pública, surgiram as primeiras diretivas europeias focadas na poluição atmosférica, com destaque para:

- Diretiva 80/779/CEE: estabeleceu valores-limite para poluentes como dióxido de enxofre (SO₂) e partículas em suspensão;
- Diretiva 85/203/CEE: regulou os níveis de dióxido de azoto (NO₂) no ar ambiente.

A partir dos anos 90, verifica-se uma abordagem integrada, com a promulgação da:

- Diretiva 96/62/CE (Diretiva-Quadro): introduziu o conceito de avaliação e gestão da qualidade do ar, que foi a base para legislações futuras e incluiu a obrigatoriedade da existência de planos de ação;
- Diretivas-Filha (1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE): definiram limites para dióxido de enxofre, óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM₁₀), chumbo, benzeno, monóxido de carbono e ozono.

Posteriormente com a Diretiva 2008/50/CE, existe uma consolidação de todas estas normas:

- A Diretiva 2008/50/CE unificou e atualizou as diretivas anteriores, criando um quadro mais abrangente:
 - Define limites para partículas (PM₁₀, PM_{2.5}), NO₂, SO₂, O₃ e outros poluentes;
 - Introduce o conceito de limiar de avaliação superior e inferior;
 - Exige sistemas de monitorização e planos de melhoria em áreas onde os limites fossem ultrapassados.
- Diretiva 2004/107/CE, Direcionamento Específico:
 - Complementando a Diretiva 2008/50/CE, esta legislação focou-se em poluentes específicos de menor presença, mas de alta toxicidade, como arsénio, cádmio, níquel e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos;

- Em 2015, a Diretiva (UE) 2015/1480, ajusta os métodos de referência e os critérios para monitorização, assegurando que os dados recolhidos fossem mais precisos e uniformes entre os Estados-Membros;
- A estratégia CAFE, é uma estratégia mais ampla, que reforçou uma abordagem integrada e de longo prazo. Recentemente, o Regulamento (UE) 2021/1119 (Lei do Clima Europeia) fixou metas ambiciosas de redução de emissões, integrando qualidade do ar com a política climática.

A legislação europeia está em constante evolução para alinhar-se às evidências científicas e às necessidades ambientais. Novos objetivos e limites mais rigorosos são esperados, considerando os impactos da poluição do ar na saúde pública e no clima.

Esta evolução da legislação europeia sobre qualidade do ar reflete um compromisso crescente com a proteção da saúde e do ambiente, baseando-se em dados científicos e em estratégias de longo prazo para controlar e reduzir a poluição atmosférica.

A evolução e novas evidências sobre as complicações na saúde humana, decorrentes da exposição aos poluentes ambientais, e sendo reconhecido que o maior risco ambiental para a saúde humana, são os que estão relacionados com a poluição do ar (WHO, 2021) pelo que brevemente será publicada uma nova Diretiva Europeia (COM/2022/542 final) reduzindo os valores limite, embora sem atingir os valores guias definidos pela OMS.

2.3.1 Qualidade do Ar Ambiente – Legislação Nacional

A legislação portuguesa de qualidade do ar tem como objetivo a proteção da saúde pública e do meio ambiente, estabelecendo normas e regulamentos para controlar e reduzir a poluição atmosférica. Tem por base as diretrizes da União Europeia, sendo que Portugal tem transposto diversas diretivas comunitárias para o seu ordenamento jurídico.

A Lei nº 19/2014 - Lei de Bases do Ambiente define o quadro geral para a proteção ambiental, incluindo a qualidade do ar:

“A política de ambiente visa a efetivação dos direitos ambientais através da promoção do desenvolvimento sustentável, suportada na gestão adequada do ambiente, em particular dos ecossistemas e dos recursos naturais, contribuindo para o desenvolvimento de uma sociedade de baixo carbono e uma «economia verde», racional e eficiente na utilização dos recursos naturais, que assegure o bem-estar e a melhoria progressiva da qualidade de vida dos cidadãos. ...”

De acordo com a Lei de Bases do Ambiente, no seu artigo 5º, ponto 1, “*Todos têm direito ao ambiente e à qualidade de vida, ...*”, este direito ao ambiente, “*...consiste no dever de contribuir para a criação de um ambiente sadio e ecologicamente equilibrado e, na ótica do uso eficiente dos recursos e tendo em vista a progressiva melhoria da qualidade vida, para a sua proteção e preservação. ...*”, em relação à política da qualidade do ar, é definido o seguinte, no artigo 10º:

“*a) A gestão do ar visa preservar e melhorar a respetiva qualidade no meio ambiente, garantir a sua boa qualidade no interior dos edifícios e reduzir e prevenir as disfunções ambientais, de forma a minimizar os efeitos adversos para a saúde humana e para o ambiente; ...*”

De forma a cumprir a política de ambiente definida neste diploma legal, deverá ser criada “*...legislação específica para cada um dos componentes identificados nos artigos anteriores, consentânea com as políticas europeias e internacionais aplicáveis em cada domínio, com vista à definição de objetivos e à aplicação de medidas específicas. ...*”, pelo que e cumprindo estes pressupostos, em Portugal é transposta a diretiva CAFE, Diretiva 96/62/CE, de 27 de Setembro, depois de revista pela Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Maio, acontece com a promulgação do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março e pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio, relativo ao regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, estabelecendo medidas destinadas a definir e fixar objetivos relativos à qualidade do ar ambiente, com o fim de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente, onde se definem os limiares de avaliação superiores e inferiores, de diversos poluentes:

- Dióxido de enxofre;
- Dióxido de azoto e óxidos de azoto;
- Partículas em suspensão (PM₁₀ e PM_{2,5});
- Chumbo;
- Benzeno;
- e Monóxido de Carbono.

Tabela 2 – Valores limite de poluentes definidos no RJAGQAr.

Poluente	Concentração	Período	N.º de excedências permitidas por ano
Arsénio (As)	6 ng/m ³	1 ano	n.a.
Benzeno	5 µg/m ³	1 ano	n.a.
Cadmio (Cd)	5 ng/m ³	1 ano	n.a.
Chumbo (Pb)	0,5 µg/m ³	1 ano	n.a.

Dióxido de azoto (NO₂)	200 µg/m ³	1 hora	18
Dióxido de azoto (NO₂)	40 µg/m ³	1 ano	n.a.
Dióxido de enxofre (SO₂)	350 µg/m ³	1 hora	24
Dióxido de enxofre (SO₂)	125 µg/m ³	24 horas	3
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH)	1 ng/m ³ (expresso como concentração de Benzo(α)pireno)	1 ano	n.a.
Monóxido de carbono (CO)	10 mg/m ³	Máximo diário das médias de 8 horas	n.a.
Níquel (Ni)	20 ng/m ³	1 ano	n.a.
Ozono	120 µg/m ³	Máximo diário das médias de 8 horas	25 dias média de 3 anos
Partículas (PM_{2,5})	20 µg/m ³	1 ano	n.a.
PM₁₀	50 µg/m ³	24 horas	35
PM₁₀	40 µg/m ³	1 ano	n.a.

A monitorização da qualidade do ar por meio de redes de estações de medição, que fornecem dados sobre a concentração de poluentes, e impõe limites legais para garantir que esses níveis se mantêm abaixo dos respetivos limiares de proteção e que no caso de incumprimento, devem ser adotadas medidas corretivas, como restrições ao tráfego rodoviário ou a redução das emissões industriais. Em Portugal, a entidade responsável pela gestão da qualidade do ar é a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que coordena as políticas e assegura a conformidade com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação, tendo sido criado um sistema de informação on-line, denominado por QUALAR.

O QUALAR é um sistema de informação, que fornece informações sobre a qualidade do Ar em Portugal, com a criação de redes de Medição da Qualidade do Ar, constituídas por estações de monitorização da qualidade do ar (EMQAr), em cada uma das regiões do país. Com setenta e duas estações distribuídas em Portugal, de diferentes tipologias, tipologias estas que dependem da predominância das emissões em cada um dos locais onde estas se localizam:

Estações de tráfego têm como objetivo conhecer as concentrações máximas de poluentes resultantes das emissões do tráfego rodoviário a que a população pode estar exposta, tipicamente concentrações elevadas por períodos de curta duração, localizando-se próximo de vias de tráfego intenso;

Estações de fundo têm como objetivo a avaliação da exposição média da população a concentrações de fundo, localizando-se fora da influência direta de vias de tráfego ou de qualquer fonte próxima de poluição;

Estações industriais permitem avaliar as concentrações máximas de determinados poluentes com origem industrial, encontrando-se situadas na proximidade de zonas industriais.

Cada estação permite a leitura dos parâmetros previamente definidos, e os dados medidos em contínuo nas diversas estações são transmitidos, em tempo quase real para um sistema que posteriormente disponibiliza estes dados ao público através do portal QUALAR.

A distribuição das estações de monitorização é desigual ao longo do país, existindo em pouco número nas regiões interiores, o que dificulta o trabalho de monitorização.

2.3.2 Qualidade do Ar Interior – Legislação Nacional

A má QAI, resulta de uma conjugação de fatores que advém não só dos poluentes que se produzem no interior dos edifícios, mas também do ar ambiente, nesta área tem existido uma evolução na legislação com o objetivo principal de proteção da população dos efeitos que um ar poluído tem na saúde e no bem-estar (Dimitroulopoulou et al, 2006)

Diversa legislação sobre a qualidade do ar interior tem sido produzida e tem evoluído. Em Portugal está resumida seguidamente:

- Decreto-Lei n.º 118/2013 (23 de agosto) - Estabelece o regime jurídico da qualidade do ar interior em edifícios (revogado).
- Portaria n.º 353-A/2013 (4 de dezembro) – Aprova o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS) requisitos de ventilação e qualidade do ar interior
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020 (7 de dezembro) - Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.
- Portaria nº 138-G/2021 (1 de julho) - Estabelece os requisitos para a avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios de comércio e serviços, incluindo os limiares de proteção, condições de referência e critérios de conformidade, e a respetiva metodologia para a medição dos poluentes e para a fiscalização do cumprimento das normas aprovadas.

Estes diplomas abrangem diferentes aspetos da qualidade do ar interior, desde regulamentações específicas até diretrizes sobre a eficiência energética e ventilação de edifícios.

Além de todos os atos legislativos referidos anteriormente, de cumprimento obrigatório, a criação de outras normas que embora de aplicação voluntária, são fundamentais para criar boas condições de qualidade do ar.

Nos edifícios públicos, tais como hospitais e outros locais de trabalho, e escolas a legislação exige uma monitorização regular da qualidade do ar, onde se incluem parâmetros como a temperatura, a humidade relativa, a ventilação adequada e a concentração de determinados poluentes. Sempre que se verifique o incumprimento dos valores limites, devem ser tomadas medidas corretivas para melhorar as condições do ar interior.

2.3.3 Parâmetros e Limiares de Proteção

A legislação define a concentração de poluentes nos diferentes ambientes, bem como os métodos utilizados para a determinação da concentração, relativamente ao local interior ou exterior que estejamos a avaliar. Os limiares de proteção são definidos de acordo com o possível efeito que determinado poluente poderá ter na saúde dos seus ocupantes.

Na Tabela 3, são transcritos, da Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro (versão consolidada), alterada pelo Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro e retificada pela Declaração de Retificação n.º 2/2014, de 31 de janeiro, os limiares de proteção para alguns dos poluentes frequentemente encontrados no interior das escolas.

Tabela 3 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos de acordo com a Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro de 2013 (versão consolidada).

Poluentes	Unidade	Limiar de proteção	Margem de tolerância (MT) (%)
Material Particulado (PM₁₀)	µg/m ³	50	100
Material Particulado (PM_{2,5})	µg/m ³	25	100
Compostos Orgânicos Totais (COVs T)	µg/m ³	600	100
Monóxido de Carbono (CO)	mg/m ³	10	-
	ppmv	9	
Formaldeído (CH₂O)	mg/m ³	100	
	ppmv	0,08	
Dióxido de Carbono (CO₂)	mg/m ³	2250	30
	ppmv	1250	

Relativamente a outros dos parâmetros fundamentais para manter uma boa qualidade do ar, e para os quais a legislação não estabelece valores limites de concentração, existem normas, regulamentos, diretivas ou recomendações que estabelecem valores limites recomendados, fundamentados pela evidência e pelo conhecimento atual, e que se transcrevem na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores recomendados.

Parâmetros	Unidade	Valores Recomendados	Referência
Humidade Relativa (HR)	%	30 - 60	ISO 7730/2005, Norma EN 16798-7 (2017), US-EPA (2010)
Temperatura (T)	°C	23º - 26º (Verão)	ISO 7730/2005
		20º - 24º (Inverno)	

3 CASO DE ESTUDO

3.1 Objetivos do Estudo

A realização deste estudo pretendeu avaliar a qualidade do ar interior e parâmetros de conforto em estabelecimentos de ensino do Pré-escolar e do 1º Ciclo do Ensino Básico (1º CEB) nos concelhos de Armamar, Lamego, Moimenta da Beira e Tarouca. Pretendeu, também, analisar a relação entre o ambiente exterior e o ambiente interior de forma a identificar vantagens ou limitações na utilização do ar ambiente exterior na renovação/ventilação dos espaços interiores.

- **Objetivos Específicos**

- Avaliação da qualidade do ar e ambiente interior em 7 edifícios, através da avaliação dos seguintes parâmetros:
 - Temperatura do ar;
 - Humidade relativa;
 - Concentração de dióxido de carbono (CO₂).
- Avaliação da qualidade do ar exterior na zona exterior (recreio escolar), próxima das creches, através da avaliação dos seguintes parâmetros:
 - Concentração de Monóxido de Carbono (CO);
 - Concentração de dióxido de azoto (NO₂);
 - Concentração de Ozono (O₃);
 - Concentração de PM_{2,5};
 - Concentração de PM₁₀.
- Verificar o cumprimento dos limites legais dos parâmetros analisados na avaliação da qualidade do ar interior e na avaliação da qualidade do ar exterior.
- Relacionar a qualidade do ar interior com a qualidade do ar exterior.

3.2 Metodologia de recolha dos dados

Foram definidas 3 fases principais:

- Realização de um diagnóstico dos estabelecimentos de ensino, potencialmente integrantes deste estudo;
- Caracterização dos estabelecimentos de ensino selecionados para o estudo;

- Medição das concentrações dos poluentes atmosféricos e parâmetros ambientais no interior dos estabelecimentos de ensino, e no exterior (próximo) destes estabelecimentos.

3.2.1 Estabelecimentos Escolares da área de influência do Douro Sul

A potencial amostra resulta de um universo de oito concelhos, integrantes do Agrupamento de Centros de Saúde do Douro Sul (ACES Douro Sul), tendo-se definido de forma conveniente quatro destes concelhos. Não só devido à sua localização e maior facilidade na recolha dos dados, mas também devido às diferentes características de cada um dos concelhos e das escolas selecionadas.

3.2.2 Caracterização dos estabelecimentos de ensino a avaliar

A caracterização dos estabelecimentos de ensino a avaliar foi sistematizada pela criação da grelha/ficha de registo.

Durante o momento de deslocação a cada um dos estabelecimentos de ensino, foi recolhida informação de forma genérica e caracterizado cada um dos locais escolhidos para desenvolver este estudo e onde foi registada a informação sobre o ensaio de campo. A grelha/ficha de campo é apresentada no Apêndice A e no Apêndice B.

3.2.3 Medição da concentração dos poluentes atmosféricos e parâmetros ambientais

Para a caracterização do ambiente interior foram utilizados os seguintes equipamentos: 1 aparelho de medição da qualidade do ar interior, que regista a temperatura, a humidade relativa e a concentração de CO₂ (precisão da temperatura $\pm 0,5$ °C; precisão da humidade relativa $\pm 2\%$; precisão da concentração de CO₂ 2,75% + 75 ppm); 3 data loggers para a temperatura e humidade relativa (precisão da temperatura $\pm 0,35$ °C; precisão da humidade relativa $\pm 2,5\%$) e 3 aparelhos de medição dispersiva por infravermelhos para a concentração de CO₂ (50 ppm ou 5% da leitura, o que for maior). Os equipamentos utilizados neste projeto foram calibrados. Os equipamentos foram colocados no interior da sala de aula salvaguardados da exposição direta à respiração, a fluxos de ar localizados, à radiação solar e a aos equipamentos de climatização.

Para a caracterização do ar ambiente exterior foi utilizada uma estação portátil para a determinação de NO₂, O₃, CO, PM₁₀ e PM_{2,5} (MONITARSENSE). Os parâmetros gasosos foram determinados por métodos eletroquímicos e as partículas por método ótico. A estação foi colocada no interior do edifício escolar com uma toma de ar para o ar exterior.

3.3 Questões Éticas

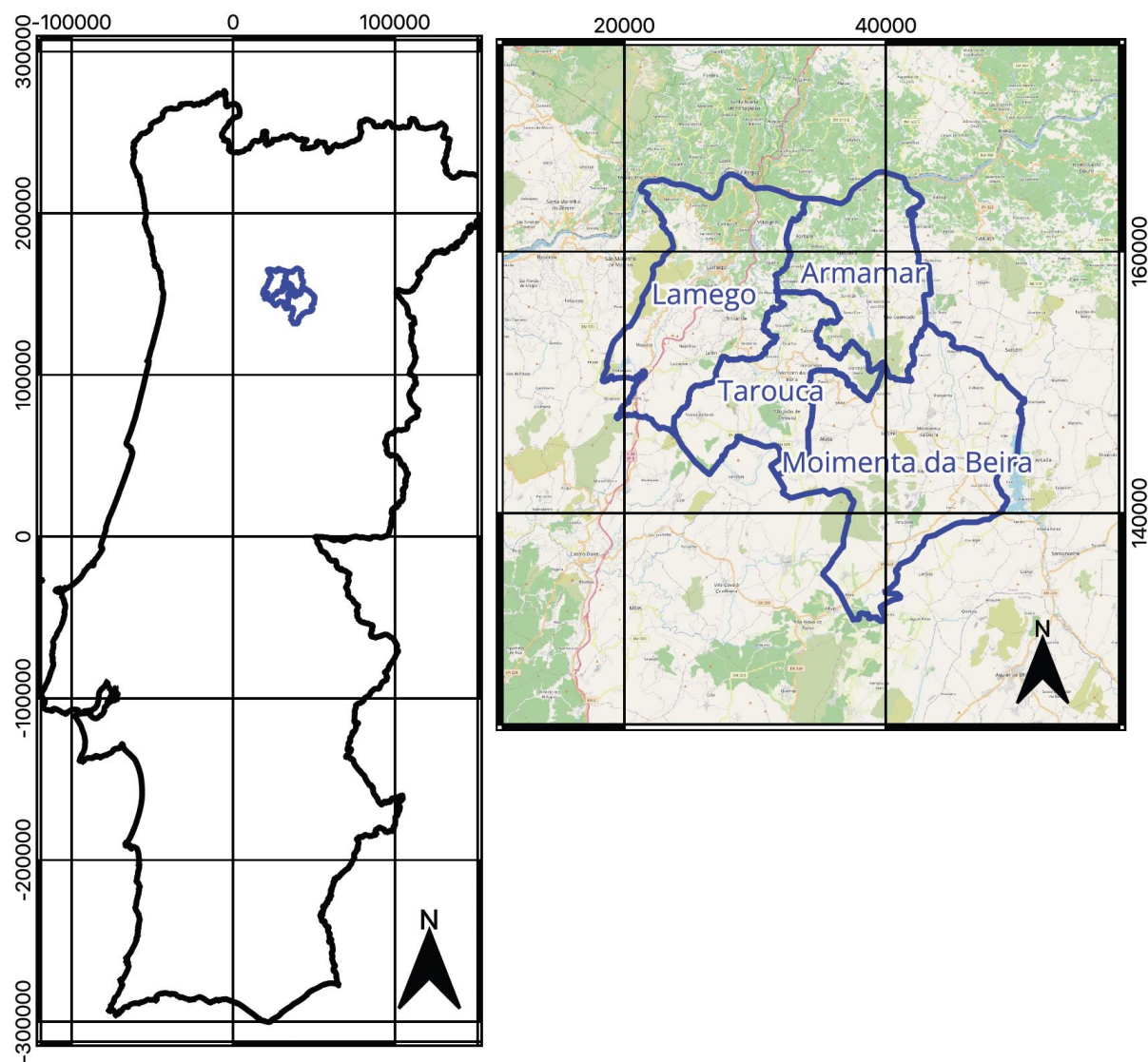
Ao longo de todo o estudo foram salvaguardadas as questões éticas, nomeadamente a confidencialidade e privacidade de todos os envolvidos neste estudo.

Previamente à realização desta investigação foi solicitada autorização formal à Direção Geral de Educação, e à Direção dos Agrupamentos de Escolas (AE), e só após a receção das respetivas autorizações foi iniciada a recolha de dados.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caraterização da Amostra

Este trabalho foi realizado na região do Douro Sul, nos concelhos de Armamar, Lamego, Moimenta da Beira e Tarouca (Figura 8). Estes quatro concelhos têm uma população residente de 46763 habitantes (dados censos 2021), com uma área total de 602,7 km².



Georeferência: sistema de coordenadas planimétricas (M,P) - PT-TM06/ETRS89

Figura 8 - Mapa de localização das escolas alvo deste estudo.

Na área de influência destes quatro concelhos, no ano letivo de 2023/2024, estavam matriculados 5189 alunos, a frequentarem cinco AE, divididos por 18 estabelecimentos de ensino dos ciclos básicos e secundário (Tabela 5).

Tabela 5 - Estabelecimentos de Ensino na Área do Douro Sul alvo do estudo – fonte: <https://www.gesedu.pt/PesquisaRede>

<i>Concelho</i>	<i>Designação Escola</i>	<i>Ciclo</i>
Armamar	Escola Básica e Secundária Gomes Teixeira	2º Ciclo; 3º Ciclo; Secundário
	Escola Básica José Manuel Durão Barroso	1º Ciclo
	Jardim de Infância de Armamar	Pré-escolar
Lamego	Escola Básica de Cambres	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica de Lamego	2º Ciclo; 3º Ciclo
	Escola Básica de Lamego Sudeste	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica de Penude	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica e Secundária da Sé	2º Ciclo; 3º Ciclo; Secundário
	Escola Básica n.º 1 de Lamego	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica n.º 2 de Lamego	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Secundária Latino Coelho	3º Ciclo; Secundário; Profissional
Moimenta da Beira	Escola Básica de Alvite	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica de Leomil	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica de Moimenta da Beira	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica e Secundária de Moimenta da Beira	2º Ciclo; 3º Ciclo; Secundário; Profissional
Tarouca	Escola Básica de Tarouca	Pré-escolar; 1º Ciclo
	Escola Básica e Secundária Dr. José Leite de Vasconcelos	2º Ciclo; 3º Ciclo; Secundário; Profissional
	Jardim de Infância de Castanheiro do Ouro	Pré-escolar

Os estabelecimentos de ensino selecionados para integrarem este estudo, provêm de quatro agrupamentos de escolas, instalados em 7 edifícios. Em 5 destes edifícios, coexistem em simultâneo os dois níveis de ensino, Pré-Escolar e 1º Ciclo do Ensino Básico, nos restantes dois edifícios, apenas existe um dos níveis (Tabela 6 e Figura 9).

Tabela 6 - Estabelecimentos de Ensino em estudo – fonte: <https://www.gesedu.pt/PesquisaRede>.

<i>Concelho</i>	<i>Designação Escola</i>	<i>Localização Coordenadas WGS84</i>	<i>Ciclos de Ensino</i>	<i>Número de Alunos</i>
Armamar	Escola Básica José Manuel Durão Barroso	41°06'20.0"N 7°41'18.7"W	1º Ciclo	143
	Jardim de Infância de Armamar	41°06'24.2"N 7°41'30.2"W	Pré-escolar	93
Lamego	Escola Básica de Lamego Sudeste	41°02'59.5"N 7°46'39.1"W	Pré-escolar	49
			1º Ciclo	75
	Escola Básica n.º 2 de Lamego	41°05'35.9"N 7°48'16.9"W	Pré-escolar	77
			1º Ciclo	177
Moimenta da Beira	Escola Básica de Alvite, Moimenta da Beira	40°58'47.7"N 7°42'32.4"W	Pré-escolar	14
			1º Ciclo	13
	Escola Básica de Moimenta da Beira	40°59'15.8"N 7°36'54.1"W	Pré-escolar	126
			1º Ciclo	295
Tarouca	Escola Básica de Tarouca	41°01'14.3"N 7°46'40.1"W	Pré-escolar	117
			1º Ciclo	265

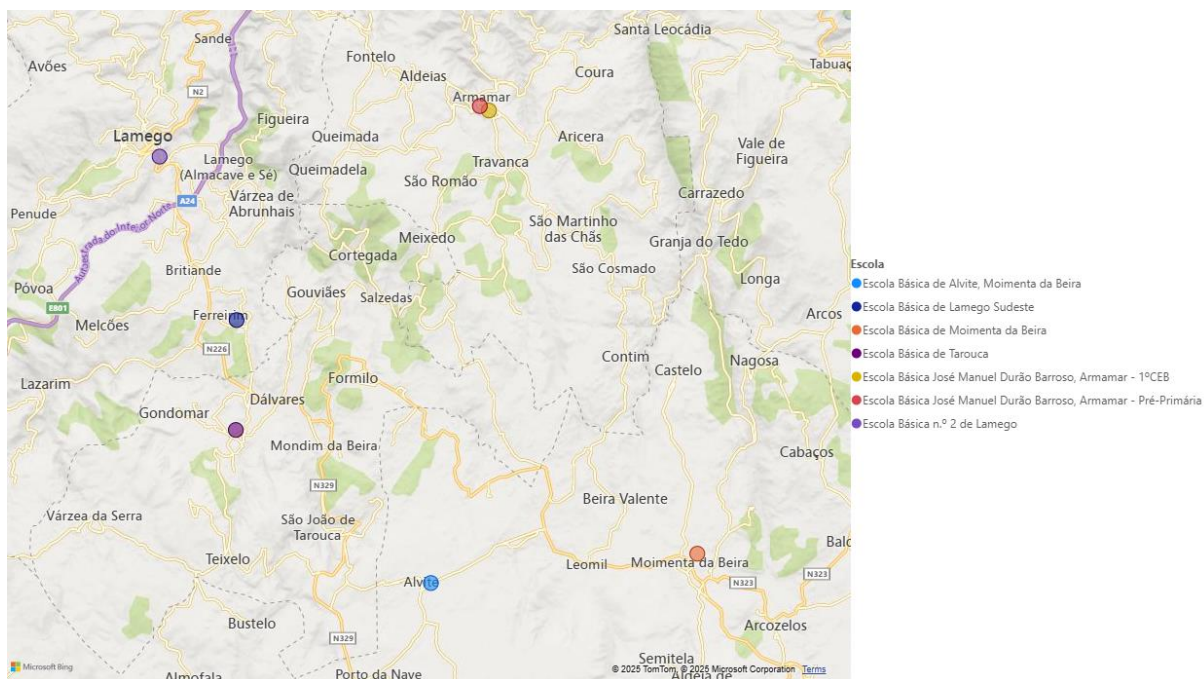


Figura 9 - Localização dos estabelecimentos de ensino estudados (Elaborado em Power BI).

A população alvo deste estudo corresponde aos alunos do pré-escolar, 476 alunos, e 968 anos do 1º CEB, num total de 1444 alunos (Tabela 7).

Tabela 7 – Número de alunos alvo do estudo.

Concelhos	Armamar	Lamego	Moimenta Beira	Tarouca	TOTAL
Total de Alunos Pré-Escolar	93	126	140	117	476
Total de Alunos 1º Ciclo	143	252	308	265	968
Total de Alunos	236	378	448	382	1444

O estudo foi realizado no período de abril a junho de 2024, de acordo com o definido na Tabela 8.

Tabela 8 – Escola monitorizada e período de estudo.

Escola / Edifício	CICLO	Monitorização Início	Monitorização Fim
Jardim de Infância de Armamar	Pré-escolar	28/05/2024	03/06/2024
Escola Básica José Manuel Durão Barroso, Armamar	1º Ciclo	05/06/2024	12/06/2024
Escola Básica de Lamego Sudeste	Pré-escolar; 1º Ciclo	24/04/2024	29/04/2024
Escola Básica n.º 2 de Lamego	Pré-escolar; 1º Ciclo	02/05/2024	06/05/2024
Escola Básica de Alvite, Moimenta da Beira	Pré-escolar; 1º Ciclo	08/05/2024	14/05/2024
Escola Básica de Moimenta da Beira	Pré-escolar; 1º Ciclo	16/05/2024	23/05/2024
Escola Básica de Tarouca	Pré-escolar, 1º Ciclo	17/06/2024	21/06/2024

- **Estabelecimentos de Ensino Avaliados**

Nos sete edifícios avaliados, funcionam doze estabelecimentos de ensino, sendo seis do nível Pré-Escolar e seis do Primeiro Ciclo do Ensino Básico, em cada um dos locais alvo deste estudo, foram realizadas medições em diferentes espaços com especial enfoque nos locais onde os alunos passam a maior parte do seu dia, nomeadamente nas salas de aulas. Foi também realizada medição em locais de utilização comum, nomeadamente bibliotecas e refeitórios. As medições foram realizadas em 22 espaços interiores distintos, sendo 16 salas de aulas, 3 refeitórios e 3 bibliotecas (Tabela 9).

Tabela 9 – Locais de colocação dos aparelhos de monitorização da qualidade do ar e parâmetros validados por local.

Agrupamento	Nível	Sala Avaliada	Código	Temp	HR	CO₂
AE Armamar CEscolar	1ºCEB	Armamar_1ºCEB_SalaAulas 2	A_1º_SA2	X	X	
		Armamar_1ºCEB_SalaAulas 8	A_1º_SA8	X	X	X
		Armamar_1ºCEB_Sala Informática	A_1º_SA I			
	Pré-Primária	Armamar_Pré-Primária_Refeitório	A_JI_Ref			
		Armamar_Pré-Primária_Sala 1	A_JI_SA1	X	X	X
		Armamar_Pré-Primária_Sala 2 (2)	A_JI_SA2	X	X	X
AE Lamego Sé	1ºCEB	Lamego - Sé Nº2 - Refeitório (3)	L_Sé_1º_Ref	X	X	X
		Lamego Sé_1ºCEB_Sala Aulas	L_Sé_1º_SA	X	X	X
	Pré-Primária	Lamego Sé_Pré-Primária_Sala Aulas	L_Sé_JI_SA	X	X	X
AE Lamego Sudeste	1ºCEB	Lamego Sudeste_1ºCEB_Biblioteca	L_Sud_1º_Bib	X	X	X
		Lamego Sudeste_1ºCEB_Refeitório	L_Sud_1º_Ref	X	X	X
		Lamego Sudeste - Salas Aulas (2)	L_Sud_1º_SA	X	X	
	Pré-Primária	Lamego Sudeste_Sala Atividades	L_Sud_JI_Sativ			
AE MBeira Alvite	1ºCEB	MBeira - Alvite - Sala Aulas 1ºCEB (1)	MB_A_1º_SA1	X	X	X
		MBeira - Alvite - Sala Aulas 1ºCEB (2)	MB_A_1º_SA2			
	Pré-Primária	MBeira - Alvite - Sala Aulas Pré-Primária (3)	MB_A_JI_SA	X	X	X
AE MBeira CEscolar	1ºCEB	MBeira - Biblioteca (3)	MB_1º_Bib	X	X	X
		MBeira - Sala Aulas 1ºCEB (2)	MB_1º_SA	X	X	X
	Pré-Primária	MBeira - Sala Aulas Pré-Primária (1)	MB_JI_SA	X	X	X
AE Tarouca CEscolar	1ºCEB	Tarouca_1ºCEB_Biblioteca (3)	T_1º_Bib	X	X	
		Tarouca_1ºCEB_SalaAulas8 (1)	T_1º_SA8	X	X	X
	Pré-Primária	Tarouca_Pré-Primária_Sala2 (2)	T_JI_SA2	X	X	X

Foram considerados os dados referentes à QAI no período em que os alunos se encontram nos estabelecimentos escolares, das 09:00h às 15:30h, na avaliação dos valores obtidos, estão incluídos os intervalos habituais, momentos em que as salas não têm ocupantes, nomeadamente 10:30h-11:00h, 12:00h-13:30h (Pré-Primária). 12:30h-14:00h (1ºCEB). As salas validadas para integrarem o estudo, são as constantes da (Tabela 9).

O funcionamento deficiente dos aparelhos de avaliação da qualidade do ar, implicou a anulação de 4 dos espaços avaliados, para todos os parâmetros, especificamente para o parâmetro dióxido de carbono, apenas se foram validados 15 locais / salas.

No Apêndice C estão caracterizados exhaustivamente todos os locais de monitorização.

4.2 Monitorização da qualidade do Ar Ambiente

A avaliação da Qualidade do Ar Exterior foi realizada simultaneamente à avaliação da QAI. Na Tabela 10 são apresentados os locais onde foi instalada a estação de monitorização da qualidade do ar exterior. A estação foi instalada no interior de um compartimento com a toma de ar para o exterior de forma a caracterizar o ar ambiente exterior.

Tabela 10 – Locais de avaliação da qualidade do ar exterior (ar ambiente).

Escola	Nível de Ensino	Compartimento onde foi instalada a estação
Escola Básica de Alvite, Moimenta da Beira	1º Ciclo, Pré-escolar	Sala de Arrumos
Escola Básica de Lamego Sudeste	1º Ciclo, Pré-escolar	Sala de Aula
Escola Básica de Alvite	1º Ciclo, Pré-escolar	Hall de Entrada *
Escola Básica de Moimenta da Beira	1º Ciclo, Pré-escolar	Portaria
Escola Básica de Tarouca	1º Ciclo, Pré-escolar	Hall de Entrada
Escola Básica José Manuel Durão Barroso, Armamar	1º Ciclo	Portaria
Escola Básica José Manuel Durão Barroso, Armamar	Pré-escolar	Sala de professores
Escola Básica n.º 2 de Lamego	1º Ciclo, Pré-escolar	Sala das Máquinas

* A estação não comunicou dados, por motivos técnicos.

4.2.1 Medição dos poluentes no Ar Ambiente - Exterior

Nos pontos seguintes serão apresentados os dados das avaliações efetuadas nas escolas alvo deste estudo, segmentados por parâmetro analisado. Os valores apresentados referem-se ao valor médio horário, dos respetivos períodos da amostragem, ao valor máximo determinado e o correspondente valor de referência. Os períodos em análise, são uma média dos valores obtidos, por hora.

Na Tabela 11 são apresentados valores médios de concentração de poluentes obtidos.

Tabela 11 – Valores médios de concentração observados (base horária).

Concelho	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO ₂	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM ₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM _{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Armamar	208,1	10,3	42,3	6,4	3,2
Lamego	190,7	6,5	71,6	3,7	1,7
MBeira	199,9	6,1	58,8	3,7	1,8
Tarouca	219,5	6,8	41,1	3,9	1,9

Na Tabela 12 são apresentados os valores máximos obtidos para cada um dos poluentes medidos.

Tabela 12 - Valores máximos de concentração observados (base horária).

Concelho	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM ₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM _{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Armamar	327,3	23,0	78,0	19,8	11,7
Lamego	253,8	29,5	98,8	11,3	6,3
MBeira	336,5	56,0	74,3	9,7	5,8
Tarouca	743,0	19,0	70,8	11,3	6,9

4.2.2 QUALAR – Sistema de Informação sobre Qualidade do Ar

Foi consultada a plataforma de informação sobre a qualidade do ar, a QUALAR, da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), onde foram obtidos os dados de monitorização da Qualidade do Ar, referentes ao período em que decorreu o estudo, 24 de abril de 2024 a 26 de junho de 2024.

Os valores de Ozono (O₃) e Dióxido de Azoto (NO₂) são as constantes na Figura 10.

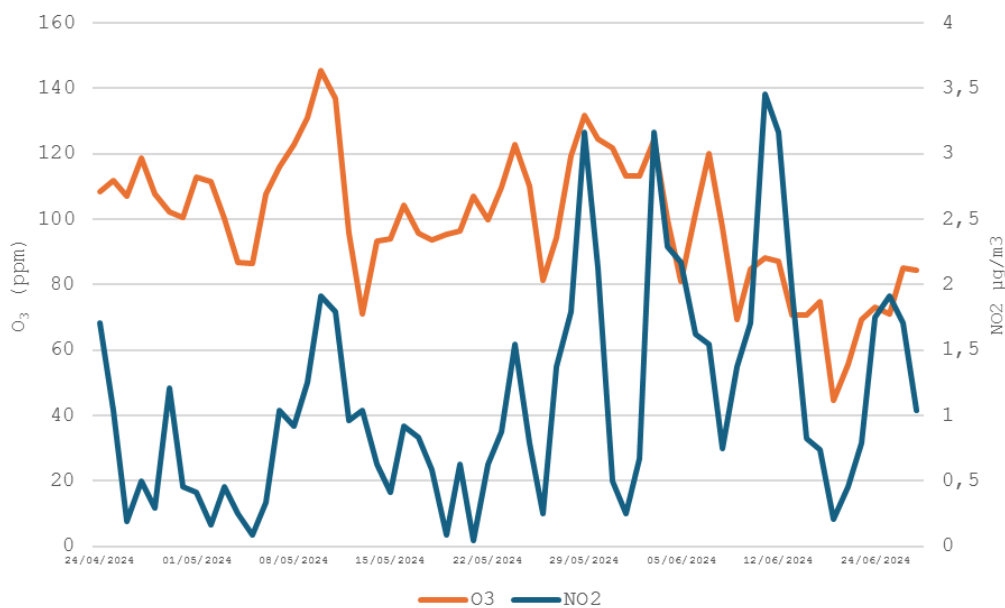


Figura 10 – Variação da concentração média horária de O₃ e NO₂ obtidas na estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados.

4.2.3 IPMA – Rede de Vigilância Meteorológica

Foi consultado a rede de monitorização do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) para obtenção dos dados referentes à temperatura, humidade relativa, precipitação e radiação, no período desta investigação.

Verificaram-se temperaturas médias, superiores à média normal, e valores de precipitação muito reduzidos, Figura 11.

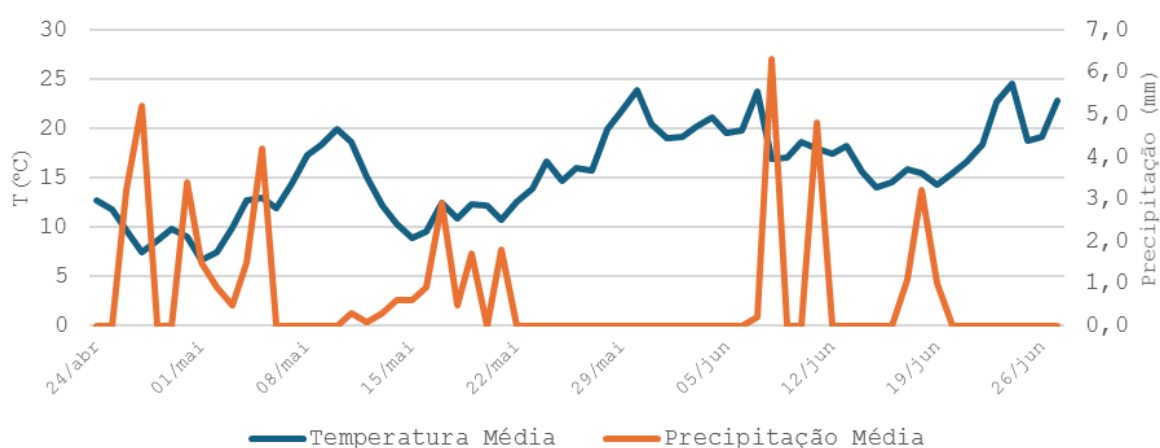


Figura 11 – Valores médios de Temperatura (°C) e Precipitação (mm) observados (estação de Vila Real).

No período em análise verificaram-se níveis de radiação global elevada, Figura 12.

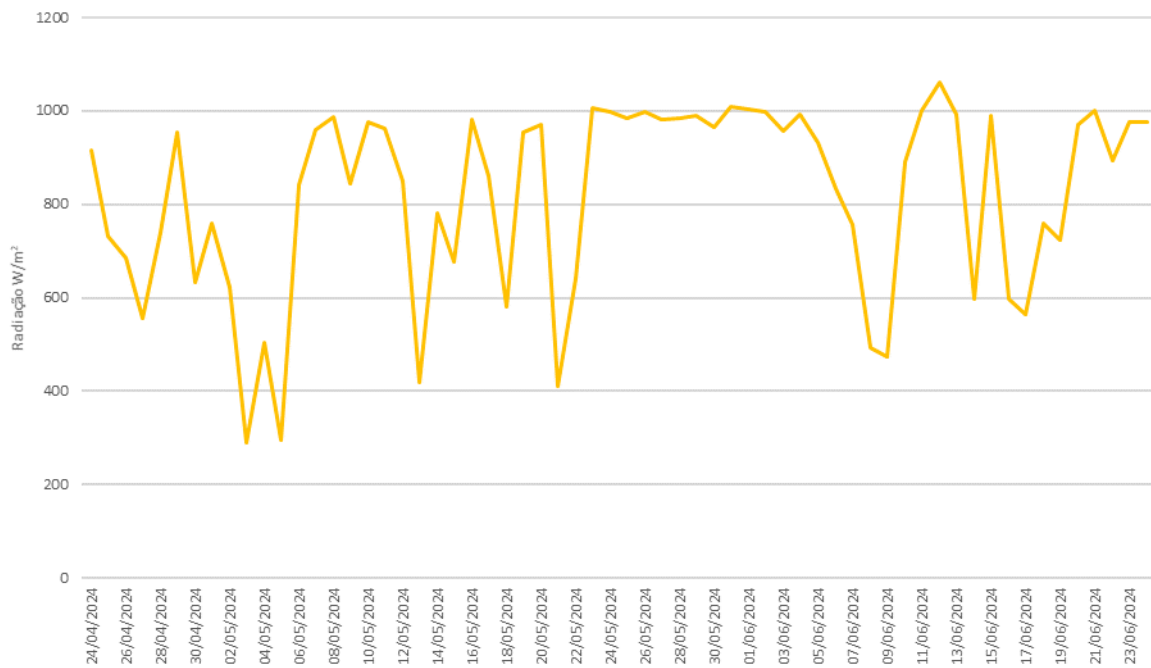


Figura 12 – Valores máximos de Radiação (W/m^2) observados (Estação de Vila Real).

4.3 Análise dos dados por concelho

Ao longo desta secção, analisam-se os dados obtidos no estudo e de uma forma exaustiva apresentam-se os dados obtidos por concelho, estabelecimento de ensino e respetivas salas avaliadas. São apresentados os valores médios de concentração, por parâmetro e respetivo valor de referência, de acordo com a legislação em vigor.

Os estabelecimentos de ensino localizam-se predominantemente em ambiente rural, e próximo de zonas residenciais ou comerciais. A maioria dos estabelecimentos estão localizados próximo de vias rodoviárias, sem trânsito intenso ou significativo.

Os edifícios alvo deste estudo, são de construção recente, com exceção da Escola Básica de Alvite. A caracterização dos edifícios escolares é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Caracterização dos Edifícios Escolares.

Agrupamento de Escolas (AE)		AE Armamar	AE Armamar	AE da Sé, Lamego	AE da Sé, Lamego	AE Moimenta da Beira	AE de Moimenta da Beira	AE Tarouca	
Escola		EB de Armamar	EB de Armamar	EB Lamego Sudeste	EB n.º 2 de Lamego	EB de Alvite	EB de Moimenta Beira	EB de Tarouca	
Nível de Ensino		Pré-escolar	1º Ciclo	1º Ciclo, Pré-escolar	1º Ciclo, Pré-escolar	1º Ciclo, Pré-escolar	1º Ciclo, Pré-escolar	1º Ciclo, Pré-escolar	
Caraterização do Ambiente Envolvente	Rural ou Urbano	Urbano	Rural	Rural	Urbano	Urbano	Rural	Urbano	
	Residencial	X	X	X	X	X	X	X	
	Comercial	X			X	X		X	
	Industrial		X						
	Vias de comunicação próximas, com tráfego:	Pouco intenso	Pouco intenso	Pouco intenso	Intenso	Intenso	Pouco intenso	Pouco intenso	
Caraterísticas do edifício (Equipamento existente)	Construção em Alvenaria		X	X	X	X	X	X	
	Abertura para o exterior	Janelas	X	X	X	X	X		
		Portas com sistema oscilo batente			X			X	X
	Sistema de Climatização	Aquecimento elétrico					X		X
		Ar Condicionado							
		AVAC		X	X	X		X	
		Caldeira pellets					X		
		Piso Radiante	X						
Radiadores					X				
Ventilação forçada		X	X						

4.3.1 Armamar

No Agrupamento de Escolas de Armamar foram avaliados dois estabelecimentos de ensino, localizados em dois edifícios independentes (Figura 13).

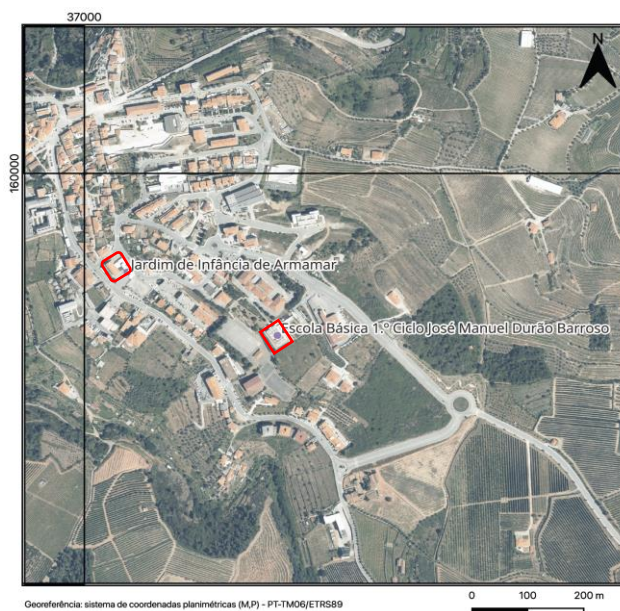


Figura 13 – Localização das escolas estudadas em Armamar.

O período de avaliação decorreu em dois períodos distintos, no Pré-escolar foi realizado de 28 de maio a 3 de junho e no 1º Ciclo, de 5 a 12 de junho, a ocupação máxima dos espaços e o horário típico de ocupação e de interrupções, está indicado na Tabela 14.

Tabela 14 – Armamar – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.

Nível	Tipo	Sala Avaliada	Ocupação Diária alunos, professores e auxiliares	Ocupação da sala	Interrupções
Pré-Primária	Sala Aulas	Armamar_Pré-Primária_Sala1 (1)	23	09:00–15:30h	10:30–11:00h
Pré-Primária	Sala Aulas	Armamar_Pré-Primária_Sala2 (2)	24		12:00–13:30h
1ºCEB	Sala Aulas	Armamar_1ºCEB_SalaAulas2 (3)	26	09:00–15:30h	10:30–11:00h
1ºCEB	Sala Aulas	Armamar_1ºCEB_SalaAulas8 (2)	22		12:30–14:00h

No Agrupamento de Escolas de Armamar, de 28 de maio a 12 de junho, no interior dos espaços avaliados, foram monitorizados os parâmetros temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono (CO₂), os resultados obtidos ao longo desta investigação são apresentados nos pontos seguintes.

4.3.1.1 Armamar – Pré-Pimária

4.3.1.1.1 Caracterização do edifício e sua ocupação

O estudo no edifício onde funciona o Pré-escolar de Armamar, decorreu no período de 28 de maio a 3 de junho. O edifício escolar, está localizado numa zona urbana, junto a uma estrada municipal, com trânsito pouco significativo (Figura 13 e Figura 14).

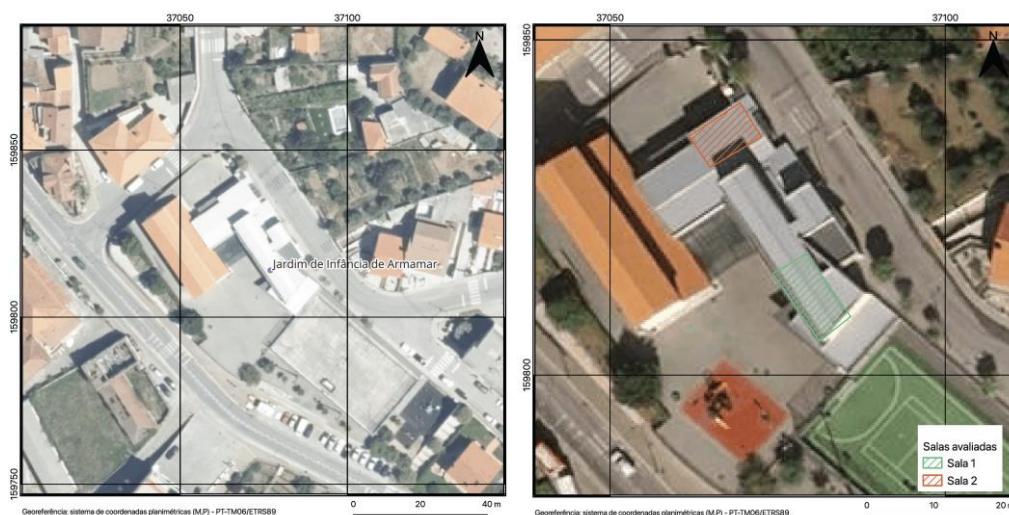


Figura 14 – Localização do Jardim de Infância de Armamar e Salas avaliadas.

No edifício do estabelecimento de ensino onde funciona o Pré-escolar de Armamar (Figura 15) foram avaliadas duas salas de aulas, localizadas no Piso 0. As duas salas têm uma grande superfície de janelas, com grande exposição solar, a sala 1 está orientada a sudoeste e a sala 2 está orientada a noroeste (Figura 14 e Figura 15).



Figura 15 – Armamar - Jardim de Infância de Armamar. O polígono verde indica a localização da Sala 1, e o polígono vermelho indica a localização da Sala 2.

Na Tabela 15 estão caracterizadas as salas monitorizadas. Na Figura 16 são apresentadas fotografias do interior das salas monitorizadas.

Tabela 15 – Caracterização das salas no período monitorizado.

	Itens avaliados	Refeitório	Sala Aulas 1	Sala Aulas 2
Avaliações	28/05/2024	Avaria do aparelho de monitorização.	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	29/05/2024		Período de aulas normal	Sem ocupação no período da manhã
	31/05/2024		Período de aulas normal	Período de aulas normal
	03/06/2024		Sem ocupação no período da manhã	Sem ocupação no período da manhã
Caraterísticas dos Espaços	Piso	0	0	
	Orientação Espacial	-	Sudoeste	Noroeste
	Área da sala (m ²)	75	54	50
	Sistema de Climatização	Desligado	Desligado	Desligado
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Não
	Tamanho da Área Envidraçada (m ²)	16	7,5	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	50	23	24
	Notas	Dados não validados	Dados Válidos	Dados Válidos

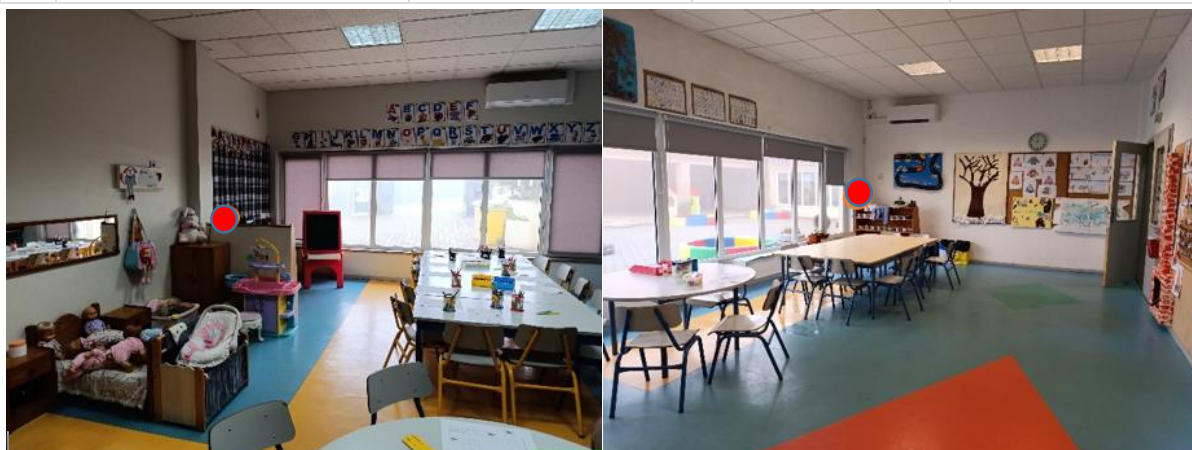


Figura 16 – Armamar - Jardim de Infância de Armamar (JI Armamar) – Sala 1 (esquerda) e Sala 2 (direita). O círculo vermelho indica a localização do equipamento de monitorização.

4.3.1.1.2 Caracterização meteorológica

O período em que ocorreu a monitorização foi um período seco, sem precipitação, e com temperaturas elevadas para a época (Figura 17). A humidade relativa durante o dia foi reduzida (Figura 17) e a radiação global elevada (Figura 18).

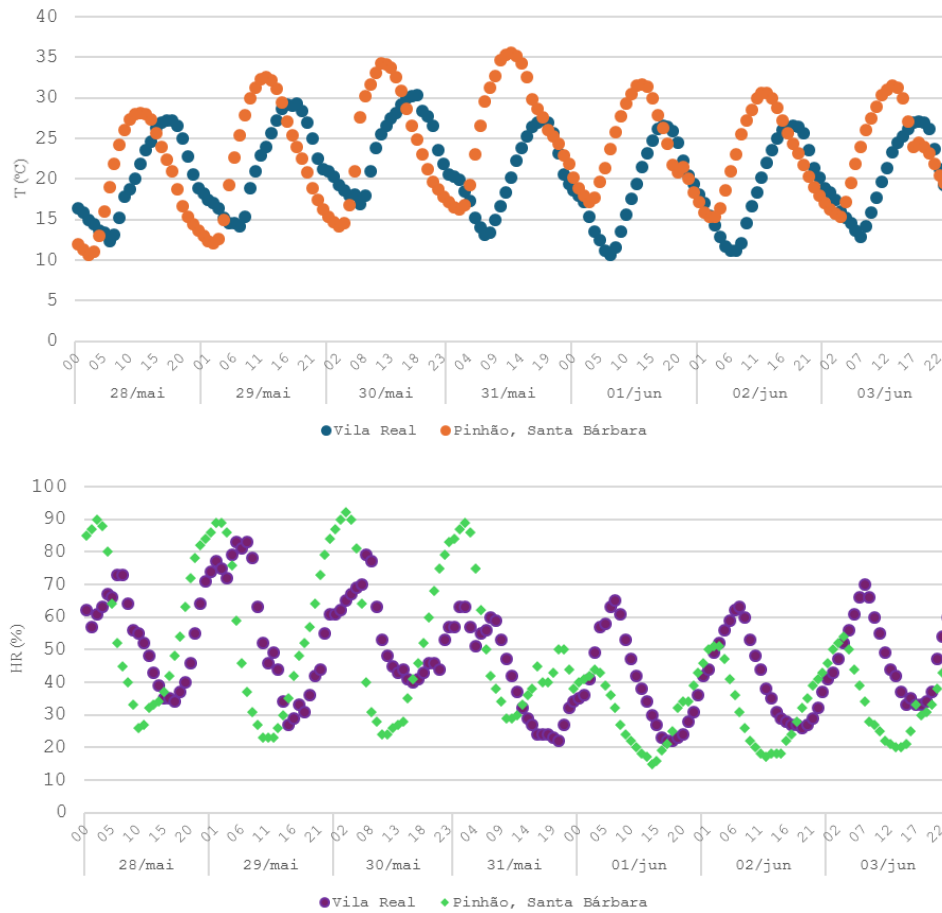


Figura 17 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Armamar – JI Armamar.

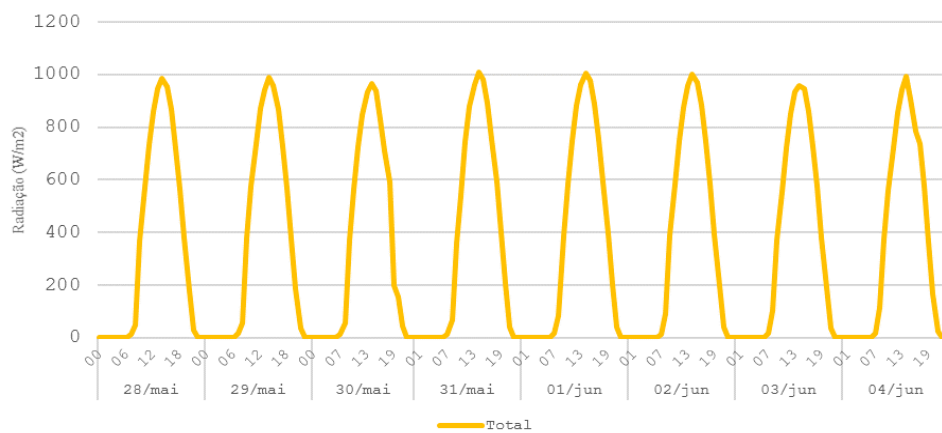


Figura 18 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Armamar – JI Armamar.

4.3.1.1.3 Caracterização da qualidade do ar ambiente

Durante o período de monitorização, devido a um problema técnico, não foram adquiridos dados com as estações MONITARSENSE no ar ambiente exterior local. A caracterização do ar ambiente exterior foi assim efetuada com recurso aos dados da estação de monitorização da qualidade do ar, mais próxima, pertencente à QUALAR.

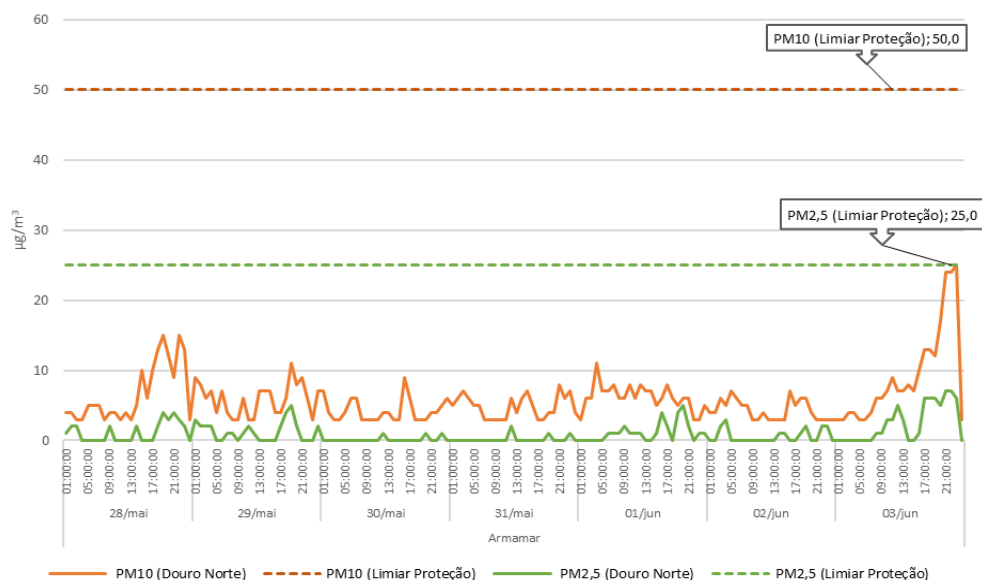


Figura 19 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados – Armamar – JI Armamar.

As concentrações de PM₁₀ e de PM_{2,5} foram reduzidas, quando comparadas com o valor limite diário e valor limite anual definido no RJAGQAr.

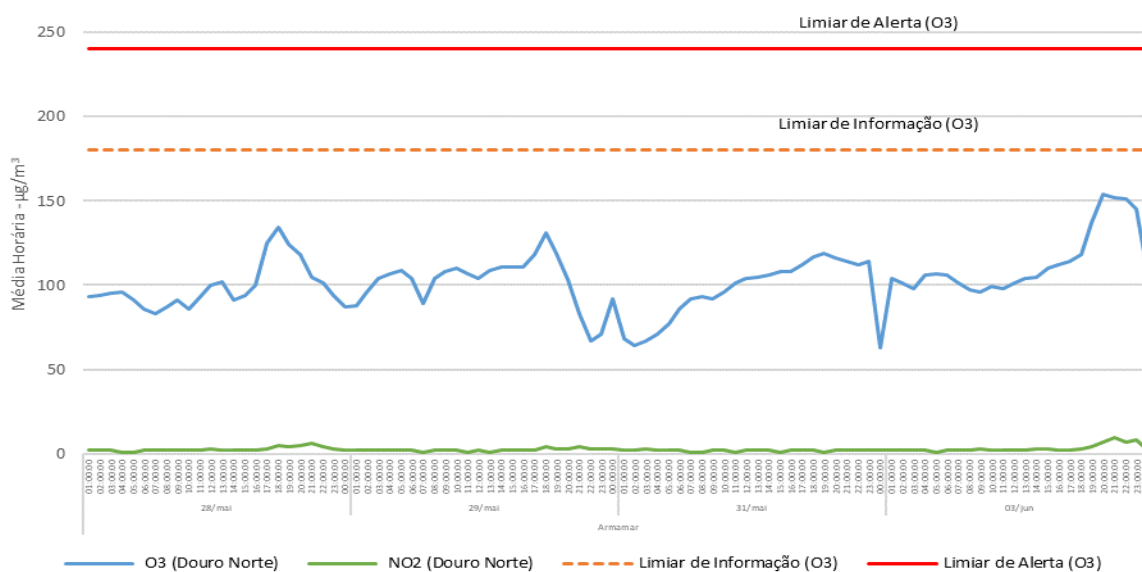


Figura 20 – Variação da concentração média horária de NO₂ e O₃ obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados – Armamar – JI Armamar.

Ao longo do período analisado, verificam-se níveis de O₃ com padrões bem definidos de distribuição com concentrações mais elevadas durante o dia e diminuições no período noturno devido à ausência de radiação solar. No dia 1 de junho verificam-se valores mais elevados no período noturno do que no período diurno. Embora as concentrações médias horárias máximas tenham sido inferiores ao limiar de informação, verificaram-se valores máximos horários nos dias 28 de maio (às 17:00h), 29 de maio (às 18:00h) e 3 de junho (às 19:00h) superiores a 120 µg/m³.

O NO₂ apresentou concentrações muito reduzidas quando comparadas com o valor limite horário e valor limite anual definido no RJAGQAr.

4.3.1.1.4 Caracterização Ambiental – CO₂, temperatura e humidade relativa

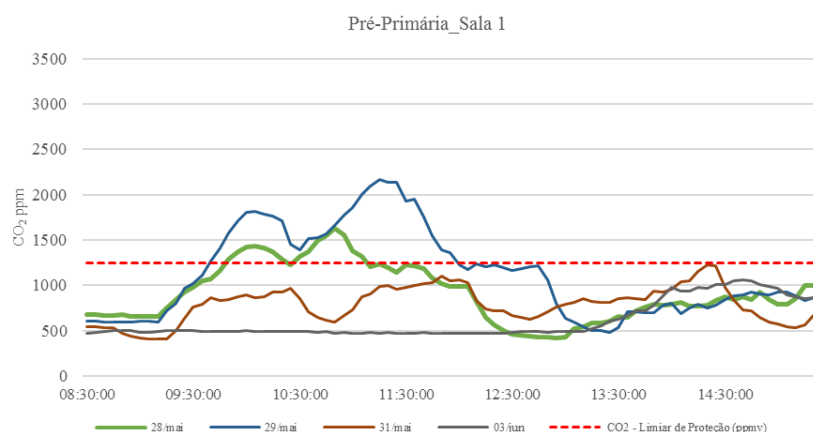
Os dados estatísticos da temperatura ambiente, humidade relativa e concentração de CO₂, relativos à Sala 1 e à Sala 2, são seguidamente apresentados (Tabela 16).

Tabela 16 – AE Armamar – Pré-escolar – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.

Período 09:00h – 15:30h	Temp. Média (°C)	Temp. Mín (°C)	Temp. Máx (°C)	HR Média (%)	HR Mín (%)	HR Máx. (%)	CO2 Média (ppm)	CO2 Mín (ppm)	CO2 Máx (ppm)
A_JI_SA1									
28/mai	22,8	21,2	26,0	60,1	45,7	70,3	744	422	1629
29/mai	24,1	22,3	27,4	58,5	45,2	71,1	731	417	2172
31/mai	24,7	21,2	27,8	54,0	41,2	67,2	628	406	1220
03/jun	24,4	23,3	27,3	62,0	55,9	66,0	593	449	1054
A_JI_SA2									
28/mai	22,7	21,3	25,6	60,4	52,8	66,0	1027	642	2054
29/mai	23,5	22,3	26,1	61,7	51,5	65,3	913	617	1693
31/mai	24,4	23,0	27,1	57,1	42,4	67,8	815	585	1397
03/jun	24,8	23,9	27,2	55,9	45,7	61,1	716	598	1427

- CO₂

Na Figura 21 é apresentada a variação da concentração de CO₂, em termos de médias horárias.



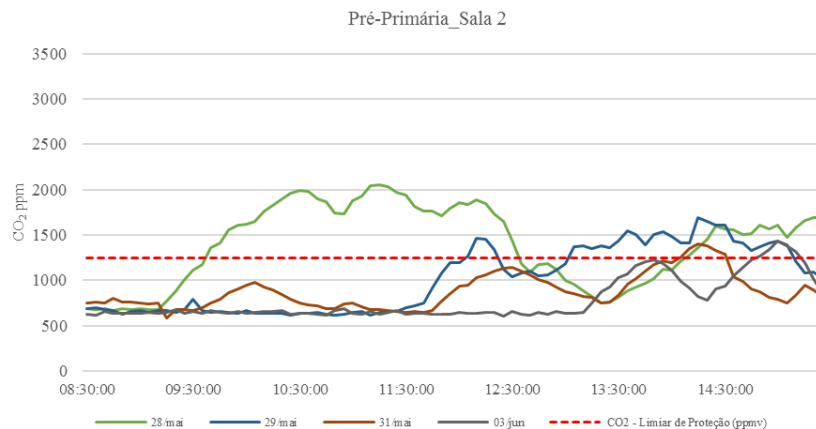


Figura 21 – Concentração de CO₂ no período de estudo – Pré-primária: sala 1 e sala 2 – Armamar – JI Armamar.

Os gráficos mostram a variação da concentração de CO₂ nas duas salas de aula ao longo do dia, durante o horário de ocupação (9:00h-15:30h), os níveis frequentemente excedem 1250 ppm.

Nas duas salas analisadas, verifica-se um aumento da concentração de CO₂ com a presença das crianças na sala de aula. No período da manhã atinge um pico de concentração cerca das 10:00h, seguida de uma diminuição, coincidente com o intervalo da manhã (10:30h-11:00h), e atingindo um máximo cerca das 11:30h (o intervalo da manhã permitiu ventilar o espaço). No período da tarde o valor máximo é atingido no final do período, 15:00h. Este padrão identificou-se nos dias 28 e 29 de maio na Sala 1, registando-se um padrão semelhante na Sala 2 no dia 28 de maio.

Da análise da concentração de CO₂, e da sua evolução nos diferentes dias analisados podemos concluir que nos períodos de não permanência de ocupantes na sala, dia 3 de junho período da manhã (atividades no exterior por comemoração do Dia da Criança), os níveis são bastante inferiores ao Limiar de Proteção.

Na sala 2, nos períodos da manhã, na generalidade dos dias, com exceção do dia 28 de maio, são registadas concentrações de CO₂, bastante inferiores aos padrões dos dias habituais de aulas, dias em que os alunos estiveram ausentes da sala de aulas no período da manhã (atividades fora da sala de aulas).

- Temperatura

A variação da temperatura ao longo do período de permanência dos alunos na sala de aulas mostra um aumento ao longo do dia, que resulta quer da ocupação da sala quer da radiação solar incidente na fachada, verificando-se, desvios ao limiar inferior recomendado para esta estação do ano no período da manhã e temperaturas mais elevadas no período do final da tarde (entre

as 15:00h e as 15:30h). A Sala 1 apresenta temperaturas médias mais elevadas do que a Sala 2 possivelmente devido a uma maior exposição solar pois esta sala está orientada a sudoeste.

O sistema de climatização deste edifício, piso radiante, esteve em funcionamento durante todo o período do estudo.

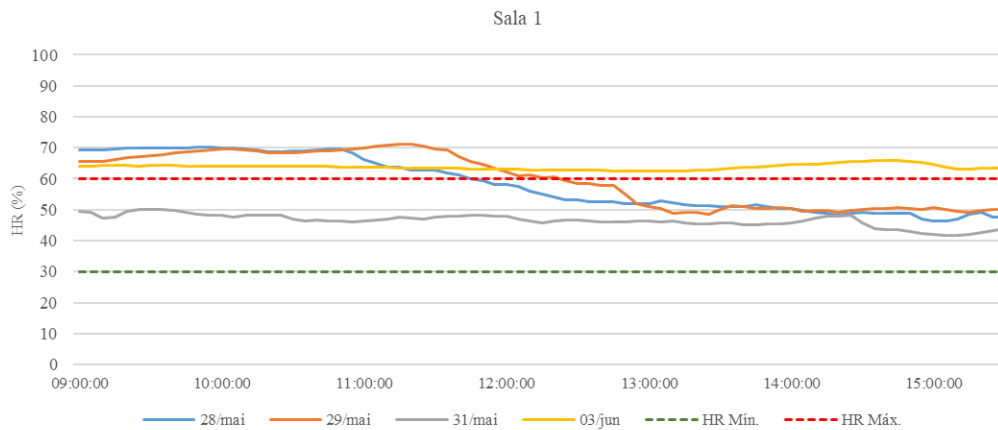


Figura 22 – Temperatura média no período de estudo – Interior e Exterior – Armamar – JI Armamar.

Verifica-se uma influência da temperatura exterior na temperatura interior (Figura 22).

- Humidade Relativa – HR

Os valores da Humidade Relativa são apresentados na Figura 23.



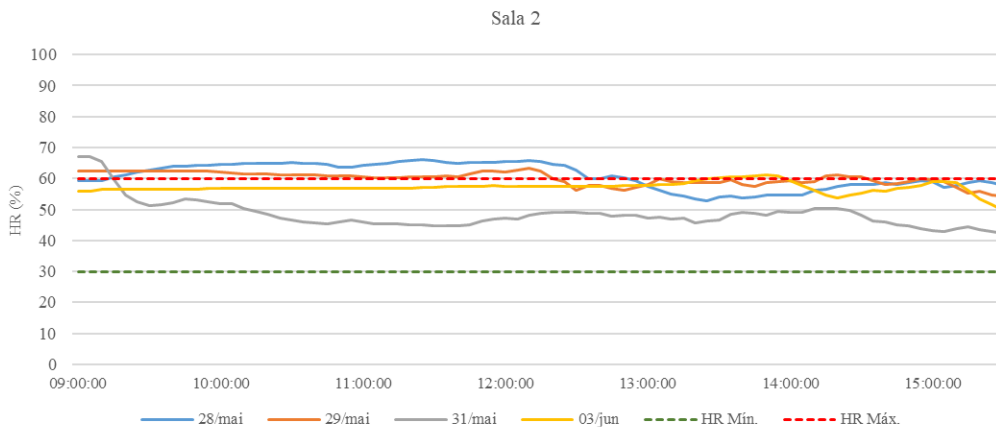


Figura 23 – Humidade relativa no período de estudo – Armamar – JI Armamar: sala 1 e sala 2.

A HR apresenta um padrão semelhante durante os dias em que decorreu o estudo, sendo maior nos períodos da manhã e diminuindo ao longo do dia. Em ambas as salas estudadas, verificam-se flutuações de HR, com valores superiores ao limite recomendado de 60%, nos períodos da manhã, em alguns dos dias e períodos analisados. Sem ocupação das salas, no fim de semana, de 1 e 2 de junho, o nível de HR é constante.

Na Figura 24 é possível verificar uma correlação entre a HR no interior e no exterior.

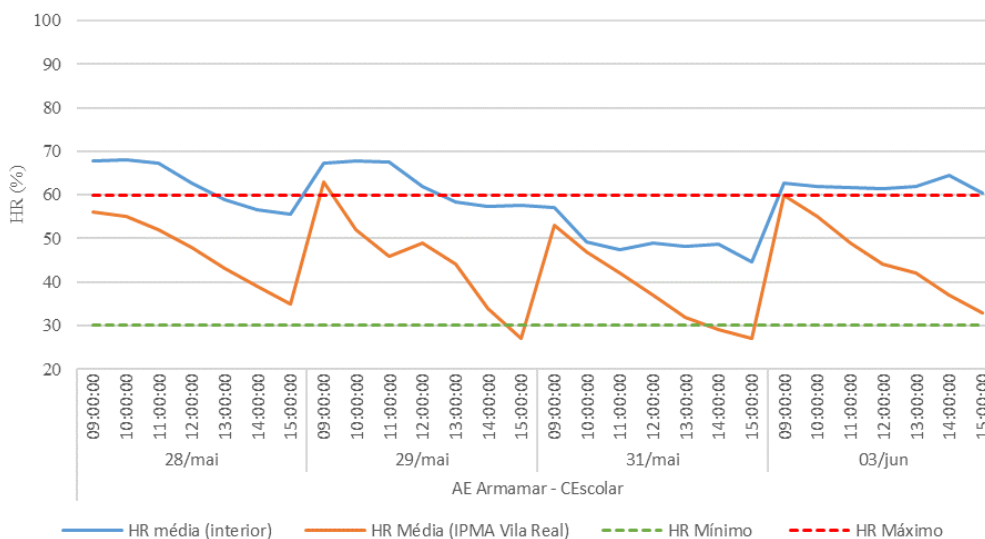


Figura 24 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior – Armamar – JI Armamar.

4.3.1.2 Armamar – 1ºCEB

4.3.1.2.1 Caracterização do edifício e sua ocupação

O estudo no Centro Escolar de Armamar – 1ºCEB, decorreu de 5 a 12 de junho. O edifício escolar está localizado numa zona urbana, junto a uma estrada municipal, com trânsito pouco significativo (Figura 13 e Figura 25).



Figura 25 – Localização Centro Escolar de Armamar e Salas avaliadas.

No AE de Armamar, no 1º CEB, foram analisadas duas salas de aulas, selecionaram-se salas com diferentes localizações e distinta exposição solar. A sala número 2, localiza-se no piso 0 e a fachada envidraçada está exposta a sudeste e a sala 8 está localizada no piso 1 e a fachada envidraçada está exposta a sudoeste (Figura 26).



Figura 26 – Armamar 1º CEB.

A recolha de dados no 1ºCEB de Armamar (Tabela 17) decorreu no período de 5 a 12 de junho, tendo-se verificado uma interrupção letiva durante três dias, 8 a 10 de junho (fim de semana e feriado).

Tabela 17 – Caracterização das salas no período monitorizado – Armamar – 1ºCEB.

	Itens avaliados	Sala Aulas 2	Sala Aulas 8	Sala Informática
Avaliações	05/06/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Ocupação esporádica
	06/06/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Ocupação esporádica
	07/06/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Ocupação esporádica
	11/06/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Ocupação esporádica
	12/06/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Ocupação esporádica
Caraterísticas dos Espaços	Piso	0	1	1
	Orientação Espacial	Sudeste	Sudoeste	Sudoeste
	Área da sala (m2)	49	49	49
	Sistema de Climatização	Desligado	Desligado	Desligado
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Não
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	11	11	11
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	26	22	Variável
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados não validados



Figura 27 – Armamar – 1ºCEB – Sala 2 (esquerda) e Sala 8 (direita). O círculo vermelho indica a localização do equipamento de monitorização.

4.3.1.2.2 Caracterização meteorológica

O período em que ocorreu a monitorização foi um período seco, sem precipitação, e com temperaturas elevadas para a época (Figura 28). A humidade relativa durante o dia foi reduzida e a radiação global elevada (Figura 29).

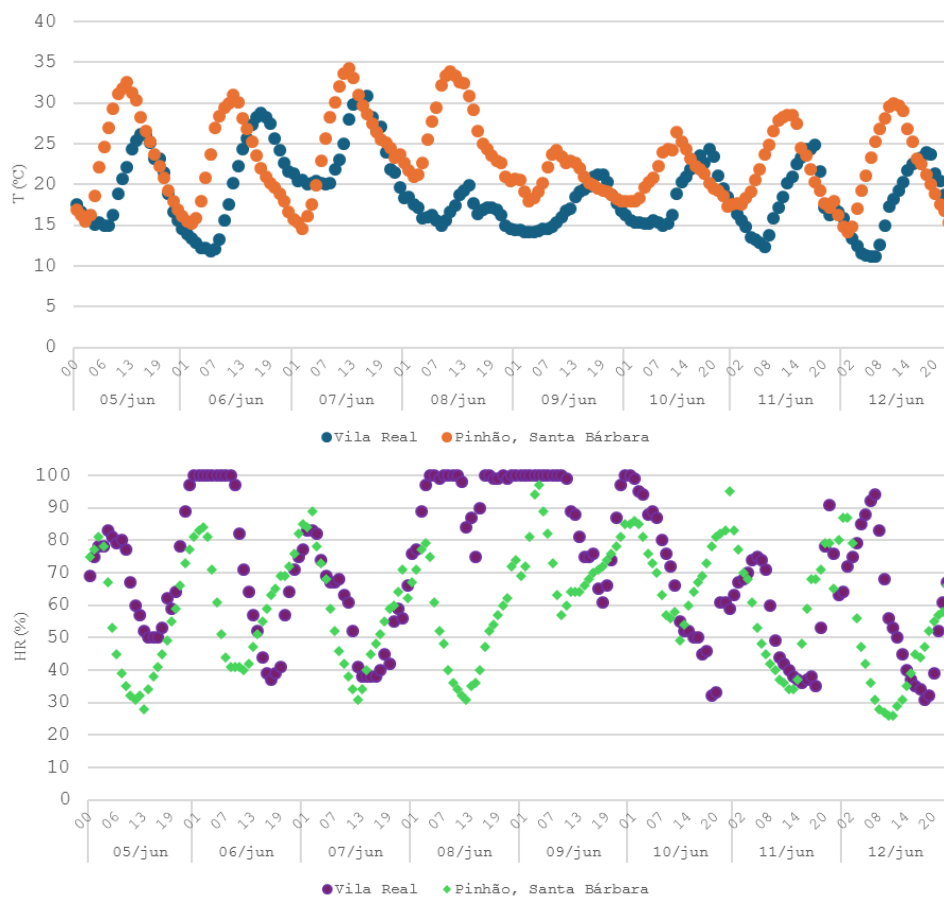


Figura 28 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Armamar – 1ºCEB.

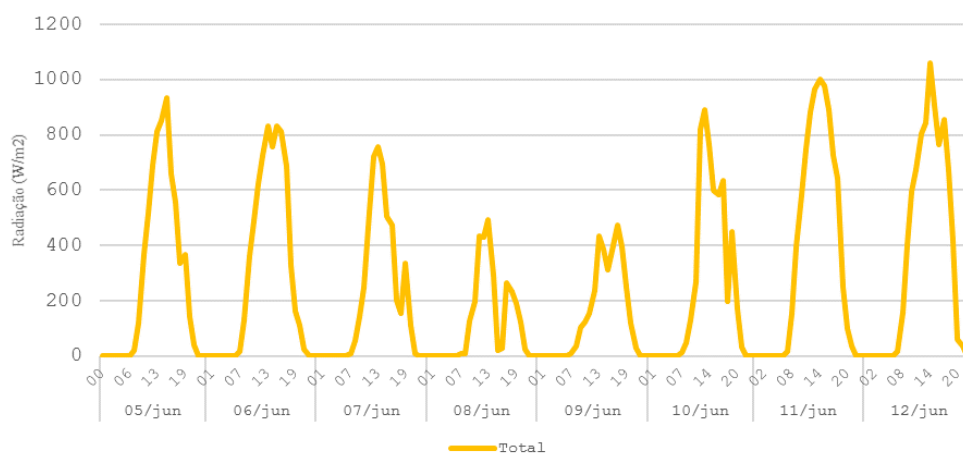


Figura 29 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Armamar – 1ºCEB.

4.3.1.2.3 Caracterização da qualidade do ar ambiente

Na Figura 30 e Figura 31 são apresentadas as variações das concentrações médias horárias de PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ obtidas na estação MONITARSENSE, localizada no interior do perímetro escolar.

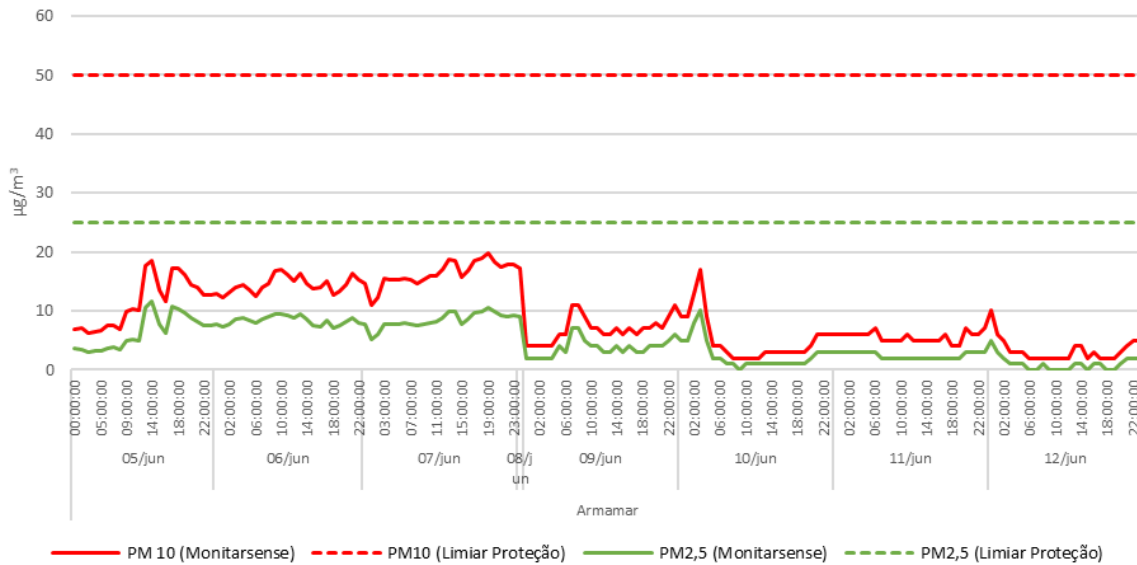


Figura 30 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Armamar – 1ºCEB.

A concentração de PM₁₀ apresenta uma variabilidade maior do que observada na concentração de PM_{2,5}, com concentrações mais elevadas nos dias 5, 6 e 7 de junho de 2024. No entanto, as concentrações observadas não ultrapassam os valores limites diários e valores limites anuais definidos no RJAGQAr.

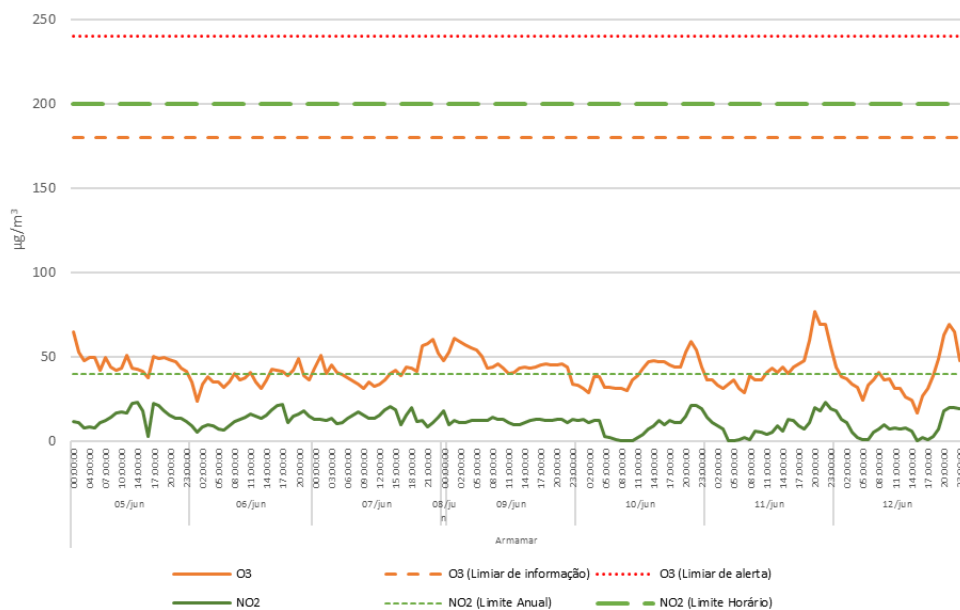


Figura 31 – Variação da concentração média horária de NO₂ e O₃ obtidas na Estação MONITARSENSE – Armamar – 1ºCEB.

Os valores de O₃ apresentaram um padrão de concentração regular, verificando-se valores bastante inferiores aos regulamentares.

O NO₂ apresentou concentrações muito reduzidas quando comparadas com o valor limite horário e valor limite anual definido no RJAGQAr.

4.3.1.2.4 Caracterização Ambiental – CO₂, temperatura e humidade relativa

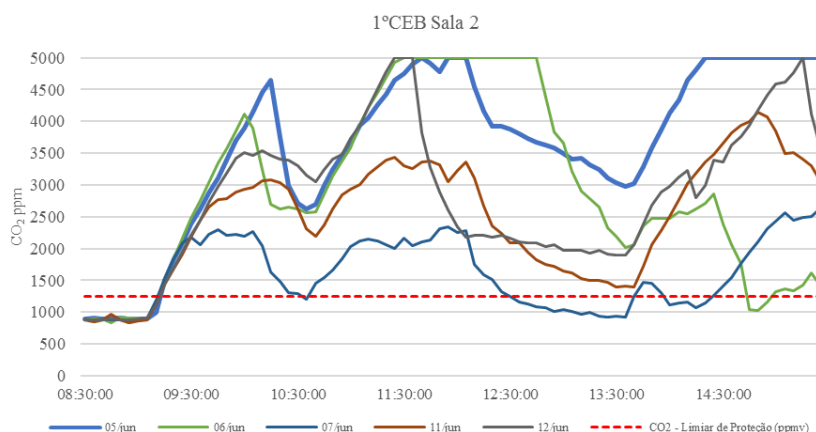
Os dados estatísticos da temperatura ambiente, humidade relativa e concentração de CO₂, são seguidamente apresentados referentes às Salas 2 e 8 (Tabela 18).

Tabela 18 – AE Armamar – 1º Ciclo– Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.

Período 09:00h – 15:30h	Temp. Média (°C)	Temp. Mín (°C)	Temp. Máx (°C)	HR Média (%)	HR Mín (%)	HR Máx. (%)	CO2 Média (ppm)	CO2 Mín (ppm)	CO2 Máx (ppm)
A_1º_SA2									
05/jun	24,3	22,9	26,5	61,4	56,3	74,3	1898	802	5000
06/jun	24,3	23,0	26,3	63,0	59,0	72,1	1511	832	5000
07/jun	24,7	23,7	26,4	62,4	56,9	67,7	1190	814	2899
11/jun	23,6	22,4	25,2	56,6	46,7	62,0	1417	827	4137
12/jun	23,8	22,5	26,0	54,4	46,2	63,3	1578	858	5000
A_1º_SA8									
05/jun	25,8	22,1	35,1	54,2	32,9	60,7	983	411	1705
06/jun	25,4	21,7	35,2	57,0	35,0	68,9	830	406	1467
07/jun	26,0	23,8	29,9	57,4	48,4	67,4	766	582	1646
11/jun	24,6	21,5	34,7	52,2	28,6	64,9	828	418	1858
12/jun	24,4	21,6	28,8	50,7	31,1	66,5	786	441	1231

- CO₂

Na Figura 32 é apresentada a variação da concentração de CO₂ ao longo do período escolar para cada dia monitorizado.



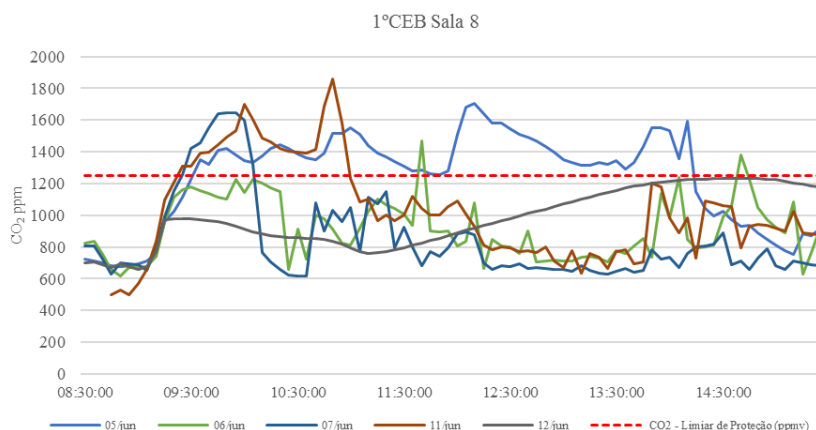


Figura 32 – Concentração de CO₂ no período de estudo – Armamar - 1°CCEB: sala 2 e sala 8.

Verifica-se que existe um padrão semelhante nas salas 2 e 8, com um aumento da concentração de CO₂ durante a manhã, atingindo picos entre as 10:00h e as 11:00h. No período da tarde verifica-se uma diminuição gradual na concentração de CO₂, com o pico de concentração entre as 14:30h e as 15:00h.

Nas salas 2 e 8 é ultrapassado o limiar de proteção de 1250 ppm em vários momentos do dia, especialmente no período da manhã. As concentrações observadas na sala 2 são bastante superiores às observadas na sala 8, onde se verificou a ventilação da sala, através da abertura das janelas, observando-se concentrações de CO₂ superiores a 5000 ppm nos dias 5 e 6 durante períodos significativos do dia.

- Temperatura

A sala 2 apresenta temperatura relativamente estável ao longo do dia, na sala 8 verificam-se maiores variações, com temperaturas que ultrapassam a temperatura máxima recomendada, no período da tarde, fundamentalmente relacionadas com a sua maior exposição solar (Figura 33).

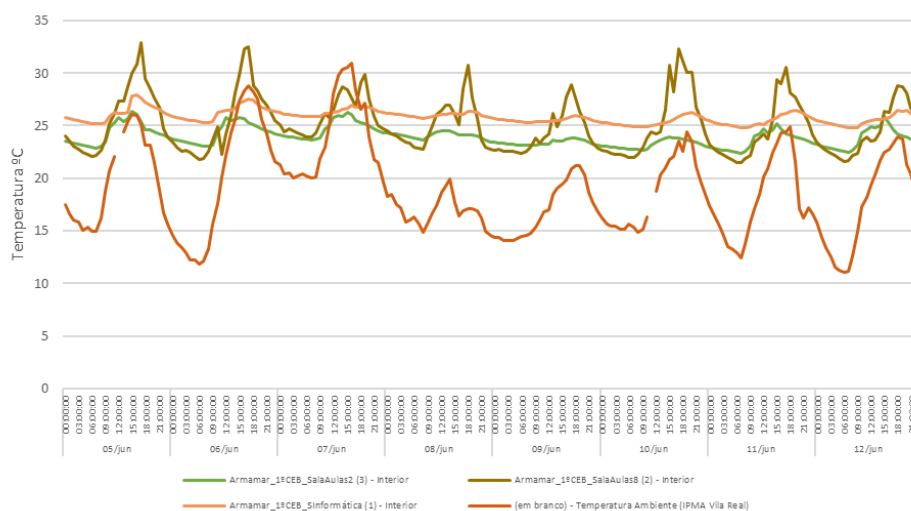
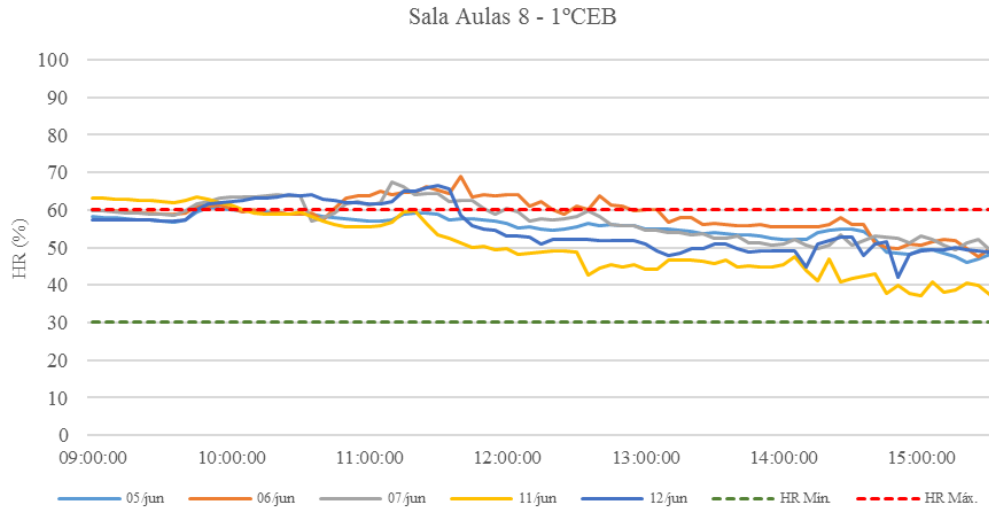
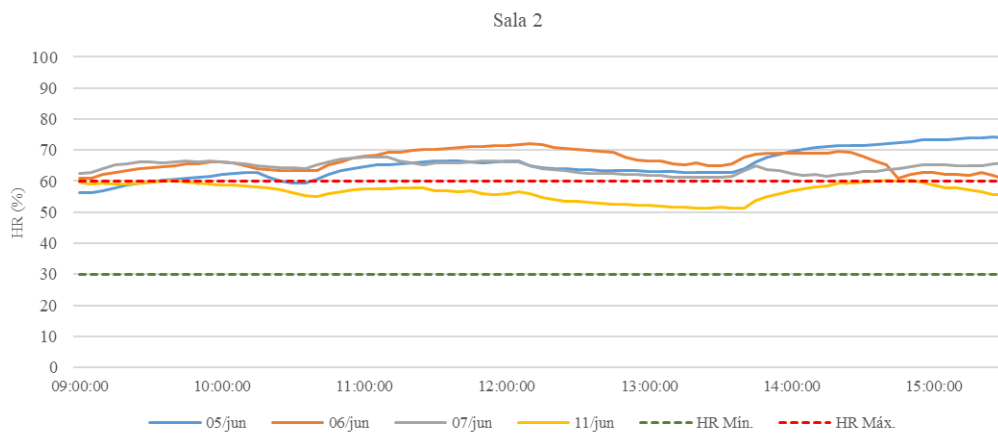


Figura 33 – Variação da temperatura – 1°CCEB – Interior e Exterior – Armamar – 1°CCEB.

Verifica-se uma correlação da temperatura no interior das salas, em relação à temperatura exterior (Figura 33).

- Humidade Relativa – HR

Em ambas as salas a humidade relativa manteve-se dentro dos limites aconselhados (30% a 60%) em todos os dias e períodos analisados, com exceção do dia 5 de junho, na sala 2, em que se observa uma humidade relativa superior aos 60% (Figura 34).



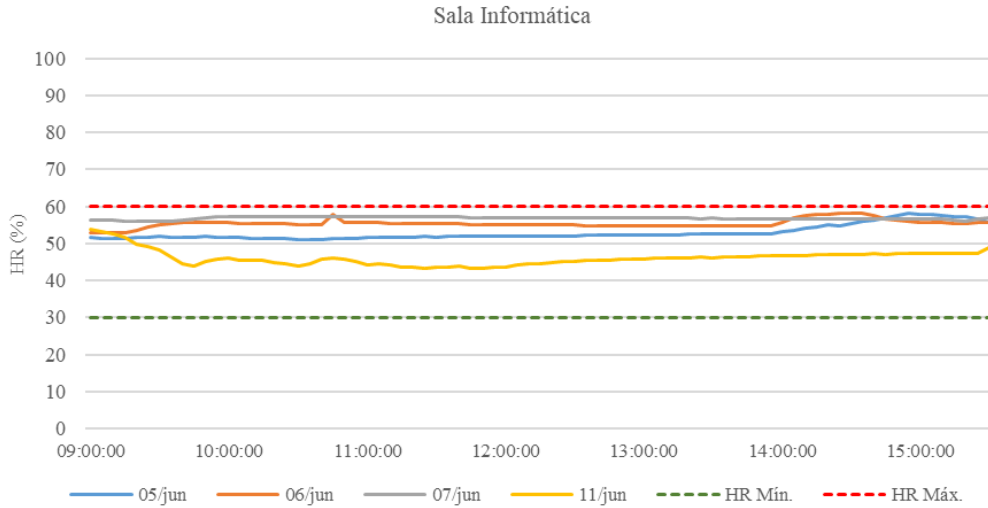


Figura 34 – Humidade relativa – Armamar – 1ºCEB.

No exterior verifica-se uma grande variabilidade de HR, mas no interior das salas a HR é constante ao longo do período analisado (Figura 35).

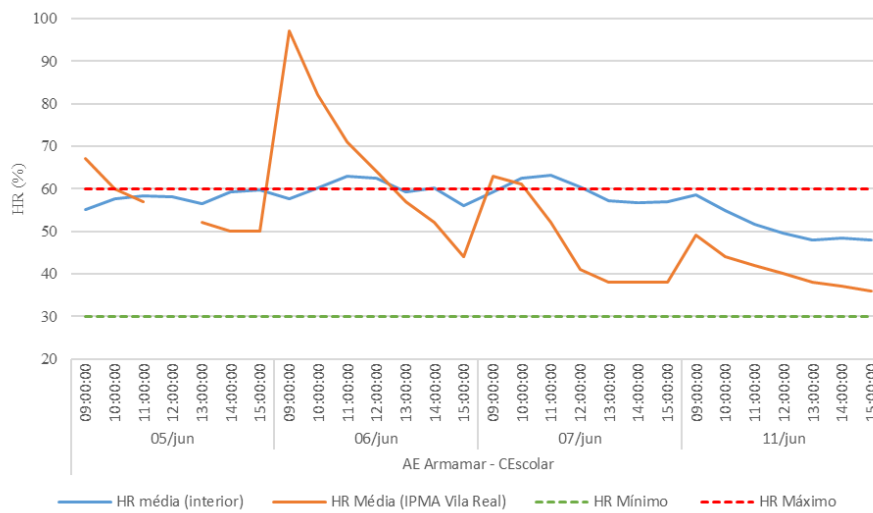


Figura 35 – Humidade Relativa média – Interior e Exterior – Armamar – 1ºCEB.

4.3.2 Lamego

Relativamente aos locais avaliados, no AE de Lamego, foram avaliados dois edifícios e salas pertencentes a dois níveis de ensino, Pré-escolar e 1º Ciclo. O estudo decorreu no AE Lamego – Sudeste, no período de 23 a 30 de abril de 2024 e no AE Lamego – Sé, no período de 30 de abril a 7 de maio de 2024.

Na Tabela 19 é apresentada a ocupação máxima dos espaços e o horário típico de ocupação e de interrupções.

Tabela 19 – Lamego – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.

Nível	Tipo	Sala Avaliada	Ocupação Diária alunos, professores e auxiliares	Ocupação da sala	Interrupções
1º CEB	Sala Aulas	Sé_1ºCEB_Sala Aulas	25 alunos	09:00-15:30h	10:30–11:00h
1ºCEB	Sala Aulas	Sudeste - Salas Aulas (2)	20 alunos		12:30–14:00h
Comum	Biblioteca	Sudeste_1ºCEB_Biblioteca	Variável	Horário não fixo.	
Comum	Refeitório	Sudeste_1ºCEB_Refeitório	Variável	12:00-14:00h	Apenas trabalhadores.
Comum	Refeitório	Sé N°2 - Refeitório (3)	Variável		
Pré-Primária	Sala Aulas	Sé_Pré-Primária_Sala Aulas	23 alunos	09:00-15:30h	09:00 – 15:30 09:00 – 15:30

Foram monitorizados os parâmetros temperatura, humidade relativa e concentração de CO₂. Estes dados estão descritos ao longo dos próximos pontos.

4.3.2.1 Lamego – AE Sé – Sudeste

4.3.2.1.1 Caracterização do edifício e sua ocupação

O estudo no Pré-escolar de Lamego (Sudeste), decorreu de 24 de abril a 29 de abril, foram monitorizados os espaços identificados na Figura 36 e caracterizados na Tabela 20.



Figura 36 – Lamego - Sudeste – Centro Escolar - Salas avaliadas.

O edifício onde funciona o estabelecimento de ensino do Centro Escolar de Ferreirim, localiza-se numa zona rural. Neste edifício existem dois níveis de ensino, o nível Pré-Escolar e o 1º Ciclo do Ensino Básico. Foram avaliados três locais, uma sala de aula (1ºCEB), a Biblioteca e o Refeitório, todas localizadas no Piso 0 (Figura 36).

Tabela 20 – Caracterização das salas no período monitorizado.

	Itens avaliados	Biblioteca	Refeitório	Sala Aulas 2 1ºCEB
Avaliação	24/04/2024	Ocupação esporádica	Ocupação pontual	Período de aulas normal
	26/04/2024	Ocupação esporádica	Ocupação pontual	Período de aulas normal
	29/04/2024	Ocupação esporádica	Ocupação pontual	Período de aulas normal
Caraterísticas dos Espaços	Piso	0	0	0
	Orientação Espacial	Nordeste	Noroeste	Sudeste
	Área da sala (m2)	84	75	50
	Sistema de Climatização	Em funcionamento	Em funcionamento	Em funcionamento
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	14	20	10
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	Variável	150	21
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados Válidos

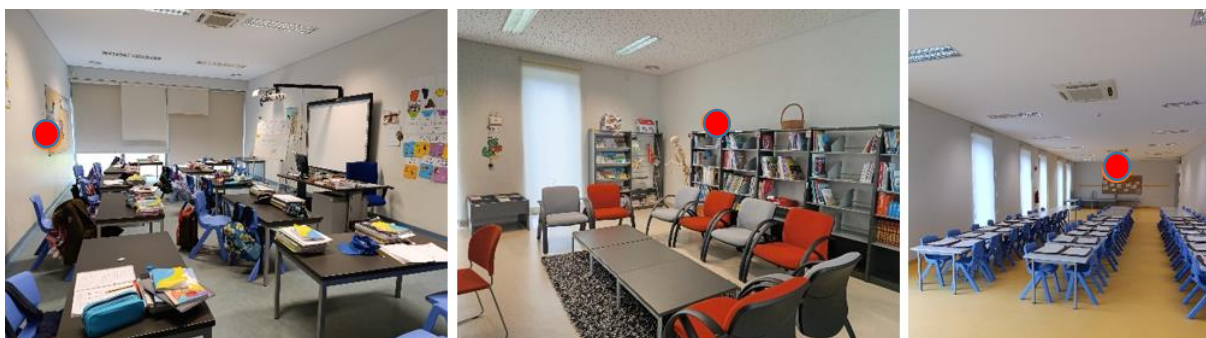


Figura 37 – Lamego - Sudeste – Sala 2 (esquerda), Biblioteca (centro) e Sala 2 (direita). O círculo vermelho indica a localização do equipamento de monitorização.

4.3.2.1.2 Caracterização meteorológica

O período em que ocorreu a monitorização foi um período seco, sem precipitação, e com temperaturas elevadas para a época, a humidade relativa durante o dia foi reduzida (Figura 38), e a radiação global elevada (Figura 39).

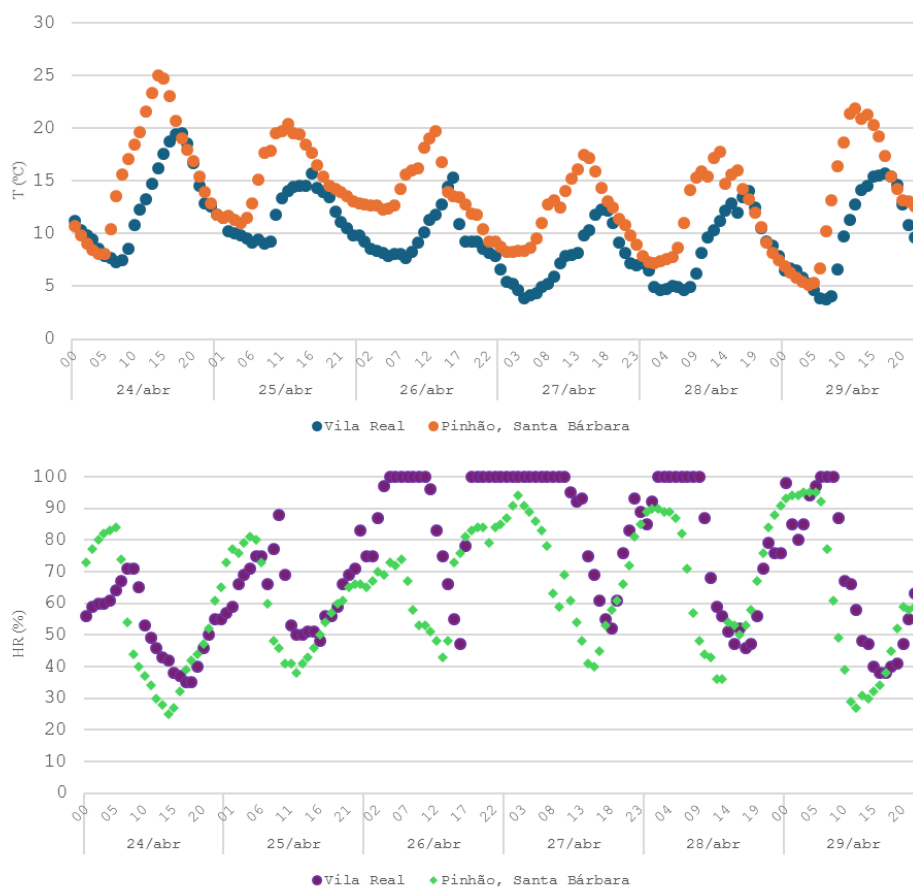


Figura 38 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara - Lamego – Sudeste.

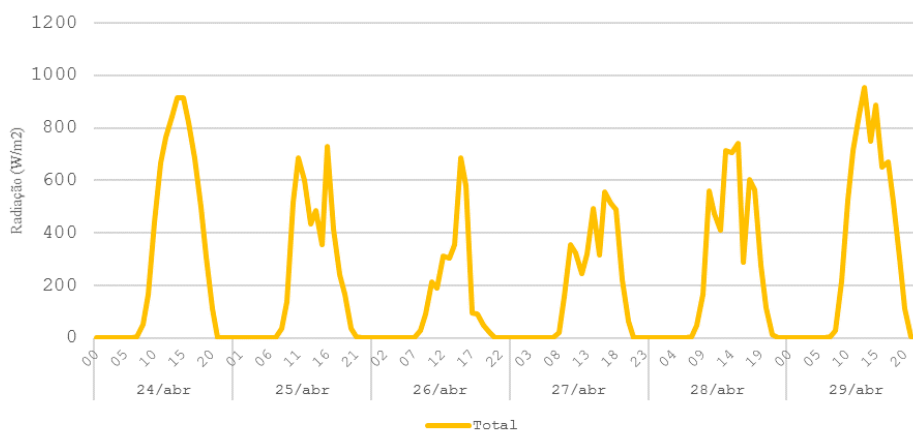


Figura 39 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real - Lamego – Sudeste.

4.3.2.1.3 Caracterização da qualidade do ar ambiente

As concentrações médias horárias de PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ obtidas pela Estação de MONITARSENSE para o período em análise, são as que se descrevem seguidamente:

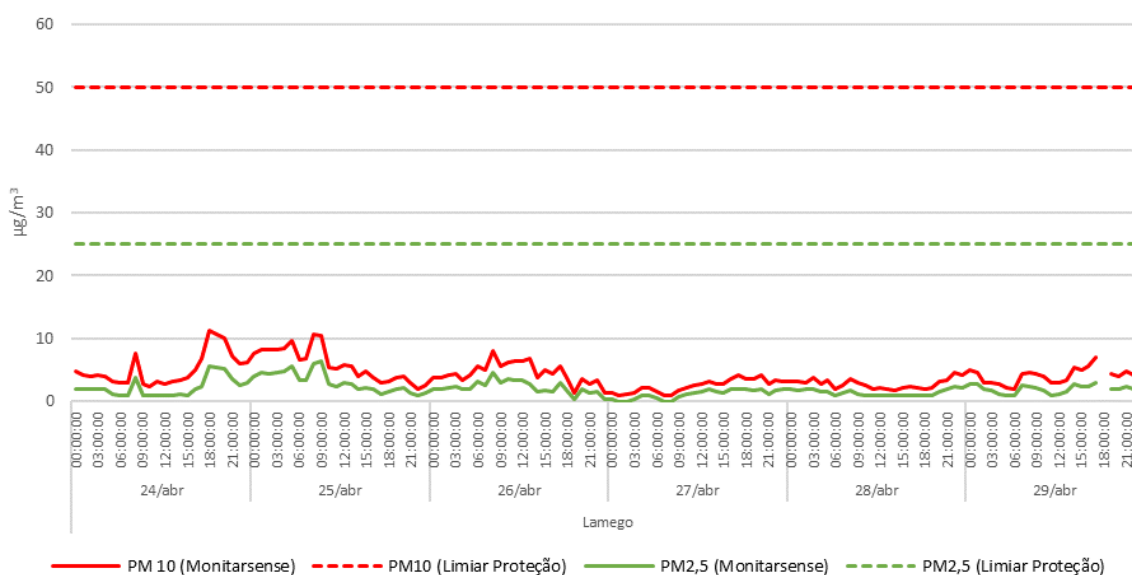


Figura 40 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sudeste.

A estação de monitorização registou valores de PM₁₀ e PM_{2,5} bastante baixos ao longo deste período, verificando-se uma concentração inferior aos valores limites diários e valores limites anuais definido no RJAGQAr (Figura 40).

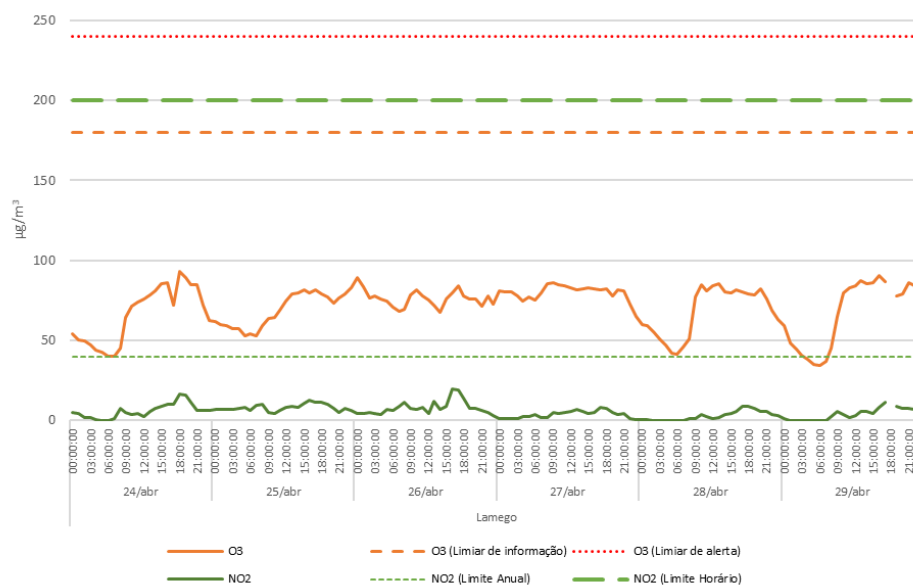


Figura 41 – Variação da concentração média horária de O₃ e NO₂ obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sudeste. Verificam-se níveis de O₃ com padrões bem definidos de distribuição ao longo dos dias analisados. Os dias 28 e 29 de abril apresentam irregularidade na concentração, verificando-se valores tendencialmente baixos no início da manhã, com aumentos progressivos da sua concentração até às 12h, mas com valores inferiores aos regulamentares.

O NO₂ apresentou concentrações muito reduzidas quando comparadas com o valor limite horário e valor limite anual definido no RJAGQAr (Figura 41).

4.3.2.1.4 Caracterização Ambiental – CO₂, temperatura e humidade relativa

Os dados estatísticos da temperatura ambiente, humidade relativa e concentração de CO₂, relativos à Biblioteca, Refeitório e Sala 1ºCEB (Tabela 21), estão resumidos seguidamente.

Tabela 21 – AE Lamego – Salas Avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.

Período 09:00h – 15:30h	Temp. Média °C	Temp. Mín °C	Temp. Máx °C	HR Média %	HR Mín %	HR Máx. %	CO2 Média (ppm)	CO2 Mín (ppm)	CO2 Máx (ppm)
L_Sud_1º_Bib									
24/abr	21,6	20,2	23,2	46,1	40,7	49,8	719	455	1513
26/abr	20,6	20,1	21,2	50,6	46,8	53,4	523	402	1029
29/abr	20,0	18,6	21,4	47,1	42,9	49,9	549	401	974
L_Sud_1º_Ref									
24/abr	22,7	20,9	24,3	42,7	37,3	58,9	590	422	1426
26/abr	21,8	20,1	23,0	49,8	42,0	65,3	582	406	1300
29/abr	20,6	18,4	22,2	46,6	39,3	65,7	574	411	1303
L_Sud_1º_SA									
24/abr	21,8	20,1	23,9	42,1	35,2	46,4	1834	721	2201
26/abr	21,0	20,2	22,3	48,9	43,4	54,4	1894	1181	2212
29/abr	19,9	18,4	21,8	45,3	40,2	52,0	1583	876	1937

- CO₂

Na Figura 42 é apresentada a variação da concentração de CO₂ ao longo do período escolar para cada dia monitorizado.

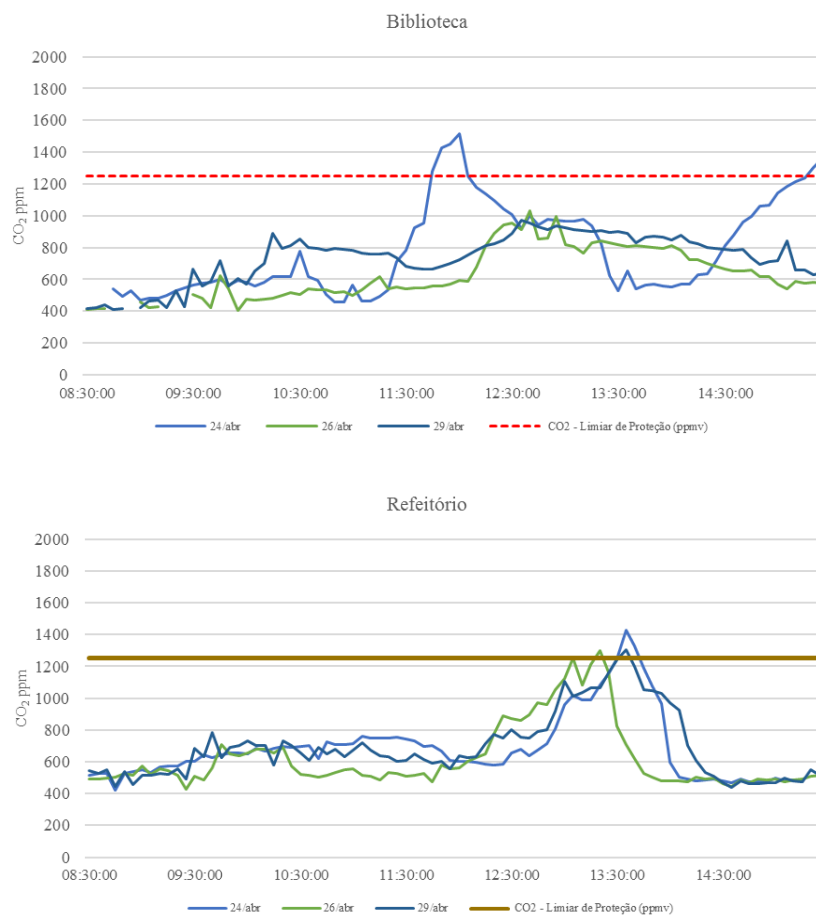


Figura 42 – Concentração de CO₂ no período de estudo - Lamego – Sudeste.

Na biblioteca e no refeitório verifica-se um padrão de distribuição da concentração de CO₂, compatível com o tipo de uso, observando-se que no refeitório a concentração de CO₂ atinge os 1250 ppm durante o horário de refeição, diminuindo progressivamente no período da tarde após as refeições, períodos em que a sala não tem ocupação. Na biblioteca, que tem uma utilização irregular é possível verificar que a concentração de CO₂ aumenta sempre que esta tem ocupação, nomeadamente entre as 12:30h e as 13:30h, quando os alunos não estão nas salas de aulas e frequentam este espaço.

- Temperatura

Durante o período em estudo as salas avaliadas apresentaram temperaturas inferiores aos valores mínimos, com exceção da biblioteca no dia 24 de abril (Figura 43).

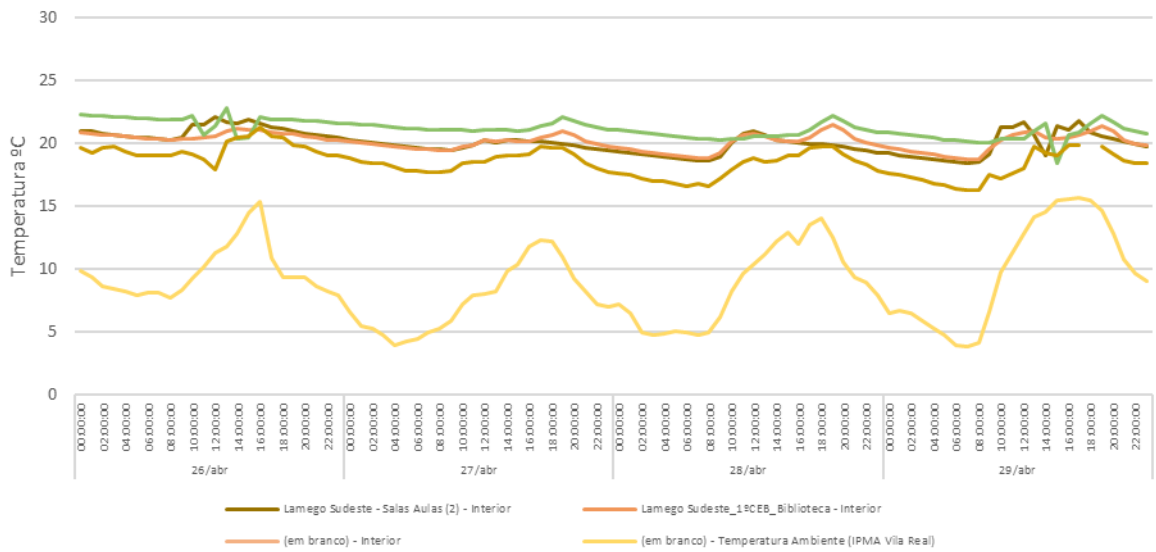
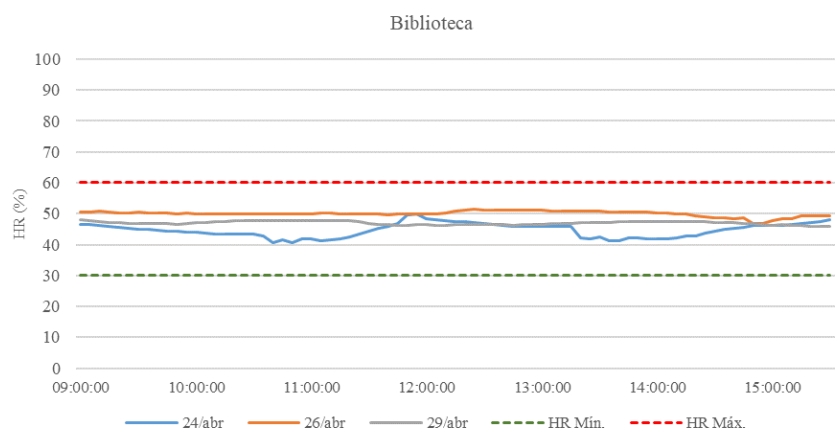
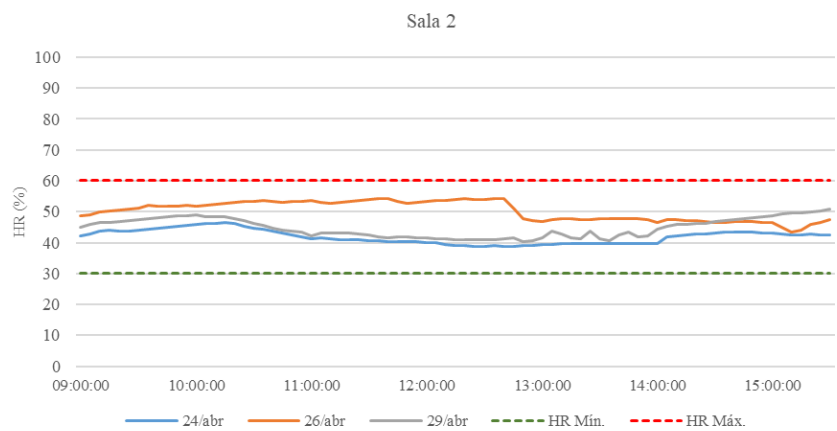


Figura 43 – Temperatura média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sudeste.

Verifica-se uma correlação entre a temperatura exterior e a temperatura interior (Figura 43).

- Humidade Relativa – HR

Em todos os espaços analisados, registou-se uma humidade relativa que permanece dentro dos limites de referência (30% a 60%) em todos os dias e períodos analisados.



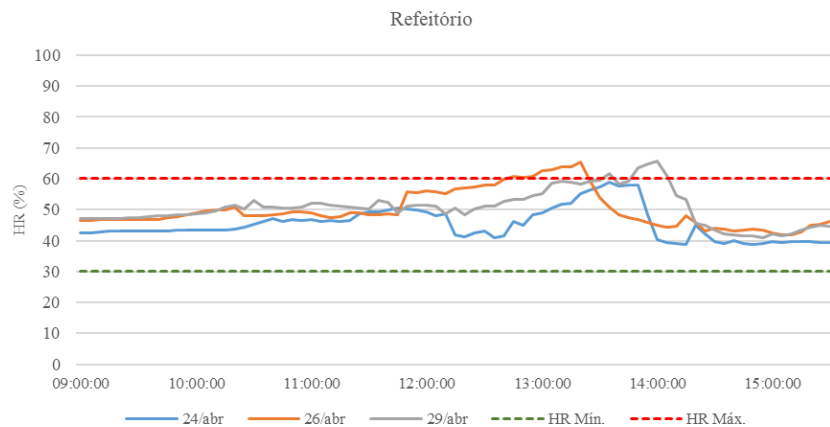


Figura 44 – Humidade relativa no período de estudo - Lamego – Sudeste.

Os valores de HR apesar de elevados no exterior, em alguns dos períodos analisados, com especial ênfase nos períodos de início da manhã, com valores de 100%, permanecem dentro dos parâmetros normais no interior dos espaços analisados (Figura 45).

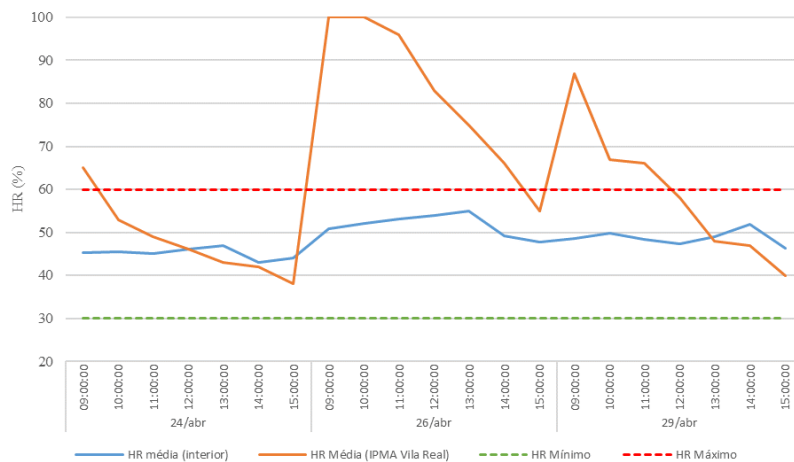


Figura 45 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sudeste.

4.3.2.2 Lamego – AE Sé – EB 2 - Sé

4.3.2.2.1 Caracterização do edifício e sua ocupação



Figura 46 – Lamego Sé Nº2 – Salas avaliadas.

O estudo no Centro Escolar de Lamego (Sé – Nº2), decorreu de 2 a 6 de maio de 2024, e as salas alvo deste estudo estão identificadas, (Figura 46) e caracterizadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Lamego - Sé – Caracterização das salas no período monitorizado.

	Itens avaliados	Refeitório	Sala Aulas 1ºCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliações	02/05/2024	Ocupação pontual	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	03/05/2024	Ocupação pontual	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	06/05/2024	Ocupação pontual	Período de aulas normal	Período de aulas normal
Caraterísticas dos Espaços	Piso	1	1	0
	Orientação Espacial	Noroeste	Sudeste	Sudeste
	Área da sala (m2)	100	30	30
	Sistema de Climatização	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Sim	Não	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	40	10	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	150	23	26
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados Válidos



Figura 47 – Lamego - Sé – Sala Pré-Primária (esquerda), Sala 1ºCEB (centro) e Refeitório (direita). O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.

4.3.2.2.2 Caracterização meteorológica

O período em que ocorreu a monitorização foi um período seco, sem precipitação, e com temperaturas elevadas para a época e a humidade relativa durante o dia foi reduzida (Figura 48) e a radiação global elevada (Figura 49).

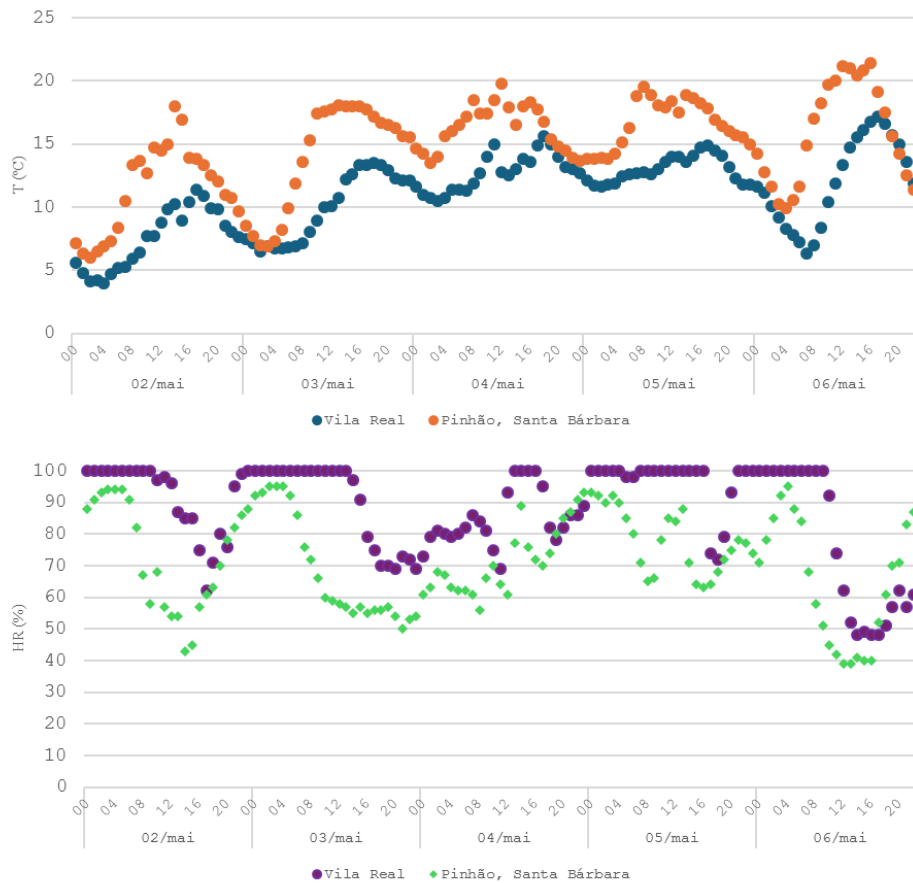


Figura 48 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara - Lamego – Sé.

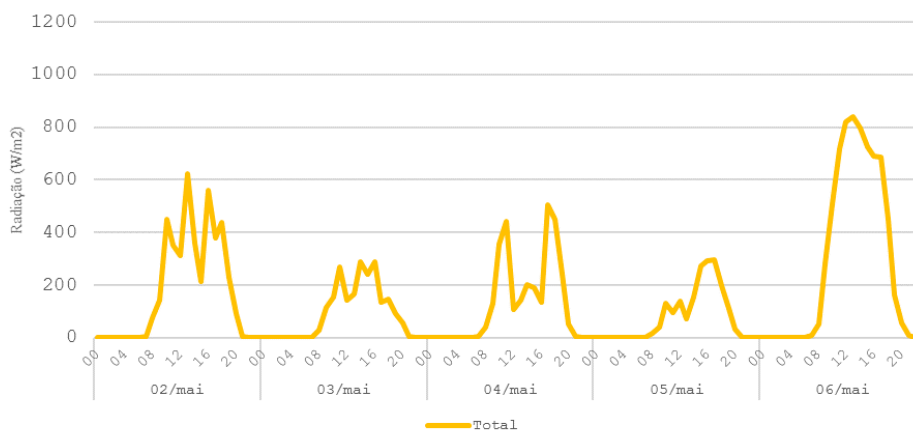


Figura 49 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real - Lamego – Sé.

4.3.2.2.3 Caracterização da qualidade do ar ambiente

Na Figura 50 e Figura 51, são apresentadas as variações das concentrações médias horárias de PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ obtidas na estação portátil MONITARSENSE colocada junto do edifício escolar.

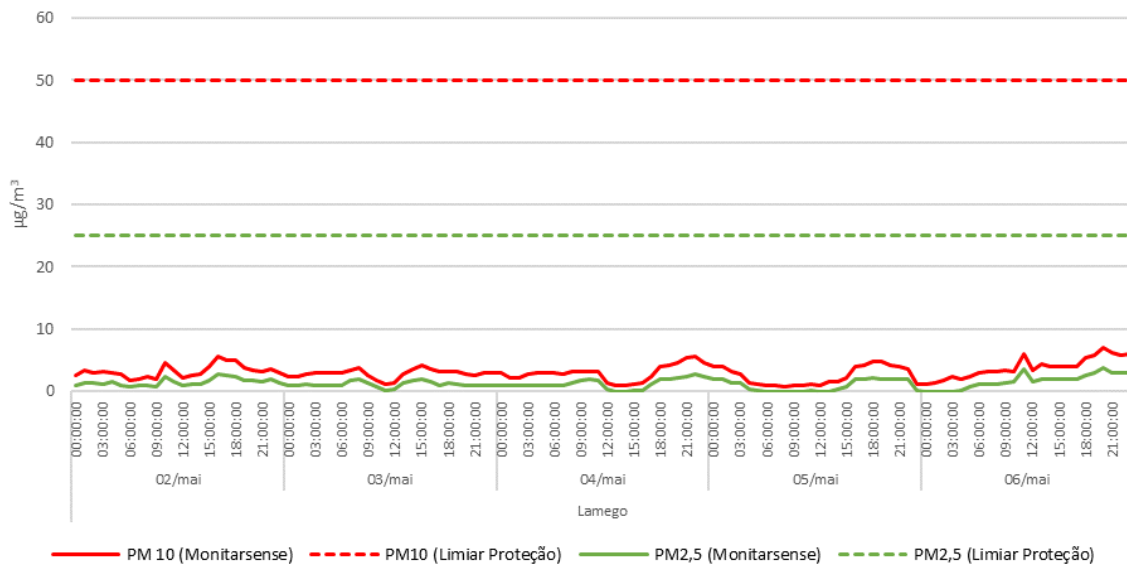


Figura 50 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sé. A concentração de PM₁₀ é significativamente mais alta e estável ao longo do período, sugerindo fontes contínuas de emissão, do que a concentração de PM_{2,5}, que ocorre de forma mais esporádica. Os valores são inferiores aos valores limites diários e valores limites anuais definido no RJAGQAr.

Verifica-se uma correlação entre o aumento da concentração de PM₁₀, e da concentração das PM_{2,5}.

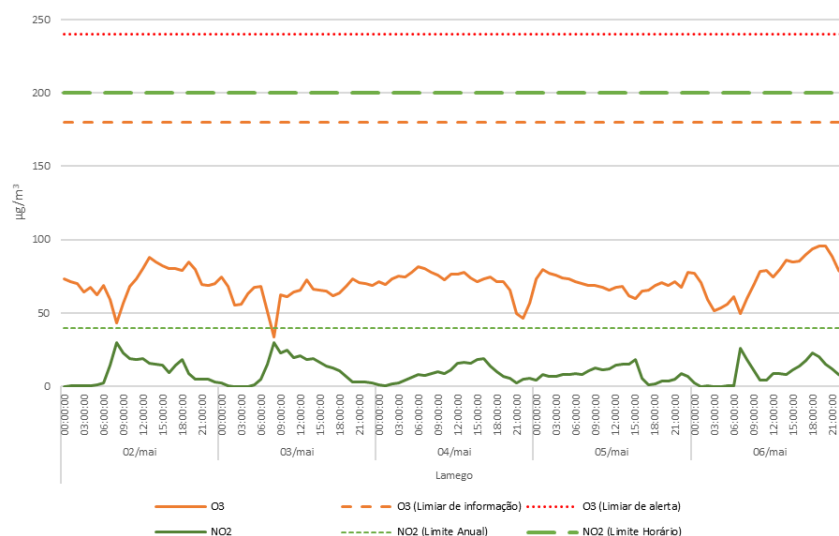


Figura 51 – Variação da concentração média horária de NO₂ e O₃ obtidas na Estação MONITARSENSE - Lamego – Sé.

Verificam-se níveis de O₃ com padrão constante de distribuição, verificando-se poucas variações ao longo dos dias analisados. Os valores obtidos são inferiores aos de referência.

As concentrações de NO₂ são reduzidas quando comparadas com o valor limite horário e valor limite anual definido no RJAGQAr.

4.3.2.2.4 Caracterização Ambiental – CO₂, temperatura e humidade relativa

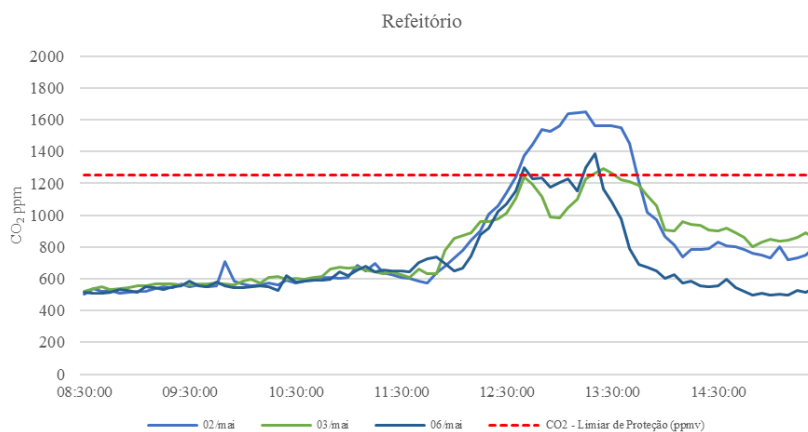
Os dados estatísticos da temperatura ambiente, humidade relativa e concentração de CO₂, são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – AE Lamego – Sé – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.

Período 09:00h – 15:30h	Temp. Média (°C)	Temp. Mín (°C)	Temp. Máx (°C)	HR Média (%)	HR Mín (%)	HR Máx. (%)	CO2 Média (ppm)	CO2 Mín (ppm)	CO2 Máx (ppm)
L_Sé_1º_Ref									
02/mai	21,6	19,7	26,0	44,7	38,7	54,9	618	444	1649
03/mai	21,4	19,9	23,5	51,6	44,4	67,2	629	433	1291
06/mai	22,4	20,3	26,2	48,4	39,8	56,6	580	448	1385
L_Sé_1º_SA									
02/mai	20,8	18,6	22,9	46,9	41,8	58,0	918	402	3117
03/mai	21,8	19,4	24,9	46,4	42,6	53,0	701	412	2170
06/mai	21,3	18,5	24,2	52,2	46,2	61,0	921	405	2843
L_Sé_II_SA									
02/mai	17,6	13,9	19,7	55,8	51,1	65,3	1093	537	3067
03/mai	18,2	16,8	20,5	59,7	54,9	66,3	1035	638	2749
06/mai	18,7	17,2	21,6	57,7	45,9	65,2	882	603	2780

- CO₂

Na Figura 52 é apresentada a variação da concentração de CO₂ ao longo do período escolar para cada dia monitorizado.



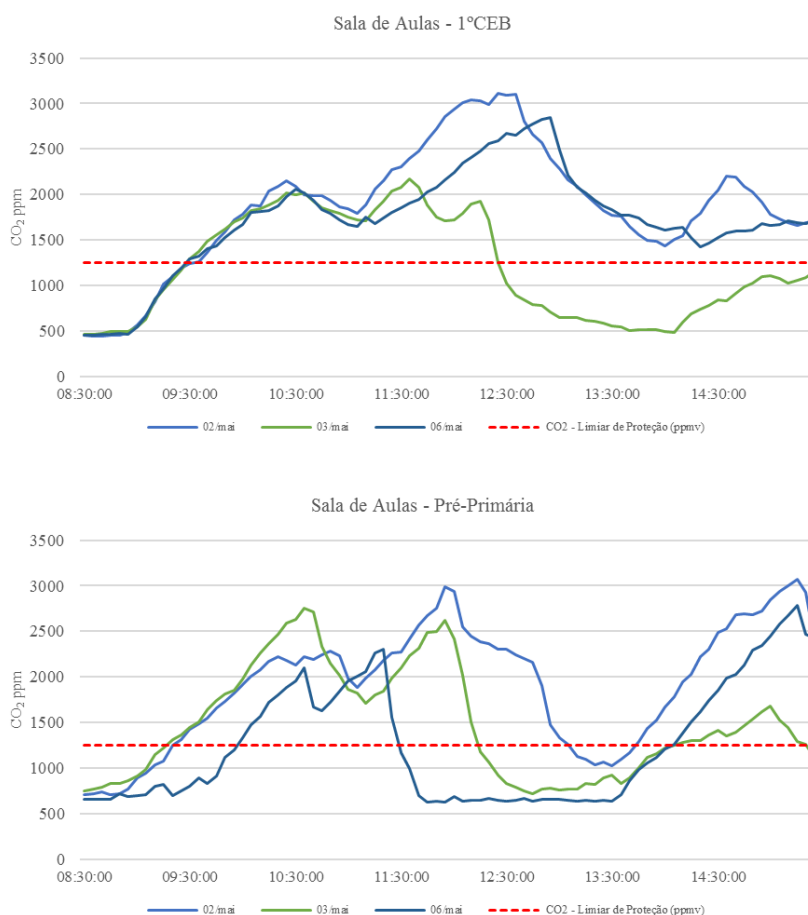


Figura 52 – Concentração de CO₂ no período de estudo nos compartimentos monitorizados - Lamego – Sé.

Nos compartimentos analisados, sala Pré-Primária, sala 1º CEB e refeitório, observa-se um padrão claro de aumento da concentração de CO₂ com a presença das crianças nas salas, atingindo picos durante os períodos de maior ocupação (manhã e tarde).

No refeitório verifica-se que a concentração de CO₂, é relativamente baixa nos períodos em que não existe ocupação do espaço, até às 12h, com o aumento exponencial entre esta hora e as 13:30h, período em que o nível de CO₂, ultrapassa o limiar de 1250ppm, depois verifica-se a diminuição para atingir novamente valores na ordem dos 500ppm.

As salas do 1ºCEB e da Pré-primária apresentam uma concentração de CO₂, na ordem dos 500ppm antes do início das atividades letivas (09:00h), verificando-se a partir desta hora um aumento progressivo na sua concentração, até ao pico de concentração, às 12:30h. No intervalo letivo das 10:30 às 11:00h, verifica-se um ligeiro decréscimo da sua concentração.

Durante o intervalo de almoço, 12:30h-14:00h, o nível baixa, mas não significativamente, pois não se promove a ventilação da sala do 1ºCEB, situação contrária verifica-se na sala da Pré-primária, em que uma correta ventilação permite uma redução para níveis aceitáveis durante esse período, mas que atingem valores muito elevados durante o período da tarde.

- Temperatura

Na Sala da Pré-Primária e na Sala 1º CEB, as temperaturas são estáveis ao longo do dia, com ligeiras oscilações positivas, durante os períodos das refeições. No Refeitório, existe uma maior variabilidade da temperatura ao longo do dia, especialmente durante o meio-dia.

A Sala da Pré-Primária e a Sala do 1º CEB registam um padrão de temperatura mais estável em comparação com o Refeitório, onde são observadas maiores variações de temperatura ao longo do dia (Figura 53).

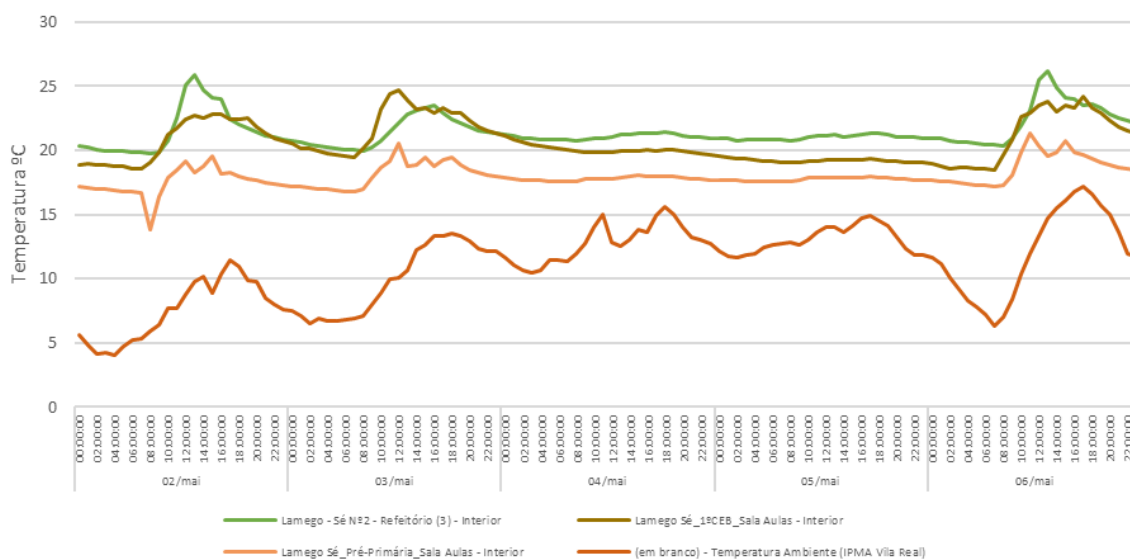


Figura 53 – Temperatura média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sé.

Os valores obtidos para a temperatura interior e os registados no exterior apresentam uma correlação (Figura 53).

- Humidade Relativa

Os espaços monitorizados durante este período, Sala Pré-Primária, Sala 1º CEB e Refeitório, apresentam flutuações de humidade relativa que permanecem dentro dos limites de referência (30% a 60%) em todos os dias e períodos analisados (Figura 55).

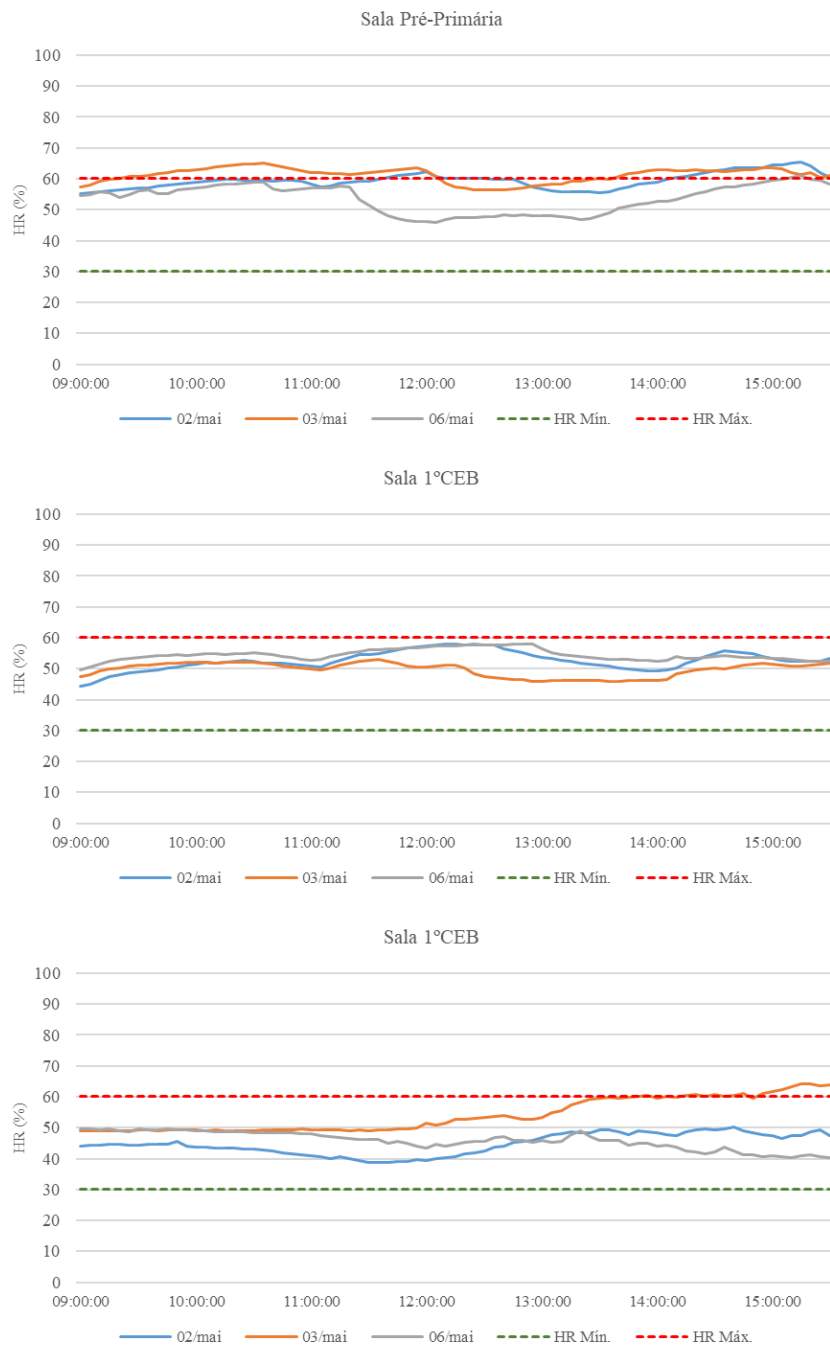


Figura 54 – Humidade relativa no período de estudo - Lamego – Sé.

A HR interior apresenta níveis compatíveis com os padrões normais e de referência , apesar da grande variabilidade que se verifica no exterior (Figura 55).

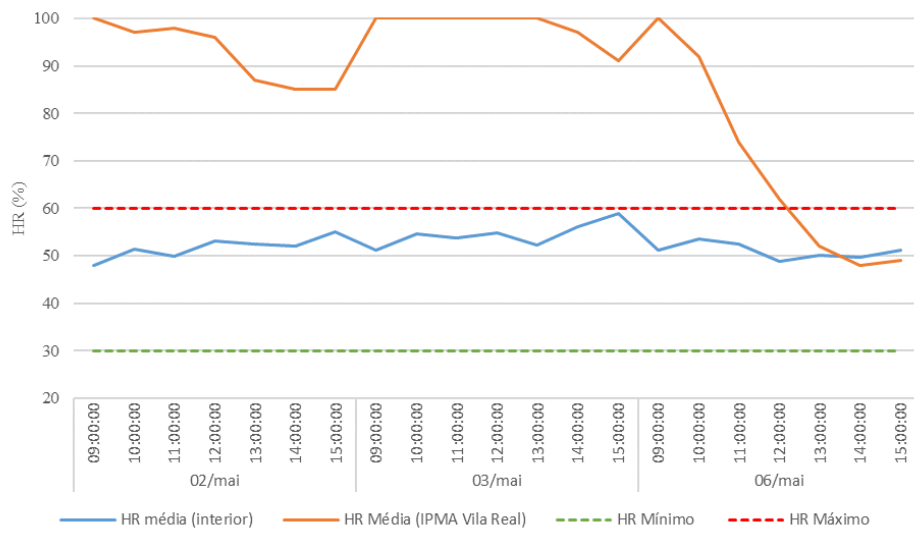


Figura 55 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior - Lamego – Sé.

4.3.3 Moimenta da Beira

Relativamente aos locais avaliados, no AE de Moimenta da Beira, foram avaliados dois edifícios, localizados em localidades diferentes, a EB 1 de Alvite localizada numa zona rural – freguesia de Alvite, junto a uma estrada Municipal com algum trânsito, e sem fontes emissoras de poluição nas proximidades, e o Centro Escolar de Moimenta da Beira, localizado na sede do concelho – Moimenta da Beira, numa zona essencialmente agrícola, e com uma Zona Industrial a cerca de 500m em linha reta.

Em cada um dos estabelecimentos de ensino foram avaliados espaços integrantes dos dois níveis de ensino, Pré-escolar e 1º Ciclo, o estudo decorreu nos seguintes períodos:

- AE Moimenta da Beira – EB Alvite: 7 a 15 de maio de 2024
- AE Moimenta da Beira – Centro Escolar: 15 de maio a 24 de maio de 2024

Foram avaliados seis espaços, conforme exposto na Tabela 24, onde se apresenta a ocupação máxima dos espaços e o horário típico de ocupação e de interrupções:

Tabela 24 – Moimenta da Beira – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.

Nível	Tipo	Sala Avaliada	Ocupação Diária alunos, professores e auxiliares	Ocupação da sala	Interrupções
1ºCEB	Sala Aulas	MBeira - Alvite - Sala Aulas 1ºCEB (1)	14 alunos	09:00-15:30h	10:30–11:00h 12:30–14:00h
1ºCEB	Sala Aulas	MBeira - Alvite - Sala Aulas 1ºCEB (2)	8 alunos		
1ºCEB	Sala Aulas	MBeira - Sala Aulas 1ºCEB (2)	27 alunos		
Comum	Biblioteca	MBeira - Biblioteca (3)	Variável	Horário não fixo.	
Pré-Primária	Sala Aulas	MBeira - Sala Aulas Pré-escolar(1)	24 alunos	09:00-15:30h	10:30–11:00h 12:00–13:30h
Pré-Primária	Sala Aulas	MBeira - Alvite - Sala Aulas Pré-escolar(3)	15 alunos		

Seguidamente serão apresentados os dados obtidos ao longo do período em estudo, concretamente temperatura, humidade relativa e concentração de dióxido de carbono (CO₂).

4.3.3.1 AE Moimenta da Beira – EB Alvite

4.3.3.1.1 Caracterização do edifício e sua ocupação



Figura 56 – Moimenta da Beira – Escola Básica de Alvite (EB1 Alvite) – Salas avaliadas.

O período de monitorização na Escola Básica de Alvite decorreu entre o dia 8 e o dia 14 de maio as salas foram monitorizadas ao longo do período em que decorreu o estudo e foram as identificadas na Figura 56 e Figura 57 e caracterizadas na Tabela 25.

Tabela 25 – Caracterização das salas no período monitorizado.

	Itens avaliados	Sala Aulas 1 - 1ºCEB	Sala Aulas 2 - 1ºCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliações	08/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	09/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	10/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	13/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	14/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
Caraterísticas dos Espaços	Piso	0	1	0
	Orientação Espacial	Sul	Sul	Sul
	Área da sala (m2)	45	45	45
	Sistema de Climatização	Aquecedores elétricos em funcionamento esporádico	Aquecedores elétricos em funcionamento esporádico	Aquecedores elétricos em funcionamento esporádico
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Não
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	12	12	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	15	9	17
Notas	Dados Válidos	Dados Válidos, exceto CO ₂	Dados Válidos	



Figura 57 – Moimenta da Beira – EB1 Alvite – Localização das Salas. Esquerda: Sala 1ºCEB e Direita: Sala 1ª. O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.

4.3.3.1.2 Caracterização meteorológica

O período em que ocorreu a monitorização foi um período seco, sem precipitação, com temperaturas elevadas para a época e a humidade relativa durante o dia foi reduzida (Figura 58). A radiação global manteve-se a níveis elevados ao longo de todo o período em que decorreu o estudo (Figura 59).

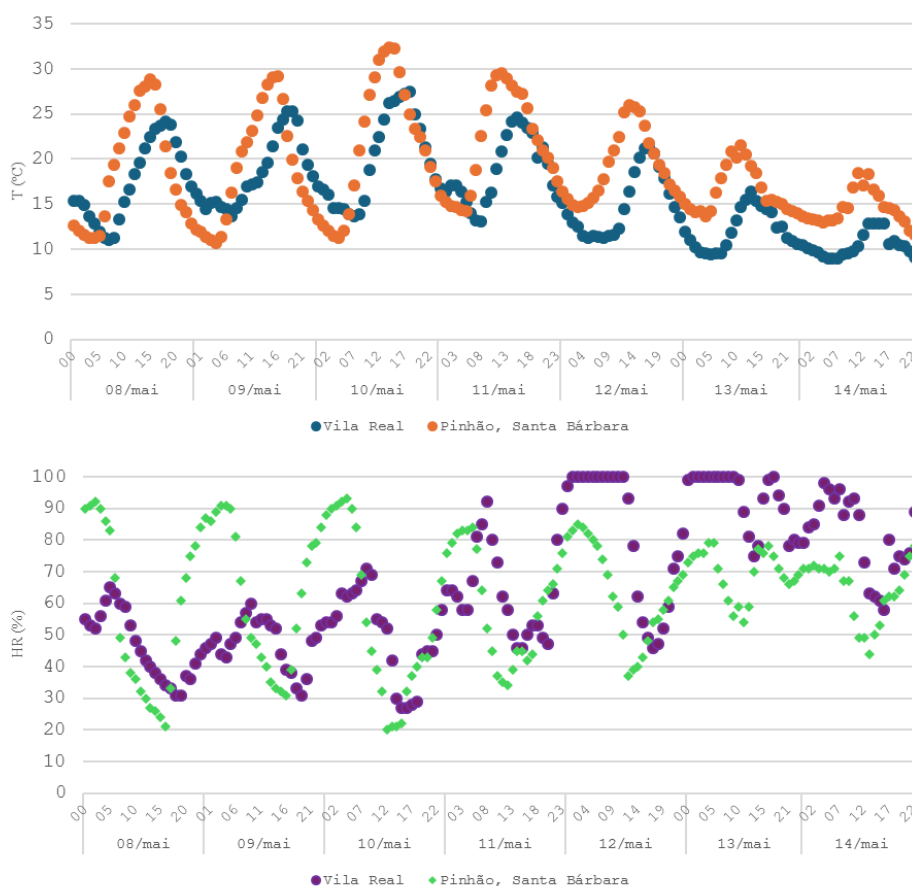


Figura 58 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.

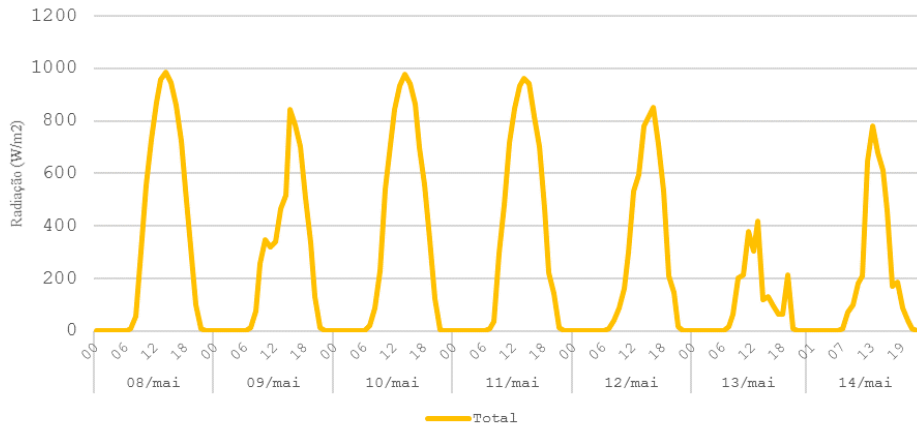


Figura 59 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.

4.3.3.1.3 Caracterização da qualidade do ar ambiente

Na Figura 60 e Figura 61 são apresentadas as variações das concentrações médias horárias de PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ obtidas na estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR, devido a problemas técnicos (de comunicação de dados).

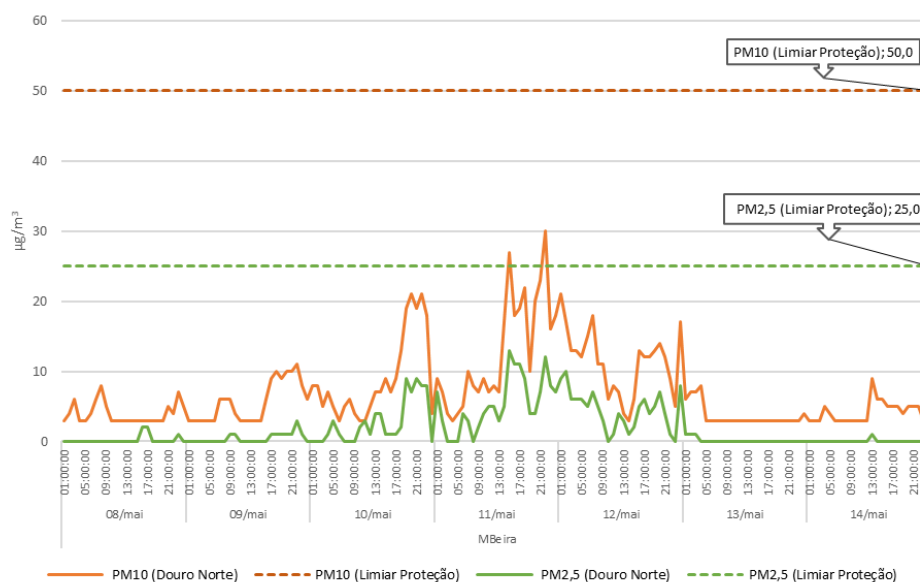


Figura 60 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.

As concentrações de PM₁₀ e PM_{2,5} apresentaram um padrão constante de distribuição ao longo deste período, com um aumento significativo nos dias 10, 11 e 12 de maio, nos períodos de final da tarde. Os valores são inferiores aos valores limites diários e valores limites anuais definido no RJAGQAr.

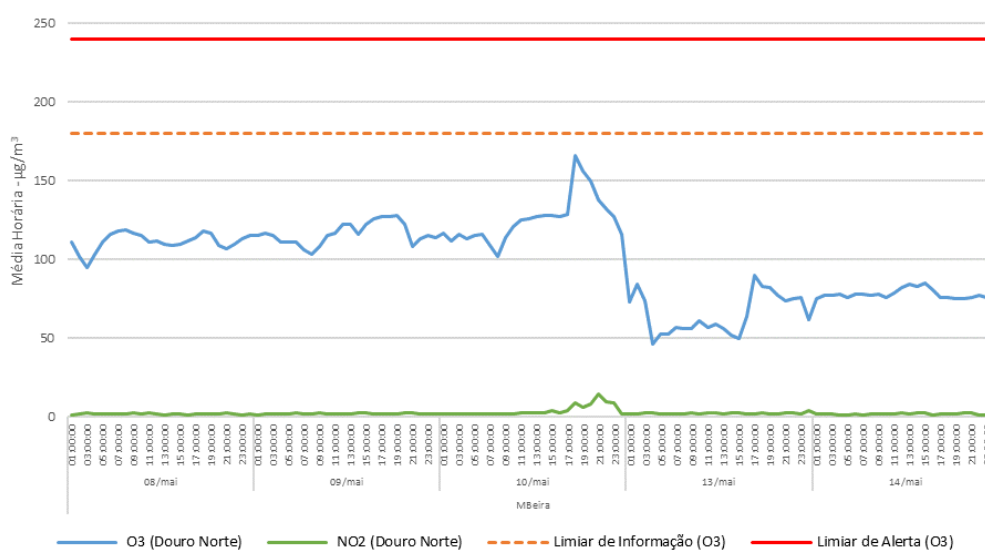


Figura 61 – Variação da concentração média horária de NO₂ e O₃ obtidas na Estação de Monitorização da Qualidade do Ar – Douro Norte, pertencente à QUALAR. Dados não validados - Moimenta da Beira – EB1 Alvite.

Os níveis de O₃ apresentam um padrão uniforme de concentração nos dias 8 e 9 de maio, verificando-se um nível mais elevado no dia 10 de maio, no período da tarde, das 15:00h às 18:00h, quando se atinge 166 µg/m³. Posteriormente verifica-se um decréscimo acentuado nos dias seguintes, sendo os valores obtidos são inferiores aos de referência (Figura 61).

As concentrações de NO₂ foram reduzidas, ao longo do período, tendo sido obtido o valor máximo no dia 10 de maio às 21:00h, 15 µg/m³. Quando comparadas com o valor limite horário e valor limite anual definido no RJAGQAr, os valores são reduzidos (Figura 61).

4.3.3.1.4 Caracterização Ambiental – CO₂, temperatura e humidade relativa

Os dados estatísticos da temperatura ambiente, humidade relativa e concentração de CO₂, são apresentados na Tabela 26, relativamente aos espaços avaliados, Sala 1, Sala 2 e Sala JI.

Tabela 26 – AE Moimenta da Beira – Alvite – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.

Período 09:00h – 15:30h	Temp. Média (°C)	Temp. Mín (°C)	Temp. Máx (°C)	HR Média (%)	HR Mín (%)	HR Máx. (%)	CO2 Média (ppm)	CO2 Mín (ppm)	CO2 Máx (ppm)
MB_A_1°_SA1									
08/mai	17,6	15,9	19,8	58,4	52,1	63,5	617	401	1228
09/mai	18,6	17,1	21,2	64,5	60,3	69,3	837	460	1848
10/mai	19,5	17,9	21,3	63,1	54,0	69,5	666	444	1468
13/mai	19,8	18,7	21,9	62,9	59,7	67,4	698	401	1300
14/mai	18,5	17,0	20,7	57,6	54,0	61,1	628	401	1556
MB_A_1°_SA2									
08/mai	17,1	15,5	18,9	57,4	53,4	61,2			
09/mai	18,7	16,9	20,6	59,7	55,8	64,7			
10/mai	20,2	18,6	21,6	57,5	53,0	62,4			
13/mai	19,9	18,0	22,1	58,0	54,1	63,2			
14/mai	16,9	15,0	18,7	58,0	56,4	59,8			
MB_A_JI_SA									
08/mai	22,3	18,4	24,1	50,7	40,3	55,4	846	438	1903
09/mai	21,9	20,1	23,6	52,6	47,5	56,2	1813	1813	1813
10/mai	22,9	21,3	25,2	52,7	41,2	57,1	1172	509	1836
13/mai	21,6	19,5	23,8	56,7	52,0	62,7	2035	2035	2035
14/mai	21,7	20,8	22,8	53,1	50,1	59,2	2314	2314	2314

- CO₂

Na Figura 62 é apresentada a variação da concentração de CO₂ ao longo do período escolar para cada dia monitorizado.

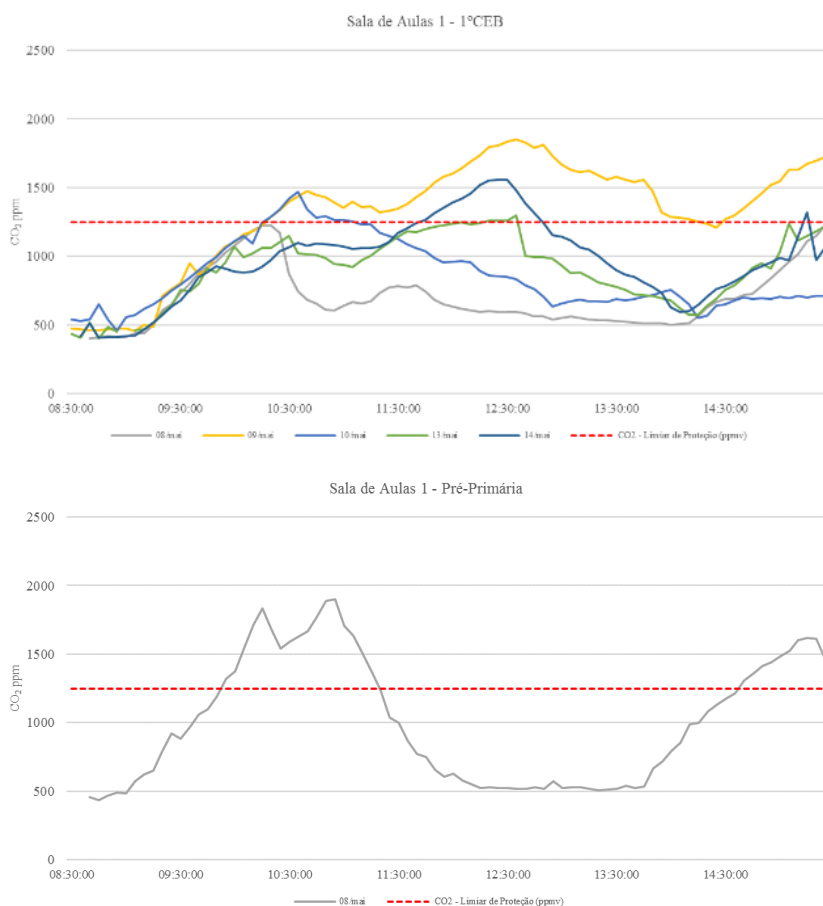


Figura 62 – Concentração de CO₂ – Moimenta da Beira – EB1 Alvite.

Durante o período em que decorreu esta avaliação é perceptível que a presença das crianças nas duas salas analisadas, Sala Pré-Primária e Sala 1º CEB (1), a concentração de CO₂ aumenta, atingindo picos a meio da manhã e a meio da tarde. Estes picos frequentemente ultrapassam o limiar de proteção. Apesar de o aquecimento principal não estar em funcionamento, verificou-se que durante este período existiram aquecedores elétricos a funcionar no interior das salas de aulas, devido às baixas temperaturas exteriores, o que impediu a ventilação das salas, através da abertura de janelas.

Nos períodos em que não há ocupantes nas salas, verificam-se níveis de CO₂ de fundo, antes das 09:00h, normais. Nos intervalos e após o fim do período letivo, verifica-se que os níveis de fundo de CO₂ são novamente atingidos, com exceção do dia 9 de maio na sala de aulas 1, em que a concentração de CO₂, se manteve sempre elevada.

O limiar de proteção é ultrapassado nos períodos de pico de ocupação.

- Temperatura

Ao longo dos dias em que foram monitorizados estes espaços, verificaram-se temperaturas uniformes nas Salas do 1º CEB e SA1, observando-se temperaturas inferiores no início do período da manhã (09:00h), contudo aumentam gradualmente ao longo do dia. A Sala do JI, apresenta temperaturas mais elevadas do que a sala do 1º CEB (Figura 63). Como referido o sistema de aquecimento encontrava-se avariado e foram utilizados aquecedores elétricos para aquecimento durante o período das aulas.

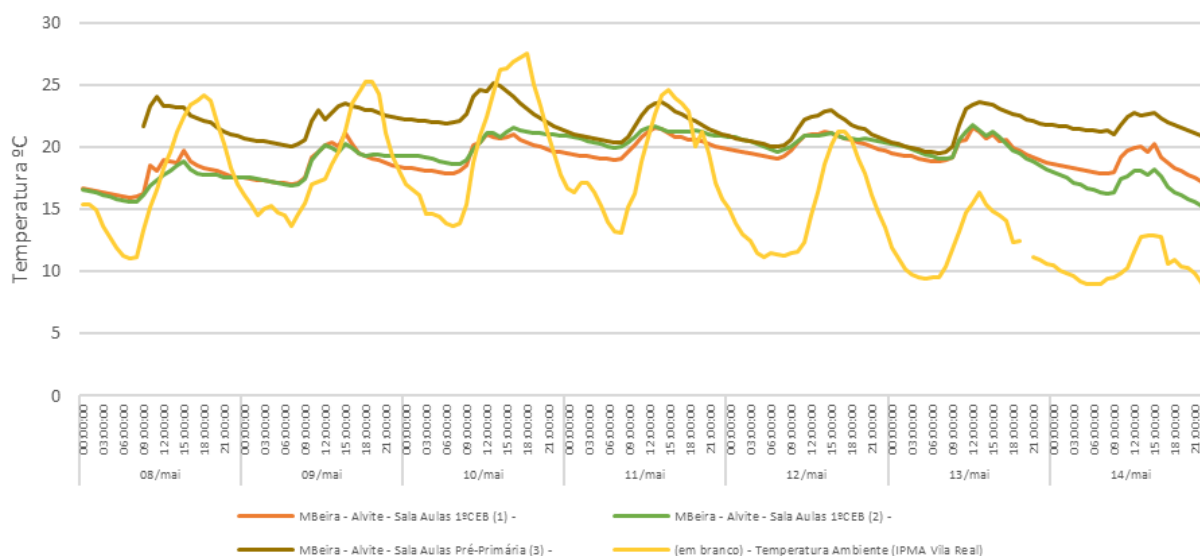


Figura 63 – Temperatura média – Interior e Exterior – Moimenta da Beira – EB1 Alvíte.

Verifica-se uma correlação da temperatura interior em relação à temperatura exterior (Figura 63).

- Humidade Relativa – HR

A sala da Pré-Primária, a sala 1º CEB (1) e a sala 1º CEB (2), registaram valores de humidade relativa dentro dos limites de referência (30% a 60%) (Figura 64).

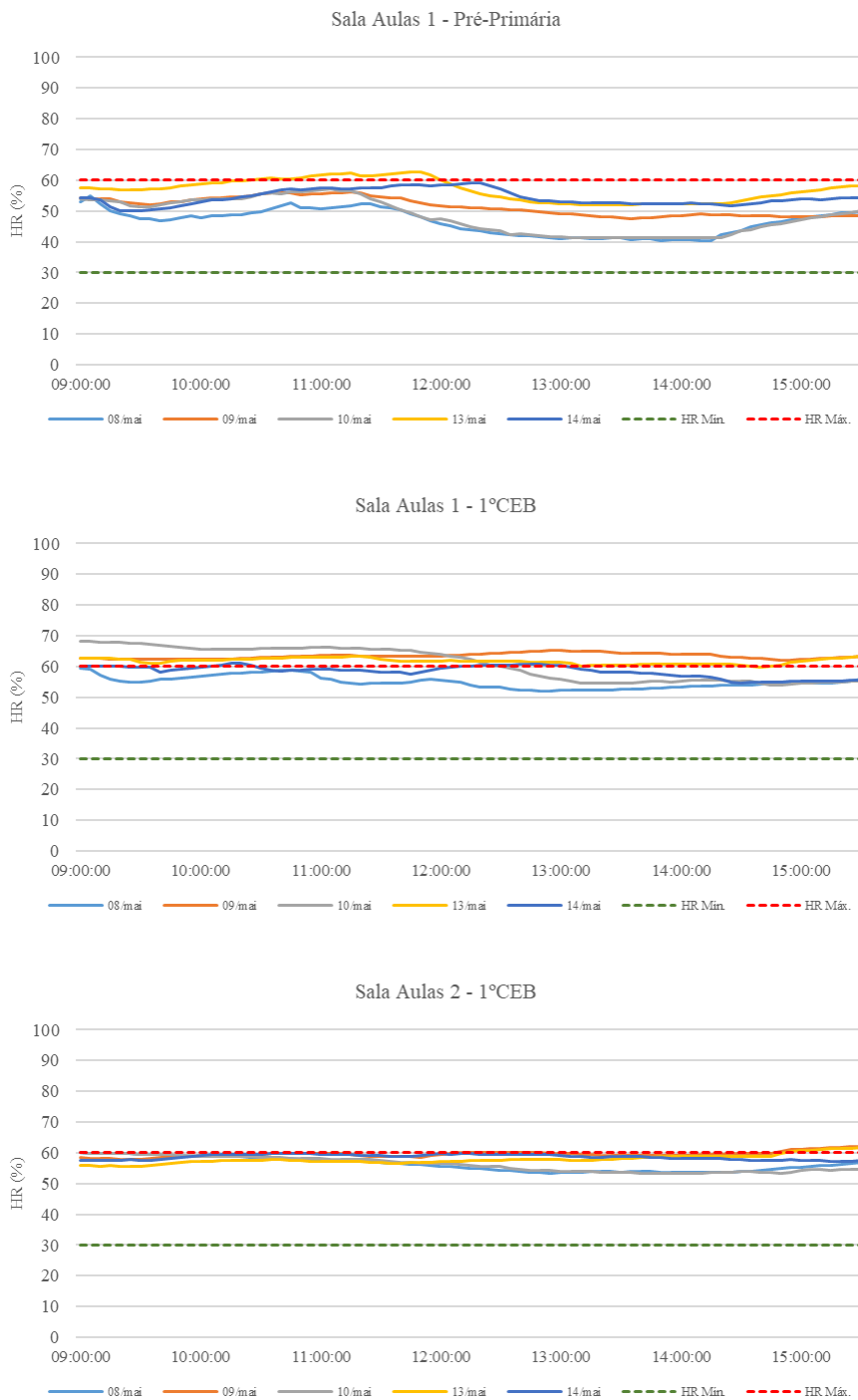


Figura 64 – Humidade relativa no período de estudo – Moimenta da Beira – EB1 Alvíte.

A HR exterior apresenta uma enorme variação de acordo com as horas do dia, superior no crepúsculo e ao entardecer, situação que não se verifica no interior dos espaços analisados, que mantém um padrão uniforme e regulamentar ao longo do dia (Figura 65).

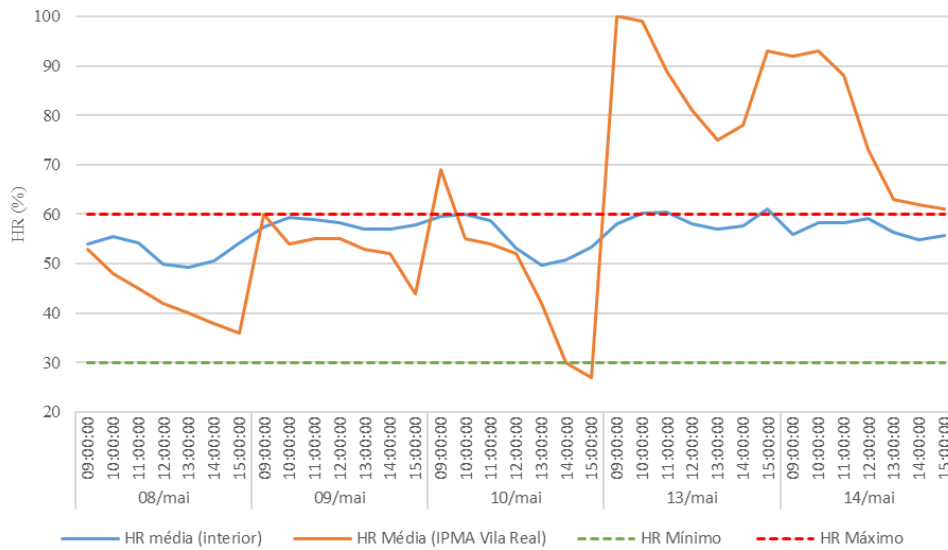


Figura 65 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior – Moimenta da Beira – EB1 Alvite.

4.3.3.2 AE Moimenta da Beira – Centro Escolar Moimenta da Beira

4.3.3.2.1 Caracterização do edifício e sua ocupação

O estudo no Centro Escolar de Moimenta da Beira, decorreu de 15 de maio a 24 de maio - Figura 66.



Figura 66 – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

Durante o período do estudo, foram monitorizadas as salas identificadas na Figura 67 e caracterizadas na Tabela 27:



Figura 67 – Salas monitorizadas – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

Tabela 27 – Caracterização das salas no período monitorizado.

	Itens avaliados	Biblioteca	Sala Aulas - 1ºCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliações	16/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	17/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	20/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	21/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	22/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	23/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
Caraterísticas dos Espaços	Piso	0	0	0
	Orientação Espacial	Oeste	Sul	Sul
	Área da sala (m2)	144	56	56
	Sistema de Climatização	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Não	Não
	Portas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	22	12	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	Variável	26	27
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados Válidos



Figura 68 – Biblioteca (esquerda), Sala 1ºCEB (centro) e Sala Pré-Primária (direita) – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.

4.3.3.2.2 Caracterização meteorológica

O período em que ocorreu a monitorização foi um período seco, sem precipitação, e com temperaturas elevadas para a época (Figura 69). A humidade relativa durante o dia foi reduzida e a radiação global apresentou variações, sendo elevada em cinco dos dias monitorizados e baixa nos dias 18, 21 e 22 de maio (Figura 70).

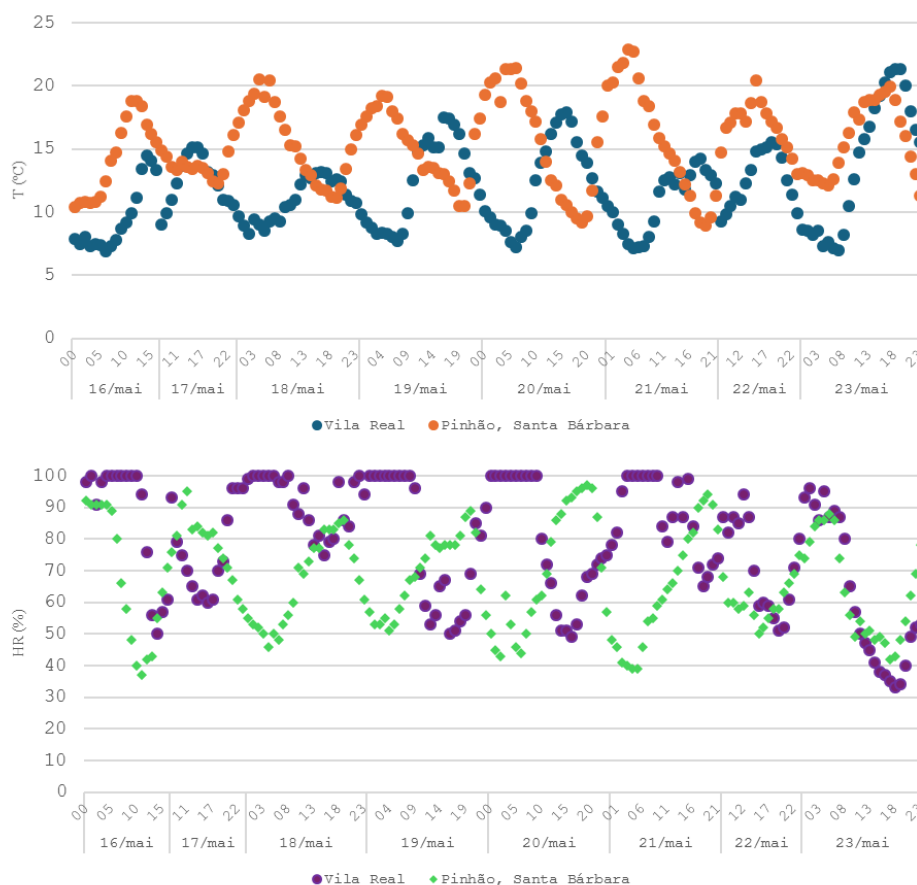


Figura 69 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

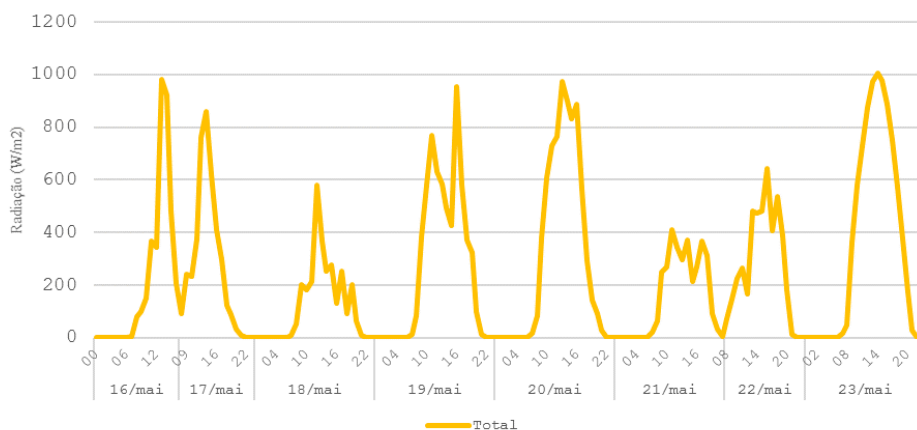


Figura 70 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

4.3.3.2.3 Caracterização da qualidade do ar ambiente

Na Figura 71 e Figura 72 são apresentadas as variações das concentrações médias horárias de PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ obtidas na estação MONITARSENSE, colocada junto do edifício escolar, para o período em análise.

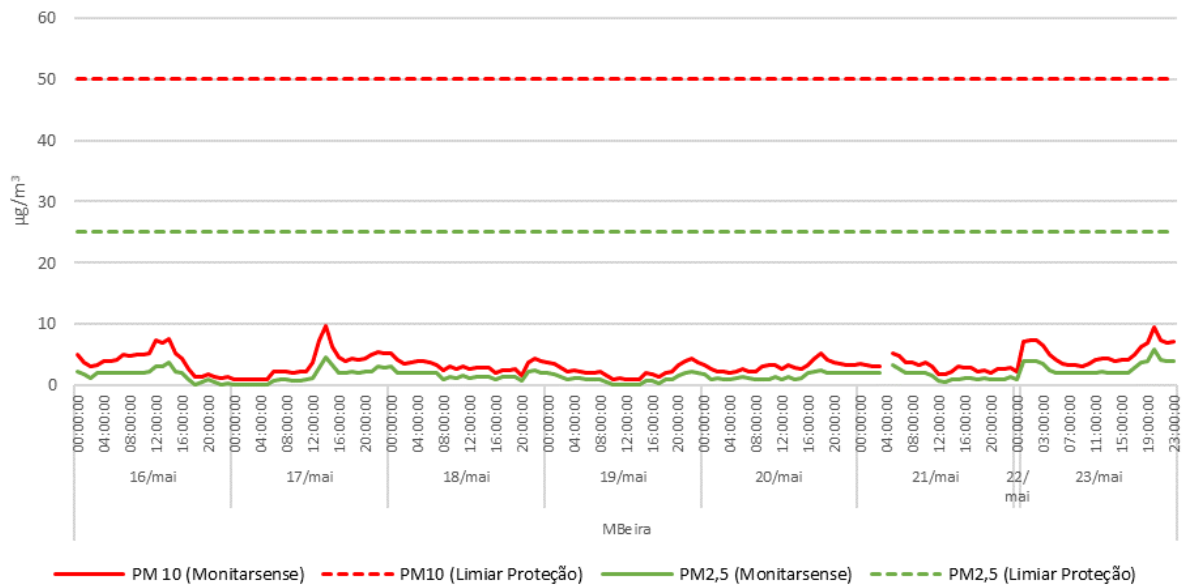


Figura 71 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

As concentrações de PM₁₀ e as concentrações de PM_{2,5} foram reduzidas quando comparadas com os valores limite definidos.

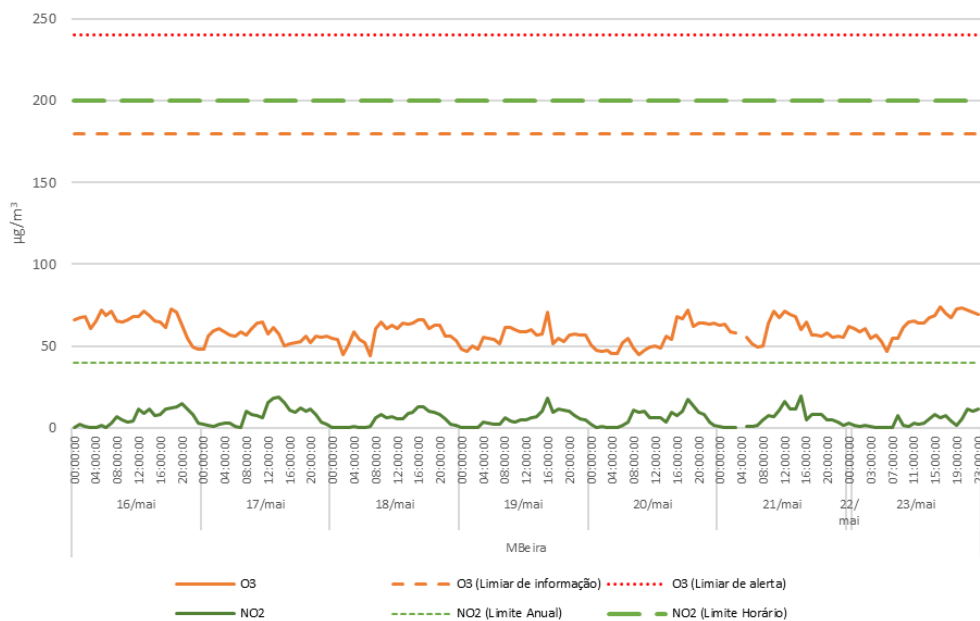


Figura 72 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

Os níveis de O₃ apresentam um padrão uniforme de concentração, sendo os valores obtidos inferiores aos de referência. As concentrações de NO₂ são reduzidas e inferiores ao valor limite horário e valor limite anual definido no RJAGQAr.

4.3.3.2.4 Caracterização Ambiental – CO₂, temperatura e humidade relativa

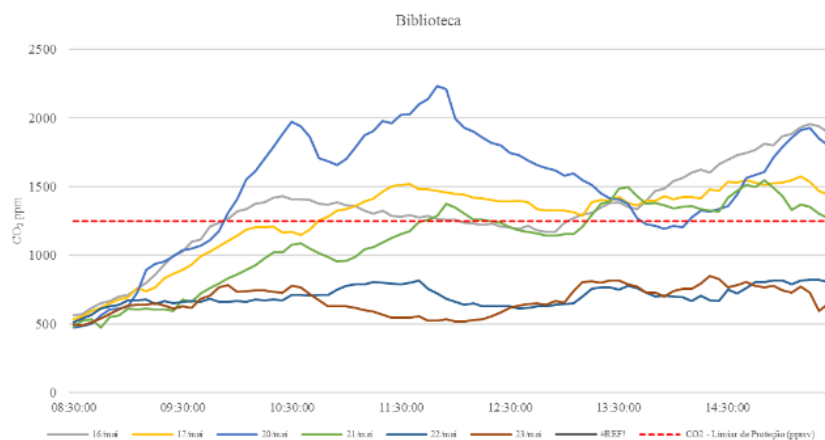
Os dados estatísticos da temperatura ambiente, humidade relativa e concentração de CO₂ são apresentados seguidamente, relativos à Biblioteca, Sala do 1ºCEB e Sala JI (Tabela 28).

Tabela 28 – AE Moimenta da Beira – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.

Período 09:00h – 15:30h	Temp. Média (°C)	Temp. Mín (°C)	Temp. Máx (°C)	HR Média (%)	HR Mín (%)	HR Máx. (%)	CO2 Média (ppm)	CO2 Mín (ppm)	CO2 Máx (ppm)
MB_1º_Bib									
16/mai	19,7	18,7	21,0	62,8	60,6	64,9	1029	557	1954
17/mai	20,4	19,2	21,7	61,8	58,6	64,3	898	513	1571
20/mai	20,5	19,4	21,7	61,1	55,6	67,0	887	460	2231
21/mai	20,6	20,0	21,3	59,1	56,9	63,7	791	476	1548
22/mai	20,4	20,0	21,0	56,5	51,8	60,1	591	499	825
23/mai	20,4	19,7	21,0	52,7	47,0	56,9	562	468	847
MB_1º_SA									
16/mai	21,8	20,1	23,4	57,0	52,6	61,4			
17/mai	22,0	20,5	23,8	55,5	50,6	60,8			
20/mai	20,4	19,2	21,9	56,5	49,0	68,5	981	592	2604
21/mai	20,8	20,0	21,7	56,2	53,1	60,6	938	568	2043
22/mai	20,8	20,0	22,6	54,7	48,8	61,0	842	617	2699
23/mai	20,6	19,5	22,2	51,1	38,0	61,7	758	573	2157
MB_JI_SA									
16/mai	22,3	20,1	23,8	54,8	47,1	59,3	996	593	1856
17/mai	23,1	20,8	24,6	56,2	52,9	63,9	1176	596	2943
20/mai	21,9	21,2	22,8	50,6	41,0	58,9	507	401	1269
22/mai	22,2	21,4	23,4	45,5	40,9	49,8	462	401	922
23/mai	21,7	20,7	22,5	42,2	36,4	47,3	447	401	670

- CO₂

Na Figura 73 é apresentada a variação da concentração de CO₂ ao longo do período escolar para cada dia monitorizado.



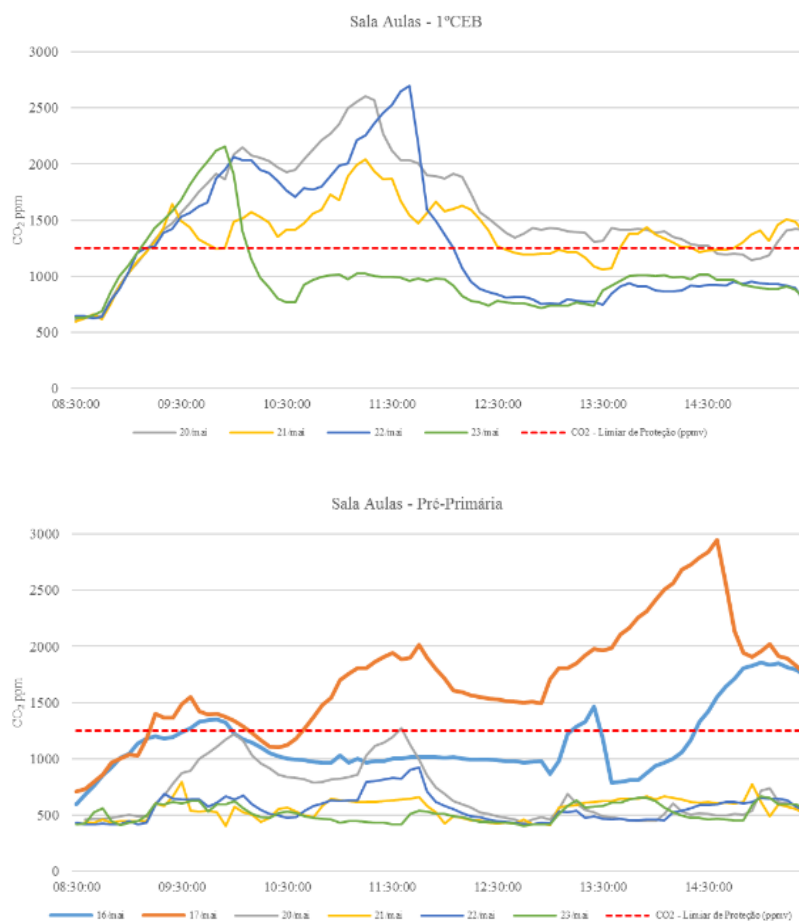


Figura 73 – Concentração de CO₂ – Moimenta da Beira – Centro Escolar..

Da análise ao gráfico de concentração de CO₂ (Figura 73) na biblioteca, é perfeitamente perceptível o aumento para níveis superiores ao limiar de proteção, nos períodos de maior ocupação. Verifica-se a excedência do limiar de proteção após o a permanência de alunos no seu interior, não sendo perceptível a existência de renovação do ar, nem naturalmente, nem mecanicamente, uma vez que o sistema de AVAC, se encontrava avariado.

Nas duas salas de aulas analisadas verificam-se padrões distintos, na sala do 1ºCEB verifica-se um aumento progressivo da concentração após a entrada dos alunos, até ao intervalo das 10:30h, verificando-se nesse momento uma redução dos níveis, que voltam a aumentar no período até às 12:30h. No período da tarde, após o intervalo de almoço, 12:30h-14:00h, a ventilação da sala, com a abertura das janelas, permite uma redução acentuada da concentração de CO₂, para níveis próximos ou inferiores ao limiar de proteção.

Na sala da Pré-Primária, a concentração não é tão elevada, no período da manhã, com as janelas abertas, e verifica-se uma concentração mais elevada no período depois de almoço. Especificamente nos dias 16 e 17 de maio, a realização de uma atividade mais intensa no interior da sala, e sem ventilação, eleva o nível de CO₂ para valores próximos dos 3000 ppm (Figura 73).

- Temperatura

Verificou-se que as Salas avaliadas apresentam temperaturas relativamente estáveis ao longo do dia, aumentando ao longo do dia em que as crianças se encontram nesses espaços. As temperaturas são inferiores ao mínimo regulamentar (Figura 74).

A temperatura exterior é inferior à temperatura interior, verificando-se uma correlação entre o aumento e a diminuição da temperatura do exterior com reflexo no comportamento do interior.

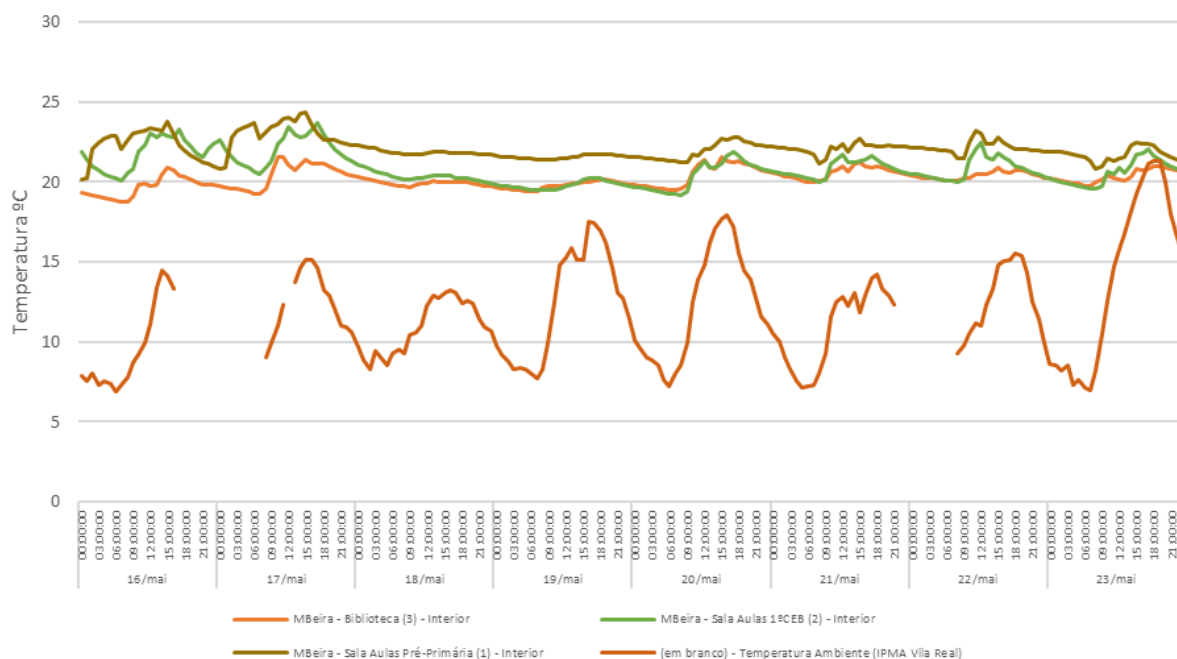


Figura 74 – Variação da temperatura - Interior e Exterior – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

- Humidade Relativa – HR

Durante o período em que decorreu o estudo, observou-se nas três salas analisadas, uma diminuição gradual dos valores de HR ao longo do dia, verificando-se um padrão semelhante em todos os espaços (Figura 75).

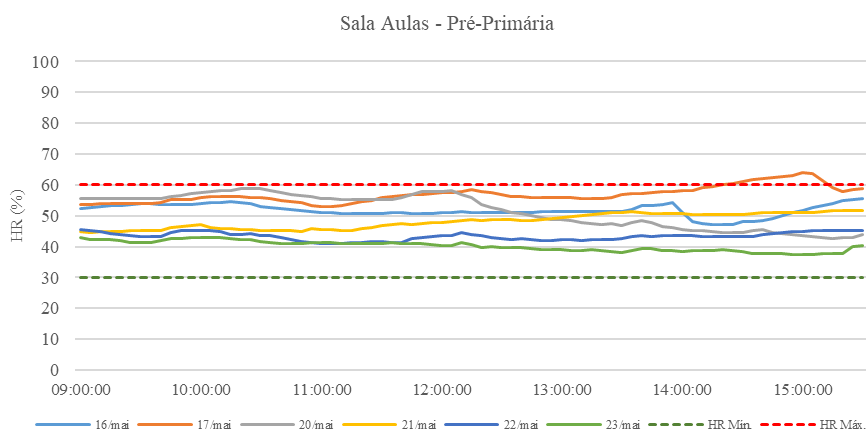




Figura 75 – Humidade relativa – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

Não existe uma correlação entre os valores de HR no exterior e no interior. Apesar da variação da HR no exterior apresentar grande variação, no interior, a HR apresenta uma distribuição uniforme no período (Figura 76).

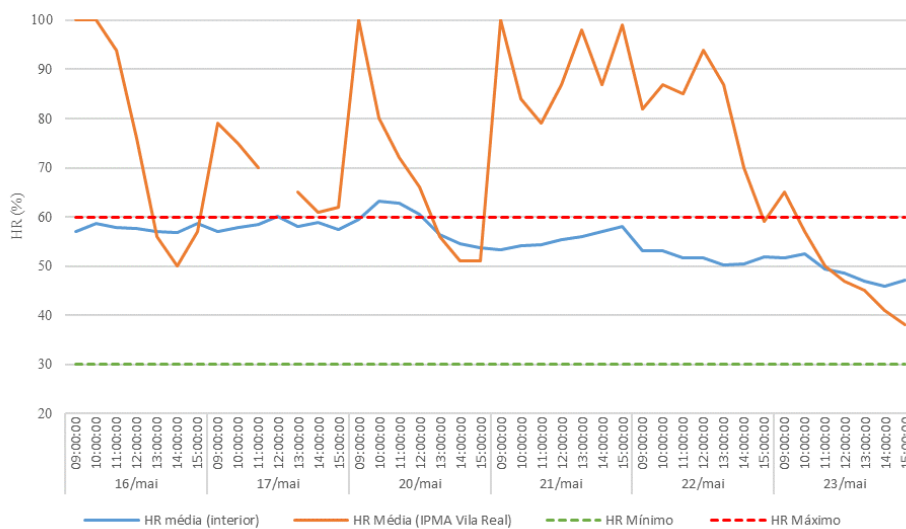


Figura 76 – Humidade Relativa média – Interior e Exterior – Moimenta da Beira – Centro Escolar.

4.3.4 Tarouca

4.3.4.1 Escola Básica de Tarouca - Caracterização do edifício e sua ocupação

No AE de Tarouca, foi avaliado o Centro Escolar de Tarouca localizado na sede do concelho, numa zona essencialmente urbana, foram avaliados espaços integrantes dos dois níveis de ensino, Pré-escolar e 1º Ciclo, o estudo decorreu nos períodos de 13 a 27 de junho, na Tabela 29 é apresentada a ocupação máxima dos espaços e o horário típico de ocupação e de interrupções.

Tabela 29 – Tarouca – Ocupação máxima das salas, horário típico de ocupação e de interrupções.

Nível	Tipo	Sala Avaliada	Ocupação Diária alunos, professores e auxiliares	Ocupação da sala	Interrupções
Comum	Biblioteca	Tarouca_1ºCEB_Biblioteca (3)	Máximo de 2 turmas em simultâneo (40 a 45)	Horário não fixo.	
1ºCEB	Sala Aulas	Tarouca_1ºCEB_SalaAulas8 (1)	23 alunos	09:00 – 15:30	10:30–11:00h 12:30–14:00h
Pré-Primária	Sala Aulas	Tarouca_Pré-Primária_Sala2 (2)	21 alunos	09:00 – 15:30	10:30–11:00h 12:00–13:30h



Figura 77 – Tarouca – Centro Escolar. Esquerda: Sala JI, Centro: Sala 8 e Direita: Biblioteca.

A localização das salas monitorizadas, são as indicadas na Figura 77 e Figura 78. A sala 1 – 1.º CEB tem a fachada exposta a sudeste e a Sala JI tem a fachada exposta a noroeste.

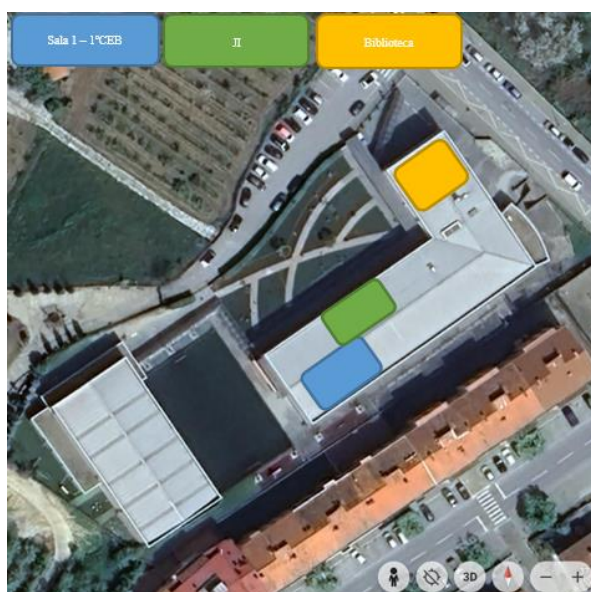


Figura 78 – Localização das salas monitorizadas – Tarouca – Centro Escolar.

O período de monitorização no Centro Escolar de Tarouca (Figura 77 e Figura 78) decorreu de 17 a 21 de junho, sendo avaliados os espaços caracterizados na Tabela 30 e Figura 79.

Tabela 30 – Caracterização das salas no período monitorizado – Tarouca – Centro Escolar.

	Itens avaliados	Biblioteca	Sala Aulas - 1ºCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliações	16/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	17/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	20/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	21/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	22/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	23/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
Caraterísticas dos Espaços	Piso	1	1	0
	Orientação Espacial	Noroeste	Sudeste	Noroeste
	Área da sala (m2)	180	30	30
	Sistema de Climatização	Desligado	Desligado	Desligado
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	12	9	16
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	Variável	23	21
	Notas	Dados Válidos, exeto CO ₂	Dados Válidos	Dados Válidos



Figura 79 – Tarouca – Biblioteca (esquerda), Sala 1ºCEB (centro) e Sala Pré-Primária (direita). O círculo vermelho representa o local de colocação do aparelho de monitorização.

4.3.4.1.1 Caracterização meteorológica

O período em que ocorreu a monitorização foi um período seco, sem precipitação, e com temperaturas elevadas para a época, e com humidade relativa baixa durante o dia, e alta durante a noite (Figura 80), o dia 18 de junho apresentou humidade relativa elevada durante o período da noite, e ate final da manhã. A radiação global foi baixa nos dias 17, 18 e 19 e elevada nos dias 20 e 21 de junho (Figura 81).

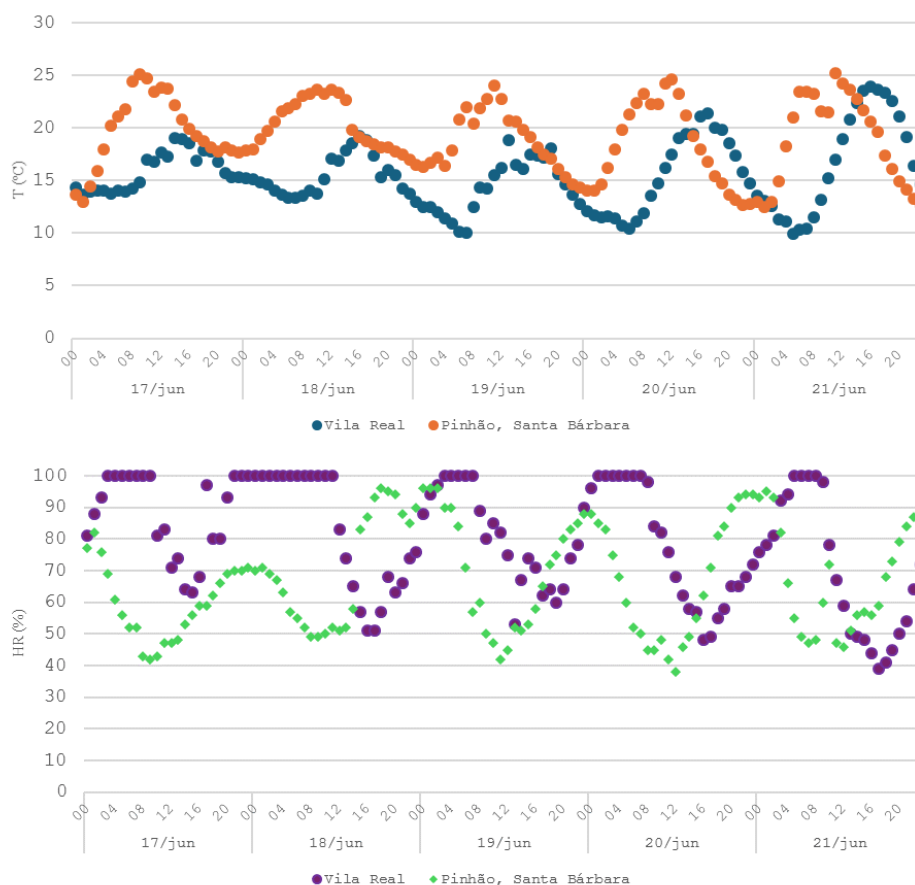


Figura 80 – Variação da temperatura ambiente (esquerda) e da humidade relativa (direita) registada nas estações do IPMA de Vila Real e de Pinhão, Santa Bárbara – Tarouca – Centro Escolar.

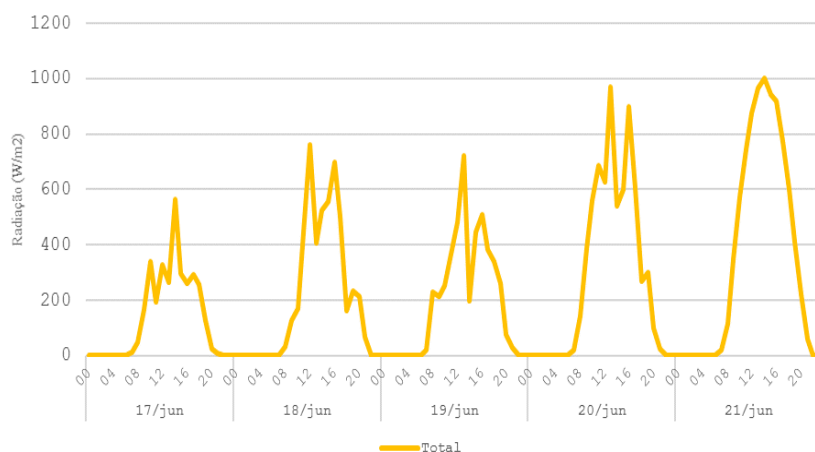


Figura 81 – Variação da radiação global registada na estação do IPMA de Vila Real – Tarouca – Centro Escolar.

4.3.4.1.2 Caracterização da qualidade do ar ambiente

Na Figura 82 e Figura 83 são apresentadas as variações das concentrações médias horárias de PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ obtidas na obtidas na estação portátil colocada junto ao edifício escolar.

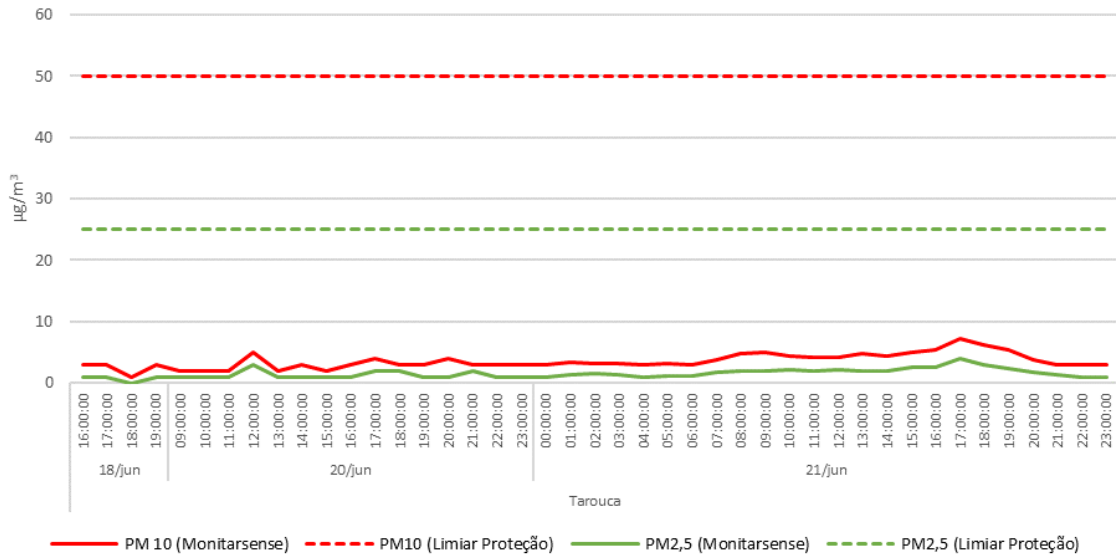


Figura 82 – Variação da concentração média horária de PM₁₀ e PM_{2,5} obtidas na Estação MONITARSENSE – Tarouca – Centro Escolar.

A concentração de PM₁₀ e PM_{2,5} apresentam concentrações na ordem das 50 µg/m³ durante o período diurno e concentrações inferiores durante o período noturno todos os valores são inferiores aos valores limites diários e valores limites anuais definido no RJAGQAr.

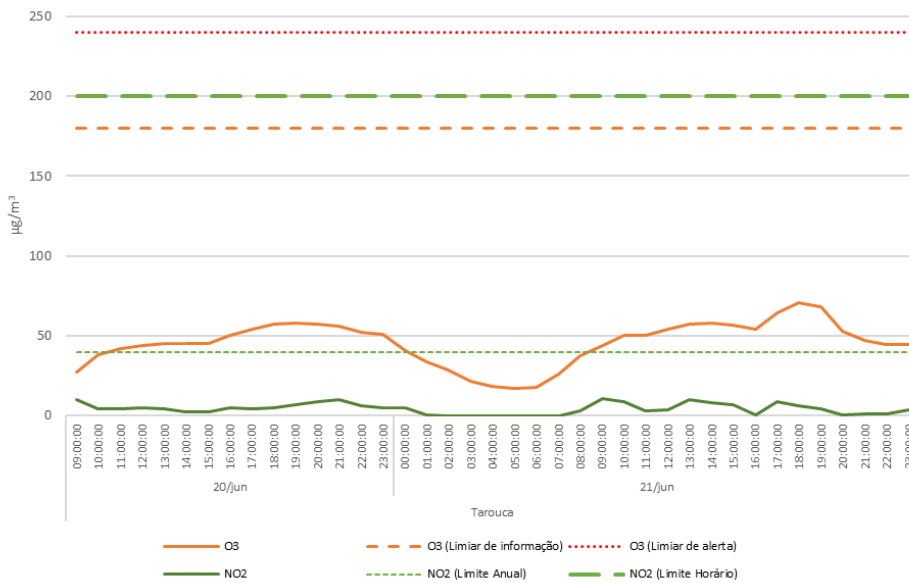


Figura 83 – Variação da concentração média horária de O₃ e NO₂ obtidas na Estação MONITARSENSE – Tarouca – Centro Escolar.

Os níveis de O₃ apresentam pouca variabilidade, verificando-se um aumento gradual na tarde do dia 21 de junho, sendo os valores obtidos são inferiores aos de referência. O NO₂ apresenta concentrações reduzidas, ao longo do período, inferiores ao valor limite horário e valor limite anual definido no RJAGQAr, os valores são reduzidos.

4.3.4.1.3 Caracterização Ambiental – CO₂, temperatura e humidade relativa

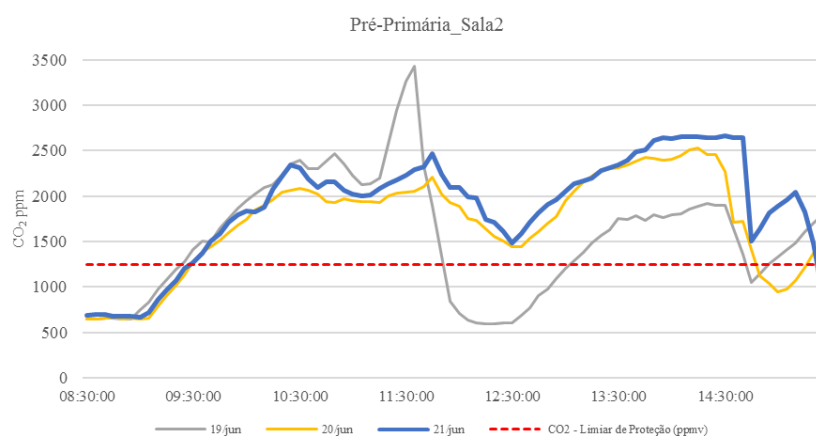
Os dados estatísticos da temperatura ambiente, humidade relativa e concentração de CO₂, são apresentados na Tabela 31, relativos às salas analisadas.

Tabela 31 – AE Tarouca – Salas avaliadas – Dados estatísticos dos parâmetros avaliados.

Período 09:00h – 15:30h	Temp. Média (°C)	Temp. Mín (°C)	Temp. Máx (°C)	HR Média (%)	HR Mín (%)	HR Máx. (%)	CO2 Média (ppm)	CO2 Mín (ppm)	CO2 Máx (ppm)
T_1°_Bib									
17/jun	23,2	18,1	29,8	52,9	42,1	74,9	---	---	---
18/jun	23,4	19,1	42,1	57,7	25,1	68,2	---	---	---
19/jun	23,7	23,2	24,4	51,9	50,7	54,5	---	---	---
20/jun	23,7	23,1	24,3	51,2	49,2	53,2	---	---	---
21/jun	23,9	23,2	24,5	50,5	48,5	53,0	---	---	---
T_1°_SA8									
17/jun	23,1	19,2	28,4	52,2	44,2	69,2			
18/jun	22,9	19,4	37,1	57,9	28,7	67,7	555	402	936
19/jun	23,5	22,7	25,0	52,9	47,5	62,7	784	402	2742
20/jun	23,4	22,6	24,6	52,3	48,7	59,4	664	401	2444
21/jun	23,9	22,7	25,6	50,0	44,5	60,5	632	401	2791
T_JI_SA2									
17/jun	22,1	17,6	27,1	55,3	47,2	78,3	1483	563	2091
18/jun	22,0	18,7	35,8	61,8	30,9	69,9	800	411	2270
19/jun	21,7	21,0	23,9	58,0	52,9	65,9	1020	583	3427
20/jun	21,7	20,3	23,4	56,8	51,4	62,4	1020	578	2530
21/jun	22,1	20,9	23,7	55,5	45,2	63,4	1060	585	2665

- CO₂

Na Figura 84 é apresentada a variação da concentração de CO₂ ao longo do período escolar para cada dia monitorizado.



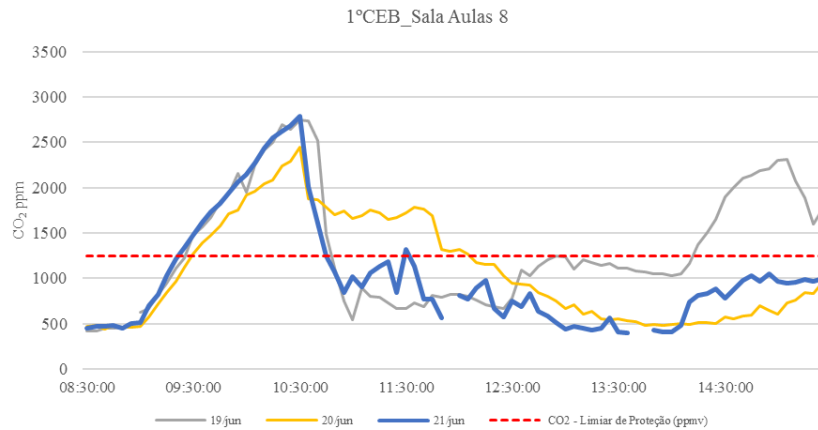


Figura 84 – Concentração de CO₂ no período de estudo – Tarouca – Centro Escolar..

A distribuição da concentração de CO₂, na sala 2 (JI), e na sala 8 (1ºCEB) tem padrões semelhantes ao longo do dia, com concentrações elevadas no meio e final da manhã, diminuindo no intervalo de almoço e voltando novamente a elevar-se após a entrada dos alunos.

Apesar de o sistema AVAC estar em funcionamento, é perceptível que não existiu ventilação adequada dos espaços no período analisado.

- Temperatura

Observaram-se padrões semelhantes de temperatura nos três espaços analisados. No dia 18 de junho registaram-se valores de temperatura extremamente elevados, durante o período da tarde (depois das 13:00h), apesar de a orientação espacial dos espaços avaliados serem distintos (Figura 85).

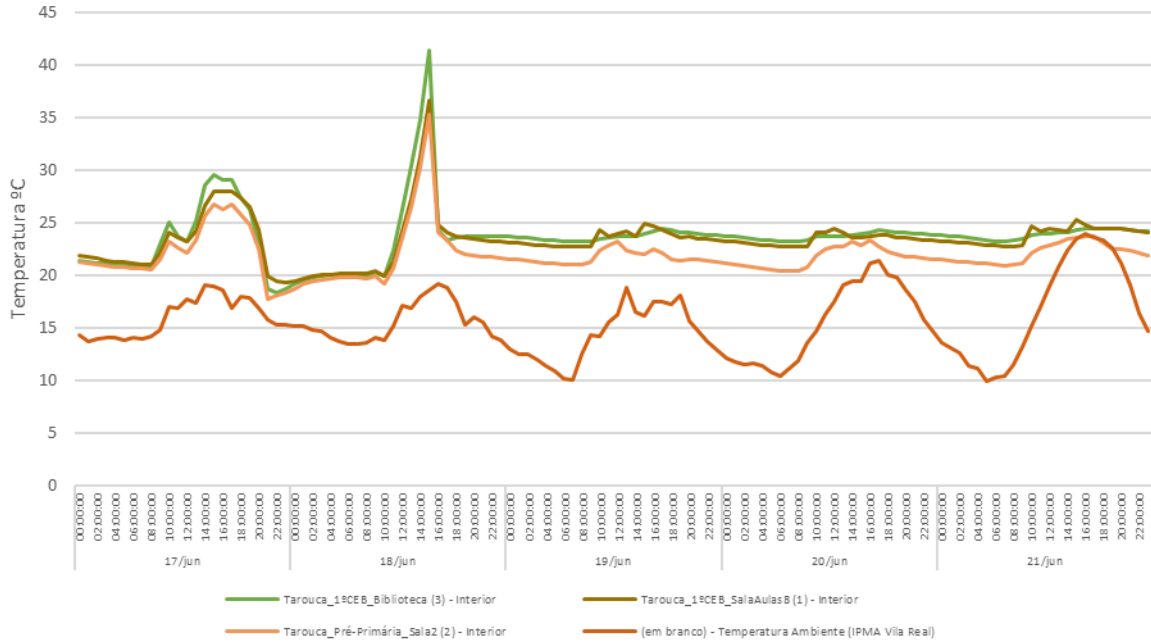
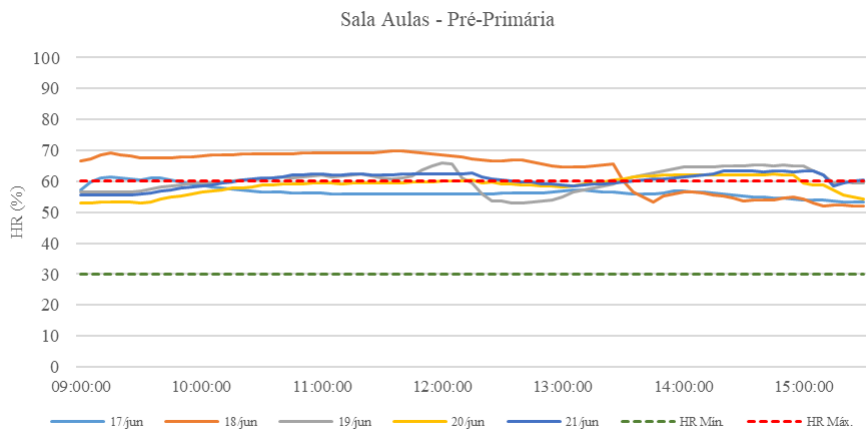


Figura 85 – Variação da temperatura no período de estudo - Interior e Exterior – Tarouca – Centro Escolar.

Verifica-se uma correlação entre a temperatura interior e exterior, conforme se pode verificar pela análise da Figura 85.

- Humidade Relativa – HR

As salas monitorizadas durante o período do estudo, Sala Pré-Primária, Sala 1º CEB e Biblioteca, registaram níveis de humidade relativa que permaneceram dentro dos limites de referência (30% a 60%) em todos os dias e períodos analisados, com uma exceção no dia 18 de junho em que existiu um nível de HR inferior ao mínimo regulamentar (Figura 86).



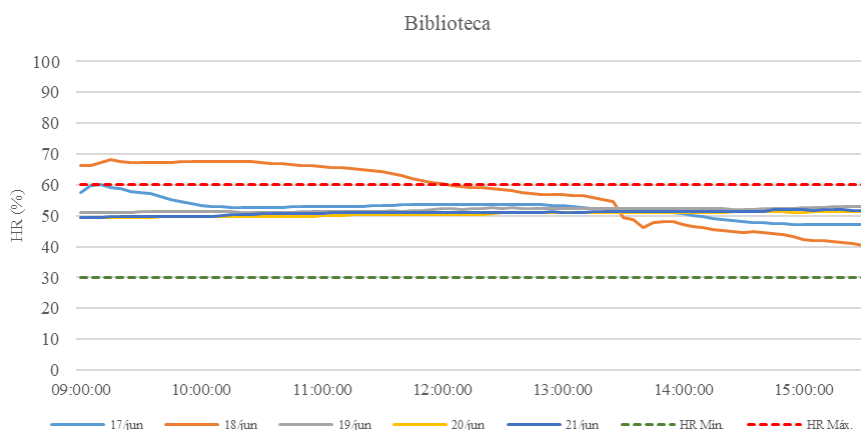
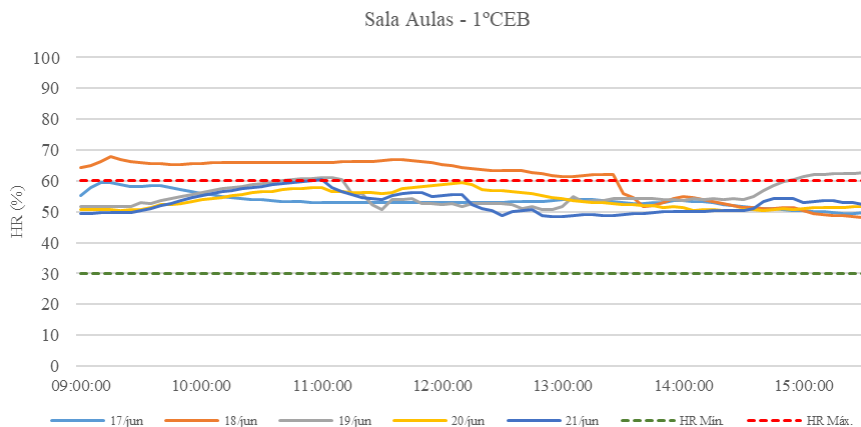


Figura 86 – Humidade relativa no período de estudo – Tarouca – Centro Escolar.

Os níveis de HR interior e exterior apresentam comportamentos semelhantes (Figura 87).

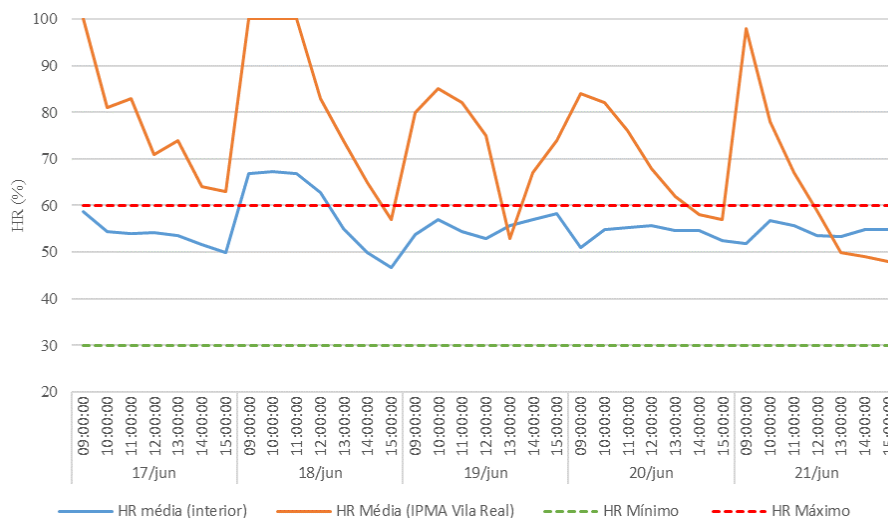


Figura 87 – Humidade Relativa média no período de estudo – Interior e Exterior – Tarouca – Centro Escolar.

5 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Neste ponto são apresentados e analisados os dados de uma forma sistemática para cada um dos diferentes espaços avaliados: salas de aulas; refeitórios ou biblioteca.

A discussão é centrada na qualidade do ar ambiente exterior na envolvente ao estabelecimento de ensino, na qualidade do ar interior nos espaços do estabelecimento de ensino e a influência que o ar exterior tem na qualidade do ar do interior.

5.1 Parâmetros Ambientais Exteriores analisados

A má qualidade do ar no exterior do estabelecimento escolar é fator potenciador de piorar a qualidade do ar interior e também as condições meteorológicas exteriores podem influenciar o conforto térmico do interior.

Relativamente aos parâmetros meteorológicos analisados verificou-se uma correlação entre a temperatura, a humidade relativa e a radiação global:

- A temperatura e a radiação global estão diretamente correlacionadas, atingindo estes parâmetros o valor mais elevado entre as 14:00h e as 16:00h, tendo-se observado períodos com temperaturas próximas dos 30°C e valores de radiação de cerca de 1000 W/m²;
- A humidade relativa mostra uma relação inversa com a temperatura e a radiação global, apresentando valores mais elevados durante o período noturno e valores mais baixos durante o período diurno, quando a temperatura é mais elevada.

Relativamente à qualidade do ar ambiente na envolvente dos estabelecimentos de ensino, observou-se:

- A concentração de Monóxido de Carbono (CO) revela concentrações reduzidas na envolvente dos estabelecimentos escolares estudados, concentrações inferiores a 1 mg/m³. Estes valores não representam perigo potencial para as pessoas expostos a este nível de monóxido de carbono pois o limiar de proteção é de 10 mg/m³ (Figura 88).

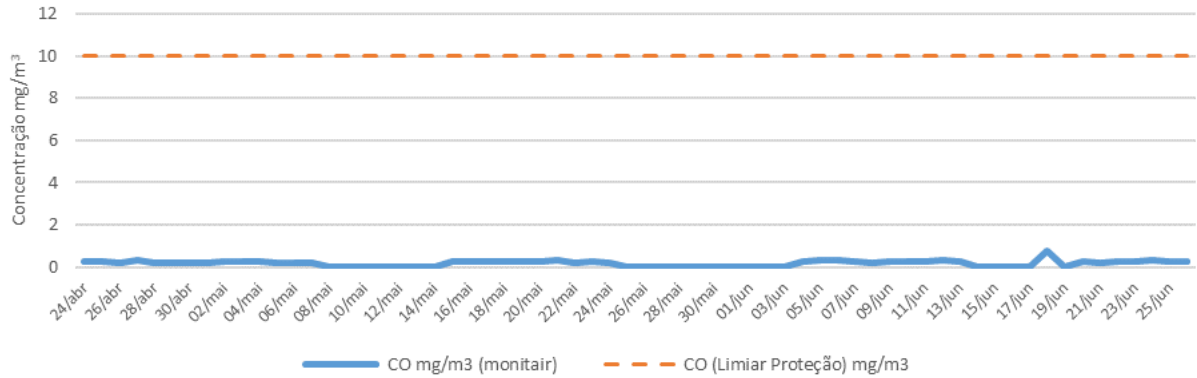


Figura 88 – Concentração de CO medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior dos estabelecimentos de ensino (durante o período em avaliação).

- A concentração de NO₂ apresentou valores mais elevados do que os registados pela estação pertencente à QUALAR – Douro Norte (EMQA – Douro Norte), estação rural de fundo localizada afastada de fontes de poluentes atmosféricos mas bastante inferiores aos de valores limites Figura 89.

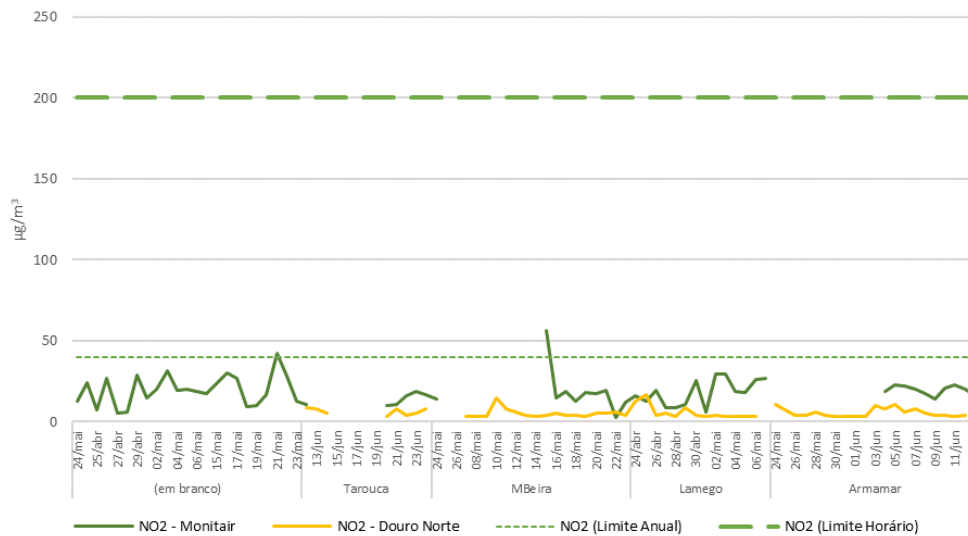


Figura 89 – Concentração de NO₂ medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior do estabelecimento de ensino em avaliação e na EMQA – Douro Norte (durante o período em avaliação).

- A concentração de O₃ registada pela estação de monitorização de qualidade do ar portátil utilizada neste estudo, quando comparada com a EMQA – Douro Norte, apresenta valores inferiores aos registados pela estação da rede nacional de monitorização, conforme se pode constatar na Figura 90. A generalidade dos valores observados foi inferior a 120 µg/m³ e não foi observado nenhum valor superior ao limiar de informação 180 µg/m³.

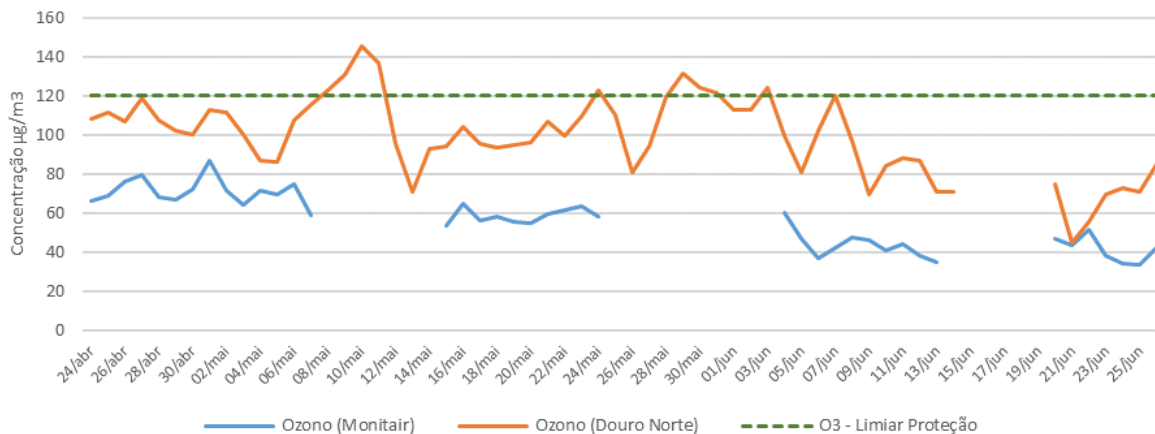


Figura 90 – Concentração de O₃ medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior do estabelecimento de ensino em avaliação e na EMQA – Douro Norte (durante o período em avaliação).

- A concentração de PM₁₀ e as PM_{2.5} avaliadas ao longo deste estudo, pela estação de monitorização de qualidade do ar portátil utilizada neste estudo, apresentam valores inferiores aos valores limite e inferiores aos níveis registados na EMQA – Douro Norte, verificando-se no entanto níveis de concentração, com uma distribuição análoga (Figura 91).

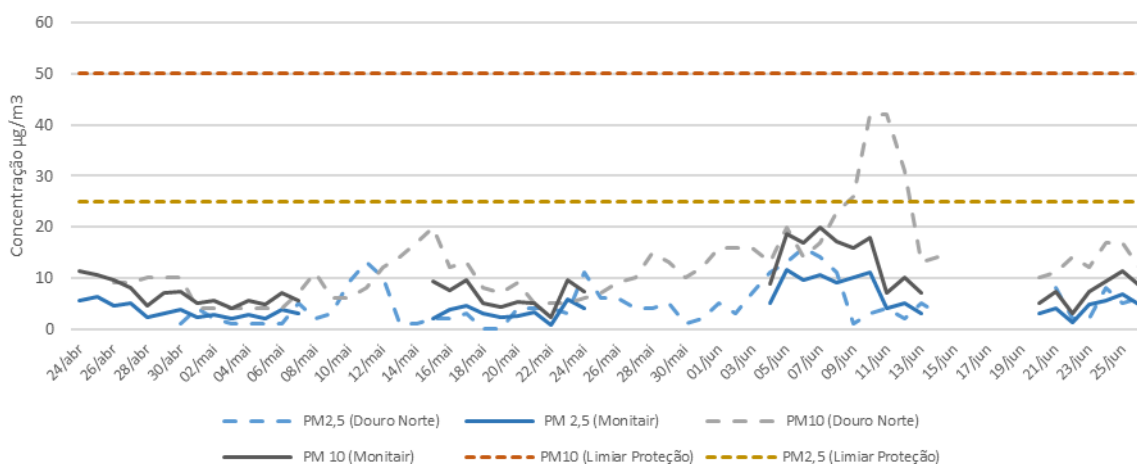


Figura 91 – Concentração de PM_{2.5} e PM₁₀ medida na estação de qualidade do ar portátil localizada no exterior do estabelecimento de ensino em avaliação e na estação da QUALAR – Douro Norte (durante o período em avaliação).

Da análise aos parâmetros ambientais obtidos pela monitorização realizada ao longo deste estudo, e da análise dos dados EMQA – Douro Norte, constata-se que os níveis de poluição exterior se encontram dentro dos limites regulamentares.

5.2 Parâmetros Ambientais Interiores analisados

Foram recolhidos e analisados os dados obtidos no interior de cada um dos espaços. Na Tabela 32 é apresentado o resumo das temperaturas máximas, mínimas e médias obtidas.

Tabela 32 – Resumo dos resultados da Temperatura interior (°C) – 09:00h – 15:30h.

T ^o C	A_1 ^o _SA2	A_1 ^o _SA8	A_JI_SA1	A_JI_SA2	L_Sé_1 ^o _Ref	L_Sé_1 ^o _SA	L_Sé_JI_SA	L_Sud_1 ^o _Bib	L_Sud_1 ^o _Ref	L_Sud_1 ^o _SA	MB_1 ^o _Bib	MB_1 ^o _SA	MB_A_1 ^o _SA1	MB_A_JI_SA	MB_JI_SA	T_1 ^o _Bib	T_1 ^o _SA8	T_JI_SA2
Mínima	22	21	21	21	20	18	14	19	18	18	19	19	16	18	20	18	19	18
Média	24	25	24	24	22	21	18	21	22	21	20	21	19	22	22	24	23	22
Máxima	27	35	28	27	26	25	22	23	24	24	22	24	22	25	25	42	37	36

Pela análise da Figura 92, verificamos que a temperatura registada nos espaços avaliados é muito variável, registando-se em alguns espaços valores de temperatura muito inferiores ao valor mínimo recomendado de 23°C, para a época do ano em estudo, tendo o mínimo observado sido de 14°C, e espaços com valores máximos, bastante superiores ao máximo recomendado de 26°C, tendo o máximo observado sido de 42°C.

O estudo decorreu entre abril e junho e neste período as condições meteorológicas foram muito variáveis, tendo sido observados períodos com temperaturas máximas exteriores inferiores a 20°C e períodos com temperaturas máximas exteriores superiores a 35°C. Ou seja, a análise comparativa do comportamento térmico destes espaços não pode ser efetuada de forma descontextualizada das condições meteorológicas.

As deficientes condições de isolamento, os sistemas de climatização e de ventilação inadequados podem explicar as grandes amplitudes térmicas verificadas no interior destes espaços.

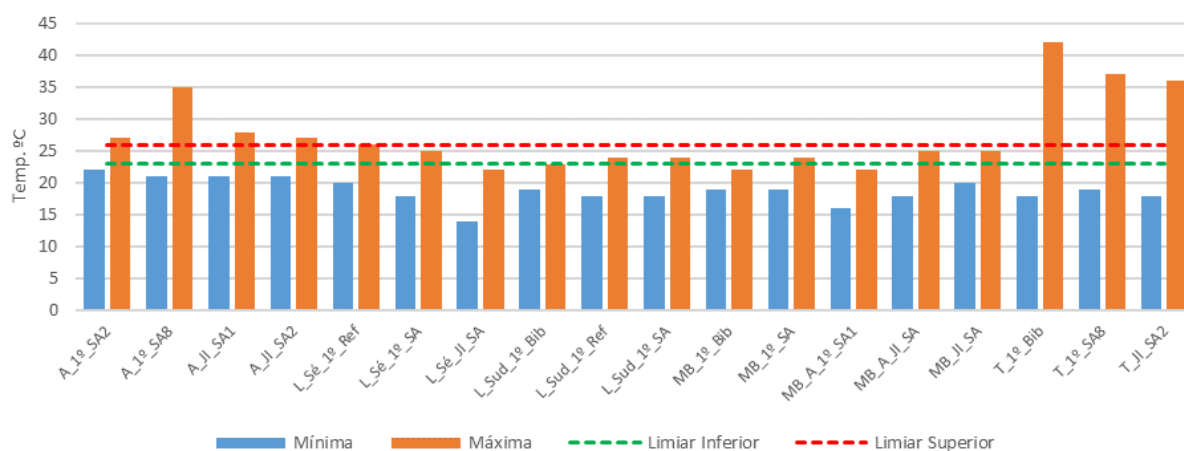


Figura 92 – Temperatura mínima e máxima registada por espaço avaliado.

Na Tabela 33, estão resumidos os valores de Humidade Relativa por sala analisada, o que nos permite concluir que os valores se encontram na globalidade dentro dos parâmetros considerados normais para edifícios, promovendo o conforto aos seus ocupantes.

Tabela 33 – Resumo dos resultados da HR (%) – 09:00h – 15:30h.

HR %	A_1º_SA2	A_1º_SAB	A_JI_SA1	A_JI_SA2	L_Sé_1º_Ref	L_Sé_1º_SA	L_Sé_JI_SA	L_Sud_1º_Bib	L_Sud_1º_Ref	L_Sud_1º_SA	MB_1º_Bib	MB_1º_SA	MB_A_1º_SA1	MB_A_JI_SA	MB_JI_SA	T_1º_Bib	T_1º_SAB	T_JI_SA2
Mínima	46	29	41	42	39	42	46	41	37	35	47	38	52	40	36	25	29	31
Média	60	54	59	59	48	49	58	48	46	45	59	55	61	53	50	53	53	58
Máxima	74	69	71	68	67	61	66	53	66	54	67	68	69	63	64	75	69	78

Através da análise à Figura 93 é possível concluir que os valores da HR máxima ultrapassam

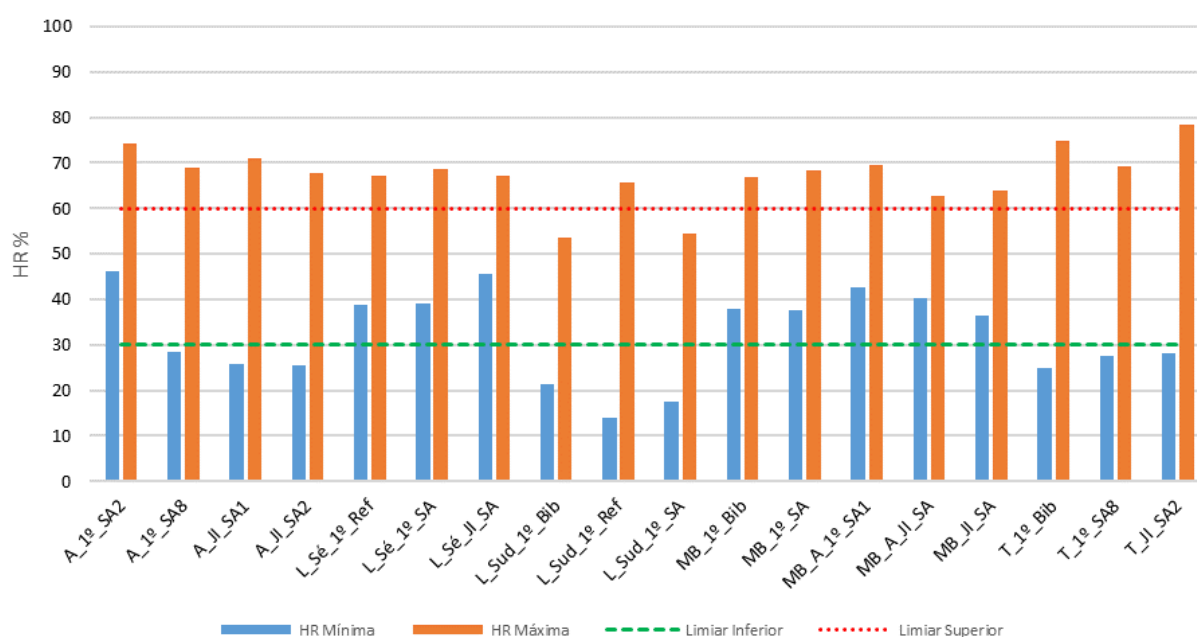


Figura 93 – Humidade Relativa (HR) mínima e máxima registada por espaço avaliado.

Relativamente ao CO₂ na Tabela 34 são apresentados os valores médios, mínimos e máximos por espaço analisado,

Tabela 34 – Resumo dos Resultados obtidos de CO₂ – 09:00h – 15:30h.

CO ₂ ppm	A_1º_SAB	A_JI_SA1	A_JI_SA2	L_Sé_1º_Ref	L_Sé_1º_SA	L_Sé_JI_SA	L_Sud_1º_Bib	L_Sud_1º_Ref	MB_1º_Bib	MB_1º_SA	MB_A_1º_SA1	MB_A_JI_SA	MB_JI_SA	T_1º_SAB	T_JI_SA2
Mínima	406	406	585	433	402	537	401	406	460	568	401	438	401	401	411
Médio	835	674	868	609	846	1003	598	582	793	1037	690	869	694	679	1079
Máxima	1858	2172	2054	1649	3117	3067	1513	1426	2231	2699	1848	2314	2943	2791	3427

Na Figura 94 é possível verificar que em todos os locais avaliados foi excedido o limiar de proteção da concentração de CO₂.

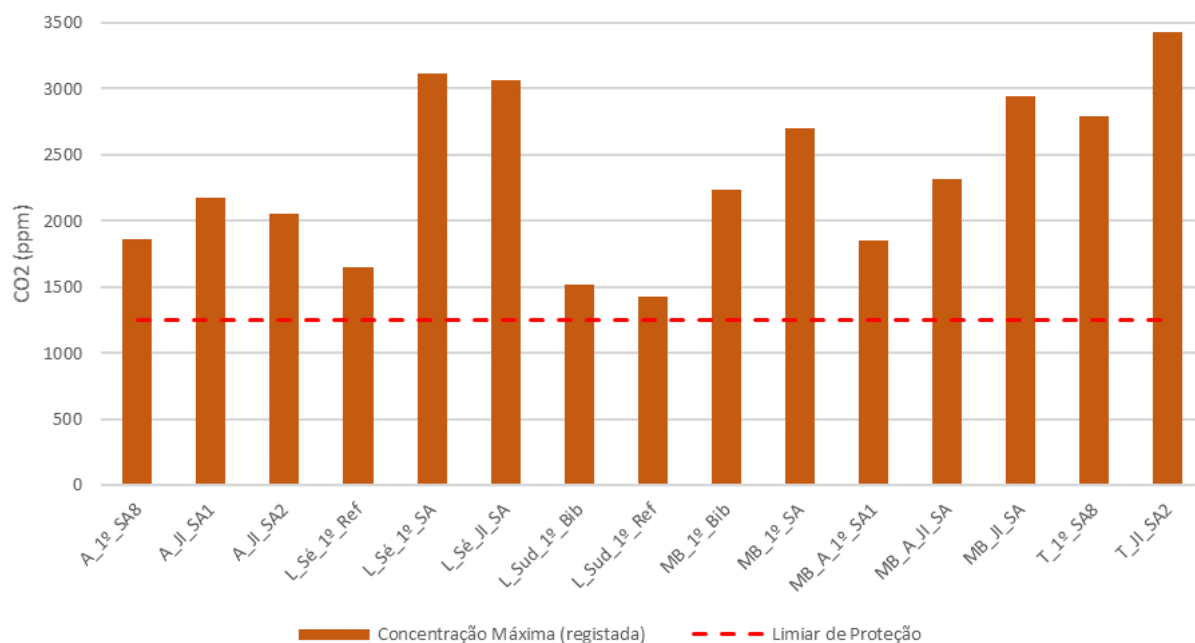


Figura 94 – Concentração de CO₂ – valor máximo registado por espaço avaliado.

O aumento da concentração de CO₂ ao longo do período de permanência dos alunos nos espaços interiores é reveladora de uma ineficaz ventilação, mecânica ou natural.

Relativamente aos parâmetros avaliados por estabelecimentos e por concelho, está resumido percentualmente na Tabela 35 o incumprimento de cada um destes parâmetros individualmente:

Tabela 35 – Resumo dos resultados obtidos.

Nº de Salas / Incumprimentos	Armamar		Lamego		Moimenta da Beira		Tarouca		TOTAL		
	Avaliadas	Incump.	Avaliadas	Incump.	Avaliadas	Incump.	Avaliadas	Incump.	Avaliadas	Incump.	% Incump.
Temperatura máxima superior a 26°C	4	4	6	0	5	0	3	3	18	7	39
Temperatura mínima inferior a 23°C	4	4	6	6	5	5	3	3	18	18	100
HR superior a 60%	4	4	6	4	5	5	3	3	18	16	88
HR inferior a 30%	4	1	6	0	5	5	3	2	18	8	44
CO2 superior ao limiar de proteção	3	3	5	5	5	5	2	2	15	15	100

5.3 Relação entre o ar Exterior e o Ar Interior

Nos parâmetros analisados simultaneamente no interior e exterior e concretamente a temperatura, Figura 95, verifica-se uma correlação entre a registada no interior das escolas e a registada no exterior na Estação do IPMA de Vila Real.

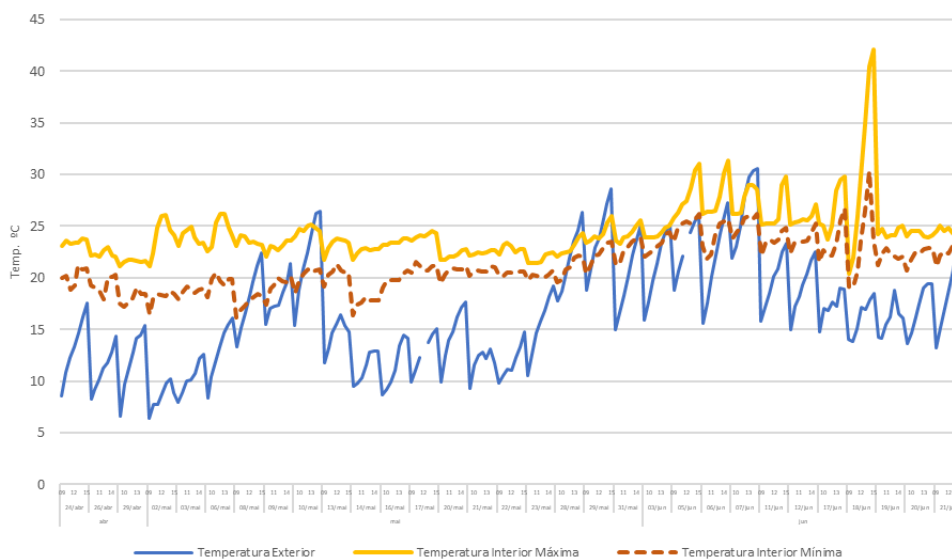


Figura 95 – Comparação da evolução da Temp.: Interior (Mínima e Máxima) e Exterior (IPMA - Vila Real).

De uma análise comparativa entre a temperatura registada no interior e a temperatura máxima registada no exterior (Vila Real), podemos concluir o seguinte:

- A temperatura interior embora apresentando um padrão mais estável, verifica-se que é suscetível às variações da temperatura exterior, especialmente em dias de temperaturas extremas;
- Medidas eficazes de climatização e ventilação são cruciais para manter a temperatura interior dentro de uma faixa confortável, independentemente das variações externas.

A relação entre a temperatura interior e exterior ao longo deste período específico, é útil para entender como as condições meteorológicas externas influenciam o ambiente interno.

A Humidade Relativa Média interior segue um padrão semelhante à HR do exterior, conforme se poderá constatar pela análise da Figura 96:

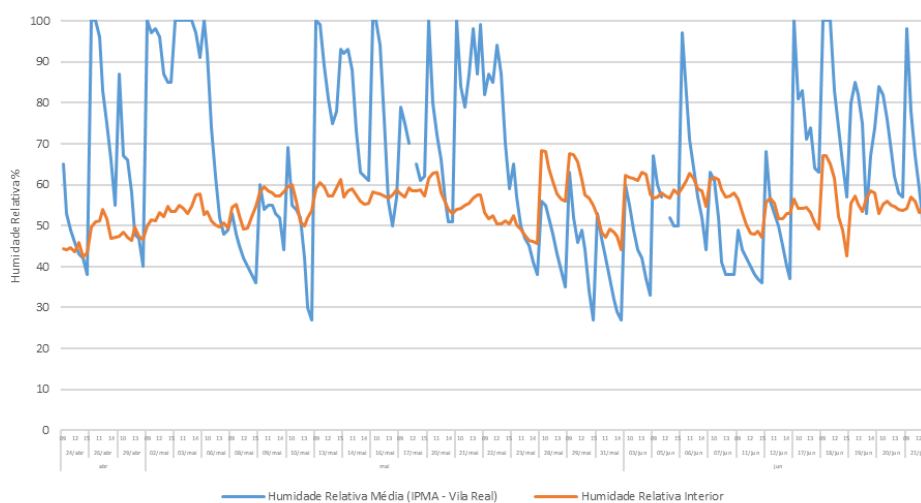


Figura 96 – Comparação da evolução da HR do Exterior (IPMA - Vila Real) e HR Interior.

6 CONCLUSÃO

Após a realização deste estudo podemos concluir que os efeitos da contaminação do ar interior na saúde, são um facto comprovado e cada vez com maior relevância, pelo facto de as crianças permanecerem grande parte do dia em ambientes interiores, nomeadamente no interior das escolas, verificando-se um aumento dos problemas respiratórios.

A QAI pode afetar não só a saúde, mas também o desempenho e a capacidade cognitiva das crianças, pelo que devem ser tomadas medidas adequadas para combater este grave problema de saúde pública.

A necessidade de apostar em medidas de prevenção, formação e informação para criar ambientes saudáveis, onde as crianças possam aprender é fundamental. A ventilação e climatização dos locais onde as crianças permanecem durante grande parte do seu dia, nomeadamente das salas de aulas é um aspeto fundamental para promover um ambiente mais saudável para os ocupantes destes espaços. A ventilação poderá ser obtida quer por meio natural quer por meio mecânico sendo para isso fundamental que os espaços possuam os equipamentos adequados, que existam meios económicos disponíveis para manter a funcionar os sistemas que necessitam de energia e que os mesmos possuam manutenção preventiva.

De entre os parâmetros avaliados no interior dos estabelecimentos escolares, o parâmetro que apresentou resultados mais significativos e de maior risco para a saúde foi o CO₂, registando-se concentrações máximas em todos os espaços analisados superiores aos limites legais.

Apesar de em quatro dos edifícios analisados existir um sistema de AVAC, que permitiria realizar não apenas o aquecimento e o arrefecimento do espaço, mas também a renovação do ar de forma mecânica, verifica-se um funcionamento deficiente destes equipamentos, sem manutenção adequada, o que concorre para a não realização de uma ventilação adequada.

A implementação de programas adequados para a ventilação manual dos espaços é fundamental de forma a diminuir a concentração de poluentes no interior, através do arejamento com ar exterior, onde as concentrações de poluentes são inferiores às registadas no interior.

A promoção de ambientes saudáveis nos estabelecimentos escolares não apenas será um fator de prevenção da doença e de promoção da saúde, mas com toda a certeza será um investimento no futuro.

6.1 Limitações do estudo

Durante a realização deste estudo verificaram-se vários constrangimentos, nomeadamente a limitação temporal, criada pela dificuldade em obter as autorizações formais à realização da recolha de dados. Também o facto de esta avaliação apenas ter sido realizada num único momento, não permite uma análise mais pormenorizada, baseada em dados de diferentes momentos, nomeadamente em diferentes estações do ano.

O desconhecimento exato das atividades desenvolvidas nos espaços avaliados ao longo do estudo, também limitam as conclusões deste, uma vez que apenas foi obtido o número de ocupantes médio dos espaços, e não valores efetivos da ocupação por hora.

6.2 Perspetivas Futuras

A realização deste estudo será um passo importante para a sensibilização da comunidade escolar para a problemática da QAI e o seu impacto no seu dia a dia. A divulgação dos resultados deste estudo poderá ser potenciadora da criação de uma consciência de todos para que simples medidas, podem ser tomadas para melhorar a qualidade do ar nas escolas.

7 BIBLIOGRAFIA

- Adam, M. G., Tran, P. T., & Balasubramanian, R. (2021). Air quality changes in cities during the COVID-19 lockdown: A critical review. *Atmospheric Research* 264 (2021) 105823, 1-17.
- Agarwal, N., Meena, C. S., Raj, B. P., Saini, L., Kumar, A., Gopalakrishnan, N., . . . Aggarwal, V. (2021). Indoor air quality improvement in COVID-19 pandemic: Review. *Sustainable Cities and Society - Volume 70, July 2021, 102942*, 1-15.
- Anjos, M. D. (2004). *Dicionário de Língua Portuguesa (6º ed.)*. Curitiba: Grupo Positivo.
- APA, A. P. (2010). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico*. Agência Portuguesa do Ambiente. Obtido de https://webstorage.cienciaviva.pt/public/pt.cienciaviva.www/divulgacao/Manual_QAI_APA_Maio2010.pdf
- Assimakopoulos, V., & Helmis, C. (Janeiro de 2004). On the study of a sick building: the case of Athens Air Traffic Control Tower. *Energy Build.*, 36, pp. 15-22.
- Barreira, E., Almeida, R. M., & Guimarães, J. (23 de Outubro de 2024). Indoor Environment in Kindergartens Located in the North of Portugal: Evaluation of Thermal Comfort and Carbon Dioxide Concentration. *Buildings* 2024, 14, 3360, pp. 1-17.
- CCDRLVT, C. d. (2022). *Avaliação da Qualidade do Ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2022*. Lisboa: CCDRLVT.
- CE. (2 de dezembro de 2024). *Conselho Europeu - Conselho da União Europeia*. Obtido de <https://www.consilium.europa.eu/pt/>:
<https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/air-pollution-in-the-eu/#0>
- Chao, C. Y. (2001). Comparison between indoor and outdoor air contaminant levels in residential buildings from passive sampler study. *Building and Environment* 36, 999–1007.
- Comissão, E. (28 de Agosto de 2015). Regras relativas aos métodos de referência, à validação dos dados e à localização dos pontos de amostragem para a avaliação da qualidade do ar ambiente. *Diretiva (UE) 2015/1480*. Europa: Parlamento Europeu e do Conselho.
- Conselho, d. C. (15 de Julho de 1980). Relativa a valores-limite e a valores-guia de qualidade do ar para o dióxido de enxofre e as partículas em suspensão. *Directiva 80/779/CEE do Conselho*. Europa: Conselho das Comunidades Europeias.
- Conselho, d. C. (7 de Março de 1985). Relativa às normas de qualidade do ar para o dióxido de azoto (85/203/CEE). *Diretiva 85/203/CEE*. Europa: Conselho da Comunidade Europeia.
- CONSELHO, D. U. (27 de Setembro de 1996). DIRECTIVA 96/62/CE. *Relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente*. Europa: CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA.

- Conselho, P. E. (30 de Junho de 2021). Cria o regime para alcançar a neutralidade climática e que altera os Regulamentos (CE) n.º 401/2009 e (UE) 2018/1999 («Lei europeia em matéria de clima»). *Regulamento (UE) 2021/1119*. Europa: Parlamento Europeu e do Conselho.
- CONSELHO, P. E. (26 de Outubro de 2022). Diretiva relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa (reformulação). *COM/2022/542 final*. Europa: Comissão Europeia.
- Csobod, E. A.-M. (2014). *SINPHONIE – Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe - Final Report*. Luxembourg: Office of the European Union.
- Daisey, J., Angell, W., & Apte, M. (Março de 2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air*, 13, pp. 53-64.
- Dear, R. d., & Brager, G. (Julho de 2022). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE standard 55. *Energy Build.*, 34 (6), pp. 549-561.
- Déoux, S., & Déoux, P. (1996). *Ecologia é a Saúde*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Dimitroulopoulou, C., Ashmore, M., Hill, M., Byrne, M., & Kinnersley, R. (2006). INDAIR: A probabilistic model of indoor air pollution in UK homes. *Atmospheric Environment*, 1-18.
- EC. (s.d.). Obtido de https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en
- EEA. (28 de agosto de 2018). *Air quality statistics*. Obtido de European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/air-quality-statistics-dashboards?size=n_10_n&filters%5B0%5D%5Bfield%5D=cluster_name&filters%5B0%5D%5Btype%5D=any&filters%5B0%5D%5Bvalues%5D%5B0%5D=eea&filters%5B1%5D%5Bfield%5D=objectProvides&filters%5B1%5D%5Bvalues%5D%5B0%5D=eea
- EEA. (2 de outubro de 2023). *European Environment Agency*. Obtido de European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution/harm-to-human-health-from-air-pollution>
- EEA, E. E. (s.d.). *European Environment Agency*. Obtido de European Environment Agency.
- EN. (2019). EN 16798-2. *Energy Performance of Buildings-Ventilation for Buildings—Part 2: Interpretation of the Requirements in EN 16798-1—Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal En*.
- EPA. (Novembro de 2012). *STUDENT HEALTH AND ACADEMIC PERFORMANCE*. Obtido de <https://www.epa.gov/>: https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/student_performance_findings.pdf

- EPA, U. E. (s.d.). <https://www.epa.gov/>. Obtido de U.S. Environmental Protection Agency: https://www.epa.gov/iaq-schools/evidence-scientific-literature-about-improved-academic-performance#IAQIAP_AdequateAir
- Ferreira, A. (2004). *Dicionário de Língua Portuguesa (6ª ed.)*. Curitiba: Grupo Positivo.
- Ferreira, A. (2017). *Qualidade do Ar Interior em escolas e saúde das crianças*. Coimbra: Edições ESTeSC.
- Fowler, D., Brimblecombe, P., Burrows, J., Heal, M. R., Grennfelt, P., S.Stevenson, D., . . . Vieno, M. (2020). A chronology of global airquality. *The Royal Society Publishing*, 1-28.
- Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R., Liebl, B., & Ruden, H. (2007). Particulate matter in the indoor air of classrooms - exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment* 41, 854-866.
- Giuli, V. D., Pos, O. D., & Carli, M. D. (Outubro de 2012). Indoor environmental quality and pupil perception in italian primary schools. *Build. Environmental*, 56 , pp. 335-345.
- Horr, Y. A., Arif, M., Katafygiotou, M., Mazroei, A., Kaushik, A., & Elsarrag, E. (2016). Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International Journal of Sustainable Built Environmental*, 1-11.
- Hulot, N. B. (1999). *Para que a Terra permaneça humana*. Lisboa: Bizâncio Ed. 1ª ed.
- Jones, A. (1999). Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment* 33, 4535-4564.
- Klepeis, N., Nelson, W., Ott, W., Robinson, J., Tsang, A., Switzer, P., . . . Engelmann, W. (novembro de 2001). National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants. pp. 231-252.
- Koponen, I. K., Asmi, A., Keronen, P., Puhto, K., & Kulmala, M. (2001). Indoor air measurement campaign in Helsinki, Finland 1999 - the effect of outdoor air pollution on indoor air. *Atmospheric Environment* 35, 1465-1477.
- Lee, S., & Chang, M. (2000). Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. *Chemosphere* 41, 109-113.
- Madureira, J., Slezakova, K., Silva, A. I., Lage, B., Mendes, A., Aguiar, L., . . . Costa, C. (15 de Maio de 2020). Assessment of indoor air exposure at residential homes: Inhalation dose and lung deposition of PM10, PM2.5 and ultrafine particles among newborn children and their mothers. *Science of The Total Environment*.
- Mannan, M., & Al-Ghamdi, S. G. (2021). Indoor Air Quality in Buildings: A Comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure. *International Journal Environmental Research and Public Health* 2021, 18, 3276, 1-25.

- Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2004). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 27-52.
- P. Blondeau, V. I. (9 de Dezembro de 2004). Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools. *Atmospheric Environment*, pp. 2071–2080.
- Parlamento Europeu, e. d. (15 de Dezembro de 2004). Relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. *Diretiva 2004/107/CE*. Europa: Parlamento Europeu e do Conselho.
- Parlamento Europeu, e. d. (21 de Maio de 2008). Diretiva 2008/50/CE. *Relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa*. Europa: Parlamento Europeu e do Conselho.
- Pinto, M., Lanzinha, J., Viegas, J., Infante, A., & Freire, T. (2021). Kindergartens and nurseries in central portugal. assessments of indoor environment quality. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 27-43.
- Poupard, O., Blondeau, P., Iordache, V., & Allard, F. (2005). Statistical analysis of parameters influencing the relationship between outdoor and indoor air quality in schools. *Atmospheric Environment* 39, 2071-2080.
- Riain, C. M., Mark, D., Davies, M., Hrrison, R. M., & Byrne, M. A. (2003). Averaging periods for indoor–outdoor ratios of pollution in naturally ventilated non-domestic buildings near a busy road. *Atmospheric Environment* 37, 4121-4132.
- Sillmann, J., Aunan, K., Emberson, L., Büker, P., Oort, B. V., O'Neill, C., . . . Brisebois, A. (7 de Julho de 2021). Combined impacts of climate and air pollution on human health and agricultural productivity. *Environmental Research Letters* 16 093004.
- Singh, M. K., Ooka, R., Rijal, H. B., Kumar, S., Kumar, A., & Mahapatra, S. (1 de Abril de 2019). Progress in thermal comfort studies in classrooms over last 50 years and way forward. *Energy and Buildings*.
- Wargocki, P., Wyon, D., Baik, Y., Clausen, G., & Fanger, P. (Setembro de 1999). Perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity in an office with two different pollution loads. *Indoor Air*, pp. 165-179.
- WHO. (1984). *Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects*. World Health Organization.
- WHO. (2000). *The right to healthy indoor air*. World Health Organization.
- WHO. (2005). *Effects of air pollution on children`s health and development: a review of the evidence*. Dinamarca, Copenhaga: World Health Organization.
- WHO. (2011). *Methods for monitoring indoor air quality in schools*. Bonn, Germany: WHO Regional Office for Europe.

- WHO. (21 de outubro de 2015). *World Health Organization*. Obtido de https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf
- WHO. (2024). *World health statistics*. World Health Organization. Obtido em 2024, de <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376869/9789240094703-eng.pdf?sequence=1>
- WHO, W. H. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Copenhaga: WHO.
- WHO, W. H. (2021). *WHO global air quality guidelines*. (W. H. Organization, Ed.) World Health Organization.
- WHO, W. H. (s.d.). <https://unric.org/pt/>. Obtido de Centro Regional de Informação das Nações Unidas (UNRIC): <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>
- WMO. (18 de Setembro de 2024). *WMO Air Quality and Climate Bulletin (No. 4 – September 2024)*. Geneva: World Meteorological Organization. Obtido de https://wmo.int/https://library.wmo.int/viewer/69006/download?file=Air-Quality-and-Climate-Bulletin_4_en.pdf&type=pdf&navigator=1

APÊNDICES

APÊNDICE A

Caraterização dos Estabelecimentos de Ensino - Formulário

A qualidade do ar ambiente e a sua
influência na qualidade do ar interior em
estabelecimentos de ensino do ACES

Douro Sul - dissertação

CARATERIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DE ENSINO

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. Agrupamento de Escolas (AE) *

Marcar apenas uma oval.

- Agrupamento de Escolas Gomes Teixeira, Armamar
- Agrupamento de Escolas de Moimenta da Beira
- Agrupamento de Escolas da Sé, Lamego
- Agrupamento de Escolas Dr. José Leite de Vasconcelos, Tarouca

2. Escola *

Marcar apenas uma oval.

- Escola Básica José Manuel Durão Barroso, Armamar
- Escola Básica de Lamego Sudeste
- Escola Básica n.º 2 de Lamego
- Escola Básica de Alvite, Moimenta da Beira
- Escola Básica de Moimenta da Beira
- Escola Básica de Tarouca

3. Ciclo *

Marcar tudo o que for aplicável.

- 1º Ciclo
- Pré-escolar

4. Morada / Freguesia *

5. Morada / Concelho *

6. Localização - Coordenadas *

7. E-mail *

8. Caracterização do Ambiente Envolverte *

Marcar tudo o que for aplicável.

	Sim	Não
Rural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Urbano	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Misto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Residencial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comercial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tráfego Automóvel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Características do edifício *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim	Não
Construção em Alvenaria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pré-Fabricado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Portas / portadas com possibilidade de abertura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Janelas sem possibilidade de abertura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ventilação forçada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aquecimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AVAC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Observações - Edifício:

PERÍODO DO ESTUDO

11. Data de início *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

12. Data de Fim *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

Equipamento de Monitorização Exterior - SmartAirSense

13. Equipamento Exterior (localização) *

Marcar apenas uma oval.

Portaria

Sala de aula

Sala de professores

Sala de convívio

Refeitório

Bar

Pavilhão

Recreio

Outra: _____

14. Observações

Equipamento de monitorização Interior - Home Sense

15. Equipamento Interior (localização) *

Marcar apenas uma oval.

- Bar
- Biblioteca
- Pavilhão
- Portaria
- Recreio
- Refeitório
- Sala de aula
- Sala de professores
- Sala de convívio
- Outra: _____

16. Observações

Equipamento de monitorização Interior - TelAire 1

17. Equipamento Interior (localização) *

Marcar apenas uma oval.

- Bar
- Biblioteca
- Pavilhão
- Portaria
- Recreio
- Refeitório
- Sala de aula
- Sala de professores
- Sala de convívio
- Outra: _____

18. Observações

Equipamento de monitorização Interior - TelAire 2

19. Equipamento Interior (localização) *

Marcar apenas uma oval.

- Bar
- Biblioteca
- Pavilhão
- Portaria
- Recreio
- Refeitório
- Sala de aula
- Sala de professores
- Sala de convívio
- Outra: _____

20. Observações

Equipamento de monitorização Interior - TelAire 3

21. Equipamento Interior (localização) *

Marcar apenas uma oval.

- Portaria
- Sala de aula
- Sala de professores
- Sala de convívio
- Refeitório
- Bar
- Pavilhão
- Recreio
- Outra: _____

22. Observações

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

APÊNDICE B

Caraterização dos Estabelecimentos de Ensino - RESPOSTAS

A qualidade do ar ambiente e a sua influência na qualidade do ar interior em estabelecimentos de ensino do ACES Douro Sul - dissertação

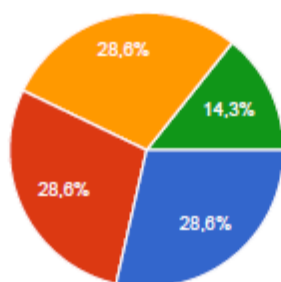
7 respostas

[Publicar estatísticas](#)

Agrupamento de Escolas (AE)

[Copiar](#)

7 respostas

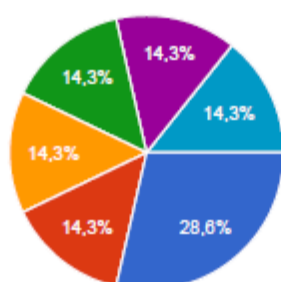


- Agrupamento de Escolas Gomes Teixeira, Armamar
- Agrupamento de Escolas de Moimenta da Beira
- Agrupamento de Escolas da Sé, Lamego
- Agrupamento de Escolas Dr. José Leite de Vasconcelos, Tarouca

Escola

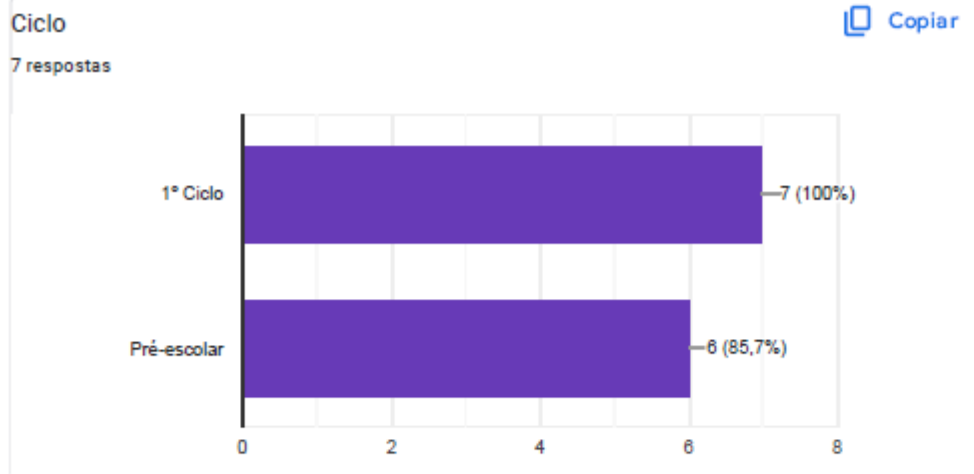
[Copiar](#)

7 respostas

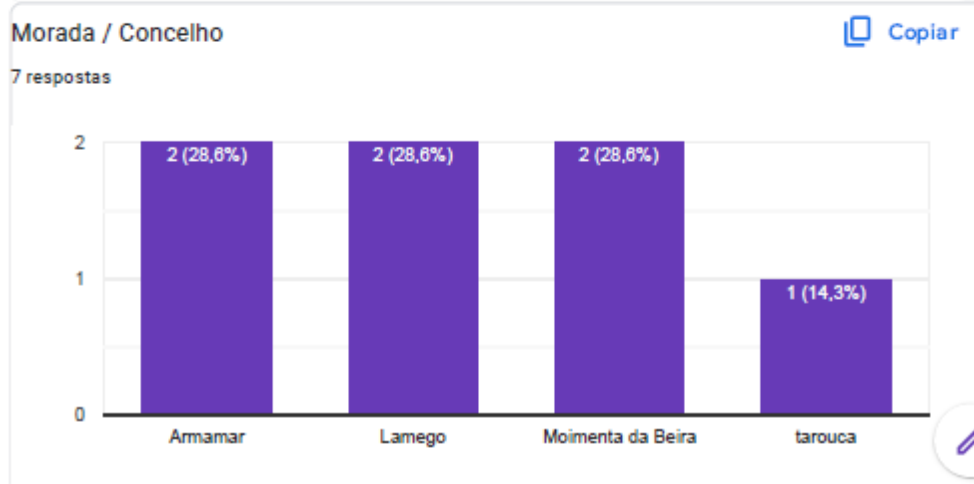


- Escola Básica José Manuel Durão Barroso, Armamar
- Escola Básica de Lamego Sudeste
- Escola Básica n.º 2 de Lamego
- Escola Básica de Alvite, Moimenta da Beira
- Escola Básica de Moimenta da Beira
- Escola Básica de Tarouca





- Morada / Freguesia**
- 7 respostas
- Ferreirim
 - Lamego: Almacave e Sé
 - Avenida Principal / Alvite
 - Moimenta da Beira
 - Rua de Santa Bárbara
 - Avenida Dr. Oliveira Salazar
 - Avenida Alberto Pereira Martins



Localização - Coordenadas

7 respostas

Latitude: 41.04987 Longitude: -7.77754

Latitude: 41.093313 Longitude: -7.804706

Latitude: 40.980442 Longitude: -7.70504

40°59'15.1"N 7°36'54.1"W

41.106714, -7.691712

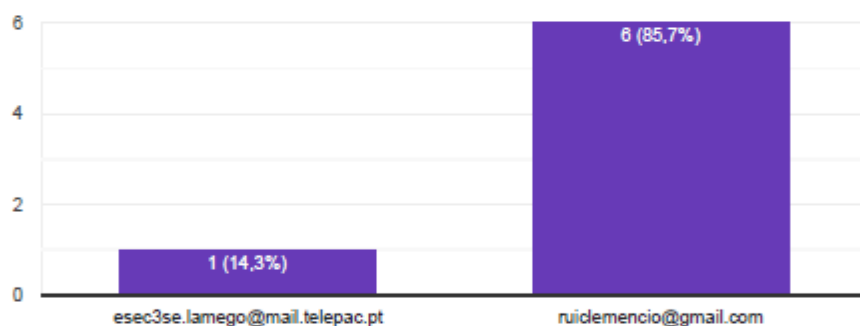
41.103891, -7.685078

41.020624, -7.777798


E-mail

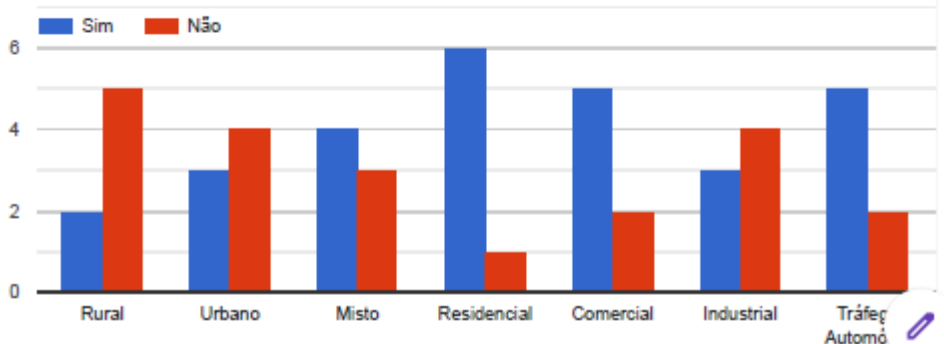
 Copiar

7 respostas



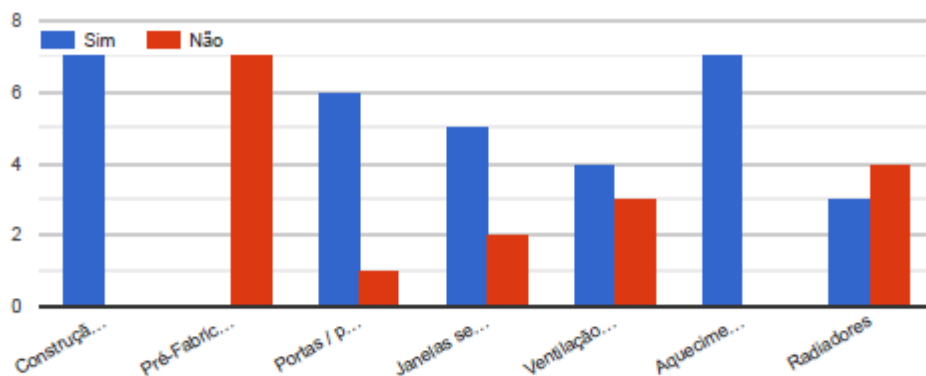
Caraterização do Ambiente Envolvente

 Copiar



Caraterísticas do edifício

 Copiar



Observações - Edifício:

3 respostas

Edifício de construção antiga

Edifício recente

Ano de construção

PERÍODO DO ESTUDO

Data de início

7 respostas

04/2024	23	30	
05/2024	7	15	27
06/2024	3	18	

Data de Fim

7 respostas

04/2024	30		
05/2024	7	14	22
06/2024	3	13	26

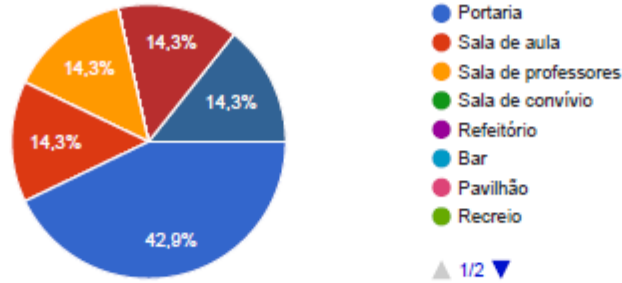
Equipamento de Monitorização Exterior - SmartAirSense



Equipamento Exterior (localização)

 Copiar

7 respostas



- Portaria
- Sala de aula
- Sala de professores
- Sala de convívio
- Refeitório
- Bar
- Pavilhão
- Recreio

▲ 1/2 ▼

Observações

1 resposta

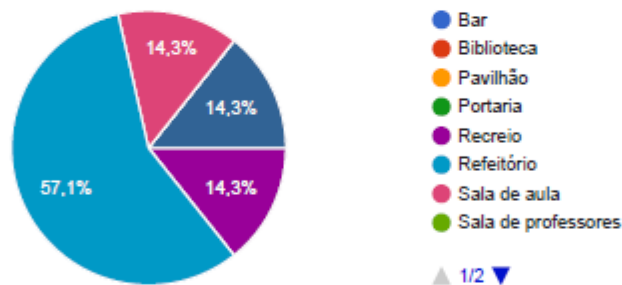
Sensor localizado no exterior: janela oscilo batente

Equipamento de monitorização Interior - Home Sense

Equipamento Interior (localização)

 Copiar

7 respostas



- Bar
- Biblioteca
- Pavilhão
- Portaria
- Recreio
- Refeitório
- Sala de aula
- Sala de professores

▲ 1/2 ▼

Observações

0 respostas

Ainda não existem respostas a esta pergunta.

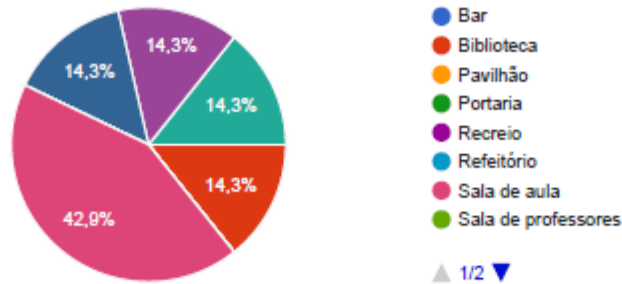
Equipamento de monitorização Interior - TelAire 1



Equipamento Interior (localização)

 Copiar

7 respostas



Observações

3 respostas

Pré-Escolar

Esteve desligado por períodos

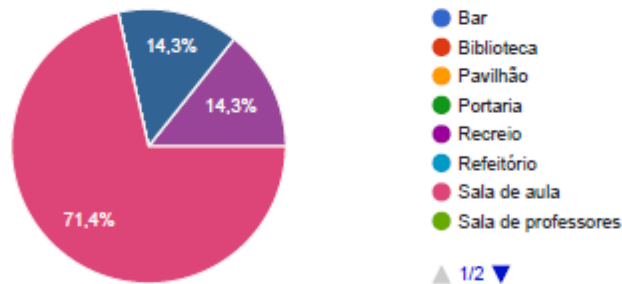
1ºCEB

Equipamento de monitorização Interior - TelAire 2

Equipamento Interior (localização)

 Copiar

7 respostas



Observações

4 respostas

Sala Polivalente

1º CEB

Sala de Aula nº 8 - 1º Piso

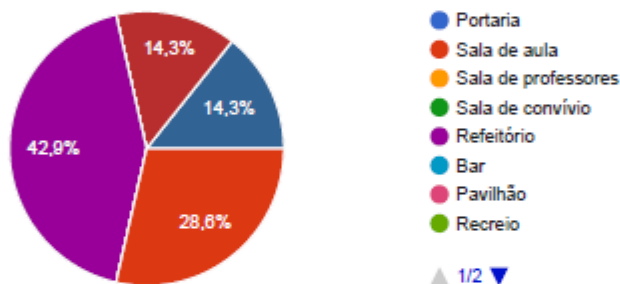
Jl

Equipamento de monitorização Interior - TelAire 3

Equipamento Interior (localização)

 Copiar

7 respostas



▲ 1/2 ▼

Observações

1 resposta

Sala de Aula nº2 - R/Chão

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Utilização](#) - [Política de privacidade](#)

Google Formulários



APÊNDICE C

Caraterização dos Estabelecimentos de Ensino – Folha de Campo

**QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL**

Caraterização dos locais de Avaliação

Concelho: Armamar

Agrupamento de Escolas: Agrupamento de Escolas Gomes Teixeira, Armamar

Estabelecimento de Ensino: Escola Básica José Manuel Durão Barroso, Armamar

Nível de Ensino: Pré-escolar

Data da Avaliação: Maio e Junho de 2024

Data do fim da Avaliação:

Localização:

Observações:

	Itens avaliados	Refeitório	Sala Aulas 1	Sala Aulas 2
Avaliações	28/05/2024	Avaria do aparelho de monitorização	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	29/05/2024		Período de aulas normal	Sem ocupação no período da manhã
	31/05/2024		Período de aulas normal	Período de aulas normal
	03/06/2024		Sem ocupação no período da manhã	Sem ocupação no período da manhã
Caraterísticas dos Espaços	Piso	0	0	
	Orientação Espacial		Sudoeste	Noroeste
	Área da sala (m ²)	75	54	50
	Sistema de Climatização	Desligado	Desligado	Desligado
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Não
	Tamanho da Área Envidraçada (m ²)	16	7,5	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	50	23	24
Notas	Dados não validados	Dados Válidos	Dados Válidos	

Sistema de Climatização	Piso radiante	Piso radiante	Piso radiante
-------------------------	---------------	---------------	---------------

**QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL**

Caraterização dos locais de Avaliação

Concelho: Armamar

Agrupamento de Escolas: Agrupamento de Escolas Gomes Teixeira, Armamar

Estabelecimento de Ensino: Escola Básica José Manuel Durão Barroso, Armamar

Nível de Ensino: 1º Ciclo

Data da Avaliação: Junho de 2024

Data do fim da Avaliação:

Localização:

Observações:

	Itens avaliados	Sala Aulas 2	Sala Aulas 8	Sala Informática
Avaliações	05/06/2024	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal	Ocupação esporádica
	06/06/2024	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal	Ocupação esporádica
	07/06/2024	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal	Ocupação esporádica
	11/06/2024	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal	Ocupação esporádica
	12/06/2024	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal	Ocupação esporádica
Características dos Espaços	Piso	0	0	
	Orientação Espacial	Sudeste	Sudoeste	Sudoeste
	Área da sala (m ²)	49	49	49
	Sistema de Climatização	Desligado	Desligado	Desligado
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Não
	Tamanho da Área Envidraçada (m ²)	11	11	11
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	26	22	Variável
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados não validados

Sistema de Climatização	AVAC	AVAC	AVAC
-------------------------	------	------	------

**QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL**

Caraterização dos locais de Avaliação

Concelho: Lamego

Agrupamento de Escolas: Agrupamento de Escolas da Sé, Lamego

Estabelecimento de Ensino: Escola Básica de Lamego Sudeste

Nível de Ensino: Pré-escolar e 1º Ciclo

Data da Avaliação: Abril de 2024

Data do fim da Avaliação:

Localização:

Observações:

	Itens avaliados	Biblioteca	Refeitório	Sala Aulas 2 1ºCEB
Avaliação	24/04/2024	Ocupação esporádica	Ocupação pontual	Período de aulas normal
	26/04/2024	Ocupação esporádica	Ocupação pontual	Período de aulas normal
	29/04/2024	Ocupação esporádica	Ocupação pontual	Período de aulas normal
Características dos Espaços	Piso	0	0	0
	Orientação Espacial	Nordeste	Noroeste	Sudeste
	Área da sala (m2)	84	75	50
	Sistema de Climatização	Em funcionamento	Em funcionamento	Em funcionamento
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	14	20	10
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	Variável	150	21
Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados Válidos	

Sistema de Climatização	AVAC	AVAC	AVAC
Funcionamento deficiente.			

**QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL**

Caraterização dos locais de Avaliação

Concelho: Lamego

Agrupamento de Escolas: Agrupamento de Escolas da Sé, Lamego

Estabelecimento de Ensino: Escola Básica n.º 2 de Lamego

Nível de Ensino: Pré-escolar e 1º Ciclo

Data da Avaliação: Abril e Maio de 2024

Data do fim da Avaliação:

Localização:

Observações: Requalificada em 2013

	Itens avaliados	Refeitório	Sala Aulas 1ªCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliação	02/05/2024	Ocupação pontual	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal
	03/05/2024	Ocupação pontual	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal
	06/05/2024	Ocupação pontual	Periodo de aulas normal	Periodo de aulas normal
Caraterísticas dos Espaços	Piso	1	1	0
	Orientação Espacial	Noroeste	Sudeste	Sudeste
	Área da sala (m2)	100	30	30
	Sistema de Climatização	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Sim	Não	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	40	10	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	150	23	26
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados Válidos

Sistema de Climatização	AVAC	AVAC	AVAC
Funcionamento deficiente.			

**QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL**

Caraterização dos locais de Avaliação

Concelho: Moimenta da Beira

Agrupamento de Escolas: Agrupamento de Escolas de Moimenta da Beira

Estabelecimento de Ensino: Escola Básica de Alvite, Moimenta da Beira

Nível de Ensino: Pré-escolar e 1º Ciclo

Data da Avaliação: Maio de 2024

Data do fim da Avaliação:

Localização:

Observações:

	Itens avaliados	Sala Aulas 1 - 1ºCEB	Sala Aulas 2 - 1ºCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliações	08/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	09/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	10/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	13/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	14/05/2024	Período de aulas normal	Período de aulas normal	Período de aulas normal
Caraterísticas dos Espaços	Piso	0	1	0
	Orientação Espacial	Sul	Sul	Sul
	Área da sala (m ²)	45	45	45
	Sistema de Climatização	Aquecedores elétricos em funcionamento esporádico	Aquecedores elétricos em funcionamento esporádico	Aquecedores elétricos em funcionamento esporádico
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Não
	Tamanho da Área Envidraçada (m ²)	12	12	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	15	9	17
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos, exceto CO ₂	Dados Válidos

Sistema de Climatização	Caldeira a pellets	Caldeira a pellets	Caldeira a pellets
Funcionamento pontual de aquecedores elétricos.			

**QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL**

Caraterização dos locais de Avaliação

Concelho: Moimenta da Beira

Agrupamento de Escolas: Agrupamento de Escolas de Moimenta da Beira

Estabelecimento de Ensino: Escola Básica de Moimenta da Beira

Nível de Ensino: Pré-escolar e 1º Ciclo

Data da Avaliação: Maio de 2024

Data do fim da Avaliação:

Localização:

Observações:

	Itens avaliados	Biblioteca	Sala Aulas - 1ºCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliações	16/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	17/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	20/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	21/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	22/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	23/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
Características dos Espaços	Piso	0	0	0
	Orientação Espacial	Oeste	Sul	Sul
	Área da sala (m2)	144	56	56
	Sistema de Climatização	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente	Funcionamento deficiente
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Não	Não
	Portas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m2)	22	12	12
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	Variável	26	27
	Notas	Dados Válidos	Dados Válidos	Dados Válidos

Sistema de Climatização	AVAC – Frio: renovação do ar	AVAC – Frio: renovação do ar	AVAC _ Frio e calor
-------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------

**QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL**

Caraterização dos locais de Avaliação

Concelho: Tarouca

Agrupamento de Escolas: Agrupamento de Escolas Dr. José Leite de Vasconcelos, Tarouca

Estabelecimento de Ensino: Escola Básica de Tarouca

Nível de Ensino: Pré-escolar e 1º Ciclo

Data da Avaliação: Junho de 2024

Data do fim da Avaliação:

Localização:

Observações:

	Itens avaliados	Biblioteca	Sala Aulas - 1ªCEB	Sala Aulas Pré-Primária
Avaliações	16/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	17/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	20/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	21/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	22/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
	23/05/2024	Ocupação esporádica	Período de aulas normal	Período de aulas normal
Características dos Espaços	Piso	1	1	0
	Orientação Espacial	Noroeste	Sudeste	Noroeste
	Área da sala (m ²)	180	30	30
	Sistema de Climatização	Desligado	Desligado	Desligado
	Janelas com abertura para o exterior	Sim	Sim	Sim
	Portas com abertura para o exterior	Não	Não	Sim
	Tamanho da Área Envidraçada (m ²)	12	9	16
	Ocupação Média (nº de ocupantes)	Variável	23	21
	Notas	Dados Válidos, exeto CO ₂	Dados Válidos	Dados Válidos

Sistema de Climatização	Aquecimento Elétrico acumula durante a noite e liberta durante o dia	Aquecimento Elétrico acumula durante a noite e liberta durante o dia	Aquecimento Elétrico acumula durante a noite e liberta durante o dia
-------------------------	--	--	--

QUALIDADE DO AR AMBIENTE E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO AR INTERIOR
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO DOURO SUL
Caraterização dos Locais de Avaliação – Folha de Campo

Concelho:	
Agrupamento de Escolas:	
Estabelecimento de Ensino:	
Nível de Ensino:	
Data do início da Avaliação:	
Data do fim da Avaliação:	
Localização:	

Sala Avaliada: Lamego - Sé N^o2 - Refeitório (3)

	SALA 1:	SALA 2:	SALA 3:	Observações
Portas: com abertura para o interior do edifício				
Portas: com abertura para o exterior				
Área da sala (m ²) (comprimento x largura)				
Pé-direito				
Janelas / portas: com possibilidade de abertura				
Tamanho da Área Envidraçada (m ²)				
Ventilação Forçada				
Sistema de Climatização				
Ocupação Média (n ^o de ocupantes)				
Piso				
Orientação				
Observações - Sala:				

Fotografias:

--	--