



**Avaliação do Desempenho de um Edifício
Pedagógico do Ensino Superior para Promoção da
Sustentabilidade e da Qualidade do Ambiente
Interior**

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Catarina de Jesus Antunes Marques

Leiria, novembro de 2020



**Avaliação do Desempenho de um Edifício
Pedagógico do Ensino Superior para Promoção da
Sustentabilidade e da Qualidade do Ambiente
Interior**

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Catarina de Jesus Antunes Marques

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação do Professor João Miguel Charrua de Sousa,
do Professor Hermano Joaquim dos Santos Bernardo e do Professor Eliseu Manuel
Artilheiro Ribeiro

Leiria, novembro de 2020

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionada a autora e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente no ano letivo 2019/2020, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

Dedico o presente projeto aos meus pais e ao meu noivo.

Agradecimentos

A elaboração do presente projeto de mestrado apenas foi possível graças ao apoio, amabilidade e disponibilidade de várias pessoas, as quais manifesto os meus sinceros e reconhecidos agradecimentos:

Aos meus orientadores, Professor João Sousa, Professor Hermano Bernardo e Professor Eliseu Ribeiro, pela sua constante disponibilidade, rigor e paciência ao longo deste período de elaboração do projeto e ainda pela constante partilha de conhecimentos.

Ao Sr. Adrian Leaman, por toda a disponibilidade e atenção prestada, durante todo o processo de utilização da metodologia *Building Use Studies*.

A todos os elementos do IPEL, que de forma direta ou indireta contribuíram para este projeto, quer na recolha de dados, quer durante a aplicação dos questionários, principalmente aos docentes e alunos que cederam parte do seu tempo letivo para darem o seu contributo através do preenchimento do questionário.

À Fundação para a Ciência e Tecnologia que apoiou este projeto parcialmente no âmbito do projeto UIDB/00308/2020.

Aos meus pais pelo apoio prestado não só ao longo da realização deste projeto, mas durante todo o meu percurso académico e pessoal, que sempre me apoiaram na realização dos meus objetivos. Obrigada!

E por último, mas não menos importante, ao meu companheiro de vida e noivo, por me incentivar diariamente para lutar pelos meus sonhos, e me fazer erguer a cabeça sempre que tudo parecia impossível.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

As instituições de ensino superior são responsáveis pela gestão e operação de um grande conjunto de edifícios, impondo-se a existência de condições ambientais adequadas, designadamente quanto à qualidade do ambiente interior. O presente relatório apresenta o estudo do desempenho do edifício D do Campus 2, do Politécnico de Leiria, para promoção da sua sustentabilidade e da melhoria da qualidade do ambiente interior. Para este propósito, realizou-se uma avaliação da satisfação do ocupante através da aplicação de questionários, de acordo com a metodologia *BUS*, foram efetuadas medições de alguns parâmetros indicadores da qualidade do ambiente interior, como a concentração interior de dióxido de carbono, a temperatura do ar interior e exterior, a humidade relativa e os níveis de iluminância. Paralelamente, foi ainda realizada a caracterização dos consumos energéticos do campus 2.

Os resultados obtidos sugerem que a qualidade do ambiente interior do edifício nem sempre é a adequada, em que se verifica um aumento significativo da concentração dos parâmetros amostrados (dióxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar), e em que os níveis de iluminância nas salas são inferiores aos níveis recomendados, principalmente nos pontos de medição realizados junto à parede oposta aos vãos envidraçados. Os resultados dos questionários (n=539), demonstraram que os ocupantes consideram que existe desconforto térmico nomeadamente num dos períodos do ano (verão), e que isso tem uma influência negativa na sua produtividade. Constatou-se ainda que no ano de 2018 o consumo total de energia final foi de 4 495 452 kWh, com um maior consumo e concomitantemente com maiores encargos energéticos no período de inverno.

A abordagem seguida contribuiu para identificar aspetos que funcionam bem, mas também aqueles que podem ser aprimorados, permitindo que os gestores e operadores dos edifícios retirem as conclusões pertinentes e tomem as ações necessárias para melhorar as condições dos ambientes interiores disponibilizados aos ocupantes, com um potencial considerável não calculado para economia de energia.

Palavras-chave: Qualidade do ambiente interior, eficiência energética, sustentabilidade, Edifício D, IPLeia.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

Higher education institutions are responsible for management and operation of a large group of buildings, where environmental conditions be required, namely as to indoor environment quality conditions. This project main aim is to present the study performance of Building D, of Campus 2 of Polytechnic of Leiria, in order to promote its sustainability and to improve the indoor environmental quality. To this purpose, an analysis of occupant satisfaction through a survey application was carried out, according to BUS methodology, measurements of some parameters were taken to indicate the indoor air quality, such as carbon dioxide concentration in classrooms, indoor and outdoor air temperature, relative humidity, and lighting levels, and it was also carry out an characterization and analysis of energy consumption of campus.

The results suggest that indoor environment quality of building is not always the recommended, where there is evident a significant increase in the concentration of sampled parameters (carbon dioxide, temperature and relative humidity), and illuminance levels in the rooms were lower than the values recommended, mainly in points of the classrooms located on the opposite wall of windows. The results of questionnaires (n = 539) demonstrated that the occupants consider thermal discomfort, namely in one of the periods of the year (summer), and it had a negative influence on their productivity. It was also found that in 2018 the total final energy consumption was 4 495 452 kWh, with a greater energy consumption and concomitantly an increase in energy bills in the winter period.

The followed approach helped to identify aspects that work well, but also those that can be improved, allowing building managers and operators drawn the relevant conclusions and take the necessary actions to improve the indoor environmental conditions provided to the occupants, with considerable potential not calculated for energy savings.

Keywords: Indoor environment quality, energy efficiency, sustainability; Building D, IPLeia.

Índice

Originalidade e Direitos de Autor.....	iii
Dedicatória.....	iv
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Lista de figuras.....	xiii
Lista de tabelas.....	xviii
Lista de siglas.....	xxi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Estrutura do documento.....	4
2. Energia e ambiente interior em edifícios.....	5
2.1. Energia.....	5
2.1.1. Plano nacional energia e clima 2021- 2030.....	11
2.1.2. Zonamento climático.....	12
2.2. Qualidade do ambiente interior.....	14
2.2.1. Conforto térmico.....	15
2.2.2. Iluminação.....	18
2.2.3. Qualidade do ar interior.....	19
2.3. Avaliação pós-ocupação – Metodologia <i>BUS</i>.....	23
3. Metodologia e caso de estudo.....	27
3.1. Introdução.....	27
3.2. Métodos e equipamentos.....	27
3.2.1. Equipamentos.....	33
3.3. Apresentação do caso de estudo.....	34
4. Caraterização e análise dos consumos energéticos do campus.....	38
4.1. Aquisição, receção e distribuição de energia.....	38
4.2. Caraterização de consumos e encargos - EE.....	40

4.2.1.	Energia ativa	41
4.2.2.	Energia reativa	42
4.2.3.	Análise da opção tarifária	43
4.3.	Caraterização de consumos e encargos - GN	45
4.4.	Consumo global	47
4.5.	Análise comparativa 2008-2018.....	49
4.5.1.	Energia elétrica	49
4.5.2.	Energia reativa	50
4.5.3.	Gás natural	51
4.5.4.	Consumo total.....	52
5.	Resultados das medições da qualidade do ambiente interior	53
5.1.	Qualidade do ar interior e conforto térmico	53
5.1.1.	Sala D.00.09	53
5.1.2.	Sala D.01.11B-P2	63
5.1.3.	Exterior	72
5.1.4.	Reflexões	74
5.2.	Níveis de iluminância	75
6.	Resultados – questionário <i>BUS</i>	79
6.1.	Caraterização da amostra.....	79
6.2.	Avaliação do edifício em geral e do posto de trabalho	82
6.3.	Qualidade do ambiente interior	86
6.4.	Resposta a problemas.....	95
6.5.	Viagem “de” e “para” o Campus	97
6.6.	Reflexões.....	99
7.	Considerações finais e trabalhos futuros.....	102
	Referências Bibliográficas	107
	Anexos.....	111
	Anexo A – Estrutura do questionário <i>BUS</i>	112
	Anexo B – Ocupação sala D 00.09	113
	Anexo C – Ocupação sala D 1.11.....	116
	Anexo D – Resultados 1ª campanha.....	119
	Anexo E – Aplicação dos questionários	121

Anexo F – Comentários <i>BUS</i>.....	124
Anexo G – Resultados comparativos <i>BUS</i>	133

Lista de figuras

Figura 2.1 – Evolução e distribuição do consumo mundial de energia (BP, 2020).....	5
Figura 2.2 – Evolução da dependência energética de Portugal (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).....	6
Figura 2.3 – Evolução do consumo total de energia primária (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).	7
Figura 2.4 – Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal, em 2018 (APA, 2019).	7
Figura 2.5 – Consumo de energia final por setor de atividade, em 2018 (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).....	8
Figura 2.6 – Consumo no setor dos serviços (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).	8
Figura 2.7 – Evolução legislativa da Europa e de Portugal (Ferreira, 2015).	9
Figura 2.8 – Objetivos nacionais para o horizonte 2030 (PNEC 2030, 2020).....	11
Figura 2.9 – Zonas climáticas de Inverno (esquerda) e de Verão (direita) para Portugal Continental (Despacho n.º 15793-F/2013 de 3 de dezembro).....	12
Figura 2.10 – Temperatura e precipitação média, Leiria (Climate-Data.org, n.d.).....	13
Figura 2.11 – Parâmetros da qualidade do ambiente interior (Soares, 2017).	14
Figura 2.12 – Diagrama da zona de conforto, com base na humidade relativa [H] e temperatura [T] definida pela ASHRAE 55-1992 (Sensirion, 2010).....	17
Figura 2.13 - Diagrama da zona de conforto, com base na humidade relativa [Hr] e temperatura [T] de acordo com a ISO 7730 (Sensirion, 2010).	17
Figura 2.14 – Fatores que afetam a QAI (ClimACT, n.d.).	20
Figura 2.15 – Limiares de proteção e margens de tolerância para os poluentes físico-químicos (Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro).	22
Figura 2.16 – Página 1 de um questionário de metodologia <i>BUS</i> (Leaman, 2013).	25
Figura 3.1 – Figura ilustrativa da metodologia adotada no projeto.	27
Figura 3.2 – Pontos de medição da sala D.S.00.09, considerando o método dos quadrados.	30
Figura 3.3 – Metodologia de aplicação dos questionários <i>BUS</i>	32
Figura 3.4 – Localização dos campus do IPLeiria.	34
Figura 3.5 – Vista aérea do campus 2, com identificação da localização do edifício D.	35
Figura 3.6 – Vista exterior do edifício D do campus 2.	36
Figura 3.7 – A. Aspeto do envidraçado com janelas fixas; B. Aspeto do envidraçado das portas.	37
Figura 3.8 – A. Sombreamento por palas metálicas; B. Sombreamento interior.	37

Figura 4.1 – Consumo total de energia por utilização final.	38
Figura 4.2 – Consumo de energia ativa ao longo do ano, com repartição segundo os períodos horários.	41
Figura 4.3 – Encargos com a energia elétrica.	42
Figura 4.4 – Consumo de energia reativa consumida fora do vazio.....	42
Figura 4.5 – Desagregação de consumo de energia reativa por escalão.....	43
Figura 4.6 – Desagregação de encargos com energia elétrica, tendo em conta a faturação de 2018.	44
Figura 4.7 – Distribuição do consumo de EE por período horário.....	44
Figura 4.8 – Distribuição dos encargos com a EE por período horário.....	44
Figura 4.9 – Distribuição dos encargos e consumos com o GN no ano de 2018.	46
Figura 4.10 – Consumos energéticos, encargos e emissões de CO ₂ e – ano 2018.	48
Figura 4.11 – Consumos e encargos de energia total, 2018.	48
Figura 4.12 – Consumos e encargos com a energia elétrica, 2008 e 2018.	50
Figura 4.13 – Consumos e encargos com a energia reativa, 2008 e 2018.	50
Figura 4.14 – Consumos e encargos com o gás natural, 2008 e 2018.	51
Figura 4.15 – Consumos e encargos com a energia total, 2008 e 2018.....	52
Figura 5.1 – Planta <i>autocad</i> da sala D.00.09.....	54
Figura 5.2 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 27/11/2019 a 30/11/2019, na sala D.00.09.....	55
Figura 5.3 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 02/12/2019 a 7/12/2019, na sala D.00.09.....	57
Figura 5.4 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 09/12/2019 a 14/12/2019, na sala D.00.09.....	58
Figura 5.5 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 16/12/2019 a 21/12/2019, na sala D.00.09.....	60
Figura 5.6 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 23/12/2019 a 05/01/2020, na sala D.00.09.....	61
Figura 5.7 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 06/01/2020 a 11/01/2020, na sala D.00.09.....	62
Figura 5.8 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 13/01/2020 a 14/01/2020, na sala D.00.09.....	63
Figura 5.9 – Planta <i>autocad</i> da Sala D.01.11B-P2.....	63
Figura 5.10 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 2/12/2019 a 6/12/2019, na sala D.01.11B-P2.....	65

Figura 5.11 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 11/12/2019 a 14/12/2019, na sala D.01.11B-P2.....	66
Figura 5.12 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 16/12/2019 a 21/12/2019, na sala D.01.11B-P2.....	68
Figura 5.13 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 23/12/2019 a 5/01/2020, na sala D.01.11B-P2.....	69
Figura 5.14 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 06/01/2020 a 11/01/2020, na sala D.01.11B-P2.....	70
Figura 5.15 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 13/01/2020 a 14/01/2020, na sala D.01.11B-P2.....	72
Figura 5.16 – Valores de temperatura e humidade relativa amostrados no exterior de 27/12/2019 a 14/01/2020.....	73
Figura 5.17 – Escala colorimétrica adotada na representação dos resultados dos níveis de iluminância.....	75
Figura 5.18 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.00.09.....	76
Figura 5.19 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.00.06.....	77
Figura 5.20 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.00.13.....	77
Figura 5.21 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.-1.04B.....	77
Figura 5.22 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.01.08.....	78
Figura 5.23 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.01.01.....	78
Figura 6.1 – Departamento frequentado pelos inquiridos.....	80
Figura 6.2 – Ocupação da sala de aula/laboratório/gabinete.....	80
Figura 6.3 – Permanência diária [horas por semana] no edifício.....	81
Figura 6.4 – Permanência diária [horas por dia].....	81
Figura 6.5 – Tarefas desempenhadas pelos inquiridos no edifício.....	82
Figura 6.6 – Avaliação do edifício em geral.....	84
Figura 6.7 – Avaliação do posto de trabalho.....	85
Figura 6.8 – Quantidade de pessoas na habitual área de trabalho / estudo.....	86
Figura 6.9 – Avaliação do conforto do edifício no Inverno, A. Temperatura e B. Condições de conforto durante o inverno.....	88
Figura 6.10 – Resultados das questões da avaliação do conforto do edifício no inverno.....	89
Figura 6.11 – Avaliação do conforto do edifício no verão, A. Temperatura e B. Condições de conforto durante o verão.....	89
Figura 6.12 – Resultados das questões da avaliação do conforto do edifício no verão.....	90
Figura 6.13 – Resultados da avaliação do ruído na normal área de trabalho/estudo do ocupante.....	91

Figura 6.14 – Avaliação da iluminação na normal área de trabalho/estudo do ocupante.....	92
Figura 6.15 – Avaliação do conforto em geral do edifício, pelo ocupante.....	93
Figura 6.16 – Avaliação da forma como a produtividade do ocupante é alterada em resultado das condições de conforto ambiental do edifício.	93
Figura 6.17 – Resultados da avaliação do ocupante da forma como o edifício afeta o seu estado de saúde....	94
Figura 6.18 – Resultados da avaliação dos ocupantes sobre o controlo de diferentes variáveis do seu ambiente do trabalho/estudo.....	95
Figura 6.19 – Importância do controlo sobre as variáveis do seu ambiente do trabalho/estudo.	95
Figura 6.20 – Realização de pedidos de intervenção relacionados com os sistemas de aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação do edifício.....	96
Figura 6.21 – Resultados da avaliação à velocidade e eficácia da resposta dada ao pedido de intervenção.	96
Figura 6.22 – Alteração do comportamento devido às condições do edifício.....	97
Figura 6.23 – Tempo de viagem para o campus na melhor, normal ou pior hipótese.....	98
Figura 6.24 – Tempo de viagem para casa na melhor, normal ou pior hipótese.	98
Figura 6.25 – Meio de transporte mais comuns e principal, utilizado pelos ocupantes do edifício.	99
Figura A.B.1 – Horário da sala D 00.09, semana 25/11/2019 a 30/11/2019.....	113
Figura A.B.2 – Horário da sala D 00.09, semana 02/12/2019 a 07/12/2019.....	113
Figura A.B.3 – Horário da sala D 00.09, semana 09/12/2019 a 14/12/2019.....	114
Figura A.B.4 – Horário da sala D 00.09, semana 16/12/2019 a 21/12/2019.....	114
Figura A.B.5 – Horário da sala D 00.09, semana 06/01/2020 a 11/01/2020.....	115
Figura A.B.6 – Horário da sala D 00.09, semana 13/01/2020 a 18/01/2020.....	115
Figura A.C.1 – Horário da sala D 00.09, semana 25/11/2019 a 30/11/2019.....	116
Figura A.C.2 – Horário da sala D 00.09, semana 02/12/2019 a 07/12/2019.....	116
Figura A.C.3 – Horário da sala D 00.09, semana 09/12/2019 a 14/12/2019.....	117
Figura A.C.4 – Horário da sala D 00.09, semana 16/12/2019 a 21/12/2019.....	117
Figura A.C.5 – Horário da sala D 00.09, semana 06/01/2020 a 11/01/2020.....	118
Figura A.C.6 – Horário da sala D 00.09, semana 13/01/2020 a 18/01/2020.....	118
Figura A.D.1 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, da medição E3.	119
Figura A.D.2 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, da medição E4.	119
Figura A.D.3 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, da medição E5.	120
Figura A.D.4 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, na medição E23.	120

Figura A.F.1 – Número de comentários categorizados sobre o projeto em geral.	124
Figura A.F.2 – Número de comentários categorizados sobre as necessidades em geral.	125
Figura A.F.3 – Número de comentários categorizados sobre salas de reunião.....	125
Figura A.F.4 – Número de comentários categorizados sobre as zonas de arrumos.....	126
Figura A.F.5 – Aspectos negativos das infraestruturas do edifício.	126
Figura A.F.6 – Aspectos positivos das infraestruturas do edifício.	127
Figura A.F.7 – Comentários sobre o posto de trabalho de cada ocupante.....	128
Figura A.F.8 – Comentários sobre as condições da densidade de ocupação	128
Figura A.F.9 – Comentários sobre os ruídos e a sua fonte.	129
Figura A.F.10 – Comentários sobre as condições de iluminação na normal área de trabalho/estudo do ocupante.	129
Figura A.F.11 – Comentários sobre o conforto do edifício.	130
Figura A.F.12 – Comentários sobre a produtividade do ocupante.	130
Figura A.F.13 – Comentários sobre a produtividade do ocupante.	131
Figura A.F.14 – Comentários sobre as viagens de e para o Campus.....	131
Figura A.F.15 – Comentários sobre os pedidos de intervenção realizados para resposta a problemas.	132
Figura A.F.16 –Comportamentos alterados devido às condições do edifício.....	132

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Fatores e fontes que afetam a Qualidade do Ar Interior e o Conforto (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009 e Silva, 2015).....	21
Tabela 2.2 – Continuação da Tabela 2.1.....	22
Tabela 3.1 – Descrição das 4 medições levadas a cabo na primeira campanha.....	28
Tabela 3.2 – Descrição das medições levadas a cabo na segunda campanha.....	29
Tabela 3.3 – Características das salas onde se realizaram as medições aos níveis de iluminância.....	29
Tabela 3.4 – Requisitos dos níveis de iluminação definidos na NP EN 12464-1:2017.....	31
Tabela 3.5 – Informação dos Equipamentos de medição utilizados.....	33
Tabela 3.6 – Área útil e atividade afeta a cada edifício do Campus 2 do IPLeiria.....	34
Tabela 3.7 – Área útil por piso do Edifício D.....	35
Tabela 4.1 – Utilização final de energia por tipo de energia fornecida.....	38
Tabela 4.2 – Alimentação da energia elétrica por PT.....	39
Tabela 4.3 – Distribuição da alimentação de gás natural.....	40
Tabela 4.4 – Faturação da energia elétrica em 2018.....	40
Tabela 4.5 – Identificação da zona de alimentação por ponto de receção.....	45
Tabela 4.6 – Consumos e encargos com GN por PRM, 2018.....	46
Tabela 4.7 – Consumos energéticos, encargos e emissões de CO ₂ e – 2018.....	47
Tabela 4.8 – Consumos e encargos com a EE, 2008 e 2018.....	49
Tabela 4.9 – Consumos e encargos com Gás Natural, 2008 e 2018.....	51
Tabela 5.1 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 27/11/2019 a 30/11/2019.....	54
Tabela 5.2 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 27/11/2019 a 30/11/2019, da sala D.00.09.....	55
Tabela 5.3 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 2/12/2019 a 7/12/2019.....	56
Tabela 5.4 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 02/12/2019 a 7/12/2019, da sala D.00.09.....	57
Tabela 5.5 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 9/12/2019 a 14/12/2019.....	57
Tabela 5.6 – Continuação Tabela 5.5.....	58
Tabela 5.7 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 09/12/2019 a 14/12/2019, da sala D.00.09.....	59

Tabela 5.8 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 16/12/2019 a 21/12/2019.....	59
Tabela 5.9 – Continuação Tabela 5.8.	60
Tabela 5.10 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 16/12/2019 a 21/12/2019, da sala D.00.09.....	61
Tabela 5.11 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 13/01/2020 a 14/01/2020.....	62
Tabela 5.12 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 13/01/2020 a 14/01/2020, da sala D.00.09.....	63
Tabela 5.13 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 2/12/2019 a 6/12/2019.....	64
Tabela 5.14 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 2/12/2019 a 6/12/2019, da sala D.01.11B-P2.....	65
Tabela 5.15 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 11/12/2019 a 14/12/2019.....	66
Tabela 5.16 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 11/12/2019 a 14/12/2019, da sala D.01.11B-P2.....	67
Tabela 5.17 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 16/12/2019 a 21/12/2019.....	67
Tabela 5.18 – Continuação da tabela 5.17.....	68
Tabela 5.19 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 16/12/2019 a 21/12/2019, da sala D.01.11B-P2.....	69
Tabela 5.20 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 06/01/2020 a 11/01/2020.....	70
Tabela 5.21 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 06/01/2020 a 11/01/2020, da sala D.01.11B-P2.....	71
Tabela 5.22 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 13/01/2020 a 14/01/2020.....	71
Tabela 5.23 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 13/01/2020 a 14/01/2020, da sala D.01.11B-P2.....	72
Tabela 5.24 – Resultados estatísticos das medições realizadas no terraço do gabinete D 02.41.	73
Tabela 5.25 – Resultados das medições aos níveis de iluminância realizadas no edifício D.	76
Tabela 6.1 – Caracterização da amostra (idade, sexo e nível de ensino).....	79
Tabela 6.2 – Informação dos ocupantes quanto à localização do posto de trabalho/estudo, tempo de utilização do edifício e ocupação da área de trabalho / estudo.	81
Tabela 6.3 – Análise estatística das variáveis que avaliam o edifício em geral e o posto de trabalho.	83
Tabela 6.4 – Análise estatística das variáveis que avaliam a qualidade do ambiente interior.	87
Tabela 6.5 – Continuação da tabela 6.4.....	88
Tabela 6.6 – Análise estatística aos dados do questionário BUS, para a resposta a problemas.....	96
Tabela A.A.1 – Tabela descritiva da estrutura do questionário.	112
Tabela A.E.1 – Tabela informativas sobre a distribuição e aplicação dos questionários.	121

Tabela A.E.2 – Continuação da Tabela A.E.1.....	122
Tabela A.E.3 – Tabela informativas sobre a distribuição e aplicação dos questionários.	123
Tabela A.G.1 – Resultados das questões que avaliam o edifício em geral.	133
Tabela A.G.2 – Avaliação do posto de trabalho.....	134
Tabela A.G.3 – Avaliação do conforto do edifício no inverno.	134
Tabela A.G.4 – Continuação da Tabela A.G.3.....	135
Tabela A.G.5 – Avaliação do conforto do edifício no verão.....	135
Tabela A.G.6 – Avaliação do ruído na normal área de trabalho/estudo.....	136
Tabela A.G.7 – Avaliação da iluminação na normal área de trabalho/estudo.....	136
Tabela A.G.8 – Avaliação do conforto geral do edifício.	137
Tabela A.G.9 – Influência do edifício na produtividade do ocupante.....	137
Tabela A.G.10 – Avaliação da forma como o edifício afeta o estado de saúde do ocupante.	137
Tabela A.G.11 – Controle que os ocupantes têm sobre os diferentes aspetos do seu ambiente de trabalho/estudo.....	137
Tabela A.G.12 – Velocidade e eficácia da resposta a pedidos de intervenção efetuados pelos ocupantes. ...	138

Lista de siglas

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AQS	Produção de água quente sanitária
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BUS	Building Use Studies
CO ₂	Dióxido de carbono [ppm]
EDP	Energias de Portugal
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
EE	Energia Elétrica
FER	Fontes de Energias Renováveis
GN	Gás Natural
HR	Humidade Relativa [%]
IPLeiria	Politécnico de Leiria
MT	Média Tensão
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PNEC	Plano Nacional Energia e Clima
PRM	Postos de Redução e Medição
QAI	Qualidade do Ar Interior
T	Temperatura [°C]

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Na generalidade, cada indivíduo passa entre 80 a 90% do seu tempo em espaços interiores, quer seja no seu posto de trabalho, como na sua casa, em transportes públicos, na escola, restaurantes, centros comerciais, entre outros espaços (REHVA, 2019), onde as condições neles existentes podem influenciar o seu bem-estar.

Concomitantemente, verificam-se baixas taxas de renovação do ar associadas a elevadas taxas de ocupação, em que os ocupantes dos edifícios participam na libertação de poluentes para o ar interior, principalmente através da sua respiração, libertando dióxido de carbono, humidade, microrganismos e poeiras. Além disso, os componentes da construção do edifício, móveis e equipamentos existentes no seu interior, bem como as atividades nele desenvolvidas contribuem com outros poluentes do ar interior, como contaminantes microbianos, compostos orgânicos voláteis (COVs) e formaldeído (Sanguessuga, Viegas, Almeida & Gomes, 2012).

Estudos demonstraram que a qualidade do ambiente interior nos edifícios escolares é deficiente e que as salas de aula têm uma elevada taxa de ocupação, o que tem efeitos negativos na saúde, conforto e desempenho dos ocupantes (Dias Pereira, Neto, Bernardo & Gameiro da Silva, 2017). No entanto, os edifícios escolares devem proporcionar um ambiente de aprendizagem onde as condições ambientais interiores se encontrem otimizadas, incluindo valores de temperatura e humidade de ar aceitáveis, baixos níveis de dióxido de carbono, iluminação adequada e um “ambiente” tranquilo (Dias Pereira et al., 2017).

No entanto, para Alfano et al. (2010), o conceito de qualidade do ambiente interior é bastante complexo e deve ter em conta diferentes variáveis, que se encontram relacionadas entre si, como o conforto térmico, conforto visual, qualidade do ar interior e conforto acústico.

Associado ao cumprimento dos requisitos da qualidade do ambiente interior está o consumo de energia, que muitas das vezes é aumentado e proporcionalmente os encargos associados (Dias Pereira et al., 2017). Segundo Benzinho (2016), os principais usos de

energia no setor dos edifícios são o aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), iluminação, águas quentes sanitárias e preparação de alimentos. O estudo do ambiente interior em edifícios surge forçosamente associado à energia, uma vez que o objetivo será sempre o de reduzir para níveis aceitáveis o consumo energético (Abreu, 2010).

A nível europeu, o sector dos edifícios, que engloba o sector dos serviços e residencial, é considerado como o sector que absorve maior percentagem de energia final com cerca de 40% do consumo (Ramalho & Martins, 2019) e em que 12% desse consumo é afeto aos edifícios escolares (Bernardo, Antunes, Gaspar, Pereira, & da Silva, 2017).

Em contrapartida, nos últimos anos tem-se acompanhado um aumento do consumo da energia, relacionado a uma forte dependência energética essencialmente relacionada com o elevado uso de novas tecnologias (Jahan, 2016 e Claro, 2013). E em que a principal fonte de energia primária em Portugal continua a ser o petróleo, apesar da sua dependência ter diminuído nos últimos anos, devido a um aumento das fontes renováveis e do gás natural (Benzinho, 2016). No entanto, o sector dos edifícios ainda é responsável por 36% das emissões de dióxido de carbono na Europa (Sousa, 2012).

A maioria das organizações enfrenta atualmente vários desafios energéticos, nomeadamente a necessidade da redução de consumos energéticos, o cumprimento dos requisitos legais impostos, as imposições fiscais, a certificação do seu desempenho energético, os encargos a estes associados e a opinião pública, bem como outros parâmetros (Alfano et al., 2010).

Atualmente existem tecnologias inovadoras que permitem aos edifícios um consumo de energia mais racional, fornecendo ao mesmo tempo excelentes condições do ambiente interior (Alfano et al., 2010). De acordo com o guia “Gestão da qualidade para edifícios” da (REHVA, 2019), é possível economizar entre 5 - 30% da energia consumida em edifícios através da avaliação das lacunas existentes na sua gestão. E vários estudos realizados ao longo dos últimos anos indicaram que a realização de auditorias energéticas era possível identificar oportunidades de racionalização de consumos, tendo em conta o normal uso do edifício. Uma auditoria energética realizada na Arábia Saudita num edifício educacional demonstrou que a realização de alterações no aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), iluminação, isolamento térmico e sistemas de sombreamento, poderia ter uma economia energética até 35,3% (Dias Pereira et al., 2017).

Assim, é possível economizar energia com tecnologias eficientes e incluir atualizações ao AVAC, recuperação de calor, atualizações da iluminação existente ou promover sistemas automáticos de iluminação, alterações à envolvente da construção e/ou adoção da microgeração local. No entanto, podem ser considerados outros meios amplamente considerados como a monitorização dos consumos e a sensibilização para uma “cultura de eficiência energética” por parte dos ocupantes (Borgstein, Lamberts, & Hensen, 2018).

Contudo, estes desafios devem ainda incorporar uma gestão sustentável, e que segundo o definido no relatório “*Our Common Future*”, sustentabilidade “é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades”(Freitas, 2014). Em 2015, por forma a dar continuidade um desenvolvimento sustentável, 193 Estados-membros da ONU definiram os 17 Objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), que constituem a Agenda 2030, que têm como base os progressos e lições aprendidas com os 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milénio, estabelecidos entre 2000 e 2015 (ODS, 2020). Estes de uma forma mais inclusiva retratam as ações a tomar quer pelos países, quer localmente pelas instituições por forma a atingir a sustentabilidade.

De entre os 17 ODS destacam-se 4, que podem ser aplicados nos edifícios escolares tendo em conta o desempenho energético e a qualidade do ambiente interior, designadamente o ODS 7 (Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos), ODS 11 (Tornar as cidades e as comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes sustentáveis), ODS12 (Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis) e o ODS 13 (Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos) (ONU, 2018).

O presente projeto tem como principal objetivo apresentar o estudo do desempenho do edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria, com o intuito de promover a sua sustentabilidade, uma melhoria da qualidade do ambiente interior e uma gestão dos consumos energéticos.

Isto será possível através de uma análise dos consumos energéticos do campus, das medições de alguns dos parâmetros do ambiente interior (qualidade do ar, conforto térmico e iluminação) e percebendo através da avaliação dos ocupantes do edifício quais as melhores medidas a adotar para uma racionalização dos consumos energéticos e

concomitantemente uma melhoria do ambiente interior do edifício em estudo, e que posteriormente podem ser ampliadas ao Campus 2 do IPLeiria.

1.2. Estrutura do documento

O documento foi subdividido em sete capítulos, por forma a apresentar todo o projeto desenvolvido.

No primeiro capítulo, é realizada uma introdução ao tema abordado, enquadrando os requisitos do ambiente interior, essencialmente nos edifícios escolares, bem como os consumos energéticos associados ao cumprimento destes requisitos, e quais as medidas a adotar para um consumo energético de forma sustentável e eficiente.

No capítulo seguinte, é realizado um enquadramento, às áreas temáticas em estudo, abordando a energia em Portugal, a qualidade do ambiente interior e as variáveis que a definem, como o conforto térmico, iluminação e qualidade do ar interior. E ainda um enquadramento à avaliação pós-ocupação, tendo em conta metodologia utilizada (*Building Use Studies*).

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia adotada na recolha de dados e ainda caracterizado o edifício em estudo.

Do quarto ao sexto capítulo são apresentados os resultados obtidos no projeto. Assim, no quarto capítulo é apresentada a caracterização e análise dos consumos energéticos, descrevendo a aquisição, receção e distribuição de energia e expondo os consumos e encargos para energia elétrica e gás natural, quer para o ano em estudo (2018), como em comparação com 10 anos antes (2008). No quinto capítulo apresentam-se os resultados das medições aos parâmetros do ambiente interior, designadamente a qualidade do ar interior, conforto térmico e níveis de iluminância nas salas do edifício D. E no sexto capítulo, são expostos os resultados da avaliação pós-ocupação, face à aplicação do questionário *BUS*.

Por último, no sétimo capítulo, apresentam-se as considerações finais do trabalho e algumas propostas de trabalho para desenvolvimentos futuros.

2. Energia e ambiente interior em edifícios

2.1. Energia

A energia elétrica é atualmente um bem essencial e do qual a população mundial depende, desde a indústria ao uso doméstico. Esta dependência deve-se à necessidade da energia elétrica para o funcionamento da maioria dos equipamentos que se encontram nas mais diversas instalações (Claro, 2013).

A matriz energética mundial ainda é dependente dos combustíveis fósseis, que são recursos finitos (P. Martins, 2012). E associado à utilização de combustíveis fósseis existe a emissão de gases com efeito de estufa (GEE) com impacto direto no aumento da temperatura do planeta e potenciando alterações climáticas. Estas alterações refletem-se no aumento do nível médio dos oceanos por liquefação dos polos e das zonas áridas (G. Custódio, 2011)

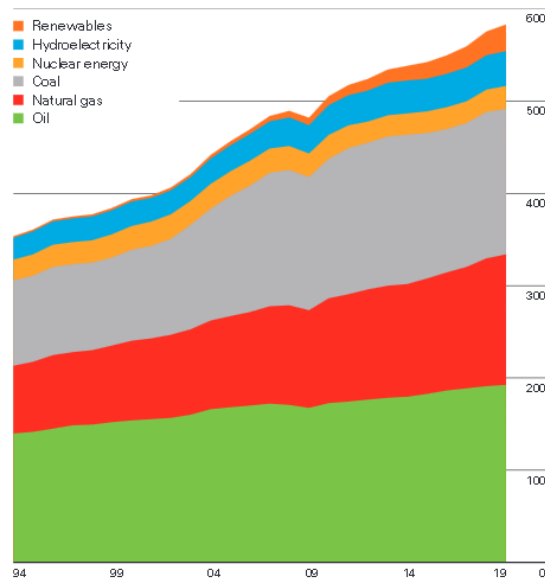


Figura 2.1 – Evolução e distribuição do consumo mundial de energia (BP, 2020).

Na Figura 2.1 constata-se que o consumo de energia primária aumentou 1,3% no ano de 2019. O crescimento foi impulsionado pelas energias renováveis e gás natural, que juntos contribuíram em 75% para esse aumento. Por região, o consumo caiu na América do Norte, Europa e CIS¹ e o crescimento ficou abaixo da média na América do Sul e Central. Nas

¹ CIS, do inglês “*Commonwealth of Independent States*”, e em português a “Comunidade dos Estados Independentes” é uma organização supranacional envolvendo 10 repúblicas que pertenciam à antiga União Soviética, da qual integram Armênia, Azerbaijão, Bielorrússia, Cazaquistão, Quirguistão, Moldávia, Rússia, Tadjiquistão, Turquemenistão e Uzbequistão.

demais regiões, o crescimento ficou praticamente em linha com as médias históricas (BP, 2020).

Segundo Freitas (2014) ainda existem aproximadamente 1,3 biliões de pessoas sem acesso a energia elétrica e dez países, quatro dos quais na Ásia e seis na África subsariana, perfazendo dois terços de pessoas sem abastecimento de energia elétrica.

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, nomeadamente, aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás) (APICER & CTCV, 2012). Não sendo Portugal um produtor de petróleo, carvão ou gás natural, e não possuindo capacidade de produção hidroelétrica e eólica capazes de satisfazer o consumo integral de energia em cada instante, sem descontinuidades, o país manifesta uma elevada dependência energética proveniente do exterior.

No ano de 2018 a dependência energética de Portugal foi de 75,9%, uma dependência inferior ao ano de 2017 e de 2008 (10 anos antes), logo verifica-se uma tendência para a diminuição da dependência energética (Figura 2.2).

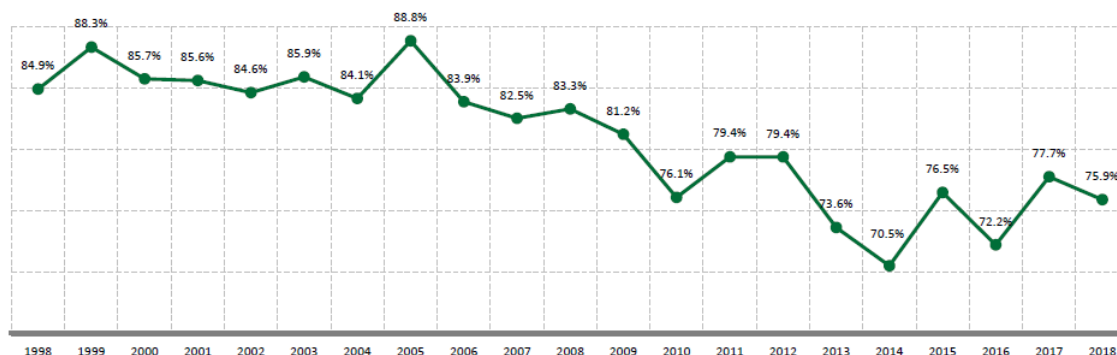


Figura 2.2 – Evolução da dependência energética de Portugal (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).

Portugal registou em 2018 um consumo de energia primária de 22 476 ktep (- 2,8%, face a 2017). Analisando o consumo das diferentes formas de energia em 2018, verifica-se que o petróleo continua a ser a principal fonte de energia primária (38,8%), seguindo-se as energias renováveis (26,8%), gás natural (22,4%) e o carvão (12%).

A maior utilização dos recursos endógenos e renováveis portugueses para a produção de energia elétrica tem alterado a composição do *mix* de produção de energia elétrica em

Portugal e tem, consecutivamente, desempenhado um papel cada vez mais determinante na satisfação do consumo (APREN, n.d.).

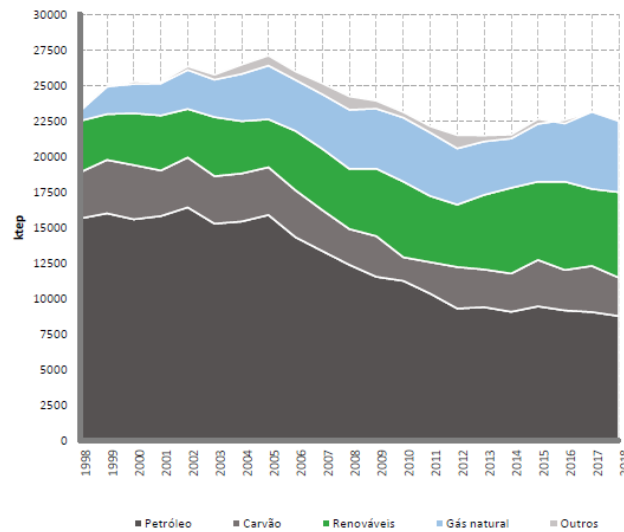


Figura 2.3 – Evolução do consumo total de energia primária (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).

De acordo com (PORDATA, 2020) a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis no ano de 2018 foi de 51,4 %.

Analisando a produção de energia elétrica por fonte renovável em 2018, constatou-se que a componente hídrica foi responsável por 44,2% da energia elétrica produzida, seguindo-se a produção eólica (41,2%), a biomassa (10,5%), a fotovoltaica (3,3%) e a geotérmica (0,7%) (APA, 2019).

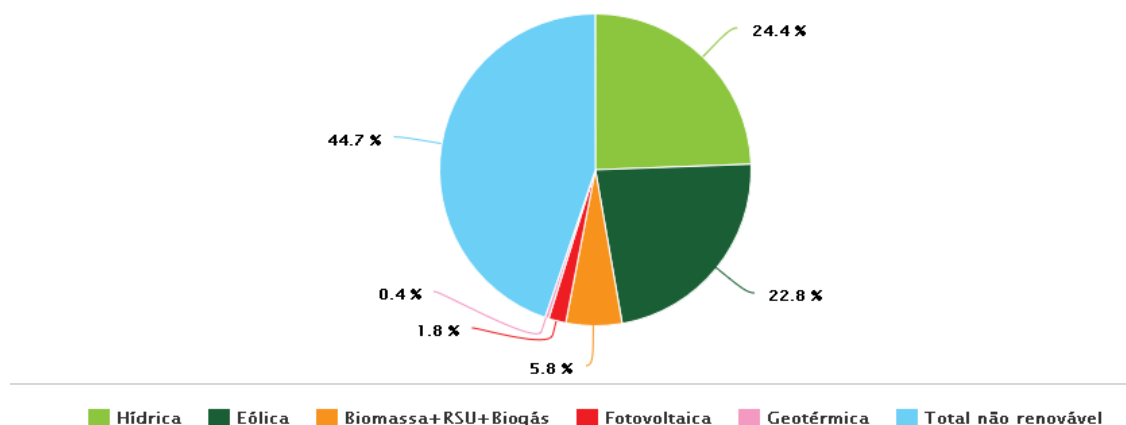


Figura 2.4 – Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal, em 2018 (APA, 2019).

Tendo em conta o consumo de energia em Portugal, por setores, constata-se que os setores da indústria e dos transportes são os principais consumidores de energia. Na figura seguinte

pode-se observar a distribuição do consumo pelos diferentes setores de atividade. Em 2018, o setor dos transportes continuou a ser o principal consumidor de energia (35,7%), seguido da indústria (29,5%), doméstico (17,7%), serviços (14,2%) e agricultura e pescas (2,8%).

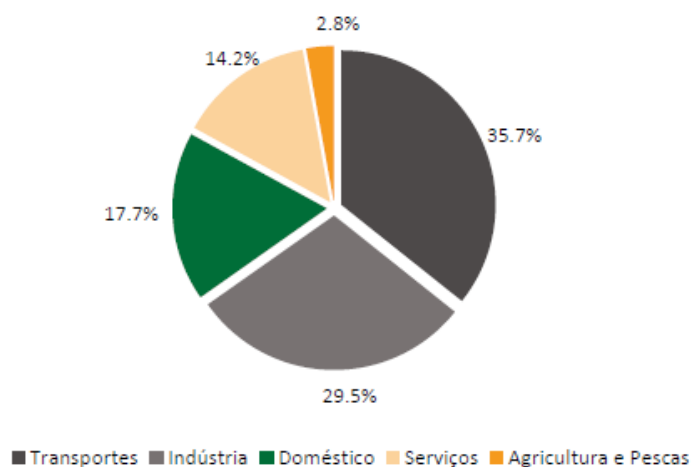


Figura 2.5 – Consumo de energia final por setor de atividade, em 2018 (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).

O sector dos serviços, inclui os serviços públicos, serviços privados de saúde e educação, o comércio, a restauração, a hotelaria, a banca e seguros, entre outros (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).

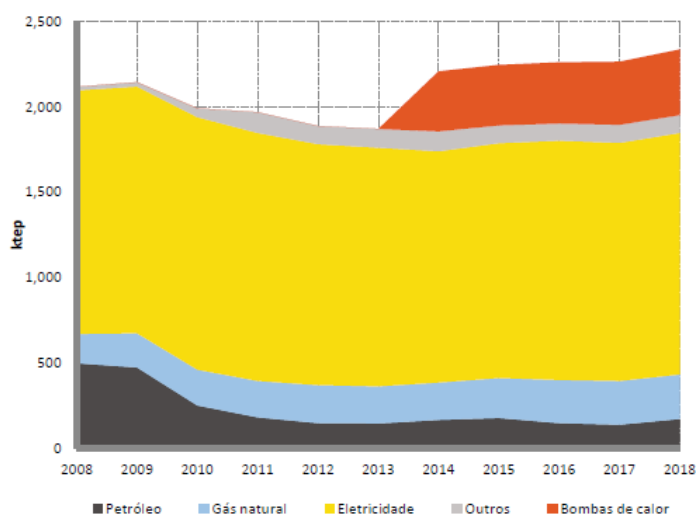


Figura 2.6 – Consumo no setor dos serviços (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).

Nos últimos cinco anos, o consumo energético no setor dos serviços subiu 5,8%. E nos últimos dez anos, o consumo de produtos de petróleo caiu para menos de metade, tendo o consumo de gás natural neste período verificado um aumento de 52,9% e a energia elétrica,

desde 2008, tem praticamente mantido o consumo, com oscilações anuais inferiores a 3% (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).

Relativa ao desempenho energético dos edifícios, que entre outros requisitos, impõe aos Estados-Membros o estabelecimento e atualização periódica de regulamentos para reduzir os consumos energéticos nos edifícios novos e reabilitados, impondo, com poucas exceções, a implementação de todas as medidas pertinentes com viabilidade técnica e económica. A Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, vem clarificar alguns dos princípios do texto da anterior Diretiva n.º 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002, e introduzir novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios. Em 2018, ambas as diretivas foram alteradas, como parte do pacote da energia limpa aplicável aos países europeus. Esta alteração à diretiva do desempenho energético dos edifícios (2018/844/UE) introduz novos elementos e tem um forte sinal político sobre o compromisso da UE em modernizar o setor da construção à luz dos avanços tecnológicos e de aumentar a renovação dos edifícios.

Em geral, em Portugal continua-se a denotar uma elevada percentagem de combustíveis fósseis utilizados, apesar de a percentagem de energias renováveis ter aumentado assim como a dependência energética ter diminuído.

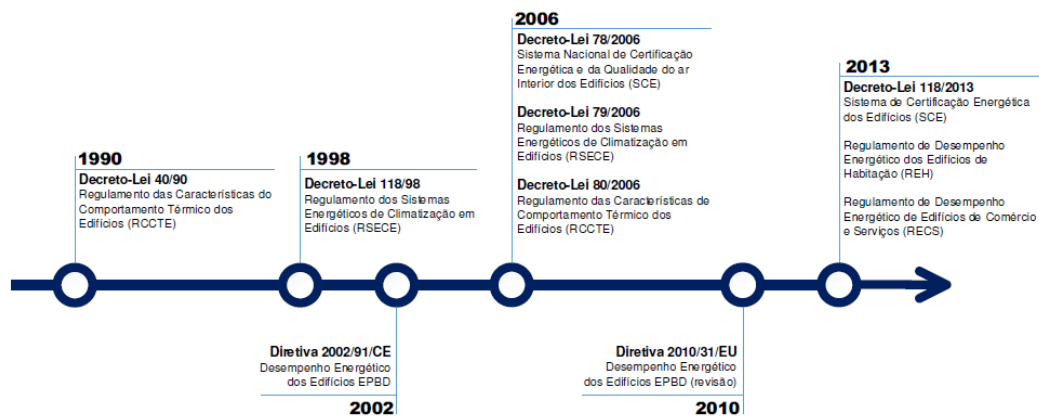


Figura 2.7 – Evolução legislativa da Europa e de Portugal (Ferreira, 2015).

Assim, e face ao que se tem assistido em outros países da Europa, Portugal tem vindo a implementar vários instrumentos políticos para a promoção da eficiência energética em edifícios. Tendo-se notado nos últimos anos uma evolução crescente a nível legislativo e em termos de exigências tanto no sector residencial, como no sector dos serviços, no âmbito

do comportamento térmico dos edifícios, nos quais o conforto se traduz num aumento de produtividade ou qualidade dos serviços prestados.

A legislação portuguesa tem evoluído ao longo dos anos (Figura 2.7), e com a publicação do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, foi assegurada a transposição para o direito nacional da Diretiva 2010/31/EU, bem como a revisão da legislação nacional referente ao SCE, em vigor desde 2006. Neste novo diploma único, estão incluídos o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação – REH (correspondente ao antigo RCCTE) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços – RECS (correspondente ao antigo RSECE) tornando-se deste modo mais clara a separação do âmbito de aplicação do SCE aos edifícios de habitação e aos edifícios de comércio e serviços.

A obrigatoriedade da implementação de um sistema de certificação energética tem como objetivo informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, venda arrendamento ou locação dos mesmos, permitindo aos futuros utilizadores a obtenção de informações sobre os consumos de energia potenciais (para novos edifícios), reais ou aferidos para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes).

Uma das novidades deste novo diploma é o da obrigação dos proprietários dos edifícios indicarem a classificação energética da fração ou edifício constante do respetivo pré-certificado (antiga Declaração de Conformidade Regulamentar - DCR) ou certificado SCE em todos os anúncios publicados com vista à venda ou locação, obrigação essa extensível aos promotores ou mediadores da venda ou locação, no âmbito da sua atuação.

Relativamente à qualidade do ar interior, passa a ser privilegiada a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica. É também considerado relevante a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de proteção para concentrações de poluentes do ar interior, de modo a salvaguardar os mesmos níveis de proteção de saúde e de bem-estar dos ocupantes dos edifícios.

São ainda eliminadas as auditorias de qualidade do ar interior, mantendo-se, no entanto, a necessidade de se proceder ao controlo das fontes de poluição e à adoção de medidas preventivas, quer ao nível da conceção dos edifícios, quer do seu funcionamento.

2.1.1. Plano nacional energia e clima 2021- 2030

A 21 de maio de 2020 foi aprovado em Conselho de Ministros o Plano Nacional Energia e Clima 2021 - 2030 (PNEC 2030) que define, a partir de oito objetivos estratégicos, as suas principais linhas de atuação, medidas a adotar e objetivos e metas a atingir, constituindo-se no principal instrumento de política energética para a próxima década.



Figura 2.8 – Objetivos nacionais para o horizonte 2030 (PNEC 2030, 2020).

Entre os objetivos nacionais do PNEC 2030 destaca-se o facto da eficiência energética continuar a ser uma prioridade para a procura de novas formas de concretização. O reforço da aposta nas energias renováveis contribuirá para a desejável redução da dependência energética do país para 65% em 2030, promovendo a eletrificação da economia e a diversificação de fontes de energia endógenas. A segurança energética prevê mecanismos sólidos que garantam o abastecimento sustentável de energia em conjugação com a modernização das infraestruturas, a diversificação das fontes e origem da energia e a integração, reconfiguração e digitalização do mercado de energia. A revolução na mobilidade sustentável, será feita através da promoção das transferências modais para o transporte público, a reconversão de frotas, a aposta na mobilidade elétrica, no GNL e no hidrogénio (Observatório da Energia; ADENE; DGEG, 2020).

2.1.2. Zonamento climático

A localização dos edifícios é importante no que respeita às necessidades térmicas do edifício. Em Portugal, de acordo com o Despacho n.º 15793-F/2013, estão definidas três regiões climáticas para o inverno e outras três para o verão de acordo com a Figura abaixo. As zonas classificadas como I1 correspondem aos locais com menores necessidades de aquecimento no período de inverno, por sua vez I3 significa zonas com menores temperaturas externas o que se traduz em maiores necessidades de aquecimento. No caso do verão as zonas classificadas como V1 têm menores necessidades de arrefecimento e por sua vez as V3 são as zonas com maior consumo energético em relação às necessidades de arrefecimento.

O município de Leiria encontra-se na zona climática do Pinhal interior norte, juntamente com os municípios da Batalha, Marinha Grande, Pombal e Porto de Mós. Considerando a Figura 2.9 constata-se que a zona climática de inverno para Leiria é a I2 ($1\ 300 < GD^2 \leq 1\ 800$), ou seja, uma zona com necessidades intermédias de aquecimento no período de inverno. A zona climática de verão é a V2, zona esta com necessidades intermédias de arrefecimento.

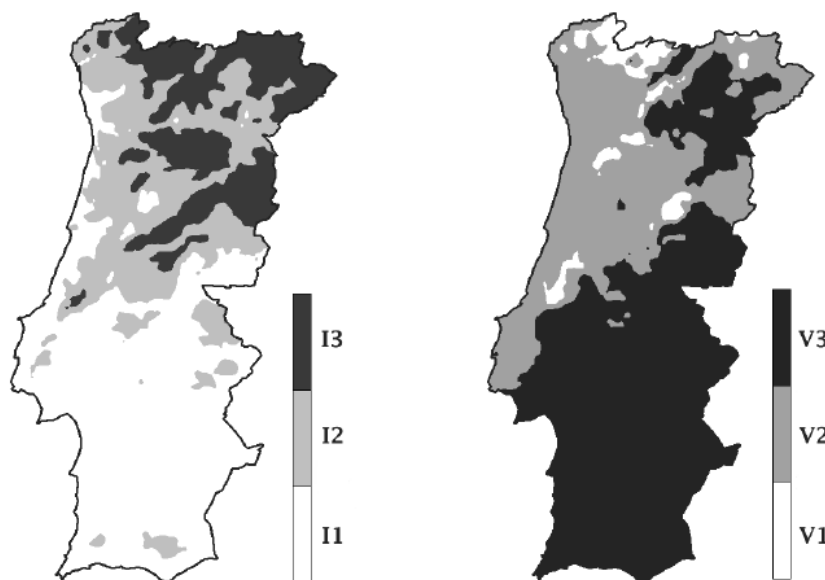


Figura 2.9 – Zonas climáticas de Inverno (esquerda) e de Verão (direita) para Portugal Continental (Despacho n.º 15793-F/2013 de 3 de dezembro).

De uma forma geral, o clima de Leiria corresponde perfeitamente às características de um clima mediterrâneo: verão sem chuva, com muitas horas de sol e quente, em alternância

² GD – Graus-dia de aquecimento.

nítida com uma estação fresca durante a qual se sucedem desordenadamente os dias de chuva e as abertas de sol (Câmara Municipal de Leiria, 2015).

A temperatura média do concelho é de 15,9 ° e a pluviosidade média anual é de 790 mm. A distribuição sazonal da precipitação é muito acentuada, concentrando-se no semestre húmido, de outubro a março, com cerca de 75% da precipitação. O mês mais seco é julho e tem 6 mm de precipitação e o mês de maior precipitação é novembro, com uma média de 116 mm. O mês de agosto é o mais quente do ano (21,1 °C) e janeiro é o mês que apresenta uma temperatura média mais baixa (10,8 °C).

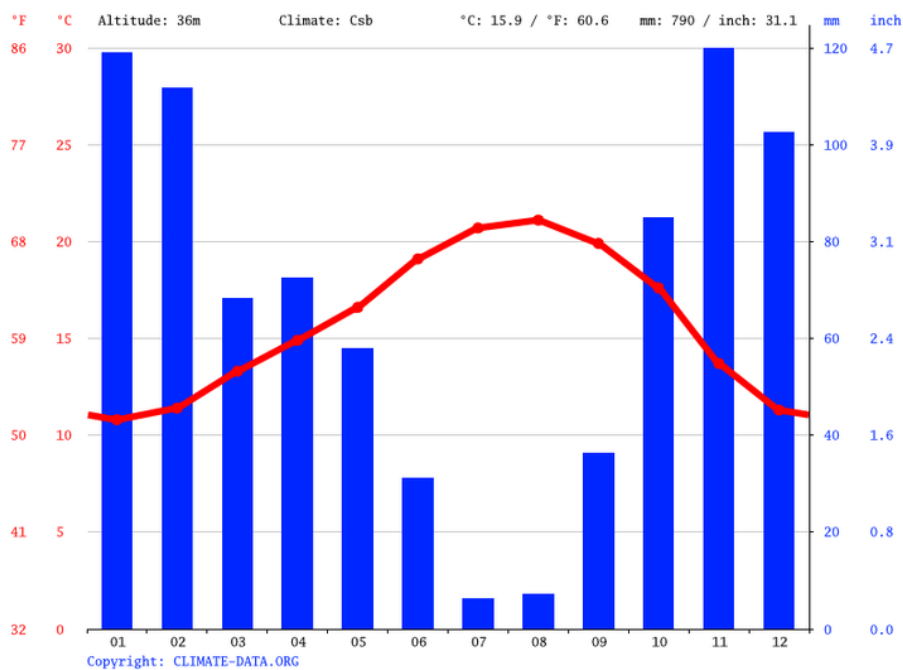


Figura 2.10 – Temperatura e precipitação média, Leiria (Climate-Data.org, n.d.).

2.2. Qualidade do ambiente interior

O conceito de qualidade do ambiente interior, denominado em inglês como *Indoor Environmental Quality (IEQ)*, tem levado a uma crescente preocupação por parte dos utilizadores dos edifícios devido à sua importância nos efeitos provocados diretamente na saúde humana. A consciencialização em promover um espaço agradável e fresco ocorreu posteriormente à crise petrolífera, período no qual as medidas de poupança de energia potenciaram a degradação da qualidade do ar interior. Estas medidas passaram essencialmente pela redução das taxas de ventilação, nomeadamente, pela tentativa de reduzir as infiltrações do ar (Soares, 2017). A colocação de isolamento térmico e a redução da permeabilidade das caixilharias foram exemplos de soluções adotadas que permitiram diminuir as passagens não controláveis de ar e conseqüentemente diminuir os consumos de energia. Por sua vez, a limitada ventilação dificultou a admissão de ar limpo e, essencialmente, a extração dos poluentes.

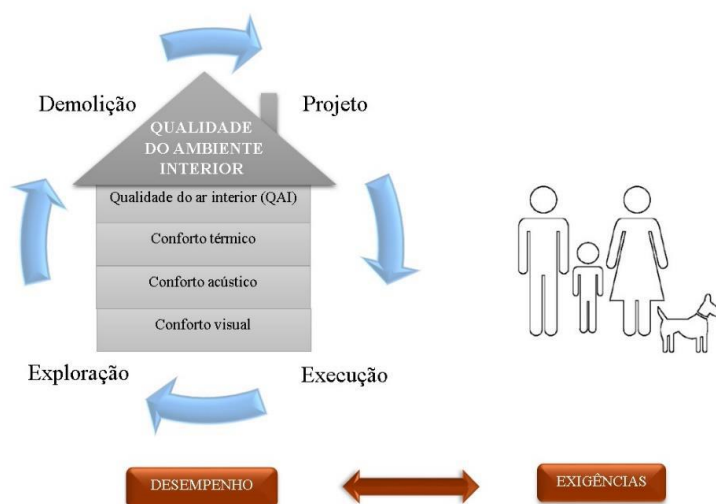


Figura 2.11 – Parâmetros da qualidade do ambiente interior (Soares, 2017).

É neste contexto que surge o termo qualidade do ar interior (QAI), diretamente relacionado com os poluentes gerados no interior e exterior capazes de empobrecer a qualidade ambiental de um espaço. Desta forma, segundo o definido no manual REHVA, a qualidade do ambiente interior é definido como uma medida de efeito conjunto do conforto térmico, conforto visual, conforto acústico e das condições de qualidade do ar interior num ambiente específico(Alfano et al., 2010).

Um bom ambiente acústico na escola é também um fator importante, uma vez que está relacionado com as principais tarefas dos alunos: ouvir, compreender e aprender. Inadequada inteligibilidade e ruído de fundo muito alto pode ser causa de desempenho diminuído e problemas de saúde (Sanguessuga et al., 2012).

Conforto é um conceito subjetivo e difícil de avaliar, já que varia de pessoa para pessoa. Contudo, conforto pode ser descrito como a interpretação pessoal de estímulos, através de respostas fisiológicas (sensações) e de emoções. Os estímulos ambientais são físicos, objetivos e quantificáveis, sendo percebidos pelo indivíduo através dos seus sentidos, e manifestados através de sensações (Parreiral, 2011).

Concomitantemente, um ambiente com pouca luz pode afetar o desempenho dos ocupantes na execução das suas tarefas, e conseqüentemente influenciar o seu desempenho. Deste modo, por forma a obter um conforto visual e um eficaz desempenho das tarefas, é importante existir um correto projeto dos sistemas de iluminação, com uma escolha e distribuição das luminárias a utilizar tendo em conta os requisitos dos ocupantes e considerando os materiais do espaço (Sanguessuga, 2012).

Deste modo, a saúde e conforto dos alunos e professores estão entre os muitos fatores que contribuem para a aprendizagem e produtividade nas salas de aula, que por sua vez afetam o desempenho e comportamento dos ocupantes (alunos e professores).

2.2.1. Conforto térmico

Ambientes excessivamente quentes ou frios podem afetar o comportamento motor e cognitivo dos ocupantes. Muitos estudos têm revelado que um ambiente térmico inadequado em salas de aula, afeta a capacidade de compreensão dos alunos. A exposição a temperaturas elevadas reduz o desempenho dos alunos, enquanto que temperaturas baixas reduzem a destreza manual e a velocidade dos alunos (Parreiral, 2011).

O conforto térmico é reconhecido como um conceito que não é exato, pois não implica apenas a existência de uma temperatura exata, mas depende de fatores quantificáveis, como a temperatura, níveis de humidade, velocidade do ar, fontes de calor entre outros, e de fatores não quantificáveis, tais como estado mental, hábitos, educação, etc. Em termos ocupacionais, é um fator que intervém, de forma direta ou indireta, na saúde e bem-estar dos ocupantes e conseqüentemente nas tarefas que lhes estão atribuídas.

Segundo a *ANSI* e *ASHRAE* (2004), o conforto térmico é definido como a condição da mente que expressa a satisfação com o ambiente térmico. Assim, esta avaliação resultará da sensação térmica que um indivíduo possuirá no seu corpo como um todo. E como tal o conforto térmico não pode ser apenas medido pela temperatura e humidade do ar, mas também pelo número de ocupantes que se queixam de desconforto térmico (Sensirion, 2010).

Segundo Silva (2013), pode-se afirmar que têm que estar reunidas três condições para que se possa atingir o conforto térmico:

- o indivíduo tem de se encontrar em neutralidade térmica³;
- a temperatura da sua pele e os limites da sua taxa de secreção de suor devem ser compatíveis com a sua atividade;
- o indivíduo não se deve encontrar sujeito a desconforto localizado.

Com o intuito de se poder avaliar o conforto térmico, existem seis fatores principais que têm influência relevante no conforto térmico dos ocupantes e que podem ser divididos em fatores ambientais e pessoais (Sensirion, 2010).

Os fatores pessoais, têm em conta a atividade e condição pessoal e as roupas utilizadas. A atividade individual, designadamente: trabalhar sentado num escritório, prática de exercício num ginásio, doentes que se encontram num hospital ou estar a executar uma tarefa no exterior. Diferentes tipos de atividades têm efeitos na produção de calor por parte do ocupante e alteram a sua sensação térmica. Por sua vez, a roupa é uma barreira entre a superfície cutânea e o ambiente e proporciona propriedades de conservação ou perda de calor corporal (Sensirion, 2010).

Por outro lado, os fatores ambientais têm em conta a temperatura do ar, a temperatura radiante, a humidade relativa e a velocidade do ar. A temperatura radiante e a velocidade do ar estão relacionadas com fatores do ar exterior e são difíceis de controlar. Portanto, a revisão da literatura sobre o conforto térmico concentra-se mais na humidade e temperatura do ar. No entanto, a experiência térmica de um indivíduo não depende apenas da temperatura, mas também da humidade existente no ar. Um grau de humidade elevado

³ Neutralidade térmica é a condição em que a pessoa não prefere nem mais calor nem mais frio no ambiente interior em que se encontra.

dificulta a evaporação do suor, enquanto que baixos níveis provocam um problema de secura das vias respiratórias que podem dar lugar a problemas respiratórios (Sensirion, 2010).

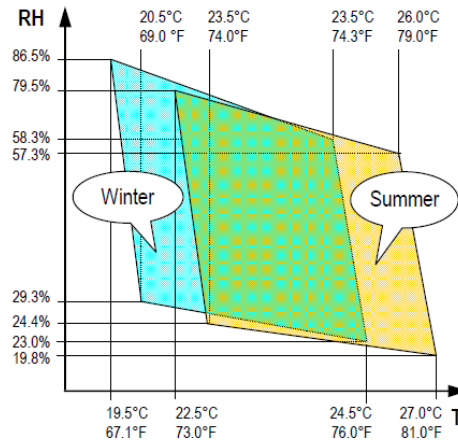


Figura 2.12 – Diagrama da zona de conforto, com base na humidade relativa [H] e temperatura [T] definida pela ASHRAE 55-1992 (Sensirion, 2010).

Segundo a *ASHRAE*, e como se visualiza na figura acima, a definição da zona de conforto tem em conta apenas a humidade relativa e a temperatura do ar. Em que se verifica que a sensação de temperatura por parte dos ocupantes depende da humidade do ar, e tal como é possível ver pelos limites inclinados da zona de conforto tanto para os limites superiores, como inferiores destes dois parâmetros, níveis de humidade relativa superiores proporcionam ao ocupante uma sensação de temperatura superior (Sensirion, 2010).

Com o intuito de obter um ambiente interior dos edifícios termicamente confortável para os seus ocupantes, as normas sobre o conforto térmico são uma ferramenta essencial.

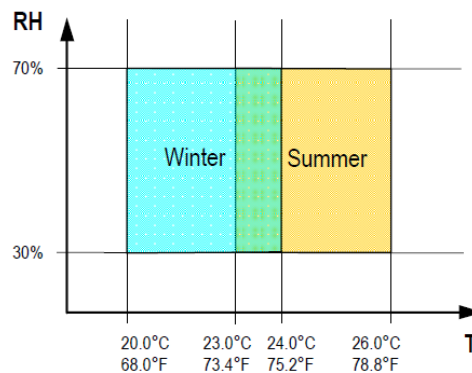


Figura 2.13 - Diagrama da zona de conforto, com base na humidade relativa [Hr] e temperatura [T] de acordo com a ISO 7730 (Sensirion, 2010).

A legislação portuguesa é ainda generalista e não contempla valores limites de referência. E outra abordagem pode ser dada pela Norma ISO 7730/2005 sobre “Ambientes Térmicos: Instrumentos e métodos para medição de parâmetros físicos”. Esta norma considera que um espaço apresenta condições de conforto térmico quando não mais do que 5% dos seus ocupantes se sintam desconfortáveis. No entanto em comparação com a ASHRAE, a norma negligencia o facto de temperaturas mais elevadas poderem ser suportadas por humidades relativas mais baixas. Portanto, os limites superior e inferior da temperatura são verticais (Figura 2.13). Esta abordagem pode ser usada em aplicações menos exigentes, para uma implementação mais simples de algoritmos de ar condicionado.

2.2.2. Iluminação

As salas de aula são os ambientes interiores das escolas e universidades onde os estudantes e os docentes passam mais tempo, desenvolvendo aí tarefas exigentes a nível visual, como atividades de escrita e leitura, que são essenciais à aprendizagem (Mansilha, 2013). Como tal, estes espaços devem possuir condições adequadas, pois ambientes com iluminação inadequada desencadeiam problemas de saúde nos utilizadores, sendo as principais queixas a fadiga ocular, a visão turva, a irritação e secura dos olhos e dores de cabeça (L. Silva, 2015).

E tendo em conta que mais de 80% da aprendizagem é feita através da nossa visão e, muitas vezes, só é possível acreditar em alguma coisa, quando se consegue visualizá-la. A sensação visual desencadeia-se por meio da luz “visível” (uma porção do espectro de radiação eletromagnética que estimula o nervo ótico e reflete a imagem na retina). Os olhos podem percecionar cerca de dez milhões de variações de luz e sete milhões de diferentes tonalidades de cor. A retina, que recebe a luz, transforma-a através de impulsos nervosos, numa nova imagem, num décimo de segundo (Pais, 2011).

Assim, uma iluminação adequada para a execução de tarefas resulta da iluminação natural, da iluminação artificial ou da combinação de ambas. A iluminação natural provém dos vãos envidraçados, colocados nas paredes laterais ou tetos, tendo como finalidade a entrada de luz natural. No entanto, estes podem desencadear efeitos indesejados tais como brilhos, reflexos e aquecimento dos espaços, o que obriga à instalação de dispositivos de proteção da radiação direta (por exemplo: persianas). A iluminação natural é ainda regulada pelas condições atmosféricas e pela duração do dia (Silva, 2015).

Apesar da iluminação natural apresentar diversas vantagens em relação à artificial, nem sempre nos pode garantir um nível de iluminação adequado, necessitando-se na maioria dos casos, da iluminação artificial como complemento. E como tal, o sistema de iluminação artificial consiste em algumas ou todas as seguintes partes: fontes (lâmpadas), balastros, refletores, componentes de proteção/difusa e luminárias (Mansilha, 2013).

Por outro lado, a utilização de iluminação artificial acarreta encargos e não é tão benéfica para a saúde e produtividade quanto a iluminação natural. Contudo, estudos concluíram que trabalhar sob condições de iluminação artificial, ao final do dia e em períodos curtos, tem mais efeitos positivos do que efeitos negativos (Silva, 2015).

Em contrapartida a quantidade e qualidade de iluminação dependem de vários fatores tais como o preenchimento do espaço, coeficientes de reflexão das superfícies, posição dos envidraçados, altura do posto de trabalho, tipo de luminárias existentes e a sua distribuição no espaço, entre outros (Salvador, 2015).

No que respeita a sistemas de iluminação de edifícios, a legislação portuguesa, designadamente através do SCE, na Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro, impõem requisitos de iluminação, mais concretamente valores máximos de Densidade de Potência de Iluminação (DPI), a que determinados espaços, por via do uso a que estão destinados, deverão ter.

As normas internacionais definem níveis de iluminância para diversas atividades, valores também adotados em Portugal, nomeadamente 500 lux para atividades de leitura e escrita (NP EN 12464-1:2017).

2.2.3. Qualidade do ar interior

O ar puro é considerado um requisito básico para a saúde e bem-estar humano. Para além da necessidade de hidratação que o corpo humano tem, não se deve descurar a necessidade constante de fornecimento de ar. E tendo em conta os requisitos de ar e água, constata-se que por dia cada ser humano necessita de cerca de 10 – 20 m³ de ar e 1 – 2 litros de água por dia. (WHO, 2006)

Nos últimos 30 anos a qualidade do ar interior tornou-se um tema de pesquisa importante na área de saúde pública. Este interesse ocorreu após a descoberta de que baixas taxas de renovação do ar nos ambientes interiores ocasionam um aumento considerável na

concentração de poluentes químicos e biológicos no ar (Nascimento, 2011). Segundo a OMS a poluição do ar interior é o oitavo fator de risco mais importante, responsável por 2,7% dos casos de doenças no mundo (Abreu, 2010).

Os ocupantes dos edifícios sujeitos a uma má qualidade do ar interior podem manifestar, a curto prazo, diversos sintomas, tais como: irritação dos olhos/olhos vermelhos, garganta seca/irritada, nariz entupido ou defluxo nasal, dores de cabeça, fadiga injustificada (particularmente no final do dia) e tonturas. Estes sintomas podem evoluir para problemas de saúde mais sérios, a curto e médio prazo (Alfano *et al.*, 2010). Ao conjunto de sintomas apresentado por pessoas presentes em edifícios, apelidou-se de Síndrome de Edifício Doente (SED). Estes sintomas resultam da interação dos vários parâmetros da qualidade do ambiente interior, conduzindo, segundo vários estudos, a uma redução significativa na produtividade dos ocupantes (Soares, 2017).

Por estas razões, a qualidade do ar interior (QAI) tem-se tornado um tema ambiental de grande relevância.

No entanto, a qualidade do ar interior não possui nenhuma definição normalizada, apesar de todos os esforços desenvolvidos pelas mais diversas organizações responsáveis pela elaboração de guias e normas que avaliam este parâmetro e que visam a criação de espaços aceitáveis pela maioria dos ocupantes. A ASHRAE define a QAI como aceitável sempre que se verifica a inexistência, no ar, de contaminantes conhecidos em concentrações não nocivas à saúde humana e no qual a maioria dos ocupantes (80% ou mais) não expressem insatisfação (Soares, 2017).

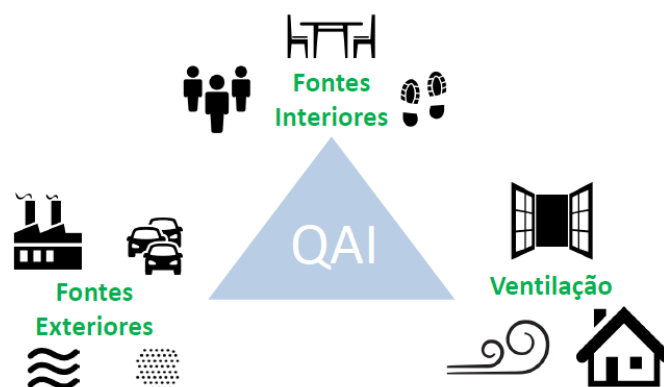


Figura 2.14 – Fatores que afetam a QAI (ClimACT, n.d.).

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (2009) o ar ambiente interior de um edifício resulta da interação da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do edifício, das fontes de contaminação (mobiliário, fontes de humidade, processos de trabalho e atividades, e poluentes exteriores) e do número de ocupantes do edifício.

Assim, os poluentes que devem ser objeto de avaliação para a caracterização da QAI podem ser divididos em duas categorias: poluentes físico-químicos e microbiológicos. Neste trabalho apenas se analisaram os poluentes físico-químicos, designadamente o dióxido de carbono, a temperatura e a humidade relativa. Estes últimos são também parâmetros indicadores de conforto térmico, mas a APA defende que devem ser realizados em conjunto com a avaliação da QAI, pois são considerados indicadores da qualidade do ar interior.

Na tabela seguinte encontram-se descritos os principais agentes e fatores que afetam a QAI.

Tabela 2.1 – Fatores e fontes que afetam a Qualidade do Ar Interior e o Conforto (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009 e Silva, 2015).

Agente/Fator	Descrição
Compostos Orgânicos Voláteis (COV) (Tricloroetileno, benzeno, tolueno, álcoois, hidrocarbonetos aromáticos)	Abrangem todos os compostos químicos que contenham carbono e hidrogénio com ponto de ebulição entre os 50°C e 250°C. A concentração no ambiente é insignificante (inferior a 0,1mg/m ³), pelo que a concentração no interior provém, essencialmente, de fontes internas (como materiais de construção novos). Não são conhecidos os efeitos na saúde, porém associam-se a sintomas como odores desagradáveis e irritações para concentrações de 0,3 a 3 mg/m ³ e, para concentrações superiores, sintomas como aperto no peito e náuseas.
Dióxido de carbono (CO₂)	Inodoro e incolor, é um gás presente na atmosfera (683,8 mg/m ³) que, embora não seja tóxico, inibe a presença de oxigénio, provocando sonolência. No interior dos edifícios com ocupação a concentração de CO ₂ deve-se, essencialmente, ao CO ₂ metabólico (respiração).
Formaldeído (HCHO)	Presente na atmosfera e, embora incolor, tem um odor característico que permite detetá-lo. Os materiais de construção do edifício emitem formaldeído, assim como tapetes, colas, adesivos, isolamentos, mobiliário e produtos de limpeza. Os poluentes desencadeiam irritações dos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, problemas de concentração e memória, náuseas e falta de ar.
Matéria microbiana	A proliferação de fungos e bactérias decorre da existência de condições essenciais para o seu desenvolvimento como a humidade do ar em excesso, ventilação reduzida, nutrientes, temperatura adequada e fontes de contaminação. A sua presença em espaços interiores é um fator de risco para a saúde desencadeando, por exemplo, reações alérgicas e infeções (ex. doença do legionário - <i>Legionella spp.</i>).
Monóxido de carbono	Gás tóxico, porém, incolor e inodoro. Resulta de processos de combustão incompletos decorrentes de queimadores a gás, fumo de tabaco e exaustão dos veículos a motor. A afinidade com a hemoglobina, em substituição do oxigénio, resulta em asfixia que, em concentrações altas (1374 mg/m ³), pode provocar a morte.

Tabela 2.2 – Continuação da Tabela 2.1.

Agente/Fator	Descrição
Partículas em suspensão no ar	Material sólido ou líquido suspenso no ar com gama dimensional, composição química e biológica distinta. Oriundos do sistema de ventilação, isolamento das tubagens e desinfetantes e classificam-se de acordo com as dimensões (PM ₁₀ e as PM _{2,5}).
Radão (Rn)	Gás radioativo, resultante do decaimento natural do urânio presente nos solos, águas e ar, cujos produtos do decaimento potencializam o risco de cancro. A Portaria n.º 353-A/2013 obriga a realização de fiscalizações periódicas em zonas graníticas.

O conhecimento atual e as evidências científicas sobre os efeitos na saúde associados à contaminação do ar interior justificaram a necessidade de se criarem pressupostos legislativos a nível nacional e internacional na matéria de controlo de QAI. Em Portugal, no âmbito da qualidade do ar interior surgiram diplomas que traduzem a implementação de medidas práticas em defesa da saúde pública, no que concerne à qualidade do ar em espaços interiores.

Assim, o Decreto-lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, conjuntamente com a Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro, estipula as exigências em matéria de qualidade do ar interior (QAI), nomeadamente, ao nível dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior, cabendo à Direção Geral da Saúde e à Agência Portuguesa do Ambiente acompanhar a sua aplicação, no âmbito das respetivas competências, em matéria de qualidade do ar interior.

Poluentes	Unidade^a	Limiar de proteção^b	Margem de tolerância (MT)^c [%]
Partículas em suspensão (fração PM ₁₀)	[µg/m ³]	50	100
Partículas em suspensão (fração PM _{2,5})	[µg/m ³]	25	100
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV)	[µg/m ³]	600	100
Monóxido de Carbono (CO)	[mg/m ³] [ppmv]	10 9	—
Formaldeído (CH ₂ O)	[µg/m ³] [ppmv]	100 0,08	—
Dióxido de Carbono (CO ₂)	[mg/m ³] [ppmv]	2250 1250	30

^a as concentrações em µg/m³ e mg/m³ referem-se à temperatura de 20 °C e à pressão de 1 atm (101,325 kPa)
^b os limiares de proteção indicados dizem respeito a uma média de 8 horas
^c as margens de tolerância são aplicadas a edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação

Figura 2.15 – Limiares de proteção e margens de tolerância para os poluentes físico-químicos (Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro).

Na imagem acima encontram-se os limiares de proteção para os poluentes físico-químicos a considerar, de acordo com o previsto na Portaria n.º 353-A/2013.

Deste modo, a melhoria da qualidade do ar interior nos edifícios pode ser atingida através da redução dos contaminantes no exterior e interior. A diminuição das fontes poluidoras, a remoção dos contaminantes na fonte (através de sistemas de exaustão) e a diluição dos poluentes através de uma eficiente ventilação, são as formas de reduzir os contaminantes no interior dos edifícios.

2.3. Avaliação pós-ocupação – Metodologia BUS

Os edifícios devem ter condições que atendam às necessidades das pessoas que os usam. Portanto, os projetistas, arquitetos, construtores, operadores e gestores, têm a responsabilidade de garantir que os edifícios que criam e/ou gerem cumprem um conjunto de requisitos.

A avaliação pós-ocupação, do inglês “*Post-occupancy evaluation*” (POE) é um processo que avalia os edifícios depois de estes já se encontrarem ocupados, com o objetivo de melhorar as condições existentes e como um guia para a construção de futuros edifícios (Peretti & Schiavon, 2011). Centra-se na opinião dos ocupantes, sendo estes uma fonte valiosa de informações sobre a qualidade do ambiente interior e seus efeitos no conforto, satisfação, desempenho e construção do edifício. Esta avaliação pode fornecer informações relevantes a gestores e arquitetos, que podem: apoiar a tomada de decisões e demonstrar os benefícios dos investimentos a longo prazo; propor melhorias aos processos atuais; promover a sustentabilidade do edifício; e promover a consciência ambiental dos ocupantes (Lourenço, Pinheiro, & Heitor, 2019).

A maioria dos métodos de avaliação pós-ocupação são baseados em aplicação de questionários, de diferentes formatos, de acordo com os objetivos da avaliação a efetuar ao edifício. Um dos métodos mais utilizado é o “*Building Use Studies*” (BUS) (Fantozzi & Lamberti, 2019).

A metodologia BUS foi desenvolvida e aprimorada durante a década de 1990, em Londres. Os questionários foram usados inicialmente numa série de estudos que avaliavam o desempenho dos edifícios através de um projeto denominado de *PROBE* (*Post Occupancy Review of Building Engineering*). Este projeto era aplicado a edifícios de escritórios, financiado pelo governo e com o objetivo de avaliar a satisfação dos ocupantes. Embora

tenha sido eficaz para uma primeira recolha de dados, abrangendo 4 300 funcionários de escritórios, em 50 edifícios do Reino Unido, o questionário tinha 16 páginas, o que o tornava muito extenso e impraticável de gerir e analisar (Leaman, 2011).

Ao longo dos últimos 30 anos, a metodologia tem sofrido alterações, tendo sido aperfeiçoada e tornando-se fiável, testada e muito utilizada em estudos de avaliação pós-ocupação. A *BUS* permite ainda comparar os resultados obtidos com o banco de resultados nacionais e internacionais existente para o tipo de edifício em estudo.

Deste modo, através da aplicação da metodologia *BUS*, e uma vez que é centrada na opinião do ocupante, é possível revelar as características valorizadas, bem como destacar os principais problemas que afetam os ocupantes nos edifícios em estudo, e no fundo usar a sua opinião, para colmatar lacunas entre o projeto, o design e o desempenho diário do edifício. Com estas informações os gestores conseguem gerir o investimento, por forma a melhorar o desempenho do edifício face aos resultados obtidos e ao mesmo tempo, no futuro avaliar o sucesso das medidas adotadas para melhorar as condições do edifício, através da comparação dos resultados. Por outro lado, como os ocupantes se sentem uma parte ativa do processo, é possível criar laços e responsabilidade mútua - sejam eles clientes, inquilinos ou funcionários.

Esta metodologia é uma forma rápida, completa e profissional de obter a opinião dos ocupantes face ao desempenho do edifício. Pode ser usada de forma isolada ou em conjunto com outras metodologias como uma parte de uma avaliação pós-ocupação. Avalia mais de 45 variáveis principais, tendo em conta uma escala de 1 a 7, cobrindo aspetos como conforto térmico, ventilação, qualidade do ar interior, iluminação, controlo por parte dos ocupantes das variáveis, ruído, espaço de trabalho e edifício em geral (Green Building Council, 2013).

A avaliação da satisfação do ocupante usando a presente metodologia pode ser encomendada, por exemplo, por designers, arquitetos, especialistas em sustentabilidade, construtores, empreiteiros, gestores de edifícios e imobiliárias (Graham, 2012).

Building Survey
This survey is being conducted to help with the future design and planning of offices and workplaces. The information collected will be treated as completely confidential by the independent survey team from Building Use Studies Ltd. Survey reports will use summaries of information and not reveal the identities of individuals.

Please fill in as many questions as you can. Write any further comments in the space provided or on a separate sheet.

Queries: If you have any queries please contact <number> (tel) <number> email <email address> or Adrian Leaman (tel: 01904 671280, fax: 01904 611338, e-mail: Adria.Leaman@busbuildinguse.co.uk)

Thank you for your help

Background
What is your age...? Please tick Under 30 30 or over
... and your sex? Please tick Male Female
Please tick We ask about age and sex because these are both relevant to people's needs in buildings. We ask for names so that we can follow up any issues that arise.

Please give your name Surname, then first name
... and Department or Group Department

Is your office or work area...? Please tick Normally occupied by you alone Shared with 1-4 others Shared with more than 5 others
Do you sit next to a window at your normal workplace? Please tick Yes No

How long have you worked in this building? Please tick Less than a year 1-2 years 3-5 years More than 5 years
How long have you worked in your present work area? Please tick Less than a year 1-2 years 3-5 years More than 5 years
How many days do you spend in the building in a normal working week? Please tick Days per week in building
How many hours per day do you spend in the building on a normal working day? Please tick Hours per day in building
How many hours per day do you spend at your desk or normal work area on a normal working day? Please tick Hours per day
How many hours per day do you normally spend working with a computer screen (VDU)? Please tick Hours per day at VDU

The building overall
Building design: All things considered, how do you rate the building design overall? Please tick Un satisfactory Satisfactory
Needs: Overall, do the facilities meet your needs? Please tick Un satisfactory Satisfactory

Personal control
How much control do you personally have over the following aspects of your working environment? Please tick each one: No control Full control
Heating: No control Full control
Cooling: No control Full control
Ventilation: No control Full control
Lighting: No control Full control
Noise: No control Full control
How easy to use are the controls that are provided? Please tick Difficult Easy

Response to problems
Have you ever made requests for changes to the heating, lighting or ventilation systems? Please tick Yes No
If yes, how satisfied in general were you with the following...? Please tick Un satisfactory overall Satisfactory overall

Comfort
This section (which continues on the next page) asks how comfortable you find the building in both winter and summer.
How would you describe typical working conditions in your normal work area in WINTER? If you have not worked here in winter then please leave these questions blank and go on to the questions on Temperature in Summer. Please tick each one: Un comfortable Comfortable
Too hot Too cold
Stable Varies during the day

How would you describe typical working conditions in your normal work area in SUMMER? Please tick each one: Un comfortable Comfortable
Too hot Too cold
Stable Varies during the day

Air movement in winter: Please tick Still Draughtily
Air movement in summer: Please tick Still Draughtily

Figura 2.16 – Página 1 de um questionário de metodologia BUS (Leaman, 2013).

O primeiro passo a ter em conta para usar a metodologia BUS é entrar em contacto com um dos responsáveis desta metodologia, pois esta é licenciada e apenas disponibilizada através dos parceiros treinados e experientes, que orientam a investigação por forma a realizar as pesquisas e interpretar os resultados.

A metodologia tem um modelo base de questionário e cada “investigador” pode escolher a omissão de certas perguntas por forma a torná-lo ajustado à situação em estudo. Para além disto, existem versões tanto em papel como on-line do questionário, apesar de ser recomendado a realização em papel, pois os resultados são menos enviesados.

Em contrapartida esta metodologia pode ser aplicada em edifícios não domésticos e domésticos. Os questionários não domésticos estão disponíveis em várias línguas, como em inglês, galês, francês, italiano, holandês, alemão, japonês, mandarim, português e espanhol. No que respeita a questionários para o setor doméstico, estes estão apenas disponíveis em inglês.

Em norma a amostra a avaliar deve ter mais de 100 ocupantes, e os questionários são concebidos por forma a obter o máximo de informação possível com o menor número de perguntas.

Os dados quantitativos e qualitativos dos inquéritos aplicados são analisados e comparados com edifícios semelhantes existentes na base de dados. A base de dados tem mais de 650 edifícios de todo o mundo e cerca de 50 projetos do Reino Unido.

Após a aplicação da metodologia *BUS*, obtêm-se um resumo dos resultados que fornecem uma visão geral do desempenho do edifício, resultados por variável, descritos em tabelas, gráficos e gráficos estatísticos, gráficos comparativos com o benchmarking e os comentários descritos no questionário.

3. Metodologia e caso de estudo

3.1. Introdução

O presente projeto assentou sobre três etapas de execução, tendo em conta os objetivos, nomeadamente, a caracterização e análise dos consumos energéticos do campus, a realização de medições dos parâmetros do ambiente interior e ainda a aplicação de questionários seguindo a metodologia *BUS*.

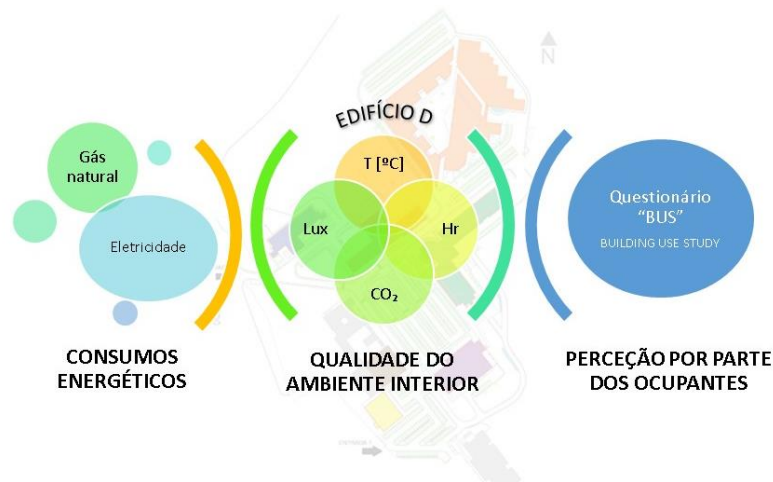


Figura 3.1 – Figura ilustrativa da metodologia adotada no projeto.

Para execução do presente projeto foi solicitada autorização à direção do IPLeiria, quer para a consulta de dados confidenciais do Politécnico de Leiria, bem como para a colaboração de docentes, não docentes e alunos do campus 2.

3.2. Métodos e equipamentos

O projeto iniciou com a análise dos dados de consumos energéticos do campus 2 do Politécnico de Leiria, designadamente através da consulta das faturas cedidas e dos dados do Relatório de Auditoria Energética ao Campus 2 do IPLeiria que fez parte integrante do Relatório de Auditorias de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior aos Edifícios do Politécnico de Leiria, realizado em 2010.

Posteriormente, a informação recolhida foi organizada e tratada com recurso ao Excel, por forma a extrair um conjunto de indicadores e de resultados de natureza quantitativa. Os resultados obtidos, após uma análise e avaliação rigorosas, permitiram: avaliar o potencial de economia de energia; e sugerir medidas de racionalização de consumos.

Numa fase seguinte, realizou-se a avaliação da qualidade do ambiente interior, através das medições dos parâmetros da qualidade do ar, conforto térmico e conforto visual do edifício D.

As medições dos parâmetros da qualidade do ar interior e conforto térmico foram realizadas em duas campanhas distintas, ambas realizadas no período de outono/inverno do ano letivo 2019/2020, verificando-se que o aquecimento se encontrava ligado.

A primeira campanha foi realizada em simultâneo com a aplicação dos questionários *BUS* (1ª semana de novembro de 2019), tendo cada medição a duração das aulas em causa. A segunda campanha foi realizada num período posterior e em contínuo durante cerca de 1 mês e meio. Em ambas as campanhas, os parâmetros da qualidade do ar interior e de conforto térmico amostrados foram o dióxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar.

Tabela 3.1 – Descrição das 4 medições levadas a cabo na primeira campanha.

Código	Sala	Data	Horário da aula	Tempo de medição	N.º de Ocupantes
E3	D1.11B-P2 (LAI 9)	04/11/2019	20h30-22h00	1h30	22
E4	D0.6	05/11/2019	9h15-10h45	1h30	30
E5	D0.3	05/11/2019	11h07-12h52	1h45	32
E26	D0.13	07/11/2019	13h06-15h01	1h55	21

Na 1ª campanha de medições o equipamento foi deixado no interior da sala, normalmente junto à mesa do docente, à altura das vias respiratórias dos alunos, enquanto decorria a aula, tal como se constata na tabela (Tabela 3.1). Das 27 aulas em que foram aplicados os questionários, apenas se realizaram medições em 4 dessas turmas, com amostragens a cada 5 minutos.

Face aos resultados obtidos na 1ª campanha, foi considerado que estes não trariam mais valias para o projeto, pois não seriam representativos e como tal encontrar-se-ão apresentados no Anexo D.

Na 2ª campanha, e por forma a não existir uma alteração ao normal comportamento dos ocupantes no interior das salas, colocou-se o equipamento num local de difícil visibilidade durante um período de tempo em contínuo (Tabela 3.2), em duas salas previamente selecionadas (tendo em consideração os dados da 1ª campanha), por forma a que durante

um período de cerca de um mês e meio, fosse possível observar o comportamento dos diferentes parâmetros indicadores da qualidade do ar e do conforto térmico (dióxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar).

Concomitantemente, colocou-se um equipamento no terraço do gabinete D 02.41, por forma a perceber qual o comportamento da temperatura e humidade relativa do ambiente exterior durante o período de medições.

Tabela 3.2 – Descrição das medições levadas a cabo na segunda campanha.

Sala	Período de amostragem	Amostragens	Tempo de medição
D.00.09 (LE.DEE)	27/11/2019 a 14/01/2020	10 em 10 minutos	47 dias
D.01.11B-P2 (LAI9.DEI)	2/12/2019 a 14/01/2020 (com uma interrupção na amostragem de 7/12 às 0h00 até às 8h00 do dia 11/12)	10 em 10 minutos	41 dias
Exterior (Terraço exterior do gabinete D 02.41)	27/11/2019 a 14/01/2020	10 em 10 minutos	47 dias

Na fase seguinte, realizaram-se as medições dos níveis de iluminância, seguindo a metodologia descrita nas normas EN 12464-1:2011 e na NP EN 12464-1:2017. Desta forma, na tarde do dia 30 de dezembro de 2019, efetuaram-se medições em 6 salas do edifício D, distribuídas pelos 3 pisos, e em diferentes orientações (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Características das salas onde se realizaram as medições aos níveis de iluminância.

Sala	Piso	Orientação	Área útil [m ²]	C x L	Distância entre pontos [m]	N.º de pontos amostrados
D.S.00.09	0	SE	121,66	15,8x7,7	1,00	91
D.S.00.06	0	NE	102,641	13,33x7,7	1,00	104
D.S.00.13	0	NW	55,671	7,23x7,7	1,00	50
D.S.-1.04B	-1	SW	78,72	9,6x8,2	1,00	72
D.S.01.08	1	SE	73,92	9,6x7,7	1,00	63
D.S.01.01	1	NE	102,41	13,3x7,7	1,00	104

As células quadrangulares da grelha foram calculadas tendo em conta as dimensões das salas, e consideraram-se quadrados com um 1,00 m de lado em todas as salas, uma vez que o comprimento e a largura da sala o permitiam (Figura 3.2). O tamanho da célula da grelha deve manter-se entre 0,5 e 2, considerando a fórmula seguinte: $p = 0,2 \times 5^{\log_{10}(d)}$, em que $p \leq 10$ m; d : é a maior dimensão da área de cálculo [m]; no entanto se o rácio do lado mais

largo para o lado mais curto é de 2 ou superior, o valor d passa para a dimensão mais curta da área; e p : é a dimensão máxima da célula da grelha [m].

Normalmente deve-se retirar a dimensão de 0,5 m a partir das paredes, no entanto nas salas em que as mesas se encontravam encostadas à parede essa redução não foi efetuada.

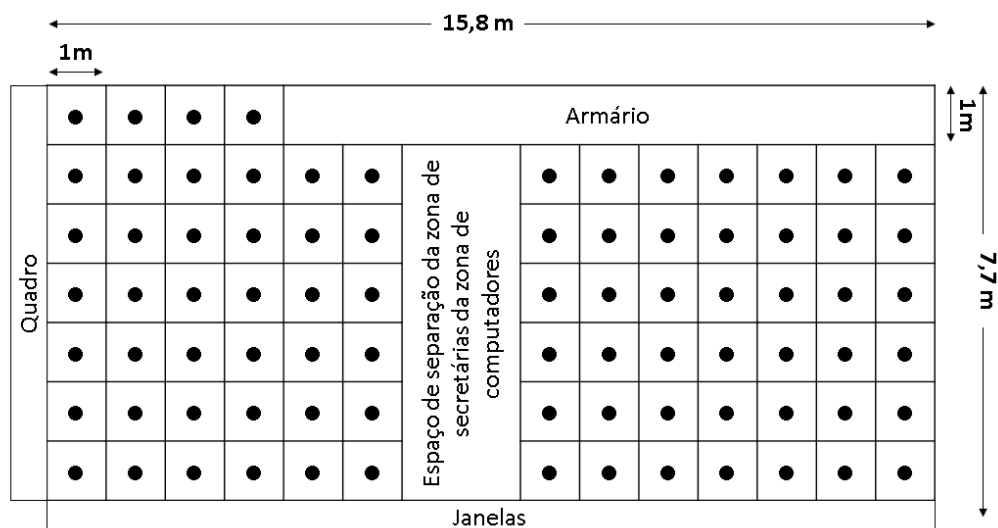


Figura 3.2 – Pontos de medição da sala D.S.00.09, considerando o método dos quadrados.

Para medir a iluminação nos planos de trabalho, foi utilizado um luxímetro da marca PCE, modelo 174, equipado com uma célula fotoelétrica.

As condições e o momento de execução das medições foram escolhidos de modo a obter-se um valor representativo do nível médio de iluminância nas salas de aula, em condições reais de trabalho. Os valores da iluminância foram registados após a estabilização do luxímetro.

Para efetuar as medições sem sombreamentos, recorreu-se a um cabo de extensão para ligar a célula fotoelétrica ao luxímetro, no sentido de minimizar as sombras provocadas pelo “técnico” durante a medição. Para efetuar as medições na área da tarefa, a célula fotoelétrica foi sempre posicionada paralelamente ao plano de referência, se possível, sobre o mesmo.

Os valores foram registados no caderno de campo utilizado em todo o projeto e posteriormente foram inseridos em Excel onde sofreram tratamento estatístico e gráfico.

Os valores obtidos foram comparados com os requisitos de iluminação definidos na norma NP EN 12464-1:2017, nomeadamente no que consta no ponto n.º 5.36 referente aos

“Estabelecimentos educacionais - edifícios escolares”, em que apenas serão considerados os valores aplicáveis ao presente projeto, tal como se constata na tabela seguinte.

Tabela 3.4 – Requisitos dos níveis de iluminação definidos na NP EN 12464-1:2017.

Tarefa/Atividade	$\bar{E}_m \text{ lx}^4$	U_0^5
Salas para ensino noturno e formação de adultos	500	0,60
Quadro preto, verde ou branco	500	0,70
Salas de aulas práticas de informática	300	0,60
Salas de aula práticas e laboratórios	500	0,60
Laboratório de línguas	300	0,60

Por último, realizou-se a aplicação de questionários de avaliação pós-ocupação, por forma a avaliar a opinião dos ocupantes sobre o edifício D. A metodologia utilizada foi “*Building Use Studies*” (*BUS*) e é um método confidencial, em que existe a obrigação de ceder os dados recolhidos para posterior *benchmarking* da organização, assim o processo inicia com assinatura da licença de aceitação e compromisso de cumprimento das regras (Anexo A).

Após a explicação do nosso objetivo foi cedida uma versão inglesa e portuguesa, que após comparação, se concluiu que seria mais adequado realizar uma segunda tradução, que teve de ser aprovada pela organização *BUS*, dando assim origem a uma nova versão traduzida para português.

Previamente à aplicação do questionário realizou-se uma reunião online com o responsável da metodologia (Dr. Adrian Leaman), que orientou para a correta aplicação dos questionários, face aos resultados a obter (respostas o mais credíveis possíveis) e ao método por eles utilizados na organização, designadamente:

- Imprimir os questionários em cor pastel, para facilmente distinguir o questionário de outros documentos quando este for recolhido;
- Imprimir apenas de um lado da folha, para que preencham todas as páginas, uma vez que algumas pessoas não veem o verso;

⁴ $\bar{E}_m \text{ lx}$ é o valor médio de iluminação a manter na superfície de referência.

⁵ U_0 é a uniformidade da iluminância e é definida como a relação entre os valores mínimo e médio de iluminância ($E_{min} / E_{média}$).

- Dar tempo às pessoas para preencherem o questionário, normalmente um dia, ou a duração de uma aula;
- Contactar as pessoas previamente, para informar da realização de questionários e avaliar disponibilidades;
- As terças e quartas-feiras são os melhores dias para aplicação dos questionários, já que normalmente as quintas e sextas-feiras são os dias mais movimentados;
- Recolher todos os questionários distribuídos.

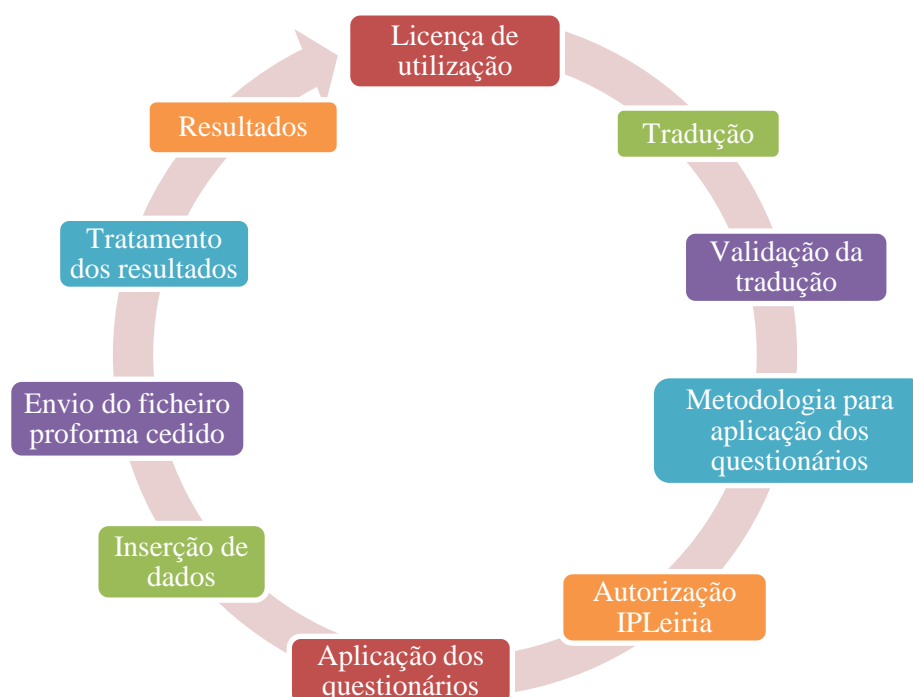


Figura 3.3 – Metodologia de aplicação dos questionários BUS.

Deste modo, a aplicação dos questionários decorreu durante a primeira semana de novembro (5/11 a 9/11), a alunos, docentes e não docentes. No entanto, realizou-se previamente um levantamento da ocupação das salas do edifício durante o período de aplicação do questionário, tendo alguns professores sido contactados para apurar a possibilidade de aplicação do questionário durante as aulas que iriam lecionar.

Os dados dos questionários recolhidos em papel foram inseridos no Excel *pro forma* previamente fornecido, em que se realizou uma correção e exclusão de comentários não aplicáveis obtidos antes de se enviar o documento para a organização BUS, que realizou um tratamento dos dados, incluindo os resultados comparativos com dados anteriormente obtidos em outros edifícios escolares.

Concomitantemente, realizou-se um tratamento estatístico dos dados obtidos para perceber a sua correlação com os dados quantitativos obtidos nas medições realizadas.




3.2.1. Equipamentos

Na primeira campanha utilizou-se o equipamento de marca *KIMO Instruments*, Modelo AQ200P, n.º de série 12.07.4100, versão do *software* 2.33 U18, calibrado em 06/09/2012, e certificado n.º 1202111, com um período de validade de 120 meses. A sonda utilizada para a medição dos parâmetros dióxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar, tem n.º de série 12.09.0190, versão do *software* 4.64, data da calibração de 06/09/2012 e certificado n.º 12090190, com período de validade 120 meses.

Na segunda campanha, foi utilizado o equipamento HOBO MX1102, também para medição do dióxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar, da marca ONSET, n.º de série 20732685, versão do *software* R90-P182, dispositivo de memória n.º 131072.

As medições dos níveis de iluminância foram realizadas com recurso ao equipamento PCE-174, da marca *PCE Instruments*, Modelo 147, n.º de série 109105569.

Tabela 3.5 – Informação dos Equipamentos de medição utilizados.

Equipamento	Marca	Número de série	Versão do <i>software</i>	Parâmetros	Unidades	Intervalo	Precisão
	KIMO	12.07.4100	2.33 U18	CO ₂	ppm	0 a 5,000 ppm	±3% a ler ±50 ppm
				T	°C, °F	-20 a +80°C	±0.4% a ler ±0.3°C
				HR	%	5 a 95%	*
	ONSET	20732685	R90-P182	CO ₂	ppm	0 a 5,000 ppm	±50 ppm
				T	°C, °F	0° a 50°C	±0.21°C
				HR	%	1% a 90%	±2%
	PCE	109105569	-	Iluminância	lux	40.0 a 4000 lux	± 4 % + 2 dígitos

* Depende das condições climáticas.

3.3. Apresentação do caso de estudo

O presente projeto teve como caso de estudo o Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria. O campus 2 do IPLeia é um dos quatro campus (Figura 3.4) e encontra-se localizado no Morro do Lena, Alto Vieiro em Leiria.



Figura 3.4 – Localização dos campus do IPLeia.

No campus 2 encontram-se atualmente nove edifícios, entre pedagógicos, administrativos, cantinas e biblioteca, e onde funcionam a Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria (ESTG) e a Escola Superior de Saúde de Leiria (ESSLei), perfazendo uma área útil total de 37 467 m²(Tabela 3.6).

Tabela 3.6 – Área útil e atividade afeta a cada edifício do Campus 2 do IPLeia.

Edifício	Tipologia	Área útil [m ²]
Edifício A	Edifício pedagógico	12 063
Edifício B	Edifício administrativo	3 135
Edifício C	Investigação e projetos com o exterior	1 320
Edifício D	Edifício pedagógico	8 851
Edifício E	Edifício pedagógico do curso de Engenharia Automóvel	507
ESSLei	Edifício pedagógico	4 438
Biblioteca José Saramago	Edifício ocupado pela biblioteca	3 333
Cantina 2	Cantina	2 336
Cantina 3	Cantina	1 484
Total		37 467

O edifício D fica localizado numa zona intermédia do campus, tal como é possível verificar na Figura 3.5. E a sua zona climática é a I2 V2 Norte, a 17,8 km do mar e a uma altitude de 57,60 m, sendo as fachadas principais do edifício orientadas a Noroeste e Sudoeste.



Figura 3.5 – Vista aérea do campus 2, com identificação da localização do edifício D.

Este edifício, pertence à ESTG, foi construído em 2003 com uma área de pavimento útil de 8 851 m² e é constituído por 5 pisos entre o piso -2 e o 2º Piso (Tabela 3.7). Atualmente é o maior estabelecimento de ensino superior do distrito de Leiria e, conta com cerca de 5 400 estudantes, distribuídos por cursos de licenciatura, de mestrado e técnicos superiores profissionais, nos regimes diurno (D) e pós-laboral (PL), nas áreas de Engenharia e Tecnologia e Ciências Empresariais e Jurídicas.

Tabela 3.7 – Área útil por piso do Edifício D.

Piso	Área útil [m ²]
Piso -2	216
Piso -1	2 746
Piso 0	2 460
Piso 1	2 021
Piso 2	1 408
Total	8 851

Este edifício suporta a atividade de ensino, sendo maioritariamente ocupado por estudantes e docentes. O horário de funcionamento do edifício é entre as 07h45 e as 00h30, durante os dias úteis, e das 08h00 às 18h15 aos sábados, encontrando-se o edifício encerrado aos domingos e feriados.

Todos os pisos apresentam espaços de circulação (corredores e escadas), distribuição e instalações sanitárias. Para além destas zonas comuns, os 5 pisos do edifício D apresentam diversos espaços.

O piso -2 do edifício é constituído unicamente pelo laboratório de estruturas de betão.

O piso -1, integra diversos laboratórios, tais como, estruturas de betão, geotecnia e vias de comunicação. Existem também armazéns, oficinas de manutenção, gabinetes técnicos, gabinetes de informática, laboratórios, salas de reuniões, salas de apoio e acesso livre, entre outros. Na zona central do edifício, localiza-se ainda o anfiteatro 2 e 3.

O piso 0, tem a entrada principal do edifício, sendo que, para além da zona de entrada e receção, é constituído pelo anfiteatro 1 e por inúmeras salas de aulas. É neste piso que se localiza o maior número de laboratórios, designadamente os materiais de construção, máquinas elétricas, automação, robótica e energia.

No piso 1 do edifício, localizam-se as salas de projeto de engenharia civil, projeto de gestão, simulação empresarial, salas de aulas, entre outras. Este piso comporta ainda alguns laboratórios de aplicações informáticas e o laboratório de línguas.

Relativamente ao piso 2, este é composto por inúmeros gabinetes de docentes e salas de reunião.

Por último, na cobertura do edifício estão instaladas as unidades de tratamento de ar (UTA), ventiladores de extração e sistemas de AVAC e a casa das máquinas. No entanto, estes espaços não são considerados para a área útil do edifício.

As características de construção do edifício, que se apresentam a seguir, correspondem aos tipos de construção comuns em Portugal, visualizando-se na figura seguinte a vista exterior da fachada Sudoeste do edifício D do campus 2.



Figura 3.6 – Vista exterior do edifício D do campus 2.

A envolvente exterior dos pisos à superfície é caracterizada principalmente por paredes em tijolo, com caixa-de-ar e isolamento térmico, revestido a reboco tradicional, pintado a cor branca e cinzenta. Por sua vez, os pisos -1 e -2 ostentam paredes com outras características e, estando enterradas, são construídas em betão, tela impermeabilizadora e isolamento térmico.

O edifício é composto por diversos tipos de vãos envidraçados, dependendo da sua utilização e função. Verifica-se a existência de vãos com vidro duplo incolor, com janela fixa ou giratória, tendo caixilharia metálica com corte térmico (A. da Figura 3.7) e portas também com vãos envidraçados (B. da Figura 3.7)



Figura 3.7 – A. Aspecto do envidraçado com janelas fixas; B. Aspecto do envidraçado das portas.

A fachada central do edifício, é também constituída por envidraçado com vidro duplo incolor, janelas fixas inclinadas e caixilharias metálicas.

Tendo em conta os vãos envidraçados, o edifício apresenta alguns sistemas de sombreamento para proteção contra a entrada direta de sol no interior, e na Figura 3.8, visualiza-se o aspeto do sombreamento através das palas em estrutura metálica (exterior), sendo que os vãos envidraçados possuem também sistemas de sombreamento no interior, através de cortinas opacas ou por estores venezianos (Figura 3.8).

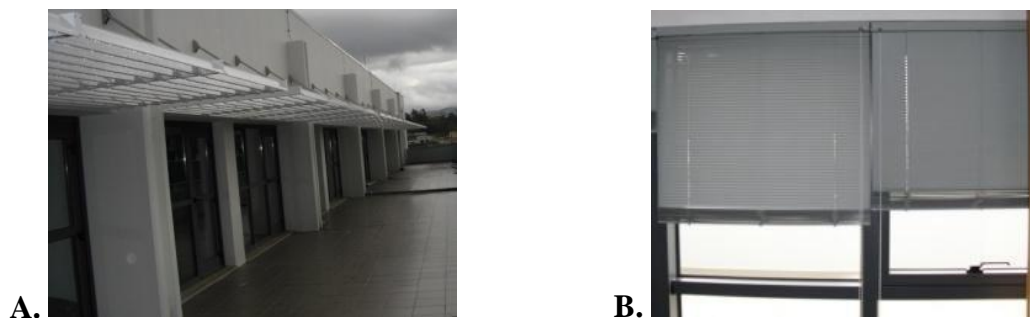


Figura 3.8 – A. Sombreamento por palas metálicas; B. Sombreamento interior.

4. Caracterização e análise dos consumos energéticos do campus

4.1. Aquisição, receção e distribuição de energia

O campus 2 do IPLeiria, adquire três formas de energia distintas, designadamente energia elétrica (EE), gás natural (GN) e gasóleo, que são consumidas de acordo com o seu uso final, encontrando-se na Tabela 4.1, identificados os tipos de energia fornecida e a sua respetiva utilização final.

Tabela 4.1 – Utilização final de energia por tipo de energia fornecida.

Energia fornecida	Utilização Final
Energia elétrica	Iluminação, força motriz (bombas, compressores, elevadores, etc.), equipamentos de frio (<i>chillers</i>), equipamentos diversos (audiovisuais, computadores, etc.).
Gás natural	Caldeiras (Aquecimento de ambiente, águas quentes sanitárias) e cozinha (confeção de alimentos).
Gasóleo	Grupo gerador de emergência.

Face à energia consumida, constata-se que a energia elétrica é a forma de energia com maior percentagem de consumo no Campus 2, seguindo-se o gás natural (Figura 4.1). O gasóleo é apenas usado no grupo alternador de emergência, não tendo os seus consumos qualquer significado quando comparado com as outras formas de energia, não entrando assim na análise energética deste estudo.

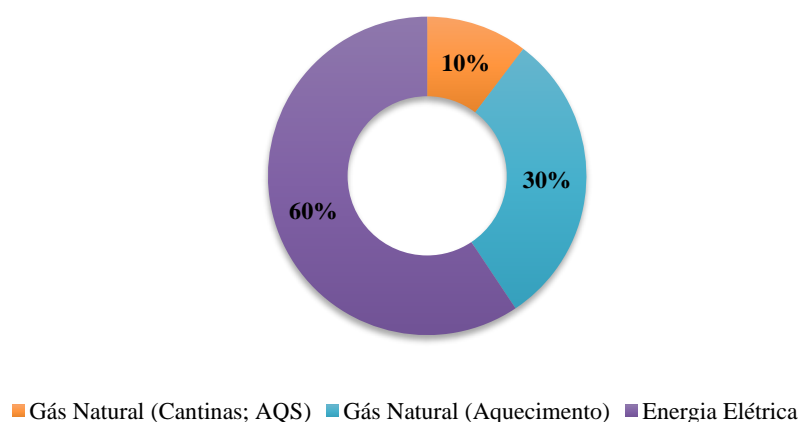


Figura 4.1 – Consumo total de energia por utilização final.

A aquisição de energia elétrica é efetuada em média tensão (MT) 15 kV, à empresa comercializadora *Galp Power, S.A.*, segundo o tarifário: ciclo semanal com feriados. A potência instalada é de 1 880 kVA, e potência contratada de 874,20 kW.

Verifica-se que a potência contratada é superior à máxima potência média registada num período ininterrupto de 15 minutos, que segundo a consulta dos diagramas de carga para o ano de 2018, foi de 716 kW. No entanto, a potência contratada também não pode ser inferior à metade da potência instalada, após conversão de kVA para kW ($1 \text{ kVA} = 0,93 \text{ kW}$). Deste modo a potência contratada do campus está a ser considerada pela potência instalada no campus (1 880 kVA), que é possível confirmar após a realização dos cálculos ($1 \text{ 880} \times 50\% \times 0,93 = 874,20 \text{ kW}$).

A redução do nível de tensão é efetuada em dois Postos de Transformação (PT), a partir dos quais, é efetuada a distribuição da energia elétrica, de acordo com a Tabela 4.2, para as diferentes instalações do *Campus 2*.

Tabela 4.2 – Alimentação da energia elétrica por PT.

Posto de transformação	Potência do Contador [kVA]	Alimentação	Energia contratualizada
PT1	1 250	Edifício B	Média Tensão < 3 000MWh Ciclo Semanal com feriados <i>Galp Power S.A.</i>
		Edifício C	
		Edifício E	
		ESSLei	
		Biblioteca	
		Cantina 2	
		Cantina 3	
<i>Chiller</i>			
PT2	630	Edifício A	
		Edifício D	

O abastecimento de gás natural no campus 2 é efetuado através de 3 postos de redução e medição (PRM), a partir dos quais é efetuada a distribuição para os diversos locais de consumo de acordo com a Tabela 4.3.

A aquisição de GN é efetuada, em todos os contadores, segundo o tarifário Baixa Pressão escalão $>10 \text{ 000} - < 100 \text{ 000} \text{ m}^3$ por ano, à *Gold Energy*.

Tabela 4.3 – Distribuição da alimentação de gás natural.

Ponto de receção	Alimentação	Energia contratualizada
PRA	Edifício A	Baixa Pressão escalão >10 000 – < 100 000 m ³ <i>Gold Energy</i>
PRB	Cantina 2	
	CTC	
	CTBIB	
PRC	Cantina 3	

Importa referir que a central térmica instalada no edifício C (CTC) é responsável pelo aquecimento do edifício B e C. Já a central térmica instalada no edifício da biblioteca (CTBIB), é responsável por produzir energia térmica para aquecimento e arrefecimento da biblioteca José Saramago e do edifício D.

4.2. Caraterização de consumos e encargos - EE

Neste capítulo é efetuada a análise dos consumos e encargos com a energia elétrica no campus 2, tomando como período de referência o último ano completo de faturação (2018), nomeadamente no período de janeiro a dezembro. E os dados analisados nesta secção são referentes aos consumos de energia ativa, reativa e respetivos encargos em 2018.

Tabela 4.4 – Faturação da energia elétrica em 2018.

Período*	Energia ativa					Energia Reativa [kvarh]	Encargos [€]	Custo unitário [€/kWh]
	Ponta	Cheias	Vazio	Super Vazio	Total			
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]			
jan.	54 000	120 971	40 059	25 110	240 140	18 091	26 099	0,109
fev.	47 106	108 878	46 755	27 328	230 067	21 205	24 512	0,107
mar.	42 761	122 941	55 642	29 959	251 303	23 978	26 751	0,106
abr.	26 469	111 781	50 582	24 508	213 340	15 802	22 696	0,106
mai.	28 316	119 722	41 558	22 879	212 475	11 922	22 755	0,107
jun.	23 828	107 041	40 947	23 332	195 148	0	20 470	0,105
jul.	24 258	105 154	46 749	26 358	202 519	25 191	21 502	0,106
ago.	20 070	89 410	43 065	23 444	175 989	16 738	18 415	0,105
set.	27 189	119 239	54 977	26 824	228 229	23 888	24 246	0,106
out.	38 895	133 793	48 863	27 025	248 576	20 752	26 597	0,107
nov.	53 505	121 805	47 143	27 578	250 031	20 142	26 800	0,107
dez.	40 381	94 176	57 656	28 771	220 984	13 446	22 845	0,103
Total	2 668 801					211 155	283 688	-

Na tabela acima apresenta-se um resumo dos dados recolhidos a partir das faturas de energia elétrica. Assim, destacam-se os seguintes valores totais, consumo de energia ativa de 2 668 801 kWh, consumo de energia reativa de 211 155 kvarh e o encargo total da

energia elétrica adquirida à rede no ano de 2018 de 283 688 €. O custo unitário médio da energia elétrica adquirida à rede é de 0,1507 €/kWh.

4.2.1. Energia ativa

A próxima figura diz respeito à evolução ao longo do ano da repartição do consumo de energia ativa segundo os períodos horários: vazio, super vazio, ponta e cheias.

Analisando o gráfico da Figura 4.2 verifica-se que não existem variações significativas entre os consumos mensais. No entanto, é possível constatar que é nos meses mais frios, coincidindo com o período de maior atividade letiva e maiores necessidades de iluminação, onde tipicamente ocorre um maior consumo de EE. Desta forma, agosto é caracterizado como sendo o mês com menor consumo, coincidindo com o período de férias letivas, no qual, a maioria dos edifícios do campus apresenta uma atividade reduzida.

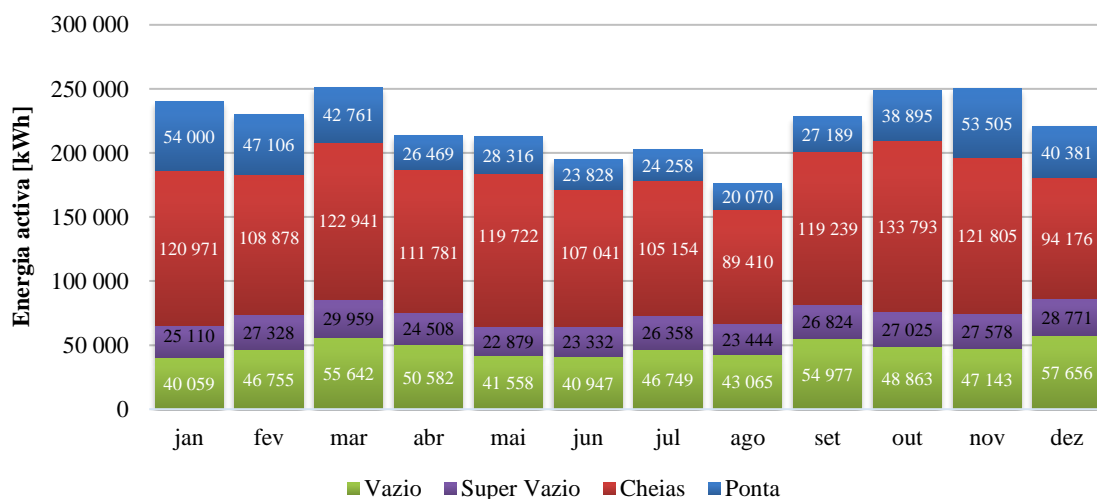


Figura 4.2 – Consumo de energia ativa ao longo do ano, com repartição segundo os períodos horários.

O consumo verificado, quer no período de aquecimento, quer no período de arrefecimento, é explicado em grande parte pela utilização de equipamentos elétricos na climatização dos edifícios, nomeadamente, a bomba de calor (produção de calor e frio) da ESSLei e o *Chiller* (produção de frio) que serve a biblioteca e o edifício D. Para além destes, é ainda de referir a utilização generalizada de equipamentos individuais de climatização nos edifícios A, B e C, que embora de potência unitária reduzida, no seu conjunto representam um importante consumidor de EE. Uma vez que a maioria destes equipamentos possui a capacidade de efetuar aquecimento e arrefecimento, a sua utilização no período de aquecimento em

espaços que já possuem um sistema de aquecimento centralizado, nomeadamente no edifício B e C, representa um consumo extra desnecessário.

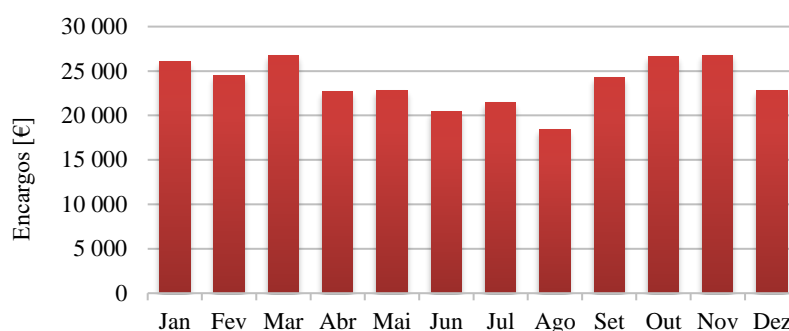


Figura 4.3 – Encargos com a energia elétrica.

O gráfico da Figura 4.3 permite verificar a variação nos encargos com a EE no período de referência, permitindo concluir que, em consequência do exposto no parágrafo anterior, estes são mais elevados no período de aquecimento e arrefecimento.

4.2.2. Energia reativa

O consumo de energia reativa, é uma das variáveis incorporadas na determinação do valor da fatura de energia elétrica. A quantidade de energia reativa pode ser aferida a partir do fator de potência, $\cos \varphi$, que, de forma simplista, mede o grau de eficiência da instalação elétrica. Com base nos valores das faturas de EE, e tal como se verifica na Tabela 4.4, no ano de 2018, verificou-se um consumo de energia reativa de 211 155 kvarh o que se traduziu num encargo de 3 028,96 €.

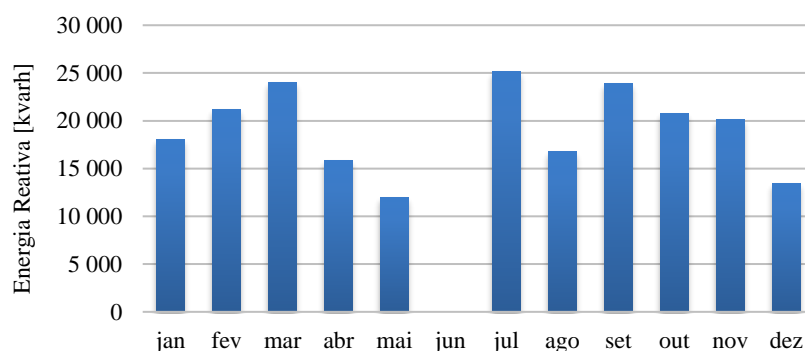


Figura 4.4 – Consumo de energia reativa consumida fora do vazio.

A energia reativa consumida fora do vazio em 2018 teve uma significativa variação ao longo dos meses, existindo uma descida significativa nos meses de junho e agosto (Figura

4.4), pois são meses em que também se verificou um menor consumo de energia ativa (Figura 4.2), associado a uma menor ocupação do Campus.

A faturação da energia reativa consumida é realizada tendo em conta os três escalões em vigor e na Figura 4.5 encontra-se representada a sua desagregação, tendo-se verificado que o consumo no campus foi de 74% para o 1º escalão, 25% para o 2º Escalão e 1% para o 3º Escalão.

Assim, para evitar a penalização financeira na fatura de energia, recomenda-se a instalação de condensadores (baterias de condensadores) que mantenham a energia reativa no período fora de vazio com um valor inferior a 30% da energia ativa no mesmo período.

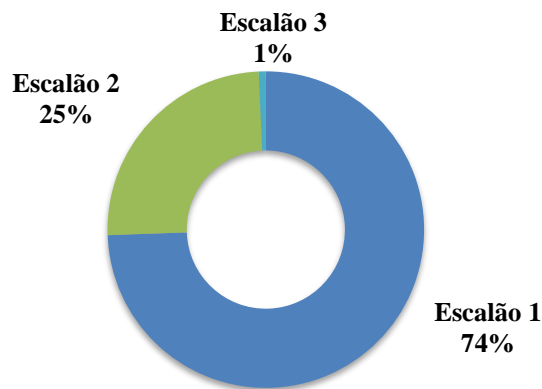


Figura 4.5 – Desagregação de consumo de energia reativa por escalão.

4.2.3. Análise da opção tarifária

A análise da opção tarifária será efetuada com base no consumo de EE verificado ao longo de 2018.

Os encargos totais da faturação no ano de 2018 foi de 283 688 €, sendo que este valor não inclui apenas o preço real de aquisição de energia elétrica, mas também os encargos com as tarifas de acesso às redes, as taxas e os impostos associados à sua comercialização. Desagregando os encargos com a faturação da EE, percebe-se que 82,01% do valor é referente ao consumo de energia ativa, 12,01% com a potência das horas de ponta, 3,92%

com a potência contratada, 1,07% com o consumo de energia reativa, 0,94% com os encargos de ISPE⁶ e 0,01% com os encargos audiovisuais (Figura 4.6).

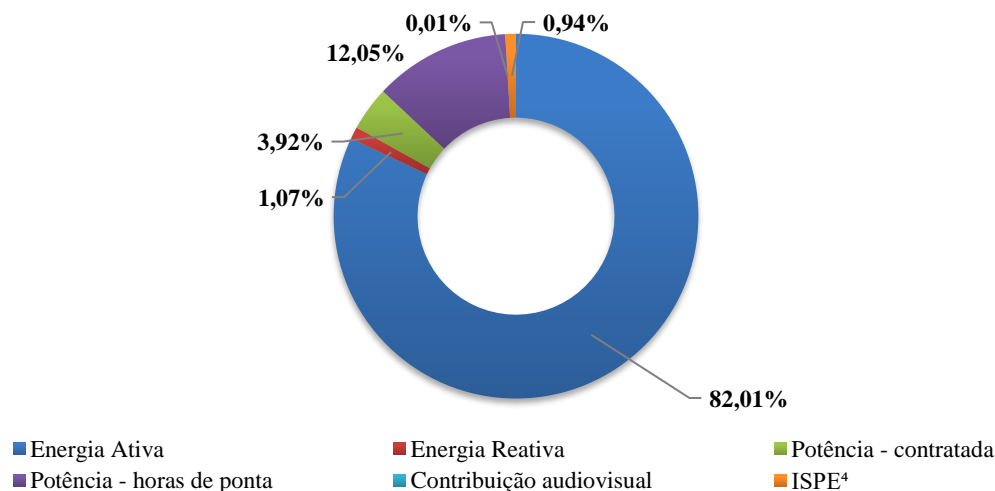


Figura 4.6 – Desagregação de encargos com energia elétrica, tendo em conta a faturação de 2018.

Na figura seguinte apresentam-se os consumos de energia ativa desagregados pelos diferentes períodos horários contemplados no tarifário de venda de EE atualmente contratado: horas de ponta (HP), horas cheias (HC), horas de vazio normal (HVN) e horas de super-vazio (HSV).

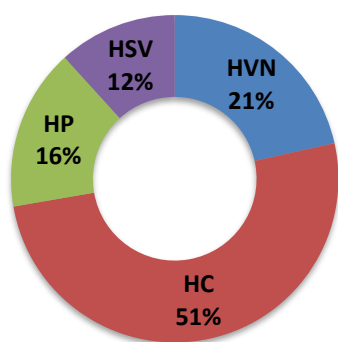


Figura 4.7 – Distribuição do consumo de EE por período horário.

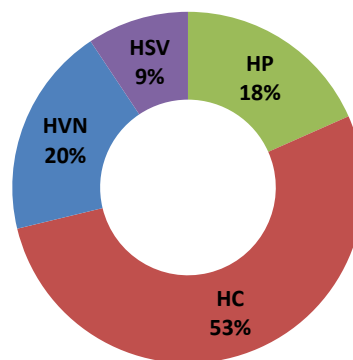


Figura 4.8 – Distribuição dos encargos com a EE por período horário.

Pela análise da Figura 4.7 e Figura 4.8, verifica-se que o consumo de energia ativa ocorre, predominantemente, no período de HC com 51 % do consumo que representa 53 % dos encargos com a energia ativa.

⁶ O ISPE é o imposto sobre produtos petrolíferos e energéticos e é pago ao estado desde 2012. Em Portugal continental a taxa está fixada em 0,001 € por kWh e é aplicado pelos comercializadores de energia elétrica aos seus clientes.

Tomando como exemplo o período de HP, é possível verificar que 16% do consumo de EE é efetuada neste período, sendo este, no entanto, responsável por 18% dos encargos associados ao consumo de energia ativa. Já o período HSV, que representa 12% da EE consumida, é responsável apenas por 9% dos encargos associados ao consumo da mesma. Assim, e tomando como referência os preços unitários da EE para os diferentes períodos horários, facilmente se concluirá que deverão ser encorajados os consumos em horas de super-vazio e vazio normal em detrimento dos consumos em horas de ponta e cheias.

4.3. Caracterização de consumos e encargos - GN

Como referido anteriormente, a entrada de gás natural (GN) no campus 2 caracteriza-se por ser efetuada em vários PRM, abastecendo cada um deles um ou mais edifícios, sendo a faturação atribuída ao IPEiria ou aos SAS, dependendo dos edifícios em questão (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Identificação da zona de alimentação por ponto de receção.

Ponto de receção	Alimentação	Abastecimento
PRA	Edifício A	- Central térmica - para aquecimento do edifício; - Bar - para a preparação de refeições; - Laboratórios de Materiais, Química e Microbiologia.
PRB	CTC	- Central Térmica (CTCBIB) do edifício D e da Biblioteca José Saramago;
	CTBIB	- Central térmica (CTC) dos edifícios B e C.
	Cantina 2	- Cantina 2 - preparação de refeições; - Central térmica - aquecimento do edifício e produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS).
PRC	Cantina 3	- Cantina 3 - preparação de refeições; - Central térmica - aquecimento do edifício e produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS).

Com base nas faturas do GN, obtêm-se os consumos de gás natural durante o ano de 2018 (Tabela 4.6) que registaram um consumo de 1 826 651,28 kWh e um encargo associado de 84 834 €.

Em análise à Tabela 4.6 constata-se que o Ponto de redução e de medição B é o que tem um maior consumo de GN (809 047,31 kWh) durante o ano de 2018 e respetivamente maiores encargos associados (37 041,22 €). Em contrapartida, o PRM da cantina 3 foi o que teve menor consumo de GN no ano de 2018, com 165 846 kWh de energia consumida e 8 159,84 € de encargos.

Tabela 4.6 – Consumos e encargos com GN por PRM, 2018.

Mês	PRM A		PRM B		Cantina 2		Cantina 3	
	Energia [kWh]	Encargos [€]	Energia [kWh]	Encargos [€]	Energia [kWh]	Encargos [€]	Energia [kWh]	Encargos [€]
jan.	136 443	6 132,03 €	196 495	8 818,26 €	35 090	1 598,29 €	17 956	858,99 €
fev.	103 509	4 651,88 €	142 289	6 385,63 €	26 620	1 212,50 €	40 096	1 843,95 €
mar.	94 401	4 278,52 €	173 075	7 797,77 €	22 467	1 060,77 €	18 985	905,02 €
abr.	80 180	3 691,10 €	114 249	5 236,54 €	19 553	940,95 €	16 453	800,32 €
mai.	1 173	109,30 €	0	55,78 €	26 615	1 270,27 €	14 022	695,63 €
jun.	627	82,59 €	0	53,98 €	24 870	1 188,85 €	8 751	453,30 €
jul.	294	73,90 €	0	60,50 €	18 010	880,98 €	2 666	181,96 €
ago.	0	60,50 €	0	60,50 €	12 774	588,82 €	2 873	179,34 €
set.	15	59,22 €	0	68,61 €	16 505	796,09 €	3 781	227,51 €
out.	732	93,85 €	0	50,45 €	33 455	1 584,61 €	6 209	343,37 €
nov.	79 265	3 680,21 €	106 223	4 908,31 €	32 343	1 532,03 €	12 239	616,13 €
dez.	57 247	2 657,93 €	76 716	3 544,89 €	29 569	1 407,58 €	21 815	1 054,33 €
Total	553 886	25 571,03 €	809 047	37 041,22 €	297 871	14 061,74 €	165 846	8 159,84 €

No gráfico da Figura 4.9 verificam-se os consumos totais, desagregados pelos PRM e pelas cantinas do campus e os encargos totais de GN no ano de 2018. Tendo em conta os consumos de GN, verifica-se que durante os meses de Inverno existe um maior consumo energético, para o ano de 2018 e como tal, o mês de janeiro foi o que registou um maior consumo, relacionado essencialmente com o aquecimento dos edifícios.

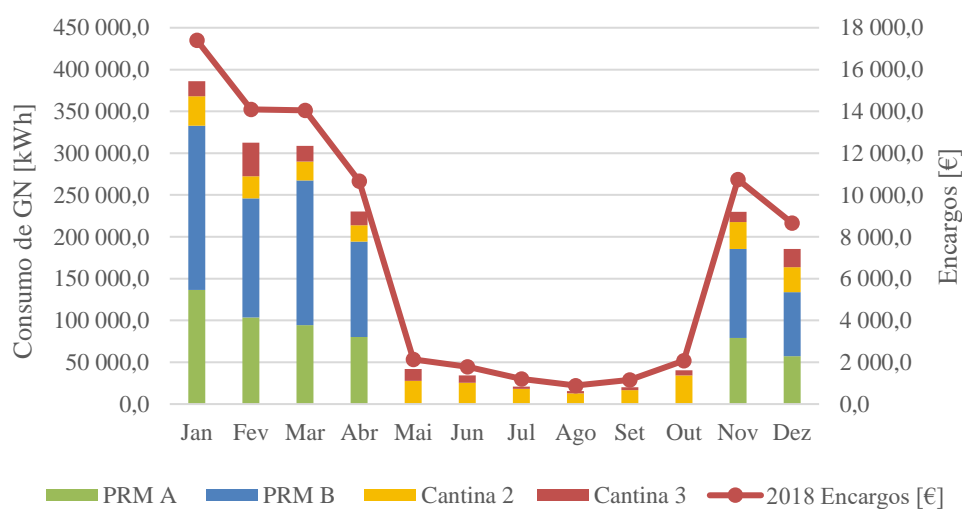


Figura 4.9 – Distribuição dos encargos e consumos com o GN no ano de 2018.

Em análise ao gráfico da Figura 4.9 constata-se que nos meses de verão tanto no PRM A, como no B o consumo de gás natural é residual ou nulo, uma vez serem pontos de redução e de medição em que os consumos estão diretamente relacionados com o aquecimento dos

edifícios. Nos PRM das Cantinas 2 e 3, verifica-se que nos meses de verão os consumos também são mais baixos, pois existe um menor número de refeições confeccionados uma vez ser um período em que os alunos e alguns funcionários se encontram de férias.

No entanto, e tal como se constata tanto no gráfico como na tabela, apesar de não existirem consumos de energia (meses de verão), continuam a existir encargos com o gás natural, associado ao termo fixo de acesso às redes que é faturado, quer exista ou não consumo de energia.

4.4. Consumo global

Com base nos consumos energéticos durante o ano de 2018, realizou-se a quantificação dos consumos de energia, encargos, energia primária e emissões de CO₂ equivalente por fonte de energia, tal como se pode verificar na Tabela 4.7. Os presentes valores podem ser uma referência para efeitos de estimativa de necessidades energéticas, quantificação de economias energéticas e outros cálculos.

Tabela 4.7 – Consumos energéticos, encargos e emissões de CO₂e – 2018.

Tipo de energia	Local de consumo	Energia final [kWh]	Encargos [€]	Energia primária ⁷ [kWhEP]	Emissões CO ₂ e ⁸ [tCO ₂ e]
Energia elétrica	Campus 2	2 668 801,00	283 688 €	7 198 127,50	960 768,36
Gás natural	Cantina 2	297 871,74	14 061,74 €	297 871,74	60 170,09
	Cantina 3	165 846,23	8 159,84 €	165 846,22	33 500,94
	Edifício A	553 886,00	25 571,03 €	553 886,00	111 884,97
	CTBIB + CTC	809 047,31	37 041,22 €	815 823,00	164 796,25
Total		4 495 452,28	368 520,92 €	9 031 554,46	1 331 120,61

Na Figura 4.10 apresenta-se em forma de gráfico os dados presentes na tabela acima, referente à repartição por fonte de energia dos consumos, encargos e emissões de CO₂ equivalente, referente ao ano de 2018.

⁷ Os valores de energia primária foram obtidos tendo em conta os fatores de conversão entre energia final e energia primária definidos no Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013, em que define fator de conversão para a energia elétrica de 2,5 kWhEP/kWh e para o gás natural de 1 kWhEP/kWh.

⁸ Para a determinação das emissões de CO₂ equivalente associadas ao consumo de energia nos edifícios, foram considerados os fatores de conversão definidos no Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013, de 0,144 kgCO₂/kWh para a energia elétrica e 0,202 kgCO₂/kWh para o gás natural.

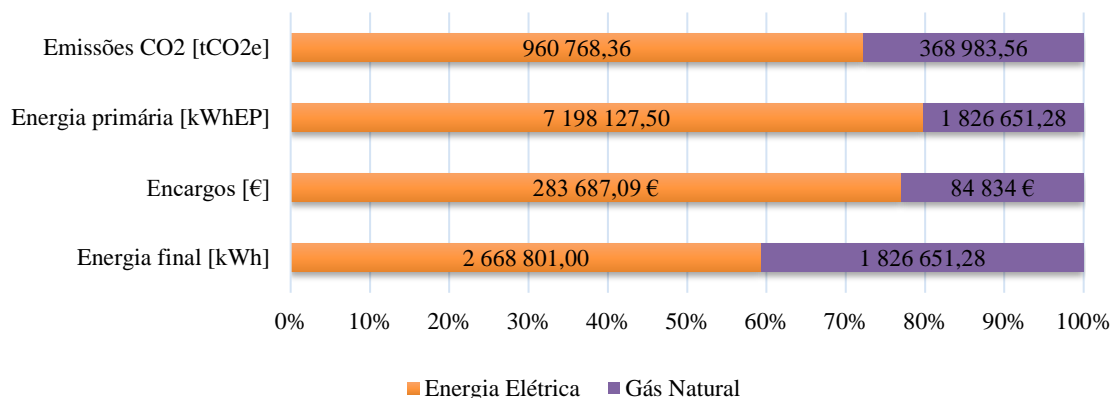


Figura 4.10 – Consumos energéticos, encargos e emissões de CO₂e – ano 2018.

Verifica-se que o campus 2 apresenta um consumo de 4 495 452 kWh, o que corresponde a 9 031 554 kWhEP de energia primária que, em termos de emissões de CO₂ equivalente para a atmosfera, corresponde a 1 331 120 tCO₂e. O encargo anual com a energia é de 368 520,92 €, correspondendo 84 834 € ao gás natural e 283 688 € à energia elétrica.

Em termos de energia primária, a energia elétrica corresponde, aproximadamente, a 79 % da energia consumida, o que, em termos de encargos, corresponde a cerca de 77 % da fatura energética global. Por outro lado, o gás natural corresponde a 21 % da energia primária consumida e a 23 % da fatura energética anual.

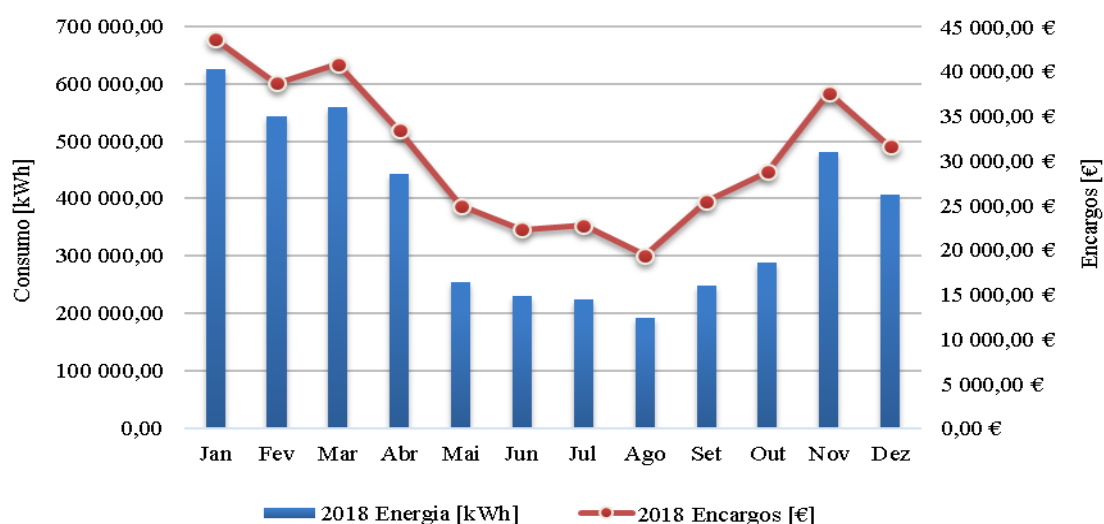


Figura 4.11 – Consumos e encargos de energia total, 2018.

No gráfico acima, constata-se que ao longo de um ano existem variações significativas nos consumos de energia (GN e EE), em que nos meses de inverno e de ocupação letiva, os consumos têm um aumento substancial. E como tal, agosto é o mês com menor consumo de energia global e concomitantemente com menores encargos.

4.5. Análise comparativa 2008-2018

4.5.1. Energia elétrica

Na Tabela 4.8 observam-se os consumos e respetivos encargos com a energia elétrica nos anos de 2008 e 2018.

Em 2008 registou-se um consumo de 3 484 906 kWh, com um encargo de 250 328 €, enquanto que em 2018, os consumos foram de 2 668 801 kWh, com um encargo de 283 688 €. Constata-se que entre 2008 e 2018 houve uma diminuição de 23 % no consumo de energia elétrica, e simultaneamente no ano de 2018 verificou-se um aumento de 13 % nos encargos com a EE.

Tabela 4.8 – Consumos e encargos com a EE, 2008 e 2018.

Mês	2008		2018	
	Energia [kWh]	Encargos [€]	Energia [kWh]	Encargos [€]
jan.	322 760	22 786 €	240 140	26 099 €
fev.	282 193	19 910 €	230 067	24 512 €
mar.	276 926	19 741 €	251 303	26 751 €
abr.	281 412	20 629 €	213 340	22 696 €
mai.	289 235	21 135 €	212 475	22 755 €
jun.	313 351	22 832 €	195 148	20 470 €
jul.	310 206	22 493 €	202 519	21 502 €
ago.	243 044	17 446 €	175 989	18 415 €
set.	256 727	18 629 €	228 229	24 246 €
out.	301 699	21 398 €	248 576	26 597 €
nov.	309 408	21 953 €	250 031	26 800 €
dez.	297 945	21 376 €	220 984	22 845 €
Total	3 484 906	250 328 €	2 668 801	283 688 €

No gráfico da Figura 4.12, pode observar-se a evolução mensal dos consumos e encargos com a EE para os dois anos em análise. E tal como verificado no consumo total de energia elétrica, em 2008 o consumo mensal é sempre superior ao do ano de 2018, no entanto, os encargos mensais, são na maioria dos meses (exceto junho e julho) superiores no ano de 2018 em relação ao ano de 2008. Este facto deve-se principalmente a uma diferença no custo unitário da energia elétrica, que em 2008 foi de 0,072 €/kWh e em 2018 passou a ser de 0,106 €/kWh, tendo-se registado um aumento de 47 %.

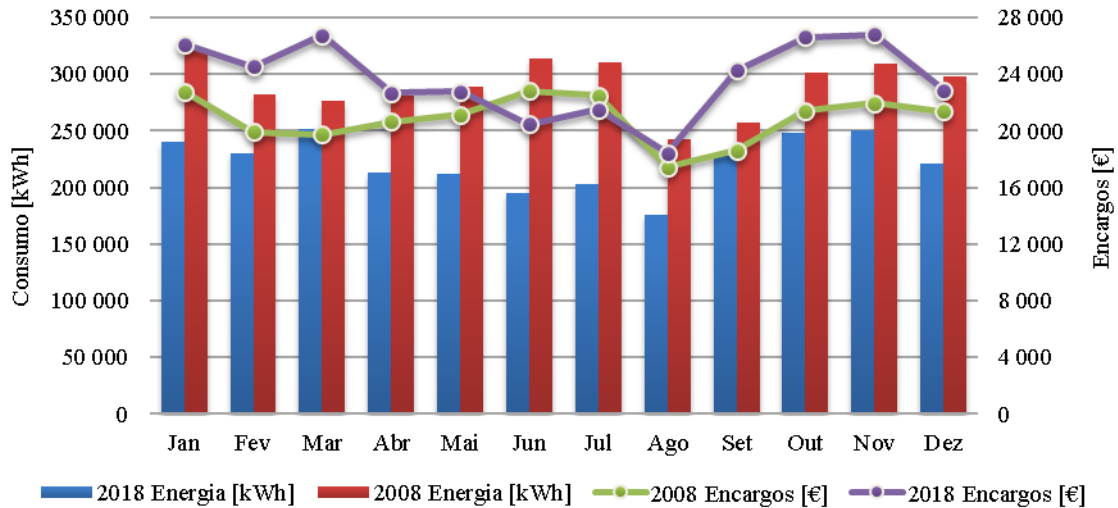


Figura 4.12 – Consumos e encargos com a energia elétrica, 2008 e 2018.

4.5.2. Energia reativa

A análise ao gráfico da Figura 4.13 permite verificar que existiu um aumento substancial, tanto no consumo, como nos encargos com a energia reativa, entre 2008 e 2018. Constando-se que em 2008 praticamente não havia penalizações com energia reativa, no entanto em 2018 (uma década depois), verifica-se um consumo de energia reativa substancial. Tal diferença poderá estar associada a um funcionamento deficiente do sistema de compensação do fator de potência, pelo que este deverá ser revisto.

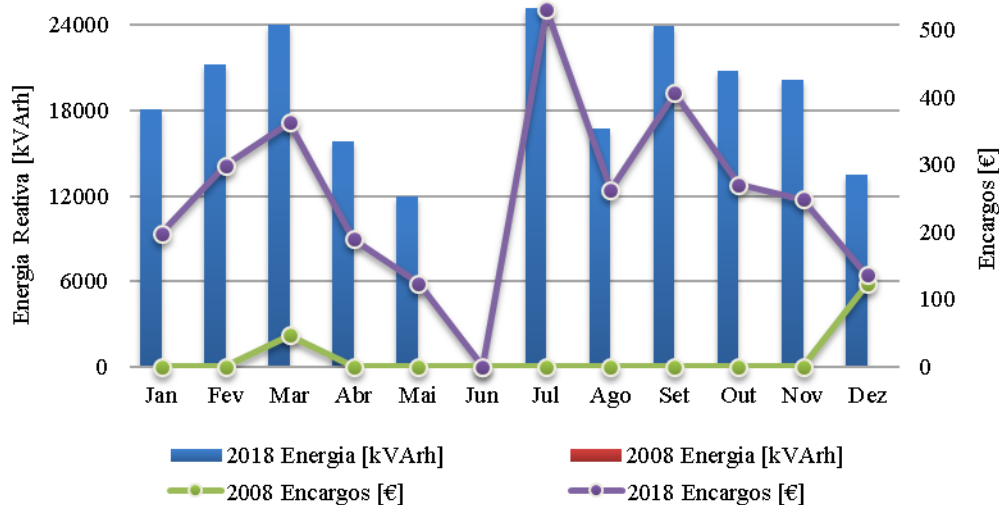


Figura 4.13 – Consumos e encargos com a energia reativa, 2008 e 2018.

4.5.3. Gás natural

Tabela 4.9 – Consumos e encargos com Gás Natural, 2008 e 2018.

Mês	2008		2018	
	Energia [kWh]	Encargos [€]	Energia [kWh]	Encargos [€]
jan.	330 963	15 788	385 984	17 408
fev.	289 799	14 076	312 515	14 094
mar.	213 453	10 507	308 928	14 042
abr.	166 634	8 549	230 435	10 669
mai.	88 288	4 895	41 810	2 131
jun.	53 053	3 204	34 248	1 779
jul.	42 467	1 950	20 970	1 197
ago.	14 029	723	15 647	889
set.	18 352	891	20 301	1 151
out.	150 769	6 920	40 396	2 072
nov.	231 050	9 440	230 071	10 737
dez.	413 315	16 095	185 347	8 665
Total	2 012 172	93 038 €	1 826 651	84 834 €

Na Tabela 4.9 é possível constatar que existiu uma diminuição substancial no consumo e nos encargos com o gás natural, entre os anos de 2008 e 2018.

Quanto às variações sazonais no consumo de gás natural verificadas anteriormente no ano de 2018, as mesmas também se verificam no ano de 2008, tal como se constata no gráfico da figura seguinte. Dado que a utilização do gás natural estar abundantemente associada ao aquecimento dos edifícios, esta tem um carácter sazonal, sendo predominante nos meses de inverno.

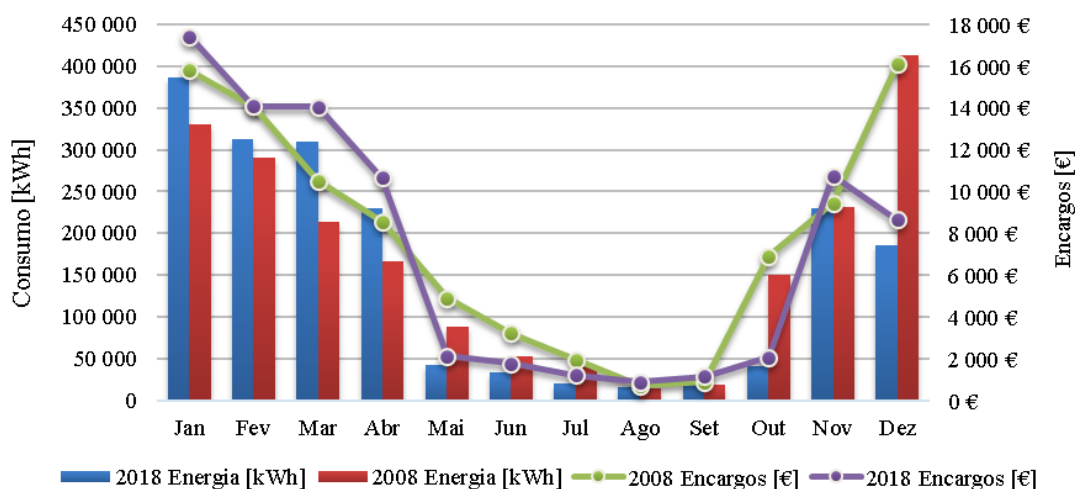


Figura 4.14 – Consumos e encargos com o gás natural, 2008 e 2018.

4.5.4. Consumo total

Da análise ao gráfico da figura seguinte é possível verificar que existiu uma diminuição substancial no consumo de energia total do campus (gás natural e energia elétrica) entre o ano de 2008 e 2018, no entanto essa diminuição não teve reflexos nos encargos associados ao consumo energético, constatando-se um aumento de 7 %.

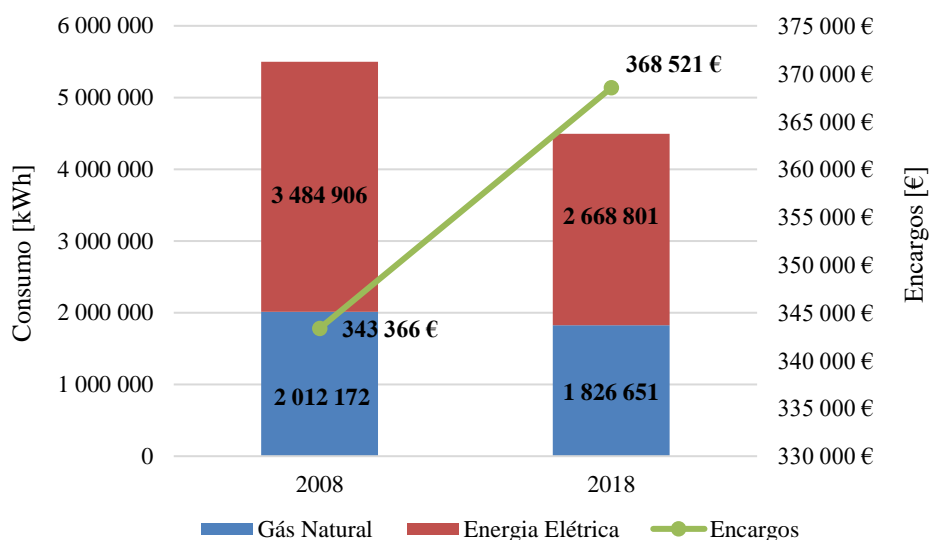


Figura 4.15 – Consumos e encargos com a energia total, 2008 e 2018.

Este aumento significativo nos encargos pode estar associado essencialmente, ao aumento no consumo de energia reativa e também ao aumento do custo unitário da energia elétrica, tal como já foi realçado nos capítulos anteriores.

5. Resultados das medições da qualidade do ambiente interior

Na presente secção são analisados os resultados obtidos nas medições dos parâmetros de qualidade do ambiente interior, designadamente do dióxido de carbono [ppm], temperatura [°C] e humidade relativa [%] do ar e aos níveis de iluminância [lux]. A secção encontra-se subdividida em duas sub-seções, na primeira são abordados os resultados referentes às medições dos parâmetros da qualidade do ar interior e conforto térmico e na segunda os resultados referentes às medições dos níveis de iluminância.

5.1. Qualidade do ar interior e conforto térmico

Neste sub-capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos nas medições levadas a cabo na segunda campanha, e tendo em conta as 3 medições realizadas, encontrar-se-á subdividido em Sala D.00.09, Sala D.01.11 B-P2 e medições no exterior.

Os resultados serão apresentados graficamente, por semana, considerando segunda-feira a sábado, sendo o período de ocupação do edifício, uma vez que este se encontra encerrado ao domingo. Nos gráficos, encontrar-se-á a sombreado os períodos de ocupação das salas, que foram definidos de acordo com a informação presente nos horários semanais, por sala e de acordo com a informação do site de horários do IPLeiria, para o ano 2019/2020, e presentes no anexo B.

Será também apresentada uma análise estatística aos resultados amostrados por semana, nas salas amostradas, designadamente, o valor máximo, mínimo, média e desvio padrão de cada parâmetro amostrado.

5.1.1. Sala D.00.09

As medições da sala D.00.09 (Figura 5.1) decorreram durante o período de 27/11/2019 a 14/01/2020, ocorrendo uma interrupção letiva de 23/12/2019 a 05/01/2020 para as férias do natal.

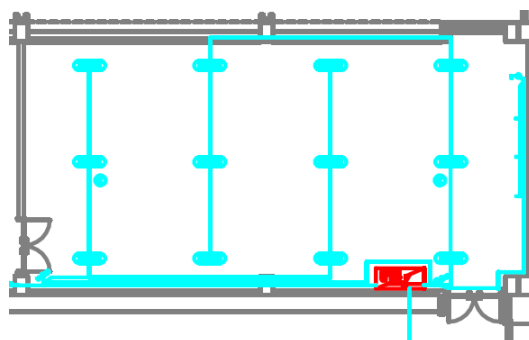


Figura 5.1 – Planta autocad da sala D.00.09.

Tendo em conta a primeira semana de amostragens, 27/11/2019 a 30/11/2019, a sala D.00.09, encontrou-se ocupada em diferentes períodos que se encontram descritos na Tabela 5.1, e também representados no gráfico da Figura 5.2, onde é possível verificar os resultados obtidos neste período de amostragens. A medição iniciou a uma quarta-feira, pelas 00h30 do dia 27/11/2019.

Tabela 5.1 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 27/11/2019 a 30/11/2019.

Período	Curso	Início	Fim
1	Engenharia da Energia e do Ambiente	27/11/2019 9:00	27/11/2019 11:00
2	Engenharia da Energia e do Ambiente	27/11/2019 11:00	27/11/2019 12:00
3	Turno oculto	27/11/2019 15:00	27/11/2019 18:00
4	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	27/11/2019 21:00	28/11/2019 0:00
5	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	28/11/2019 15:00	28/11/2019 18:00
6	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	28/11/2019 18:00	28/11/2019 20:00
7	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	28/11/2019 20:30	28/11/2019 22:30
8	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	29/11/2019 14:00	29/11/2019 18:00

Durante o período amostrado é possível constatar que nos períodos de ocupação da sala existe um aumento da concentração dos parâmetros de dióxido de carbono e humidade relativa do ar. No entanto, no dia 28/11 pela 1h00 da manhã verificou-se um pico nas concentrações dos parâmetros amostrados, para qual não existe uma explicação aparente, uma vez que não existia ocupação da sala neste horário.

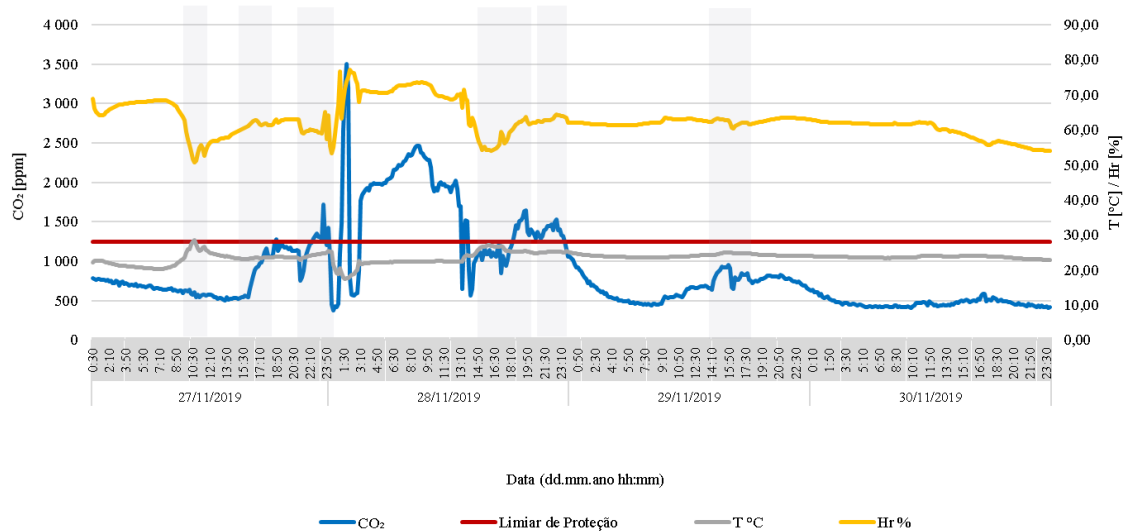


Figura 5.2 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 27/11/2019 a 30/11/2019, na sala D.00.09.

Na tabela seguinte encontra-se a análise estatística aos resultados obtidos para esta semana de amostragem, designadamente, o valor máximo, mínimo, média e desvio padrão. Dos resultados é possível constatar que durante o presente período a temperatura se encontrou entre os 28,52 e os 17,51°C, com uma média de 23,53°C. A humidade relativa do ar teve um valor médio de 62,57% e uma variação entre 77,05% e os 50,59%. E por sua vez o dióxido de carbono obteve um valor máximo de 3 501 ppm, e um mínimo de 373 ppm, com uma média de 884,78 ppm.

Tabela 5.2 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 27/11/2019 a 30/11/2019, da sala D.00.09.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO ₂ [ppm]	Data
Mínimo	17,51	28/11/2019 01:40	50,59	27/11/2019 10:40	373	28/11/2019 00:30
Máximo	28,52	27/11/2019 10:40	77,05	28/11/2019 02:10	3 501	28/11/2019 01:50
Média	23,53	-	62,57	-	884,78	-
Desvio Padrão	1,47	-	4,78	-	541,72	-

A segunda de semana de amostragens, 2/12/2019 a 7/12/2019, na sala D.00.09, constatou-se a ocupação que se encontra referida na tabela seguinte (Tabela 5.3), e que se encontra representada no gráfico da Figura 5.3 a sombreado.

Tabela 5.3 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 2/12/2019 a 7/12/2019.

Período	Curso	Início	Fim
9	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	2/12/2019 11:00	2/12/2019 13:00
10		2/12/2019 14:00	2/12/2019 17:00
11		2/12/2019 17:00	2/12/2019 19:00
12	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	2/12/2019 20:00	2/12/2019 23:30
13	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	3/12/2019 8:00	3/12/2019 11:00
14	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	3/12/2019 14:30	3/12/2019 18:00
15	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	3/12/2019 20:00	3/12/2019 23:00
16	Engenharia da Energia e do Ambiente	4/12/2019 9:00	4/12/2019 11:00
17		4/12/2019 11:00	4/12/2019 12:00
18	Turno oculto	4/12/2019 15:00	4/12/2019 18:00
19	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	4/12/2019 21:00	5/12/2019 0:00
20	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	5/12/2019 16:00	5/12/2019 18:00
21		5/12/2019 18:00	5/12/2019 20:00
22		5/12/2019 20:30	5/12/2019 22:30
23	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	6/12/2019 14:00	6/12/2019 18:00

Na figura seguinte é possível verificar os resultados obtidos neste período de amostragens, e tal como já constatado anteriormente, nos períodos em que a sala se encontra ocupada existe um aumento significativo na concentração dos parâmetros amostrados. Para além do aumento significativo na concentração dos parâmetros, verifica-se ainda que a concentração de dióxido de carbono é superior ao limiar de proteção definido (1 250 ppm), principalmente nas aulas realizadas após um período de ocupação anterior.

Face à análise estatística dos resultados obtidos durante o período amostrado (Tabela 5.4), constata-se que os valores da concentração de dióxido de carbono em média foram de 771,67 ppm, com uma variação entre 374 ppm e 1 893 ppm. O valor máximo de dióxido de carbono foi registado no dia 2 de dezembro de 2019, após uma ocupação total da sala. A temperatura do ar registou um valor mínimo de 20,86 °C e um máximo de 25,55°C, com um valor médio de 23,02°C. E por sua vez a humidade relativa do ar oscilou entre os 35,72 % e os 50,44 %, e uma média de 41,94 %.

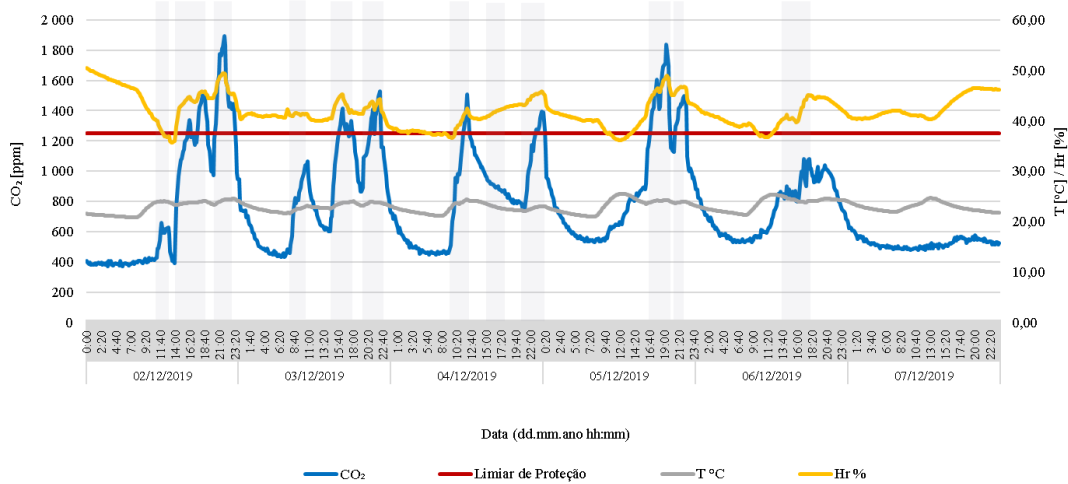


Figura 5.3 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 02/12/2019 a 7/12/2019, na sala D.00.09.

Tabela 5.4 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 02/12/2019 a 7/12/2019, da sala D.00.09.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO ₂ [ppm]	Data
Mínimo	20,86	02/12/2019 07:10	35,72	02/12/2019 13:20	374	02/12/2019 03:20
Máximo	25,55	05/12/2019 12:30	50,44	02/12/2019 00:00	1 893	02/12/2019 21:40
Média	23,02	-	41,94	-	771,67	-
Desvio Padrão	1,13	-	3,12	-	327,50	-

Na terceira semana de amostragens, 9/12/2019 a 14/12/2019, a sala D.00.09, teve a ocupação que se encontra descrita Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 9/12/2019 a 14/12/2019.

Período	Curso	Início	Fim
24	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	9/12/2019 11:00	9/12/2019 13:00
25		9/12/2019 14:00	9/12/2019 17:00
26		9/12/2019 17:00	9/12/2019 19:00
27	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	9/12/2019 20:00	9/12/2019 23:30
28	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	10/12/2019 8:00	10/12/2019 11:00
29	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	10/12/2019 14:30	10/12/2019 18:00
30	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	10/12/2019 18:00	10/12/2019 20:00

Tabela 5.6 – Continuação Tabela 5.5.

Período	Curso	Início	Fim
31	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	10/12/2019 20:00	10/12/2019 23:00
32	Engenharia da Energia e do Ambiente	11/12/2019 9:00	11/12/2019 11:00
33		11/12/2019 11:00	11/12/2019 12:00
34	Turno oculto	11/12/2019 15:00	11/12/2019 18:00
35	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	11/12/2019 18:00	11/12/2019 21:00
36		11/12/2019 21:00	12/12/2019 0:00
37	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	12/12/2019 15:00	12/12/2019 18:00
38		12/12/2019 18:00	12/12/2019 20:00
39	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	13/12/2019 8:00	13/12/2019 11:00
40	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	13/12/2019 14:00	13/12/2019 18:00
41	Turno oculto	13/12/2019 20:30	13/12/2019 23:30

No gráfico da Figura 5.4 é possível observar os resultados obtidos durante a terceira semana de amostragens, em que se constata que nos períodos de ocupação da sala (sombreado), a concentração de dióxido de carbono, humidade relativa e temperatura do ar sofreram um aumento significativo. Concomitantemente, constata-se que em alguns dos períodos de ocupação, a concentração de dióxido de carbono ultrapassa o limiar de proteção definido por lei (1 250 ppm), o que significa uma fraca taxa de renovação do ar interior.

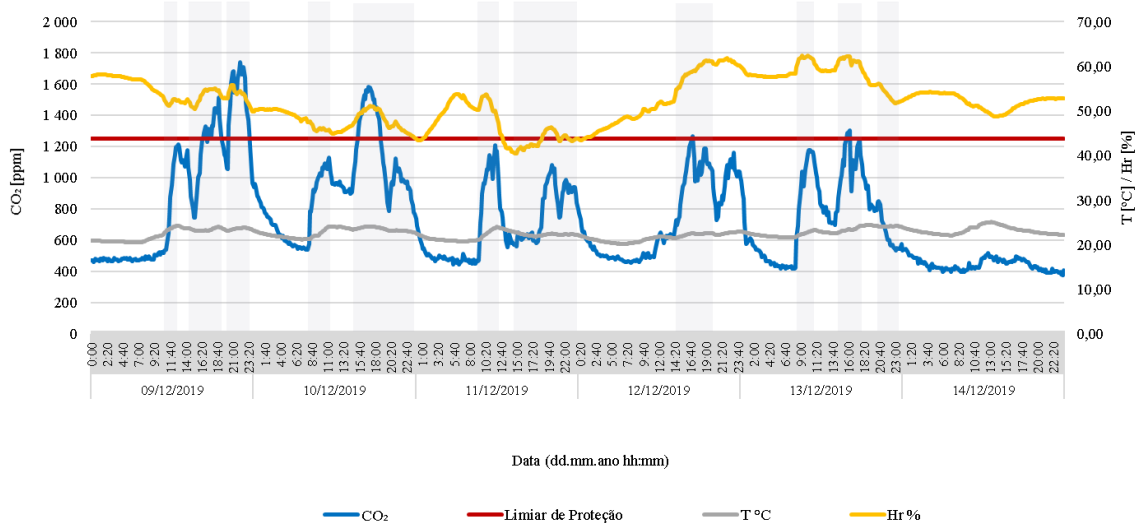


Figura 5.4 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 09/12/2019 a 14/12/2019, na sala D.00.09.

Tabela 5.7 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 09/12/2019 a 14/12/2019, da sala D.00.09.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO₂ [ppm]	Data
Mínimo	20,25	12/12/2019 05:50 e 06:30	40,48	11/12/2019 14:40	1 740	14/12/2019 23:40
Máximo	25,09	14/12/2019 13:10	62,45	13/12/2019 10:00	379	09/12/2019 22:00
Média	22,52	-	52,10	-	741,28	-
Desvio Padrão	1,13	-	5,33	-	311,08	-

Após análise estatística dos dados referentes aos 6 dias amostrados durante o período de 09/12/2019 a 14/12/2019 e tal como é possível observar na tabela acima, verifica-se que a temperatura do ar oscilou entre 20,25°C e 25,09°C, com um valor médio de 22,52°C. A humidade relativa do ar registou um valor máximo de 62,45% e um mínimo de 40,48% com um valor médio de 52,10%. O dióxido de carbono teve uma concentração média de 741,28 ppm, e a concentração máxima (1 740 ppm) foi registada no dia 09 de dezembro durante um período de ocupação da sala e a mínima (379ppm) foi registada durante o dia de sábado em que não se verificou ocupação da sala.

Na tabela seguinte encontra-se a ocupação da sala D.00.09 durante o período de 16/12/2019 a 21/12/2019. E no gráfico da Figura 5.5 é possível observar as concentrações dos parâmetros amostrados durante a semana referida.

Tabela 5.8 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 16/12/2019 a 21/12/2019.

Período	Curso	Início	Fim
42	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	16/12/2019 11:00	16/12/2019 13:00
43		16/12/2019 14:00	16/12/2019 17:00
44		16/12/2019 17:00	16/12/2019 19:00
45	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	16/12/2019 20:00	16/12/2019 23:30
46	Técnico Superior Profissional de Eletrónica e Redes de Telecomunicações	17/12/2019 8:00	17/12/2019 10:00
47		17/12/2019 10:00	17/12/2019 13:00
48	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	17/12/2019 14:30	17/12/2019 18:00
49	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	17/12/2019 20:00	17/12/2019 23:00
50	Engenharia da Energia e do Ambiente	18/12/2019 9:00	18/12/2019 11:00
51		18/12/2019 11:00	18/12/2019 12:00
52	Turno oculto	18/12/2019 15:00	18/12/2019 18:00

Tabela 5.9 – Continuação Tabela 5.8.

Período	Curso	Início	Fim
53	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	18/12/2019 21:00	18/12/2019 0:00
54	Troca de sala	19/12/2019 8:30	19/12/2019 10:30
55	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	19/12/2019 15:00	19/12/2019 18:00
56		19/12/2019 18:00	19/12/2019 20:00
57		19/12/2019 20:30	19/12/2019 23:30
58	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	20/12/2019 14:00	20/12/2019 18:00

No gráfico verifica-se que nos períodos de ocupação da sala (sombreado), a concentração de dióxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar sofrem um aumento significativo. Concomitantemente, constata-se que em alguns dos períodos de ocupação, a concentração de dióxido de carbono ultrapassa o limiar de proteção definido por lei (1 250 ppm), o que significa uma fraca taxa de renovação do ar interior.

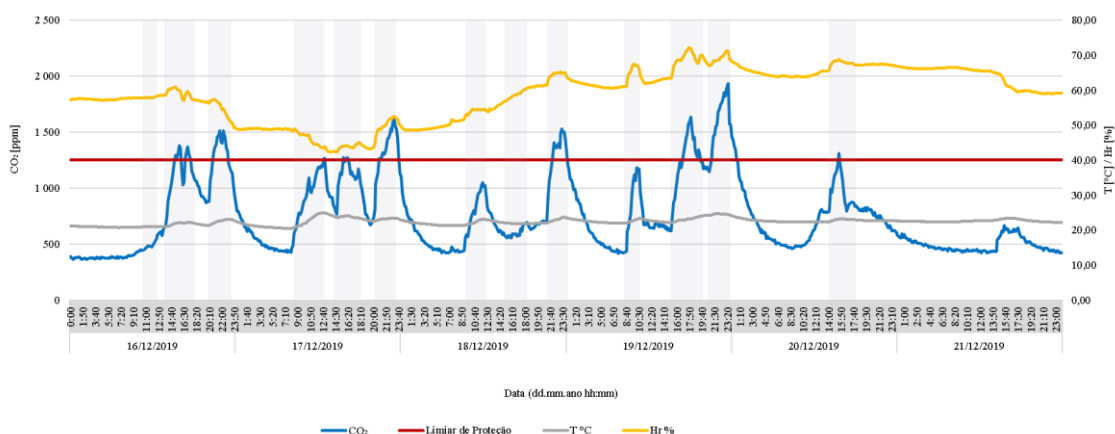


Figura 5.5 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 16/12/2019 a 21/12/2019, na sala D.00.09.

Da análise aos dados estatísticos (Tabela 5.10) da amostragem é possível constatar que a temperatura média foi de 22,38°C, e a temperatura máxima registada foi de 24,99°C, durante uma aula do curso de Técnico Superior Profissional de Eletrónica e Redes de Telecomunicações e a mínima de 20,46°C após uma noite sem qualquer ocupação. A humidade relativa variou entre 72,19% e os 42,21% com uma média de 59,01%. E a concentração de dióxido de carbono teve como valor máximo 1 935 ppm, registado no fim de um dia em que a sala se encontrou ocupada com 4 aulas, a concentração mínima foi de 361 ppm e a concentração média foi de 753,13 ppm.

Tabela 5.10 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 16/12/2019 a 21/12/2019, da sala D.00.09.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO ₂ [ppm]	Data
Mínimo	20,46	17/12/2019 07:30 a 8:10	42,21	17/12/2019 14:40	361,00	16/12/2019 02:20
Máximo	24,99	17/12/2019 12:30	72,19	19/12/2019 17:40	1 935,00	19/12/2019 23:30
Média	22,38	-	59,01	-	753,13	-
Desvio Padrão	0,93	-	7,45	-	339,18	-

Graficamente na Figura 5.6, encontram-se os resultados dos parâmetros amostrados durante o período de interrupção letiva de 23/12/2019 a 05/01/2020.

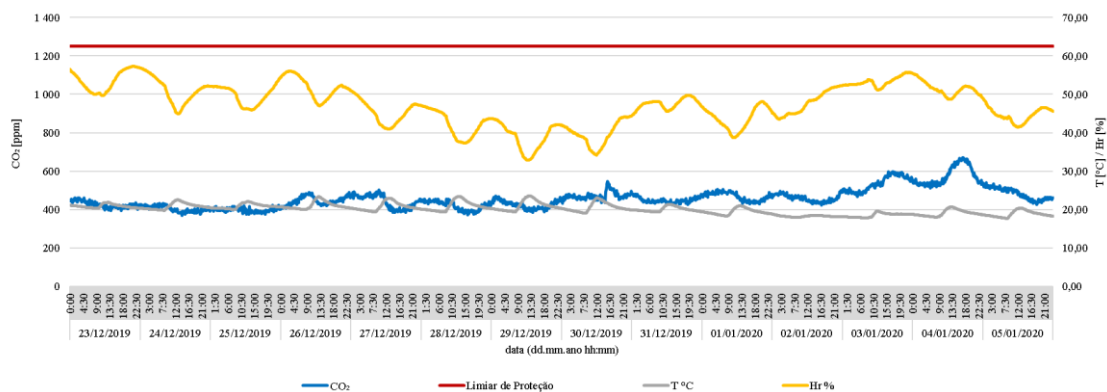


Figura 5.6 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 23/12/2019 a 05/01/2020, na sala D.00.09.

Uma vez que não existiu ocupação das salas durante a interrupção letiva, verifica-se que apenas a temperatura registou valores inferiores aos recomendados pela ISO 7730 (20 a 24°C) e pela ASHRAE 55-1992 (19,5 a 24,5°C). No entanto, para os restantes parâmetros verificaram-se ligeiras oscilações ao longo da amostragem. Desta forma, os valores de dióxido de carbono atingiram apenas o valor máximo de 666 ppm e o mínimo de 367 ppm, com uma média de 456,75 ppm. Por sua vez, a temperatura ao longo do tempo teve uma tendência decrescente, pois a necessidade de aquecimento da sala era maior devido à temperatura exterior menor, mas uma vez que não existia ocupação desta não tem qualquer interferência no conforto dos seus ocupantes. Desta forma, o valor máximo registado foi de 23,52°C e o mínimo de 17,63°C, com uma temperatura média de 20,05°C. A humidade relativa do ar na sala atingiu o valor máximo de 57,28% e o valor mínimo de 32,84% com uma média de 47,21%.

Durante a semana de 06/01/2020 a 11/01/2020, e tal como é possível constatar no gráfico da Figura 5.7, não existiu qualquer ocupação da sala D.00.09, no entanto no dia 6/01 das

16h00 às 21h00 e no dia 10/01 das 16h00 às 19h00, registaram-se dois picos nas concentrações dos parâmetros amostrados. Assim, face aos resultados obtidos, é possível constatar uma variação da temperatura durante esta semana entre 22,56°C e 17,41°C, com uma temperatura média de 20,29°C. A humidade relativa registou o valor máximo de 55,47% e mínimo de 34,72%, com um valor médio de 43,74%. Por sua vez, as concentrações de dióxido de carbono obtiveram o valor máximo de 1 082 ppm, e um mínimo de 453 ppm, tendo a concentração média da semana sido de 639,24 ppm.

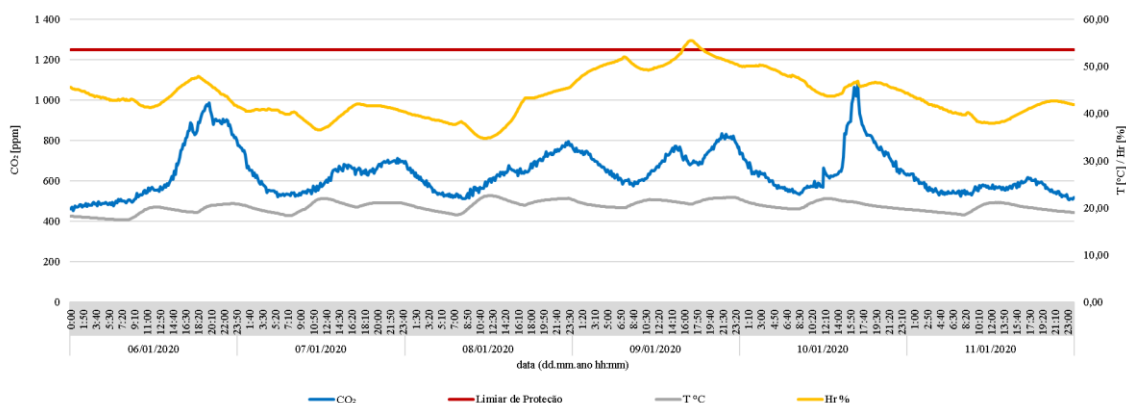


Figura 5.7 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 06/01/2020 a 11/01/2020, na sala D.00.09.

Por último, no período de 13/01/2020 a 14/01/2020, registou-se apenas o decorrer de uma aula, tal como é possível verificar na tabela abaixo, bem como no gráfico da Figura 5.8, através do período a sombreado.

Tabela 5.11 – Ocupação da sala D.00.09, no período de 13/01/2020 a 14/01/2020.

Período	Curso	Início	Fim
59	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	14/1/2020 16:30	14/1/2020 19:30

Durante este período, verifica-se que no dia 14/01 houve ocupação da sala, registando-se um ligeiro pico nas concentrações dos parâmetros amostrados. As concentrações de dióxido de carbono variaram entre 706 ppm e 413 ppm, com uma média de 544 ppm. A temperatura atingiu o seu valor máximo de 20,98°C e o mínimo de 17,37°C, com uma média de 18,71°C. Por último, a humidade relativa teve uma média de 45,74% tendo uma variação entre 54,25% e 39,16%.

Tabela 5.12 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 13/01/2020 a 14/01/2020, da sala D.00.09.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO ₂ [ppm]	Data
Mínimo	17,37	13/01/2020 08:10 e 9:00	39,16	12/01/2020 15:40	413	14/01/2020 08:40
Máximo	20,98	14/01/2020 12:10	54,25	14/01/2020 17:30	706	13/01/2020 19:00
Média	18,71	-	45,74	-	544,64	-
Desvio Padrão	4,38	-	0,97	-	85,61	-

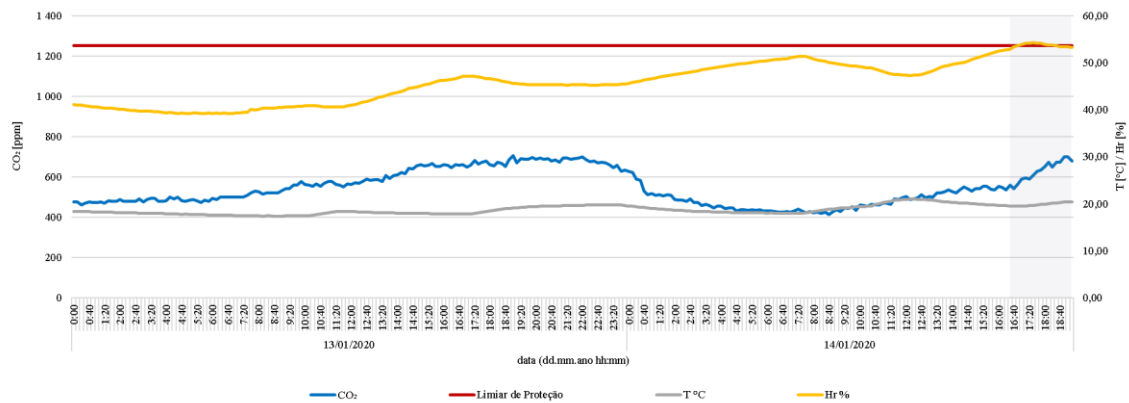


Figura 5.8 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior registados durante o período de 13/01/2020 a 14/01/2020, na sala D.00.09.

5.1.2. Sala D.01.11B-P2

As medições da sala D.01.11B-P2 (Figura 5.9) que decorreram durante o período de 2/12/2019 a 14/01/2020, mas no período de 7/12/2019 a 11/12/2019 ocorreu uma interrupção nas amostragens, e no período de 23/12/2019 a 05/01/2020 ocorreu a interrupção letiva para as férias do natal, onde não se verificou ocupação da sala.

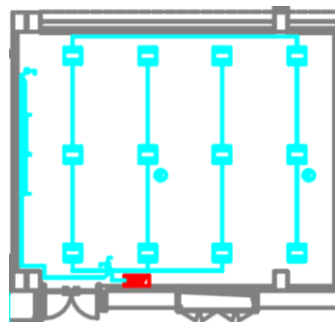


Figura 5.9 – Planta autocad da Sala D.01.11B-P2.

Tendo em conta a primeira semana de amostragens, 2/12/2019 a 6/12/2019, a sala D.01.11B-P2, encontrou-se ocupada em diferentes períodos e que se encontram descritos na tabela seguinte.

Tabela 5.13 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 2/12/2019 a 6/12/2019.

Período	Curso	Início	Fim
1	Engenharia Mecânica	2/12/2019 9:00	2/12/2019 11:00
2	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	2/12/2019 14:00	2/12/2019 17:00
3	Mestrado em Engenharia Eletrotécnica	2/12/2019 18:00	2/12/2019 20:00
4		2/12/2019 20:00	2/12/2019 22:00
5		2/12/2019 22:00	3/12/2019 0:00
6	Técnico Superior Profissional de Desenvolvimento Web e Multimédia	3/12/2019 11:00	3/12/2019 13:00
7	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	3/12/2019 16:00	3/12/2019 19:00
8	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	3/12/2019 21:00	4/12/2019 0:00
9	Técnico Superior Profissional de Programação de Sistemas de Informação	4/12/2019 8:00	4/12/2019 9:30
10		4/12/2019 9:30	4/12/2019 11:00
11	Engenharia Informática	4/12/2019 11:00	4/12/2019 14:00
12	Técnico Superior Profissional de Apoio à Gestão	5/12/2019 11:00	5/12/2019 13:00
13	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	5/12/2019 13:00	5/12/2019 16:00
14	Engenharia Mecânica	5/12/2019 18:00	5/12/2019 21:00
15		5/12/2019 21:00	6/12/2019 0:00
16	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	6/12/2019 10:00	6/12/2019 13:00
17	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	6/12/2019 13:00	6/12/2019 16:00
18		6/12/2019 16:00	6/12/2019 19:00
19	Mestrado em Engenharia Eletrotécnica	6/12/2019 19:00	6/12/2019 21:00
20		6/12/2019 21:30	6/12/2019 23:30

No gráfico da Figura 5.10 encontra-se representado os resultados dos parâmetros amostrados durante o período de amostragem de 02/12/2019 a 6/12/2019. Após análise, verifica-se que nos períodos com ocupação da sala existe um aumento significativo na concentração dos parâmetros amostrados, efeitos da respiração humana. Para além deste aumento significativo, verifica-se ainda que a concentração de dióxido de carbono ultrapassa o limiar de proteção definido na legislação (1 250 ppm).

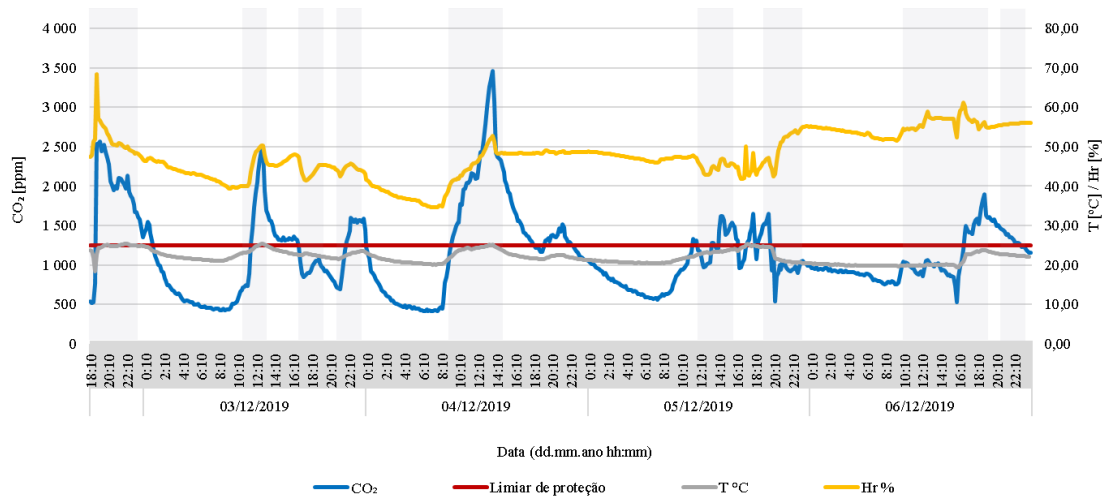


Figura 5.10 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 2/12/2019 a 6/12/2019, na sala D.01.11B-P2.

Face à análise estatística dos resultados das amostragens realizadas na sala D.01.11B-P2, e tal como se encontram mencionados na tabela abaixo, constatou-se que o valor médio da concentração de dióxido de carbono foi de 990,97 ppm, e o valor máximo registado foi 3 458 ppm, no dia 4 de dezembro de 2019 após uma manhã de aulas, por sua vez o valor mínimo de 285 ppm, registou-se num período sem ocupação letiva. A temperatura do ar registou um valor mínimo de 17,82 °C e um máximo de 31,64 °C, com um valor médio de 21,76 °C. Por sua vez, a humidade relativa do ar oscilou entre os 34,55 % e os 69,12 %, e valor médio de 50,64%.

Tabela 5.14 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 2/12/2019 a 6/12/2019, da sala D.01.11B-P2.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO ₂ [ppm]	Data
Mínimo	17,82	02/12/2019 07:20	34,55	04/12/2019 07:40	285	02/12/2019 12:00
Máximo	31,64	02/12/2019 11:50	69,12	02/12/2019 07:40	3 458	04/12/2019 13:40
Média	21,76	-	50,64	-	990,97	-
Desvio Padrão	2,12	-	7,41	-	517,13	-

A segunda semana de amostragens na sala D.01.11B-P2 não foi realizada de forma completa, tendo havido uma interrupção de 7/12/2019 a 11/12/2019. Como tal, serão considerados os resultados de 11/12/2019 a 14/12/2019, em que se verificou a ocupação que se encontra identificada a sombreado no gráfico e descrita na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 11/12/2019 a 14/12/2019.

Período	Curso	Início	Fim
21	Técnico Superior Profissional de Programação de Sistemas de Informação	11/12/2019 8:00	11/12/2019 9:30
22		11/12/2019 9:30	11/12/2019 11:00
23	Engenharia Informática	11/12/2019 11:00	11/12/2019 14:00
24	Técnico Superior Profissional de Desenvolvimento Web e Multimédia	11/12/2019 15:00	11/12/2019 19:00
25	Engenharia Civil	11/12/2019 19:00	11/12/2019 23:00
26	Técnico Superior Profissional de Apoio à Gestão	12/12/2019 11:00	12/12/2019 13:00
27	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	12/12/2019 13:00	12/12/2019 16:00
28	Engenharia Mecânica	12/12/2019 19:00	12/12/2019 22:00
29	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	13/12/2019 13:00	13/12/2019 16:00
30		13/12/2019 16:00	13/12/2019 19:00
31	Mestrado em Engenharia Eletrotécnica	13/12/2019 19:00	13/12/2019 21:00
32		13/12/2019 21:30	13/12/2019 23:30

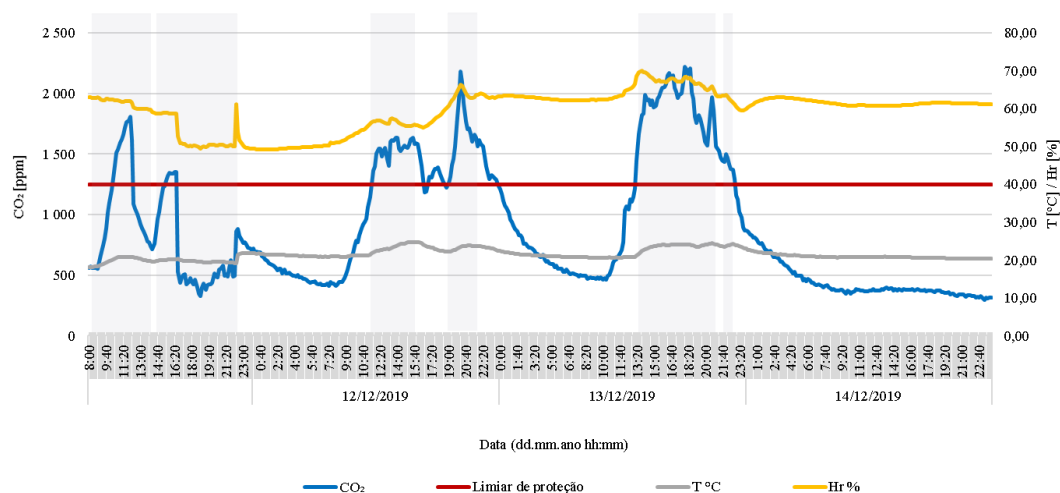


Figura 5.11 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 11/12/2019 a 14/12/2019, na sala D.01.11B-P2.

Os resultados referentes ao período de amostragens de 11/12/2019 a 14/12/2019, encontram-se apresentados no gráfico da Figura 5.11 e constata-se que nos períodos de ocupação da sala (sombreado), a concentração de dióxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar sofreram um aumento significativo. Concomitantemente, constata-se que nos períodos de ocupação, a concentração de dióxido de carbono ultrapassa o limiar de proteção definido por lei (1 250 ppm), o que significa uma fraca taxa de renovação do ar interior.

Tabela 5.16 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 11/12/2019 a 14/12/2019, da sala D.01.11B-P2.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO₂ [ppm]	Data
Mínimo	18,03	11/12/2019 07:20	49,22	12/12/2019 01:30	296	14/12/2019 23:10
Máximo	24,80	12/12/2019 16:00	69,95	13/12/2019 13:50	2 218	13/12/2019 18:00
Média	21,22	-	59,77	-	876,06	-
Desvio Padrão	1,61	-	5,18	-	512,51	-

Após a análise estatística aos dados referentes ao período de 11/12/2019 a 14/12/2019, verifica-se que a temperatura do ar oscilou entre 18,03°C e 24,80°C, com um valor médio de 21,22 °C. A humidade relativa do ar registou um valor máximo de 69,95% e um mínimo de 49,22%, com um valor médio de 59,77%. O dióxido de carbono teve uma concentração média de 876,06 ppm, em que o máximo registado foi de 2 218 ppm (>1 250ppm) e o mínimo de 296 ppm. E constata-se que tanto o valor máximo da temperatura, como da concentração de dióxido de carbono ocorreram durante um período de ocupação da sala, superior a 2 horas.

No período seguinte de amostragens (16/12/2019 a 21/12/2019), a sala teve a ocupação que se encontra descrita na tabela abaixo, e tal como se encontra identificado a sombreado no gráfico da Figura 5.12.

Tabela 5.17 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 16/12/2019 a 21/12/2019.

Período	Curso	Início	Fim
33	Engenharia Mecânica	16/12/2019 9:00	16/12/2019 11:00
34	Técnico Superior Profissional de Veículos Elétricos e Híbridos	16/12/2019 15:00	16/12/2019 17:00
35	Mestrado em Engenharia Eletrotécnica	16/12/2019 18:00	16/12/2019 20:00
36		16/12/2019 20:00	16/12/2019 22:00
37		16/12/2019 22:00	16/12/2019 0:00
38	Técnico Superior Profissional de Projeto de Moldes	17/12/2019 18:00	17/12/2019 19:00
39	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	17/12/2019 21:00	17/12/2019 0:00
40	Técnico Superior Profissional de Programação de Sistemas de Informação	18/12/2019 8:00	18/12/2019 9:30
41		18/12/2019 9:30	18/12/2019 11:00
42	Engenharia Informática	18/12/2019 11:00	18/12/2019 14:00
43		18/12/2019 14:30	18/12/2019 18:00

Tabela 5.18 – Continuação da tabela 5.17.

Período	Curso	Início	Fim
44	Engenharia Civil	18/12/2019 19:00	18/12/2019 23:00
45	Técnico Superior Profissional de Apoio à Gestão	19/12/2019 11:00	19/12/2019 13:00
46	Técnico Superior Profissional de Automação, Robótica e Manutenção Industrial	19/12/2019 13:00	19/12/2019 16:00
47	Engenharia Mecânica	19/12/2019 19:00	19/12/2019 22:00
48	Técnico Superior Profissional de Energias Renováveis e Eficiência Energética	20/12/2019 10:00	20/12/2019 13:00
49	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	20/12/2019 13:00	20/12/2019 16:00
50		20/12/2019 16:00	20/12/2019 19:00
51	Mestrado em Engenharia Eletrotécnica	20/12/2019 19:00	20/12/2019 21:00
52	Mestrado em Engenharia Eletrotécnica	20/12/2019 21:30	20/12/2019 23:30

Tendo em conta os resultados dos parâmetros amostrados durante a semana de 16/12/2019 a 21/12/2019, constata-se que as concentrações dos parâmetros amostrados sofreram um aumento significativo durante a ocupação das salas. E simultaneamente, percebe-se a existência de uma fraca taxa de renovação do ar interior da sala, pois nos períodos de ocupação a concentração de dióxido de carbono ultrapassa o limiar de proteção definido.

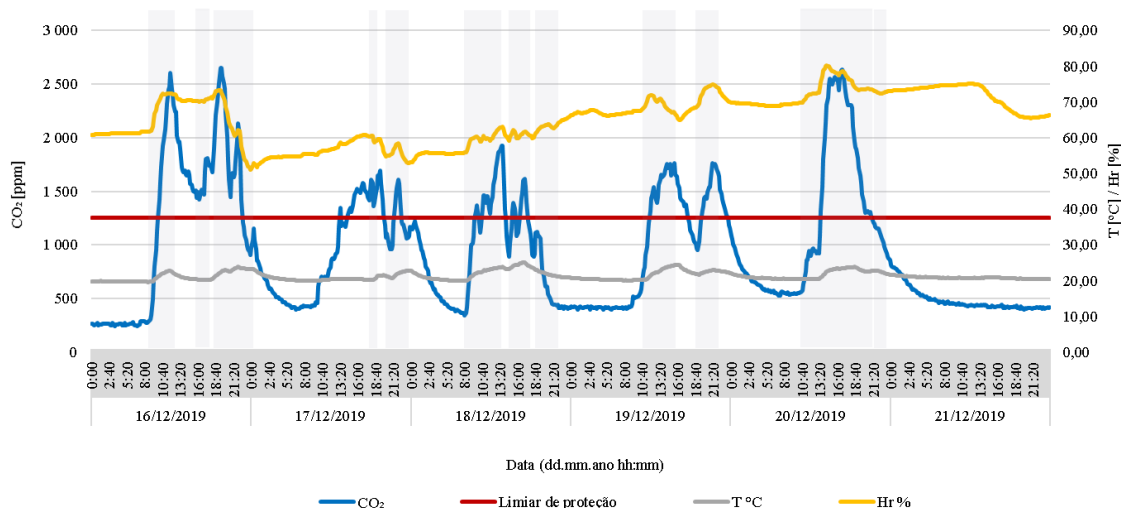


Figura 5.12 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 16/12/2019 a 21/12/2019, na sala D.01.11B-P2.

Em análise aos dados da semana amostrada, constata-se que a temperatura máxima foi de 25,11°C e a mínima de 19,63°C, com uma média de 21,30°C. A humidade relativa variou entre 80,15% e os 51,07% com uma média de 65,59%. A concentração máxima de dióxido

de carbono foi de 2 653 ppm e a mínima de 243 ppm, com uma média de 943,31 ppm. E tal como já foi verificado tanto o valor máximo da temperatura, humidade relativa do ar e dióxido de carbono ocorreram durante um período de ocupação da sala D.01.11.B-P2.

Tabela 5.19 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 16/12/2019 a 21/12/2019, da sala D.01.11B-P2.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO ₂ [ppm]	Data
Mínimo	19,63	16/12/2019 08:30	51,07	16/12/2019 23:50	243	16/12/2019 03:30
Máximo	25,11	18/12/2019 16:50	80,15	20/12/2019 14:20	2 653	16/12/2019 19:30
Média	21,30	-	65,59	-	943,31	-
Desvio Padrão	1,25	-	7,00	-	591,95	-

No período de 23/12/2019 a 05/01/2020 ocorreu a interrupção letiva, e graficamente na Figura 5.13, visualizam-se os resultados das medições realizadas.

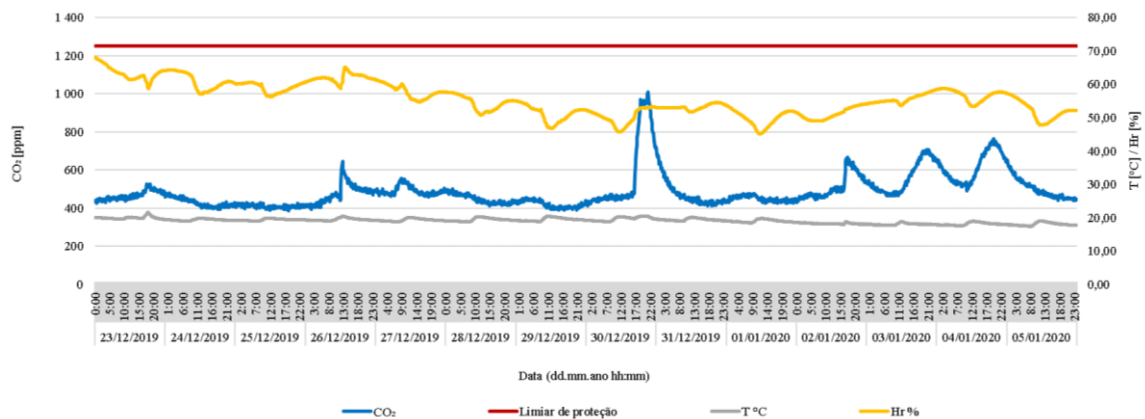


Figura 5.13 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 23/12/2019 a 5/01/2020, na sala D.01.11B-P2.

Uma vez não ter existido ocupação das salas durante a interrupção letiva, verifica-se que apenas a temperatura registou valores inferiores aos recomendados pela ISO7730 (20 a 24°C) e pela ASHRAE 55-1992 (19,5 a 24,5°C). No entanto para os restantes parâmetros verificaram-se ligeiras oscilações ao longo da amostragem. Desta forma, os valores de dióxido de carbono atingiram o valor máximo de 1 010 ppm e o mínimo de 385 ppm, com uma média de 487,99 ppm. Por sua vez, a temperatura ao longo do tempo teve uma tendência decrescente, pois a necessidade de aquecimento da sala era maior uma vez que se verificava uma temperatura exterior menor, no entanto não existia ocupação da sala, o que não interfere no conforto dos seus ocupantes. Desta forma, o valor máximo registado

foi de 21,58 °C e o mínimo de 17,37 °C, com uma temperatura média de 19,05°C. A humidade relativa do ar na sala atingiu o valor máximo de 68,14% e o valor mínimo de 45,12% com uma média de 55,52%.

No período de amostragens 06/01/2020 a 11/01/2020, verifica-se que a sala se encontrou ocupada, designadamente nos períodos que se encontram descritos na tabela seguinte.

Tabela 5.20 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 06/01/2020 a 11/01/2020.

Período	Curso	Início	Fim
53	Reserva da sala	6/1/2020 15:30	6/1/2020 18:30
54	Inglês Geral	6/1/2020 18:30	6/1/2020 21:00
55	Engenharia Informática	7/1/2020 14:00	7/1/2020 18:00
56	Engenharia Informática	7/1/2020 18:00	7/1/2020 20:00
57	Técnico Superior Profissional de Apoio à Gestão	9/1/2020 11:00	9/1/2020 13:00
58	Engenharia Mecânica	9/1/2020 18:00	9/1/2020 19:00

No gráfico correspondente à semana de 06/01/2020 a 11/01/2020 (Figura 5.14), volta-se a constatar que nos períodos de ocupação da sala existe um aumento significativo dos parâmetros amostrados.

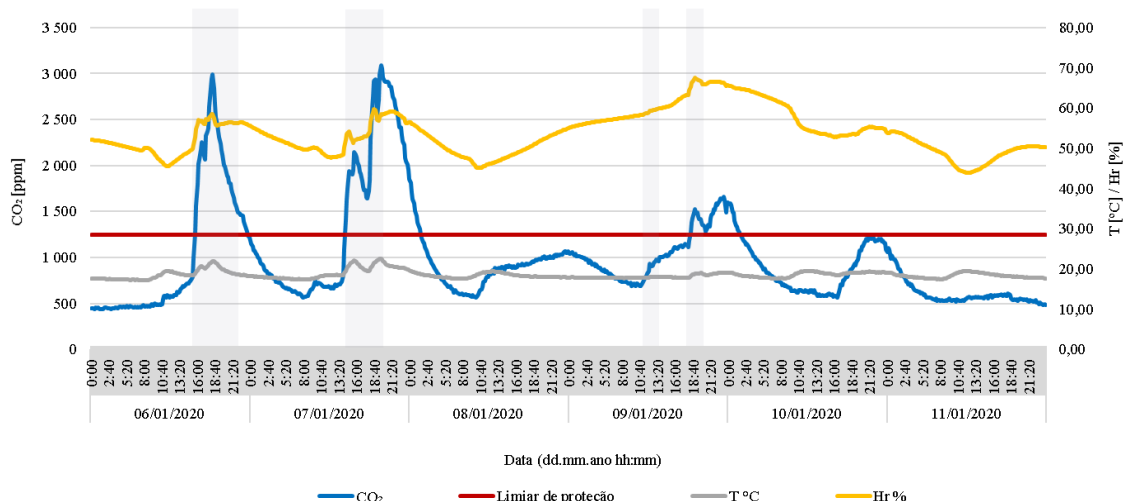


Figura 5.14 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 06/01/2020 a 11/01/2020, na sala D.01.11B-P2.

Em análise aos resultados estatísticos constata-se que a temperatura durante esta semana registou o valor máximo de 22,63°C, um valor mínimo de 17,15°C e valor médio de 18,52°C. A humidade relativa registou o valor máximo de 67,55% e um mínimo de 43,92%, com uma média 53,72%. Por sua vez, as concentrações de dióxido de carbono obtiveram o

valor máximo de 3 090 ppm, e um mínimo de 437 ppm, tendo a média da semana sido de 976,32 ppm. É possível perceber que de acordo com os períodos de ocupação das salas, que os valores máximos registados da temperatura, humidade relativa do ar e dióxido de carbono ocorreram durante a ocupação da sala.

Tabela 5.21 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 06/01/2020 a 11/01/2020, da sala D.01.11B-P2.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO₂ [ppm]	Data
Mínimo	17,15	06/01/2020 07:40	43,92	11/01/2020 12:10	437	06/01/2020 00:30
Máximo	22,63	07/01/2020 19:40	67,55	09/01/2020 19:00	3 090	07/01/2020 19:40
Média	18,52	-	53,72	-	976,32	-
Desvio Padrão	0,97	-	5,46	-	547,79	-

O último período amostrado na sala D.01.11B-P2, foi de 13/01/2020 a 14/01/2020, terminando às 18h30 desse dia. Deste modo os períodos de ocupação da sala encontram-se descritos na Tabela 5.22 e identificados a sombreado no gráfico da Figura 5.15, que também ilustra os resultados correspondentes a este último período de medições.

Tabela 5.22 – Ocupação da sala D.01.11B-P2, no período de 13/01/2020 a 14/01/2020.

Período	Curso	Início	Fim
59	Técnico Superior Profissional de Redes e Sistemas Informáticos	13/1/2020 9:30	13/1/2020 12:00
60	Técnico Superior Profissional de Projeto de Moldes	13/1/2020 18:30	13/1/2020 21:00

Durante este período, os resultados das medições realizadas demonstraram que as concentrações de dióxido de carbono variaram entre 1 669 ppm e 396 ppm, com uma média de 768,39 ppm. A humidade relativa teve uma percentagem média de 53,39%, com uma variação entre 65,67 % e 45,48 %. Por sua vez, a temperatura registou um valor máximo de 18,75 °C e mínimo de 16,80 °C, com uma média de 17,31°C, tendo-se verificado pela primeira vez valores de temperatura inferiores aos recomendados pela ISO 7730 (20 a 24°C) e pela ASHRAE 55-1992 (19,5 a 24,5°C), podendo estar relacionado com um período mais frio e desta forma com uma maior necessidade de climatização das salas. Ao mesmo tempo volta-se a verificar que o valor máximo de dióxido de carbono ultrapassa o limiar de proteção definido (<1 250 ppm), e o mesmo é registado no dia 13 de janeiro de 2020 pelas 19horas e 30minutos, ou seja, durante uma aula do curso técnico superior profissional de projeto de moldes.

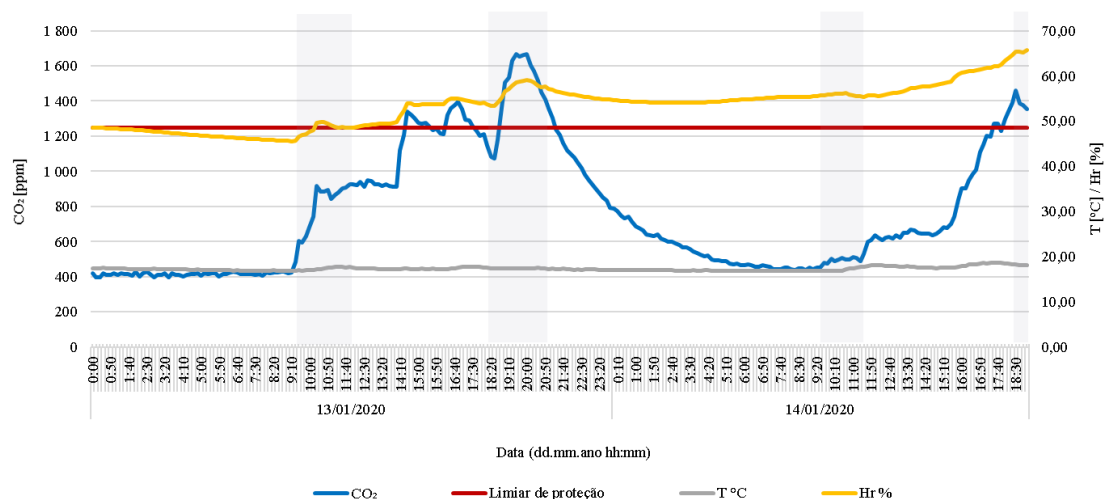


Figura 5.15 – Variação dos parâmetros de qualidade do ar interior durante o período de 13/01/2020 a 14/01/2020, na sala D.01.11B-P2

Tabela 5.23 – Análise estatística aos resultados do período de amostragens de 13/01/2020 a 14/01/2020, da sala D.01.11B-P2.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data	CO ₂ [ppm]	Data
Mínimo	16,80	14/01/2020 08:00	45,48	13/01/2020 09:10	396	13/01/2020 03:30
Máximo	18,75	14/01/2020 17:20	65,67	14/01/2020 19:00	1 669	13/01/2020 19:30
Média	17,31	-	53,39	-	768,39	-
Desvio Padrão	0,431	-	4,69	-	359,01	-

5.1.3. Exterior

As medições no terraço exterior do gabinete D 02.41 decorreram durante o período de 27/11/2019 a 14/01/2020 e, na Tabela 5.24, encontra-se uma análise estatística dos resultados totais obtidos, designadamente, o valor máximo, mínimo, média e desvio padrão para cada parâmetro amostrado (temperatura e humidade relativa).

Da análise dos resultados da tabela é possível constatar que a temperatura no exterior oscilou entre 29,21°C e 0,66°C, com uma média de 13,71°C. Por sua vez os valores de humidade relativa do ar exterior podem significar a existência de precipitação, designadamente quando esta ronda valores próximos dos 100%. Assim, contacta-se que nos dias 20/12/2019 e 21/12/2019, registaram-se valores de 100% de humidade do ar, e pode-se contrapor com os dados meteorológicos de Portugal nesses dias, que foi alvo de precipitação em consequência da depressão “Elsa”. Por outro lado, no dia 28/12/2019

registrou-se o valor mínimo de humidade do ar com 34,81%, e em média a humidade do ar foi de 77,45%.

Tabela 5.24 – Resultados estatísticos das medições realizadas no terraço do gabinete D 02.41.

	T [°C]	Data	Hr [%]	Data
Máximo	29,21	02/12/2019 12h20	100,00	20/12/2019 12h00 às 12h10 13h20 às 13h40 20h20 às 21h20 21/12/2019 0h30 às 7h10
Mínimo	0,66	08/01/2020 8h00	34,81	28/12/2020 15h00
Média	13,71	-	77,45	-
Desvio Padrão	5,396065	-	14,58	-

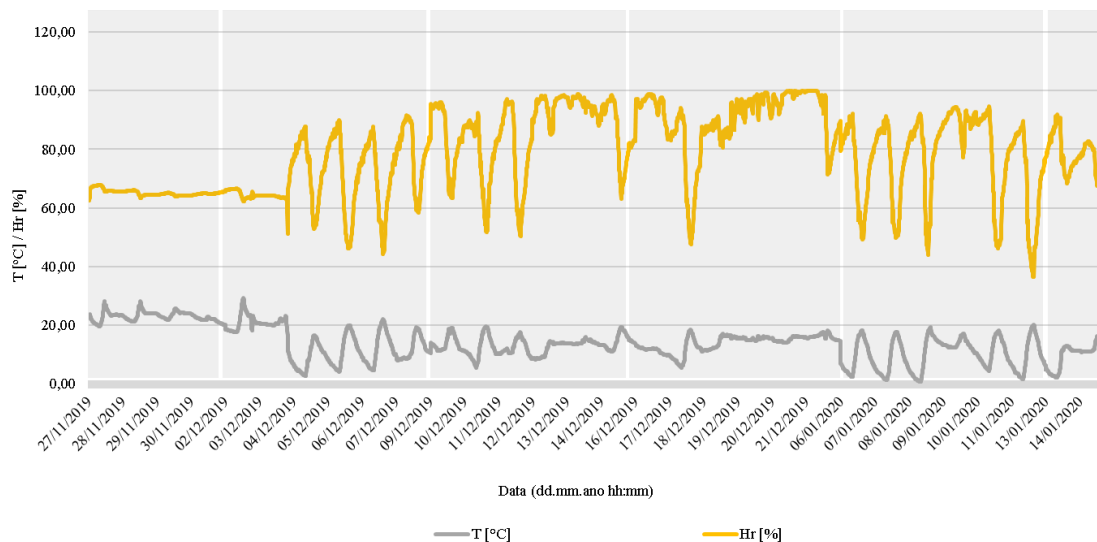


Figura 5.16 – Valores de temperatura e humidade relativa amostrados no exterior de 27/12/2019 a 14/01/2020.

No gráfico da Figura 5.16 é possível observar a variação dos parâmetros amostrados no exterior durante o período de 27/12/2019 e 14/01/2020, em que se encontra a sombreado os períodos semanais em que houve ocupação letiva. Neste período, constata-se uma diminuição da temperatura ao longo do tempo, podendo esta influenciar a necessidade de ajustes na climatização realizada no edifício, uma vez que a temperatura exterior tem efeitos na temperatura interior do edifício, principalmente se se verificarem perdas e trocas de energia entre o edifício e o exterior.

5.1.4. Reflexões

Em análise às 3 medições realizadas (Sala D.00.09, Sala D.01.11B-P2 e Exterior), é possível destacar o seguinte:

- genericamente os valores de humidade relativa medidos no interior das salas não ultrapassam as recomendações da ISO 7730 (30% - 70%) nem da ASHRAE 55-1992 (19,8% - 86,5%);
- os valores de dióxido de carbono e humidade relativa variam ao longo do tempo na mesma proporção;
- os valores de temperatura aumentam normalmente ao longo do tempo, verificando-se um valor mais elevado de temperatura no fim das aulas;
- o período de arejamento das salas tem efeitos diretos nos parâmetros amostrados;
- nos períodos de ocupação das salas existe um aumento significativo de dióxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar, consequência da respiração dos ocupantes e da fraca renovação do ar no interior da sala;
- na maioria das aulas a concentração de dióxido de carbono ultrapassa o limiar de proteção definido na Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro (1 250 ppm);
- no início das medições a temperatura registada no interior das salas era superior às necessidades de conforto dos ocupantes, e ao longo do tempo verificou-se uma diminuição da temperatura do ar no interior das salas atingindo valores inferiores aos recomendados para o conforto térmico. Assim, pressupõe-se que a temperatura do ar exterior tem uma influência na temperatura do interior do edifício, recomendando-se um ajuste da temperatura do interior das salas tendo em conta a temperatura no exterior, evitando desperdícios de energia e aumentando o conforto dos ocupantes.

5.2. Níveis de iluminância

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos nas medições aos níveis de iluminância, que foram organizados sob a forma de diagramas e tabelas para facilitar a sua análise e compreensão.

Todos os dados obtidos serão comparados com os requisitos de iluminância definidos na norma NP EN 12464-1:2017, nomeadamente no ponto n.º 5.36 referente aos “Estabelecimentos educacionais - edifícios escolares”, em que apenas serão considerados os valores aplicáveis ao presente projeto, tal como se constata na Tabela 3.4. Por forma a representar por cores os resultados dos níveis de iluminância obtidos em cada sala amostrada, utilizou-se a escala colorimétrica definida na Figura 5.17.

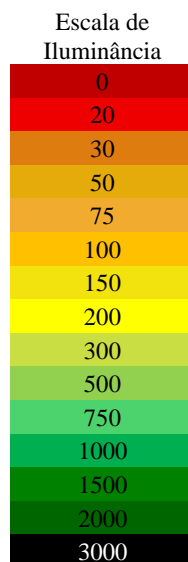


Figura 5.17 – Escala colorimétrica adotada na representação dos resultados dos níveis de iluminância.

Na tabela seguinte são apresentados os valores de iluminância mínimo (E_{min}), máximo (E_{max}), médio ($E_{médio}$) e uniformidade (U_0) dos níveis de iluminância obtidos em cada sala amostrada em comparação com o valor médio definido na norma (\bar{E}_m lx), tendo em conta a tarefa realizada em cada sala.

Em análise aos resultados obtidos nas medições dos níveis de iluminância nas seis salas amostradas, constata-se que todos os valores mínimos são inferiores aos valores recomendados na norma (NP EN 12464-1:2017) e por sua vez os valores máximos ultrapassam o valor recomendado pela norma. Quanto aos valores de uniformidade,

verifica-se que os valores são inferiores aos valores de uniformidade mínima para a área da tarefa (0,6 ou 0,7, dependendo da atividade) tal como se encontra descrita na Tabela 3.4.

Tabela 5.25 – Resultados das medições aos níveis de iluminância realizadas no edifício D.

Sala	E_{min} [lux]	E_{max} [lux]	$E_{médio}$ [lux]	U_0	\bar{E}_m lx [lux]
D.S.00.09	130	819	454	0,28	500
D.S.00.06	224	1300	629	0,35	500
D.S.00.13	159	1316	539	0,29	500
D.S.-1.04B	61	620	239	0,26	300
D.S.01.08	120	784	307	0,39	300
D.S.01.01	380	3600	1397	0,27	500

Assim, nas imagens seguintes encontram-se representados os dados obtidos nas medições das salas D.S.00.09, D.S.00.06, D.S.00.13, D.S.-1.04B, D.S.01.08 e D.S.01.01, respetivamente.

Da análise dos resultados é possível observar que em todas as salas amostradas, quanto mais próximo à janela, maior o valor de iluminância encontrada. E que por sua vez, os pontos que estão junto à parede oposta à parede das janelas têm níveis de iluminância inferiores à amostra da sala, sendo concomitantemente inferiores aos valores mínimos recomendados pela norma e referidos na Tabela 5.25.

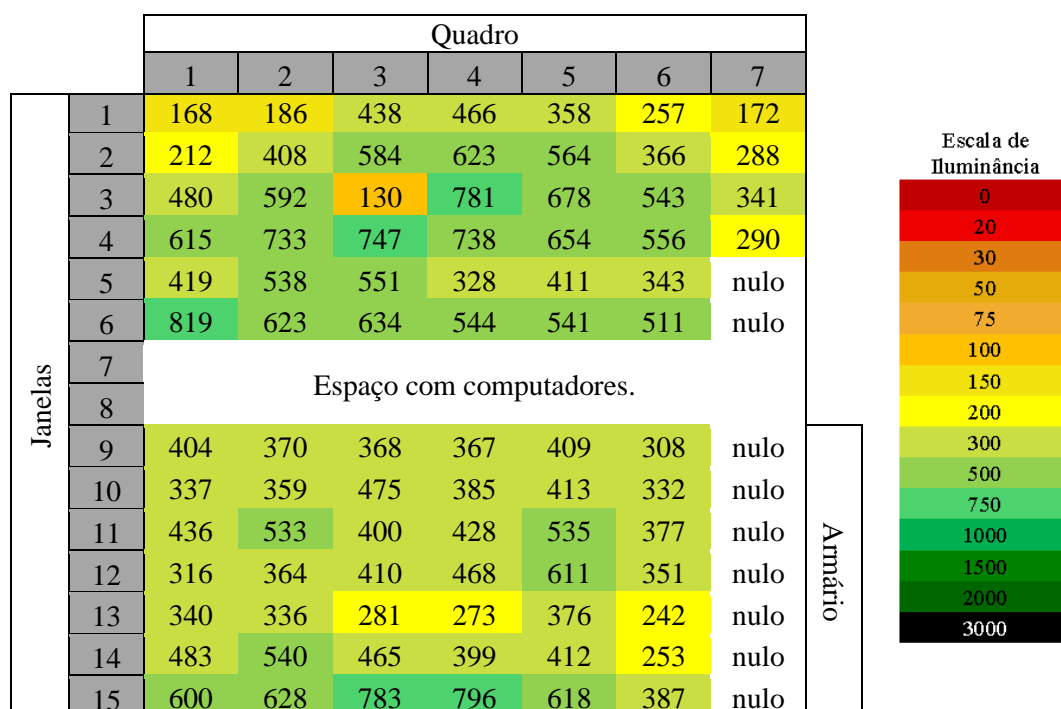


Figura 5.18 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.00.09.

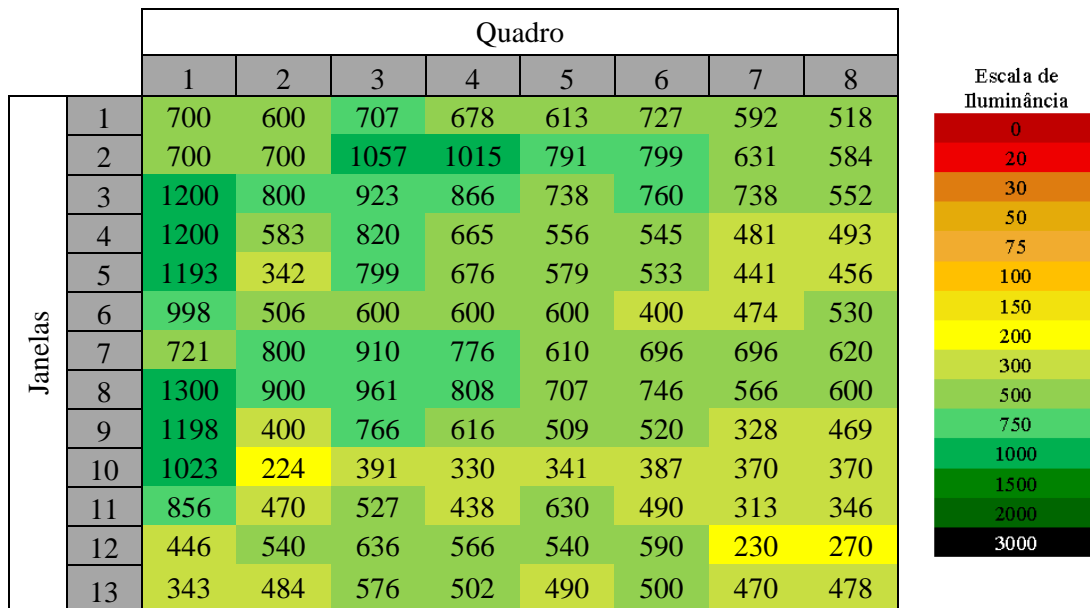


Figura 5.19 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.00.06.

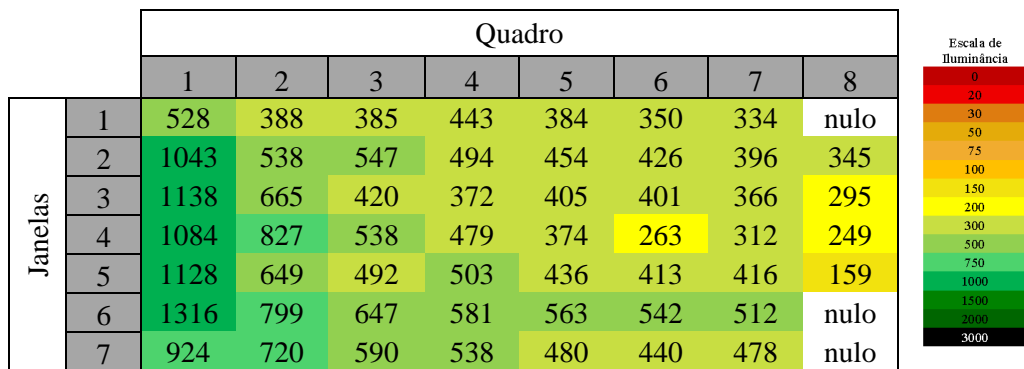


Figura 5.20 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.00.13.

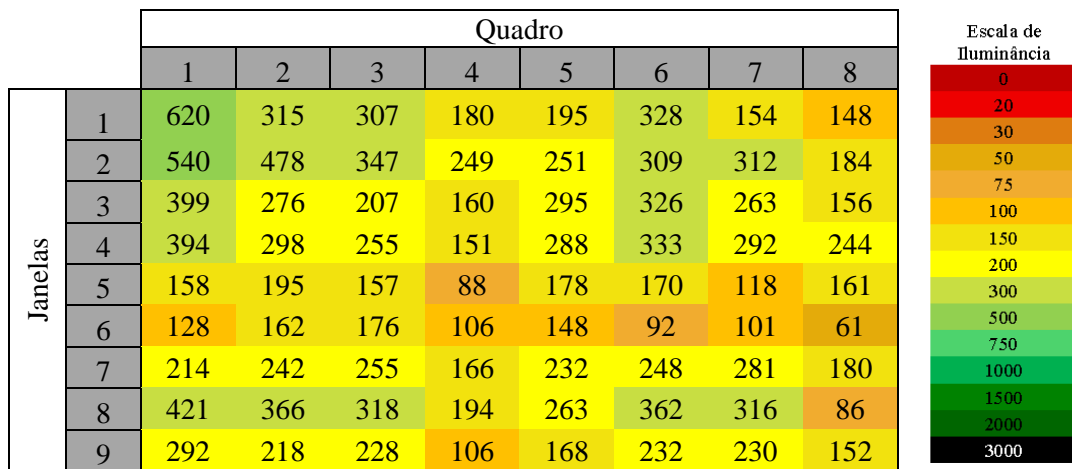


Figura 5.21 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.-1.04B.

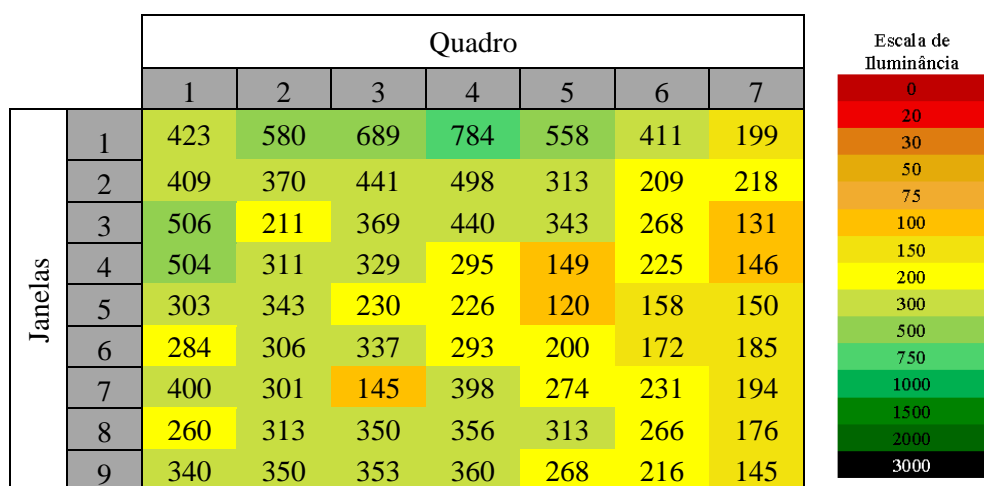


Figura 5.22 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.01.08.



Figura 5.23 – Resultados das medições dos níveis de iluminância na sala D.S.01.01.

6. Resultados – questionário *BUS*

No presente capítulo são apresentados os resultados obtidos da aplicação dos questionários aos ocupantes do edifício D (n=539). Os resultados serão apresentados em 5 secções diferentes tendo em conta os dados recolhidos nos questionários. Assim na primeira secção é feita a caracterização da amostra, na secção seguinte a avaliação do edifício em geral e do posto de trabalho, na terceira secção a avaliação da qualidade do ambiente interior onde se enquadram as variáveis, conforto, ruído, iluminação, produtividade, saúde e controlo pessoal, na quarta secção os resultados referentes à viagem “de” e “para” o campus e na última secção os resultados da avaliação à identificação e intervenção de problemas com o edifício.

Alguns dos resultados apresentados nas diferentes secções encontrar-se-ão em anexo, designadamente, os resultados dos comentários realizados nas diferentes secções, bem como a análise comparativa dos resultados com os benchmarkings da metodologia *Building Use Studies* (Anexo F e G, respetivamente).

6.1. Caraterização da amostra

Dos 539 questionários aplicados (Tabela 6.1) constata-se que 89% dos inquiridos têm uma idade inferior a 30 anos, 68% são do sexo masculino, e 61% frequenta uma licenciatura, constatando-se ser uma amostra constituída essencialmente por estudantes, com uma pequena percentagem de pessoal docente e não docente.

Tabela 6.1 – Caraterização da amostra (idade, sexo e nível de ensino).

Idade	n	%	Sexo		Nível de Ensino		n	%
>30 Anos	60	11 %	Feminino	169	31%	TeSP	119	22%
			Masculino	368	68 %	Licenciatura	331	61%
<30 Anos	479	89 %	Não Respondeu	2	0%	Mestrado	55	10%
						Doutoramento ⁹	37	7%

De acordo com o departamento dos inquiridos (Figura 6.1), constata-se que os departamentos de Gestão e Economia, bem como Engenharia Eletrotécnica são os departamentos com uma maior percentagem de inquiridos do estudo (33% e 26%

⁹ Referente ao nível de ensino do ocupante, pois não é ministrado este nível de ensino na ESTG.

respetivamente). Por sua vez, os departamentos com menor taxa de inquiridos são Engenharia Civil, Engenharia do Ambiente e Matemática (2%, 2% e 0,001%).

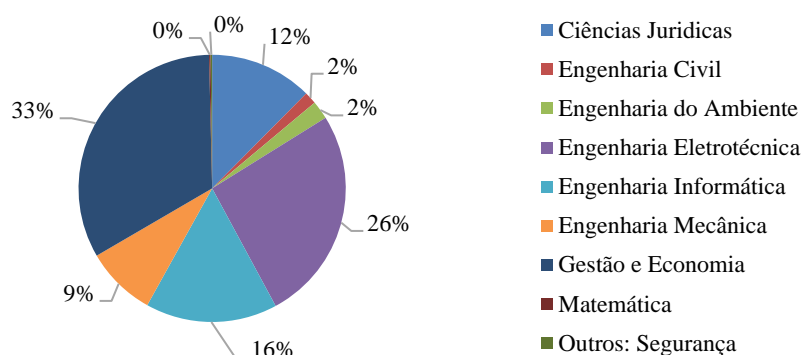


Figura 6.1 – Departamento frequentado pelos inquiridos.

Relativamente ao local de trabalho dos inquiridos, percebe-se que 79% dos inquiridos têm como seu local de trabalho/aulas habitual o edifício D, e apenas 21% tem outro edifício como local habitual. Desta percentagem, 59% refere ter como local habitual o edifício A, 38% o edifício E, e os restantes, não responderam, são funcionários externos ou referiram ocupar o edifício E.

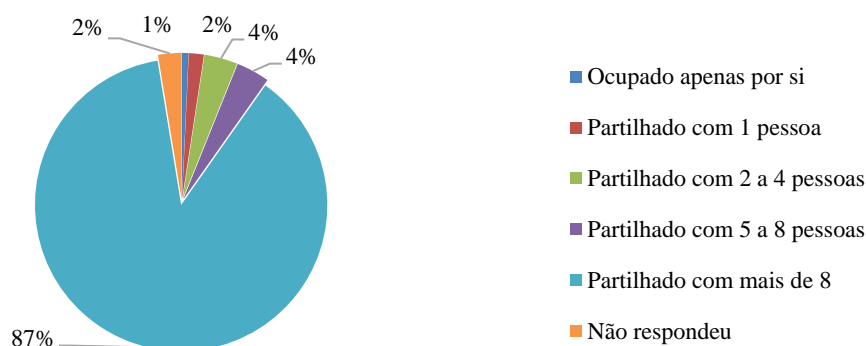


Figura 6.2 – Ocupação da sala de aula/laboratório/gabinete.

Quanto à área de trabalho / estudo normalmente ocupada verificou-se que a maioria dos inquiridos partilha o espaço com mais de 8 pessoas (87%). Quanto ao tempo que o ocupante utiliza o edifício, percebe-se que 21% o utiliza há menos de 1 ano e 29% refere que ocupa a área de trabalho / estudo onde se encontrava há menos de 1 ano. Já quanto à posição no interior da sala, constata-se que apenas 39% se senta junto à janela.

Tabela 6.2 – Informação dos ocupantes quanto à localização do posto de trabalho/estudo, tempo de utilização do edifício e ocupação da área de trabalho / estudo.

Posição junto à janela	n	%	Tempo que utiliza o edifício	n	%	Tempo que ocupa a área de trabalho / estudo onde se encontra	n	%
Sim	210	39%	> 1 ano	112	21%	> 1 ano	157	29%
Não	320	59%	< 1 ano	425	79%	< 1 ano	375	70%
Não respondeu	9	2%	Não respondeu	2	0%	Não Respondeu	7	1%

Face ao tempo que passam no edifício e/ou na sua área de trabalho/estudo, constata-se que em média passam 4 dias / semana no edifício, mas que a maioria (190; 35%) refere passar 5 dias/semana no edifício.

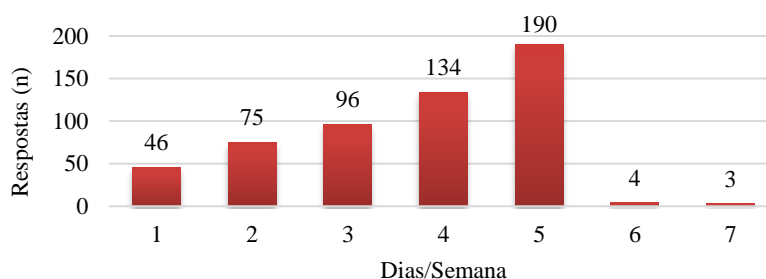


Figura 6.3 – Permanência diária [horas por semana] no edifício.

Quanto ao número de horas por dia passadas no edifício, no seu espaço de trabalho e em frente ao computador, a maioria dos inquiridos referiu passar entre 1 a 4 horas.

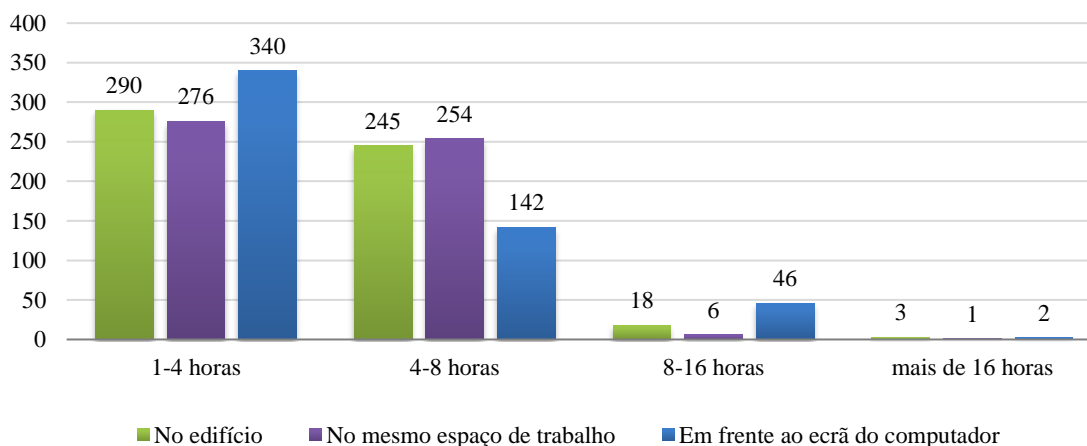


Figura 6.4 – Permanência diária [horas por dia].

Tendo em conta as tarefas identificadas pelos ocupantes do edifício, como as tarefas desempenhadas (Figura 6.5), percebe-se que a frequência de aulas, estudar, e ser aluno/estudante são as três atividades mais mencionadas, sendo de seguida mais

mencionadas as tarefas de realizar trabalhos de grupo, realizar projetos / investigação e docência. E no total 75 dos auscultados não responderam sobre as tarefas que desempenham no edifício.

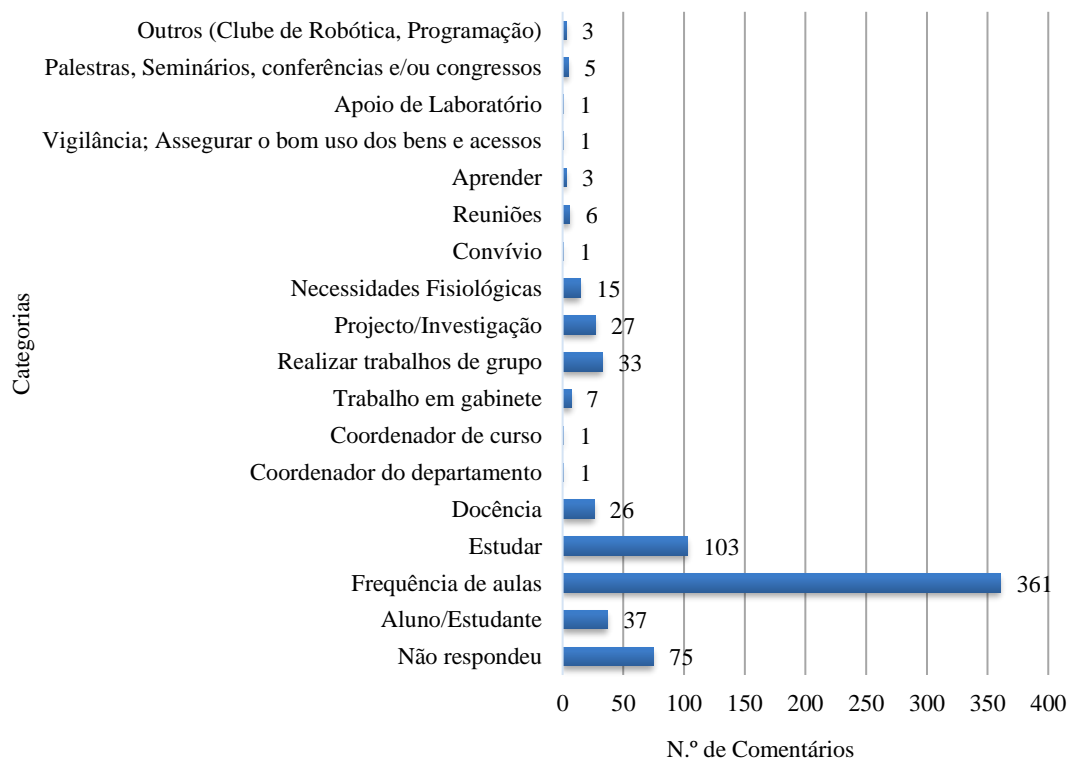


Figura 6.5 – Tarefas desempenhadas pelos inquiridos no edifício.

6.2. Avaliação do edifício em geral e do posto de trabalho

Na presente secção é possível analisar os resultados das variáveis referentes à avaliação do edifício em geral, designadamente, arquitetura do edifício, necessidades, utilização do espaço, imagem do edifício para os visitantes, segurança, limpeza, disponibilidade de salas de reunião, adequação das zonas de arrumos, densidade de ocupação e ainda os resultados das variáveis referentes às tarefas desempenhadas e do posto de trabalho dos inquiridos.

Na tabela seguinte é possível analisar os resultados da análise estatística aos dados da avaliação do edifício em geral, bem como do posto de trabalho. E face à média obtida nas variáveis, é possível verificar que esta para todas as variáveis é superior a 4, tendo em conta que 7 é o valor máximo, numa escala de 1 a 7, e como tal considera-se que os ocupantes avaliam positivamente o edifício e o posto de trabalho no seu geral. No entanto, destas 7

variáveis, constata-se a disponibilidade de salas de reunião, a adequação das zonas de arrumos e a densidade de ocupação apresentam as médias mais baixa (4,74; 4,8; e 4,84 respectivamente. E em contrapartida a disponibilidade de salas de reunião é também a variável com um maior desvio padrão (1,36) e com um valor de moda mais baixo (4).

Tabela 6.3 – Análise estatística das variáveis que avaliam o edifício em geral e o posto de trabalho.

		n	\bar{X}	M_O	P₂₅	M_e	P₇₅	Σ
Edifício em Geral	Arquitetura do edifício no geral	537	5,27	6	5	5	6	1,05
	Necessidades	534	5,45	6	5	6	6	1,04
	Utilização do espaço	534	5,62	6	5	6	6	0,96
	Imagem para os visitantes	535	5,76	6	5	6	6	1,03
	Segurança	536	5,66	6	5	6	7	1,16
	Limpeza	537	5,50	6	5	6	6	1,29
	Disponibilidade de salas de reunião	478	4,74	4	4	5	6	1,36
	Adequação das zonas de arrumos	460	4,81	5	4	5	6	1,22
Posto de Trabalho	Necessidades para as tarefas desempenhadas	525	5,57	6	5	6	6	0,99
	Usabilidade do mobiliário	525	5,17	5	5	5	6	1,16
	Espaço à disposição	529	5,46	6	5	6	6	1,16
Densidade de ocupação		528	4,84	4	4	5	6	1,18

Em comparação com os resultados dos testes de referência do *BUS* (benchmarking), percebe-se que a segurança, a limpeza e a disponibilidade de salas de reunião tiveram resultados dentro do benchmarking, enquanto que as restantes variáveis tiveram resultados melhores.

Da análise ao gráfico da figura seguinte é possível constatar que os ocupantes avaliaram as variáveis com pontuações de 5 e 6, verificando-se assim uma avaliação positiva do edifício em geral.

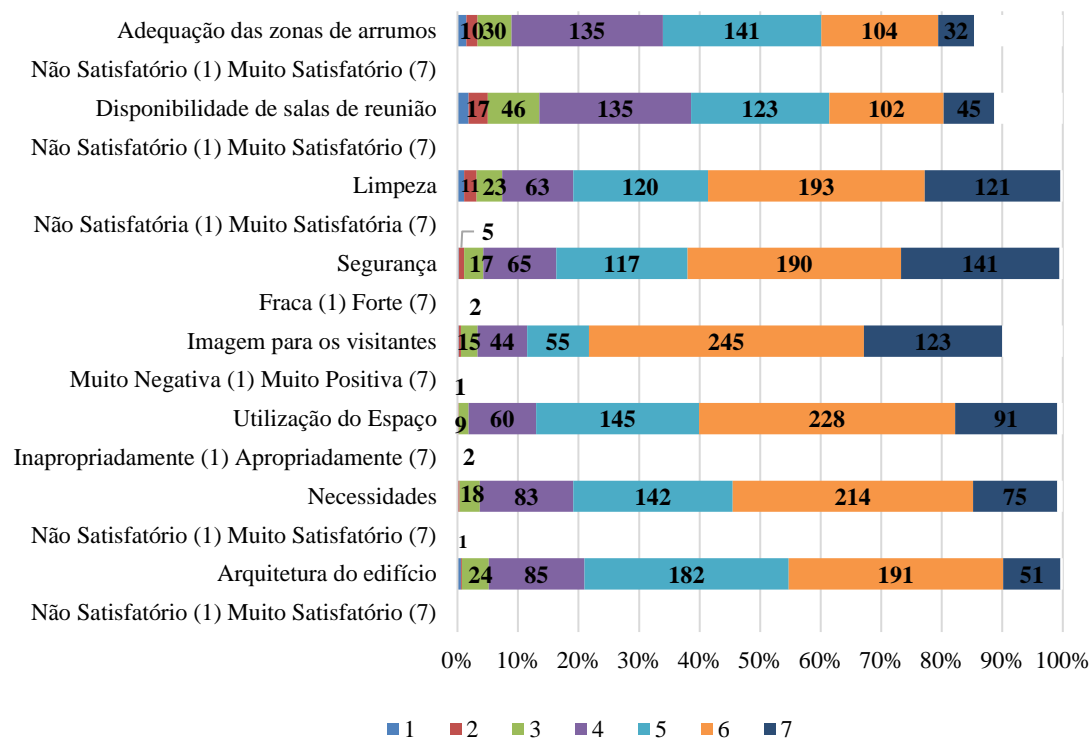


Figura 6.6 – Avaliação do edifício em geral.

Para além da avaliação das variáveis, os inquiridos também deixaram comentários com a sua opinião. Assim, nos gráficos do anexo F encontram-se os comentários realizados pelos inquiridos quanto a algumas variáveis do projeto em geral, onde se verificou uma baixa taxa de comentários (cerca de 10%), por parte dos inquiridos.

Quanto aos comentários sobre o projeto em geral, constata-se que os inquiridos referiram com uma maior frequência que o projeto em geral tem condições agradáveis, que é satisfatório e que tem uma boa iluminação.

Relativamente às necessidades em geral do edifício os inquiridos referiram com uma maior frequência, que o edifício em geral responde às necessidades, no entanto fazem referência também ao sistema do ar condicionado como uma necessidade do edifício.

Sobre os comentários às salas de reunião, constata-se que a maioria dos inquiridos nunca utilizou as salas de reuniões do edifício. E face às zonas de arrumos, constata-se que a maioria dos ocupantes refere desconhecer as zonas de arrumos.

Tendo em conta a avaliação do posto de trabalho (Figura 6.7), através das variáveis, espaço à disposição, usabilidade do mobiliário e as infraestruturas corresponderem às necessidades das tarefas desempenhadas, é possível constatar uma avaliação positiva, constatando-se uma média das variáveis superior a 5, e uma maior frequência dos ocupantes avaliarem as variáveis com a pontuação 5 e 6.

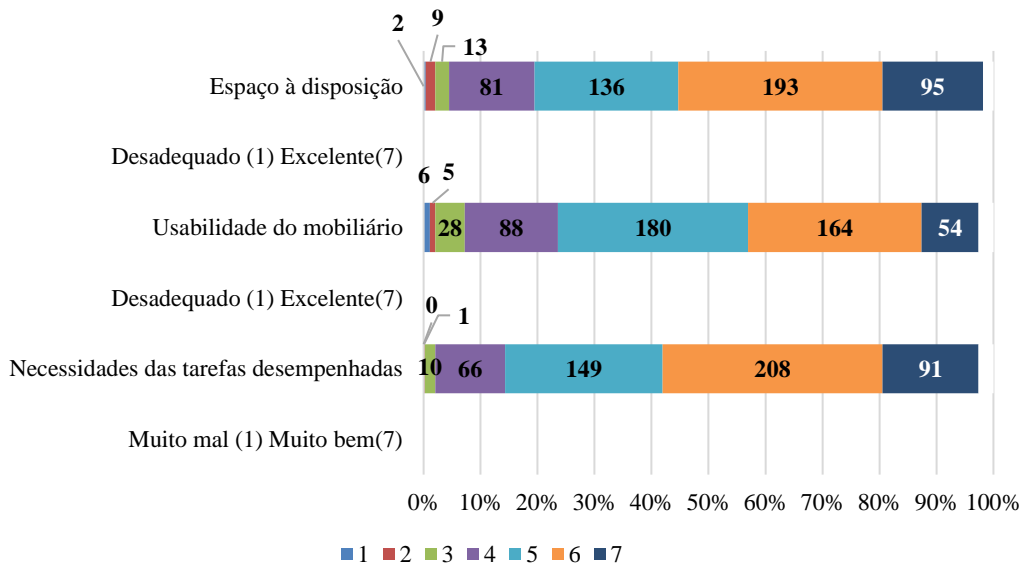


Figura 6.7 –Avaliação do posto de trabalho.

Considerando a avaliação comparativa do posto de trabalho pelos ocupantes com os testes *BUS*, percebe-se que as infraestruturas do edifício têm uma avaliação melhor do que os resultados dos testes de referência, por sua vez a avaliação da usabilidade do mobiliário enquadra-se nos resultados dos testes de referência realizados, e por último na avaliação do espaço à disposição, constatou-se que o valor médio é de 5,46, e fica fora da margem positiva considerada pela metodologia, logo tem uma apreciação inferior aos testes de referência.

No âmbito das exigências das tarefas dos ocupantes, foi questionado os aspetos negativos e positivos da forma como as infraestruturas correspondem às necessidades das suas tarefas. Dos aspetos negativos mencionados pelos ocupantes do edifício pode-se destacar a climatização deficiente/inadequada, a fraca ventilação e o mobiliário das salas ser desadequado, desconfortável e/ou obsoleto. Por sua vez, dos aspetos positivos mencionados pelos ocupantes, destacam-se as salas/ espaços com boas dimensões, a iluminação e os equipamentos existentes.

Dos comentários realizados pelos ocupantes sobre o seu posto de trabalho, realçam-se os mais referidos, designadamente o mobiliário desconfortável, a falta de espaço (gabinete/sala) e boas condições.

Da avaliação da quantidade de pessoas nas proximidades da área habitual de trabalho / estudo dos ocupantes do edifício (Figura 6.8) percebe-se que existem algumas pessoas, mas não demasiadas (pontuação média de 4,84). E para esta variável não existe informação dos resultados de referência dos testes *BUS*, logo não é possível comparar com a avaliação de ocupantes de outros edifícios.

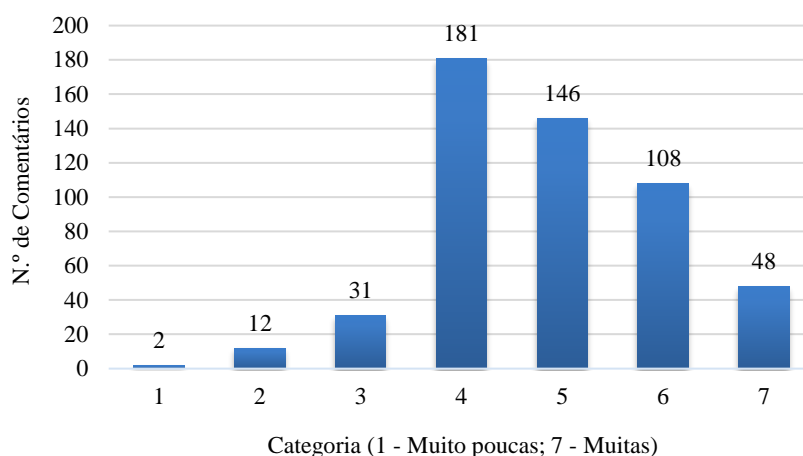


Figura 6.8 – Quantidade de pessoas na habitual área de trabalho / estudo.

Considerando os comentários dos ocupantes sobre as condições da densidade de ocupação realçam-se os mais referidos pelos ocupantes, designadamente, condições adequadas, salas de aula demasiado cheias e falta de salas/espços de estudo.

6.3. Qualidade do ambiente interior

No presente capítulo são apresentados os resultados das variáveis enquadradas na avaliação da qualidade do ambiente interior, designadamente conforto do edifício no inverno e verão, ruído, iluminação, conforto em geral, produtividade, saúde e controlo pessoal das variáveis de conforto.

Na tabela seguinte é possível analisar os resultados da análise estatística aos dados da avaliação da qualidade do ambiente interior. Face à média obtida nas diferentes variáveis, é possível verificar que existe uma ampla variação na avaliação das diferentes variáveis, ou seja entre 2,88 e 6,16, tendo em conta a escala utilizada de 1 a 7. Numa primeira análise

aos dados estatísticos conclui-se que os ocupantes, em média, consideram o inverno mais confortável que o verão. Quanto às restantes variáveis, ruído, iluminação, saúde e produtividade percebe-se que os ocupantes as avaliam no geral de forma positiva (>4).

No entanto, quanto à avaliação do controlo das variáveis de qualidade do ambiente interior (aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação e ruído) percebe-se que em média os ocupantes não controlam o aquecimento, arrefecimento e ruído do edifício. O que pode ser corroborado, com o valor de moda de 1 para estas variáveis, exceto para o controlo da iluminação, e ainda com um valor de desvio padrão superior em comparação com as outras variáveis avaliadas (1,75, 1,67, 1,65, 1,82, 1,67, respetivamente).

Tabela 6.4 – Análise estatística das variáveis que avaliam a qualidade do ambiente interior.

		N	\bar{X}	M _o	P ₂₅	M _e	P ₇₅	Σ
Inverno	Conforto térmico	523	5,01	6	4	5	6	1,38
	Temperatura	516	3,92	4	3	4	4	1,09
	Variação da temperatura	499	3,85	4	3	4	5	1,53
	Correntes de ar	518	3,65	4	2	4	5	1,57
	Humidade	518	3,93	4	3	4	5	1,19
	Ventilação	520	3,99	4	3	4	5	1,37
	Odor	519	3,24	4	2	3	4	1,54
	Condições de conforto	523	4,99	6	4	5	6	1,18
Verão	Conforto térmico	491	3,82	4	3	4	5	1,61
	Temperatura	493	2,97	3	2	3	4	1,15
	Variação da temperatura	484	3,95	4	3	4	5	1,51
	Correntes de ar	490	3,39	4	2	4	4	1,49
	Humidade	490	3,04	3	2	3	4	1,16
	Ventilação	493	4,06	4	3	4	5	1,55
	Odor	491	3,61	4	2	4	5	1,66
	Condições de conforto	488	4,19	4	3	4	5	1,41
Ruído	Ruído em geral	529	4,62	5	4	5	6	1,27
	Ruído dos colegas	531	4,25	4	3	4	5	1,48
	Ruído de outras pessoas	531	4,09	4	3	4	5	1,50
	Outros ruídos no edifício	531	3,36	4	2	3	4	1,63
	Ruído do Exterior	531	3,24	4	2	3	4	1,59
	Interrupções	516	2,88	2	2	3	4	1,37

Tabela 6.5 – Continuação da tabela 6.4.

		N	\bar{X}	M _O	P ₂₅	M _e	P ₇₅	σ
Iluminação	Iluminação em geral	530	5,45	6	5	6	6	1,15
	Iluminação natural	530	4,67	4	4	5	6	1,23
	Encadeamento por efeito da iluminação natural	516	3,51	4	2	4	5	1,57
	Iluminação artificial	529	4,59	4	4	4	5	1,02
	Encadeamento por efeito da iluminação artificial	522	3,28	4	2	4	4	1,53
Conforto em geral		535	5,02	5	4	5	6	1,08
Produtividade		529	6,16	7	5	6	7	1,63
Saúde		533	4,37	4	4	4	5	1,06
Controlo pessoal	Aquecimento	530	2,95	1	1	3	4	1,75
	Arrefecimento	529	2,88	1	1	3	4	1,67
	Ventilação	530	3,03	1	1	3	4	1,65
	Iluminação	531	4,14	4	3	4	6	1,82
	Ruído	526	2,98	1	1	3	4	1,67

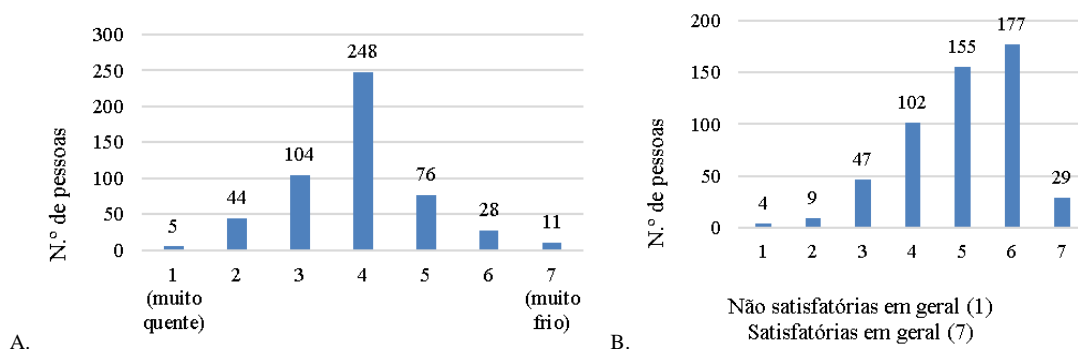


Figura 6.9 – Avaliação do conforto do edifício no Inverno, A. Temperatura e B. Condições de conforto durante o inverno.

Nos gráficos da figura acima é possível observar os resultados da avaliação da temperatura e das condições de conforto durante o inverno, em que se percebe que os ocupantes avaliam a temperatura no inverno como amena e as condições de conforto no inverno como satisfatórias em geral.

No gráfico da Figura 6.10 é possível observar todos os resultados às variáveis da avaliação dos ocupantes ao conforto térmico do edifício durante o inverno. Consta-se que todas as variáveis têm pontuações iguais ou superiores aos valores dos testes de referência do *BUS*. E que tanto o conforto térmico como as condições gerais de conforto durante o inverno têm

uma pontuação média >4 (valor intermédio), considerando-se o edifício confortável e com condições satisfatórias.

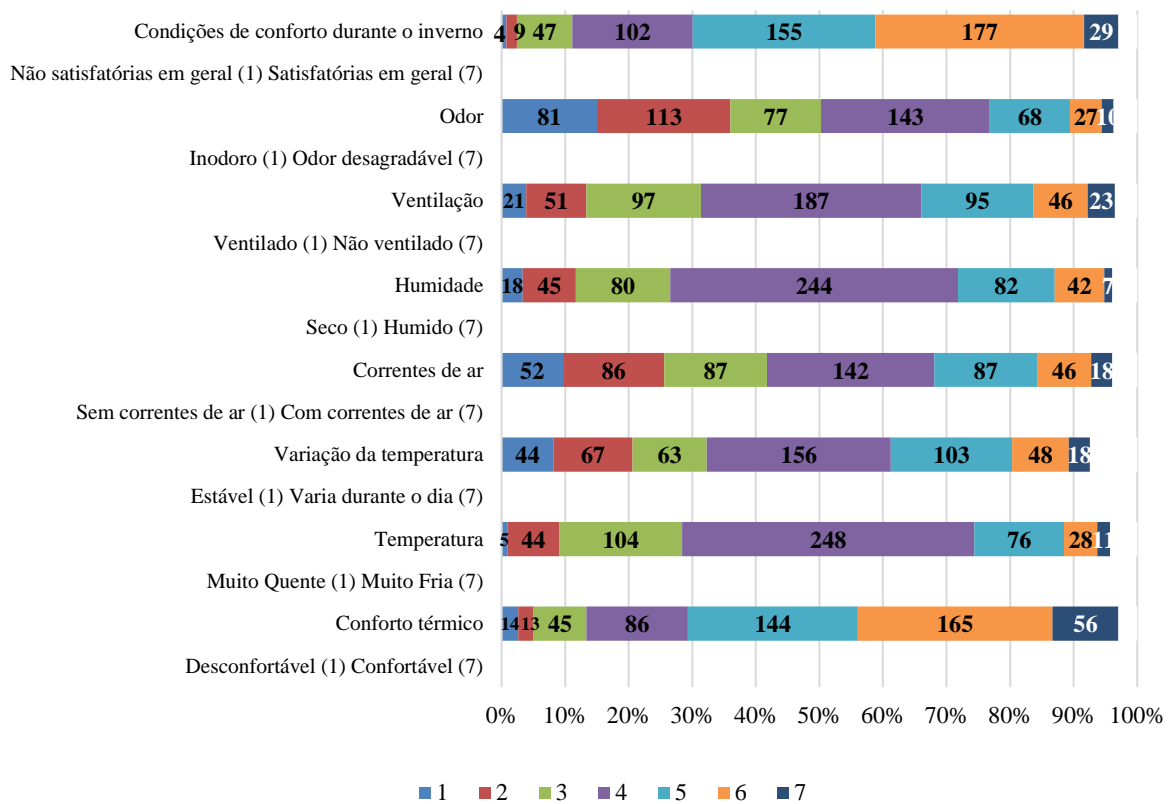


Figura 6.10 – Resultados das questões da avaliação do conforto do edifício no inverno.

Por outro lado, verifica-se a existência de variáveis com uma pontuação inferior a 4, mas que devido ao seu significado é uma pontuação positiva, sendo estas a variação da temperatura (estável), correntes de ar (sem correntes de ar), odor (sem odor) e ventilação (ventilado).

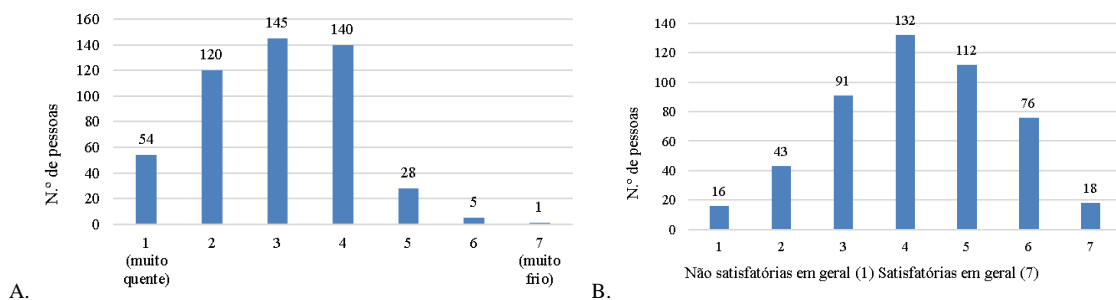


Figura 6.11 – Avaliação do conforto do edifício no verão, A. Temperatura e B. Condições de conforto durante o verão.

A avaliação das variáveis temperatura e condições de conforto durante o verão (Figura 6.11), mostra que os ocupantes consideram condições de conforto satisfatórias, no entanto o ambiente ligeiramente quente no verão.

No gráfico que analisa os resultados das variáveis da avaliação do conforto do edifício no verão, constata-se que os ocupantes avaliaram os parâmetros temperatura e humidade com maior frequência numa pontuação 2 e 3, considerando assim o ambiente no verão ligeiramente quente e seco. E, por sua vez, em comparação com os resultados dos testes de referência BUS, estas variáveis encontram-se avaliadas de forma significativamente pior considerando outros edifícios já avaliados.

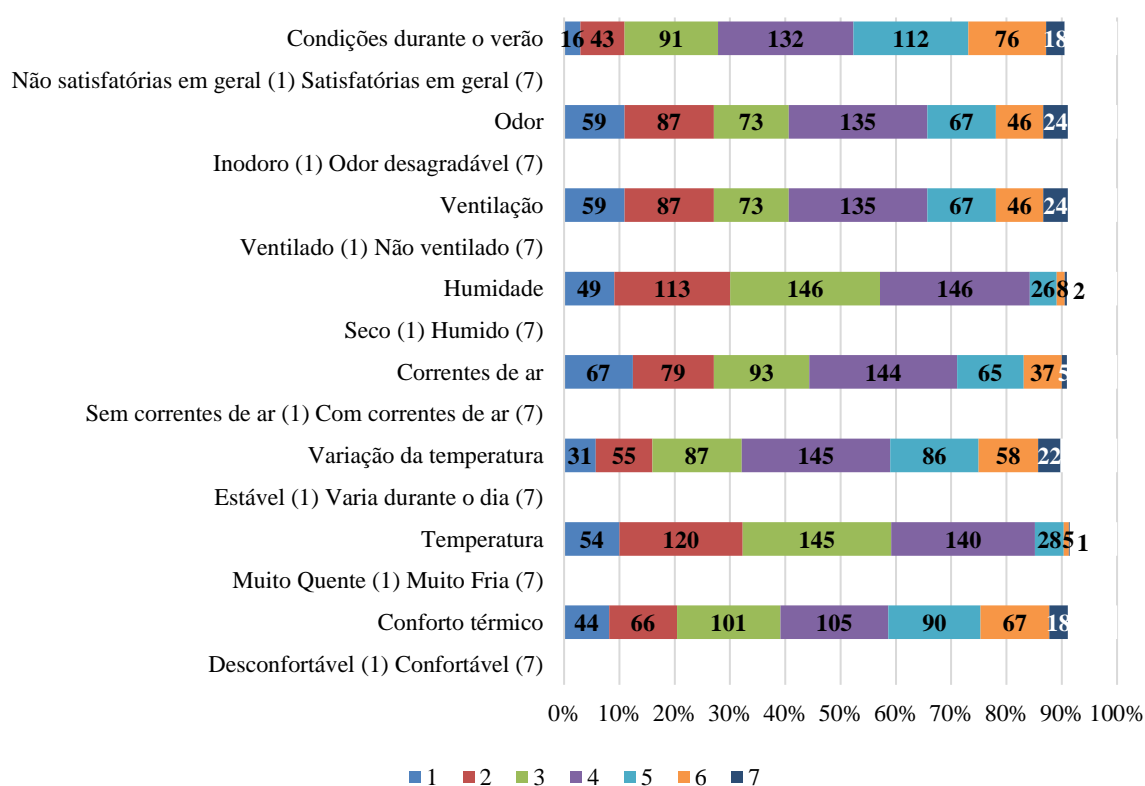


Figura 6.12 – Resultados das questões da avaliação do conforto do edifício no verão.

No geral os ocupantes avaliaram as condições durante o verão como intermédias, ou seja, nem são não satisfatórias, nem satisfatórias em geral, com uma pontuação média de 4,19. Constata-se ainda que a pontuação média da variável correntes de ar (3,39) é significativamente superior aos resultados dos testes de referência e por outro lado as restantes variáveis têm uma pontuação praticamente idêntica aos resultados dos testes de referência.

Da análise ao gráfico da Figura 6.13, constata-se que os ocupantes avaliaram o ruído em geral como satisfatório, com uma pontuação média de 4,62. E face à desagregação das pontuações por variável, percebe-se que os ocupantes referem existirem poucas interrupções, pouco ruído do exterior e de outros ruídos no edifício. No entanto, compreende-se pela pontuação (4,09 e 4,25) que estes consideram que não há ausência de ruído por parte de outras pessoas e dos colegas.

De acordo com os resultados dos testes de referência, verifica-se que outros ruídos no edifício e ruído do exterior tiveram uma pontuação pior que os resultados de referência. E por outro lado, tanto o ruído de outras pessoas como as interrupções originadas, têm uma pontuação significativamente melhor em comparação com os resultados dos testes de referência. Por sua vez, o ruído em geral e dos colegas obteve uma pontuação praticamente igual aos resultados dos testes de referência.

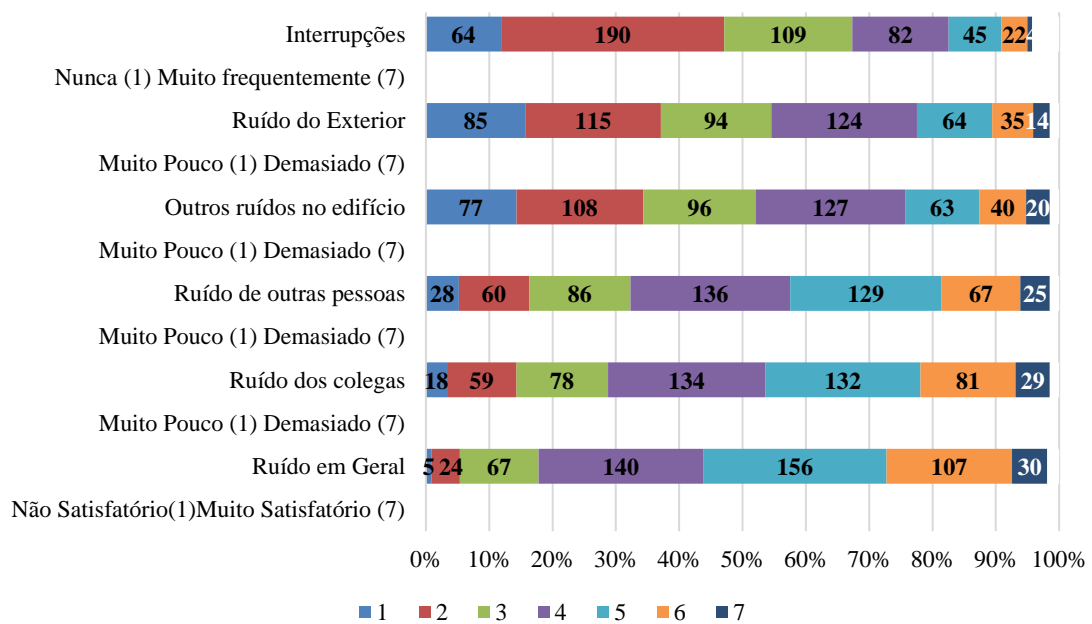


Figura 6.13 – Resultados da avaliação do ruído na normal área de trabalho/estudo do ocupante.

Dos comentários sobre os ruídos e as suas fontes, realçam-se os comentários mais mencionados pelos ocupantes, designadamente o ruído nos corredores, o ruído no exterior (parque de estacionamento) e ruído de outras salas.

E apesar de algumas destas variáveis terem uma pontuação média positiva, constata-se que os ocupantes referiram nos comentários a existência desses ruídos na sua área normal de trabalho / estudo.

Face à avaliação das variáveis da iluminação em geral, percebe-se que os ocupantes consideram que a sua área de trabalho/estudo tem uma iluminação satisfatória no geral, e em comparação com os resultados dos testes de referência *BUS* verifica-se que a avaliação do edifício D, por parte dos seus ocupantes é melhor.

Por outro lado, evidencia-se que tanto a iluminação natural como a artificial foram avaliadas pelos ocupantes com uma pontuação média superior a 4, ou seja, bastante iluminação, e em comparação com os resultados dos testes de referência, verifica-se que a pontuação da iluminação natural e artificial do edifício D foi pior do que a obtida nos testes de referência.

Por último, tanto o encandeamento por efeito da iluminação natural, como pela iluminação artificial, têm uma pontuação que indica baixo encadeamento e em comparação, a pontuação é igual aos testes de referência.

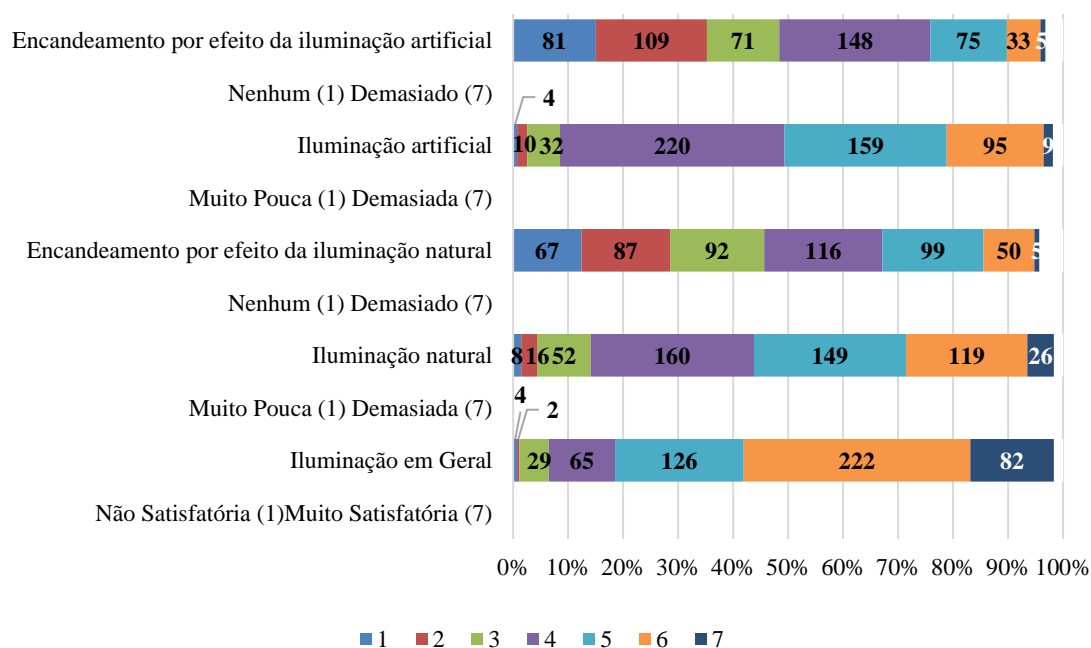


Figura 6.14 – Avaliação da iluminação na normal área de trabalho/estudo do ocupante.

Dos comentários realizados pelos ocupantes, conclui-se que face às condições de iluminação da sua normal área de trabalho/estudo os ocupantes consideram que (na sua maioria) a iluminação é adequada.

Considerando todas as variáveis anteriores (conforto térmico, ruído e iluminação), foi questionado aos ocupantes qual a pontuação do conforto em geral do edifício e, tal como

se pode observar no gráfico seguinte, os ocupantes pontuam o conforto do edifício em geral como satisfatório, com uma pontuação média de 5,02. Em comparação com os resultados dos testes de referência, denota-se que o edifício obteve uma avaliação praticamente igual aos resultados de outros edifícios escolares.

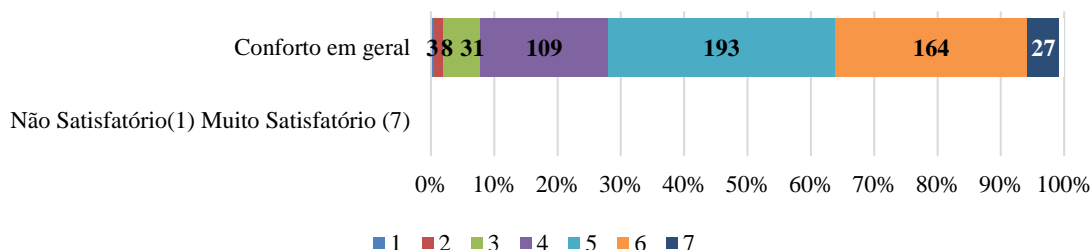


Figura 6.15 – Avaliação do conforto em geral do edifício, pelo ocupante.

Das categorias comentadas pelos ocupantes sobre o conforto do edifício no geral, realçam-se as mais comentadas, designadamente a desadequada climatização das salas, cadeiras desconfortáveis e ainda há quem considere o edifício como bom no seu geral.

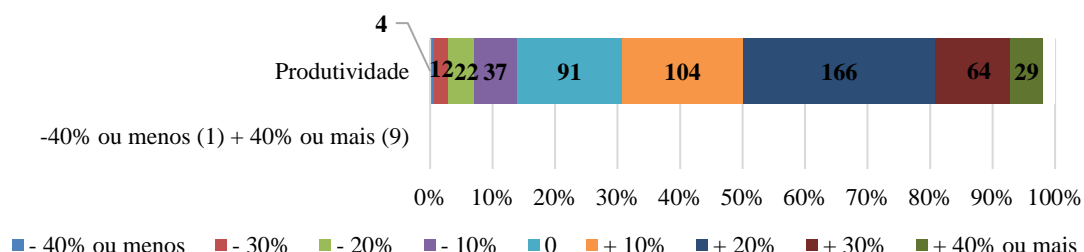


Figura 6.16 – Avaliação da forma como a produtividade do ocupante é alterada em resultado das condições de conforto ambiental do edifício.

Tendo em conta os resultados da forma como a produtividade do ocupante aumenta ou diminui em consequência das condições de conforto ambiental do edifício (Figura 6.16), percebe-se que os ocupantes consideram que esta é aumentada em 10 ou 20 % (104 e 166 respectivamente), em que a pontuação média desta variável é de 6,16, ou seja, os ocupantes referem que a produtividade é aumentada em 10%, em consequência das condições de conforto ambiental do edifício. Simultaneamente, constata-se que têm uma avaliação significativamente melhor do que os resultados dos testes de referência *BUS*.

No campo dos comentários livres sobre a produtividade, os ocupantes referiram predominantemente que a produtividade era condicionada pela temperatura elevada (no verão) e pelo ruído.

Face à avaliação da forma como o edifício afeta o estado de saúde do ocupante, fazendo-o sentir mais ou menos saudável (Figura 6.17), percebe-se os ocupantes consideram que o edifício não os faz sentir nem mais nem menos saudáveis (pontuação média de 4,37). Em comparação com os resultados dos testes de referência do *BUS*, percebe-se também que os resultados são praticamente iguais.

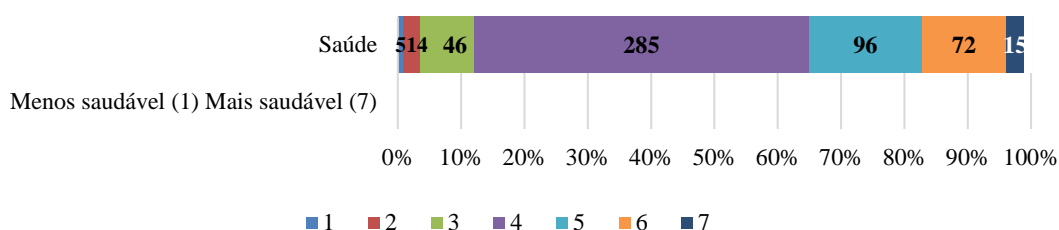


Figura 6.17 – Resultados da avaliação do ocupante da forma como o edifício afeta o seu estado de saúde.

Dos comentários dos ocupantes sobre eventuais impactos das condições do edifício na sua saúde, conclui-se que a maioria dos ocupantes refere não ter quaisquer impactos na sua saúde. No entanto, os ocupantes referiram com maior frequência que o uso do ar condicionado, a temperatura elevada quer no verão como no inverno e a fraca ventilação das salas têm impactos na sua saúde, havendo ocupantes que referiram ainda que as condições do edifício levam ao aparecimento de quadros de constipação/gripe.

Face ao controlo pessoal das variáveis anteriormente analisadas, designadamente, aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação e ruído, realça-se que todas as variáveis tiveram uma pontuação praticamente idêntica aos resultados dos testes de referência *BUS*. E tendo em conta os resultados das pontuações das 5 variáveis avaliadas, percebe-se que os ocupantes apenas consideram ter controlo, apesar de não ser total, da iluminação do seu ambiente de trabalho/estudo.

Da avaliação da importância do controlo dos ocupantes sobre os diferentes aspetos do seu ambiente do trabalho/estudo (Figura 6.19), percebe-se que estes consideram o arrefecimento e o aquecimento como dos aspetos com maior importância para ser controlado. E em reflexo dos resultados obtidos pela avaliação por parte dos ocupantes do controlo que têm sobre os diferentes aspetos do seu ambiente do trabalho/estudo (Figura 6.18), percebe-se que as variáveis referidas com menor controlo (aquecimento e arrefecimento), também são as que são considerados como as mais importantes a serem controlados pelos ocupantes.

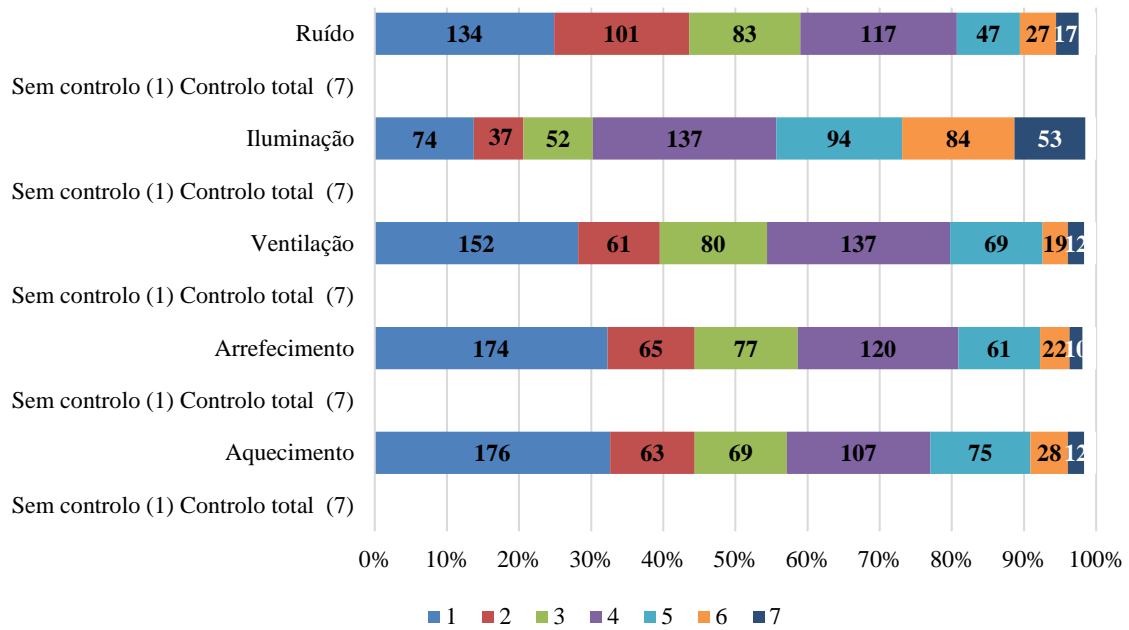


Figura 6.18 – Resultados da avaliação dos ocupantes sobre o controlo de diferentes variáveis do seu ambiente do trabalho/estudo.

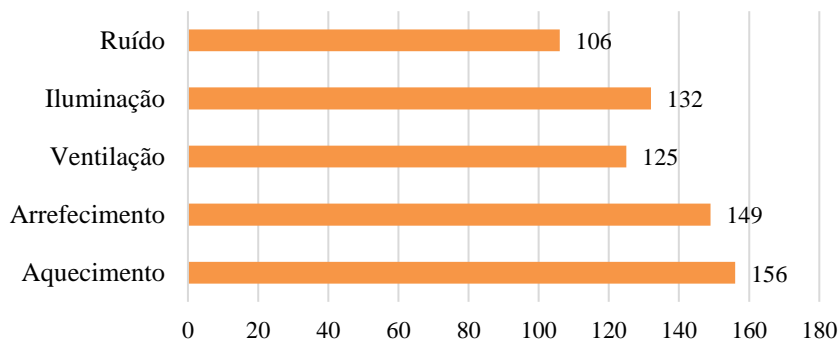


Figura 6.19 – Importância do controlo sobre as variáveis do seu ambiente do trabalho/estudo.

6.4. Resposta a problemas

No presente sub-capítulo, são apresentados os resultados das questões realizadas na secção das respostas a problemas, ou seja, se já foram realizados pedidos de intervenção, quais foram os pedidos efetuados e avaliar a velocidade e eficácia da resposta.

Da análise estatística aos dados da resposta aos problemas, mais propriamente às variáveis velocidade de resposta e eficácia de resposta, percebe-se que em média a velocidade e eficácia é baixa (<4), no entanto os ocupantes avaliaram tendencialmente estas variáveis com uma pontuação de 4 (moda).

Tabela 6.6 – Análise estatística aos dados do questionário BUS, para a resposta a problemas.

	N	\bar{X}	M _o	P ₂₅	M _e	P ₇₅	σ
Velocidade da resposta	113	3,67	4	2	4	5	1,82
Eficácia da resposta	112	3,58	4	2	4	5	1,83

Face aos resultados obtidos, e tal como se pode visualizar no gráfico seguinte apenas 79 dos ocupantes responderam que já tinha realizado pedidos de intervenção relacionados com os sistemas de aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação (Figura 6.20). E dos pedidos de intervenção realizados, percebe-se pelos comentários realizados que os mais frequentes são sobre solicitações para ligar os sistemas de ar condicionado, reclamações sobre o aquecimento/arrefecimento das salas e a temperatura elevada no verão.

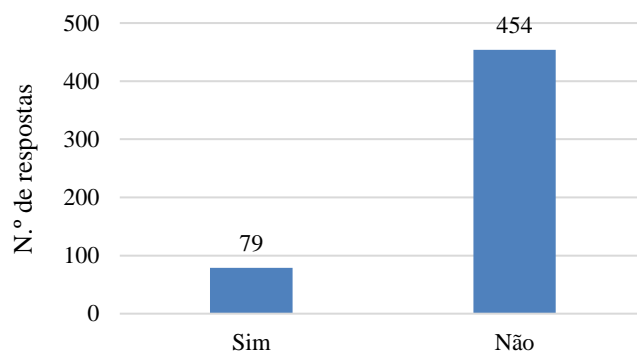


Figura 6.20 – Realização de pedidos de intervenção relacionados com os sistemas de aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação do edifício.

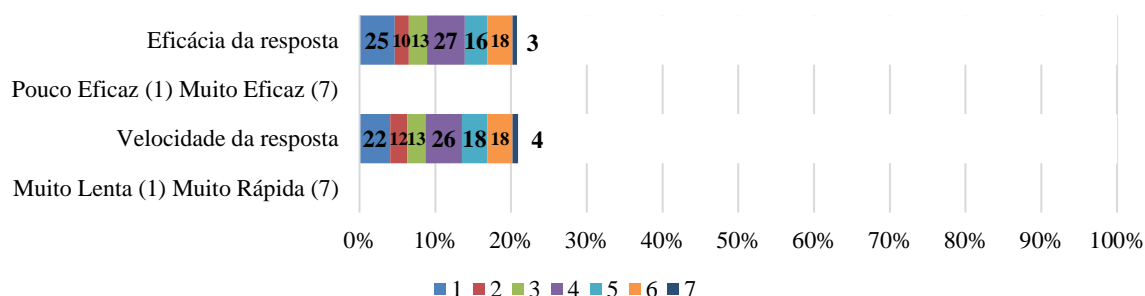


Figura 6.21 – Resultados da avaliação à velocidade e eficácia da resposta dada ao pedido de intervenção.

Sobre a velocidade e eficácia da resposta aos pedidos de intervenção percebe-se que a maioria dos ocupantes não respondeu às questões, e os ocupantes que responderam consideram que os problemas demoram algum tempo até ser resolvidos, mas que a

intervenção é eficaz. Estes resultados coincidem com os resultados dos testes de referência *BUS*.

De acordo com as questões sobre o efeito das condições do edifício no comportamento dos ocupantes, verifica-se que 96 dos inquiridos (18%) referiram ter alterado o seu comportamento face às condições do edifício. E dos comportamentos que os ocupantes referiram alterar devido às condições do edifício, destacam-se como mais mencionados a diminuição da produtividade, alteração do local de trabalho e adaptação do vestuário normalmente utilizado.

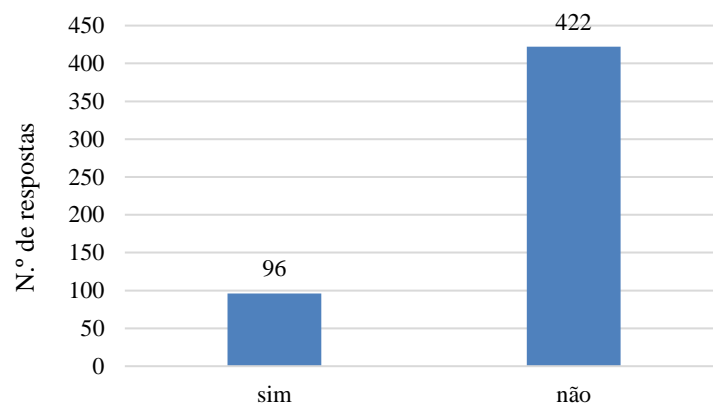


Figura 6.22 – Alteração do comportamento devido às condições do edifício.

6.5. Viagem “de” e “para” o Campus

O presente subcapítulo sobre as viagens “de” e “para” o campus, é a última secção abordada no questionário aplicado aos ocupantes do edifício e nele pode-se perceber o tempo despendido entre viagens, o meio de transporte habitualmente utilizado pelos ocupantes inquiridos e ainda quais os comentários mencionados pelos ocupantes sobre as viagens “de” e “para” o campus.

No gráfico seguinte, é possível observar o tempo gasto nas viagens para o Campus tendo em conta a melhor, normal e pior hipótese, e conclui-se que para qualquer opção o intervalo de 5 a 15 minutos tem o maior número de respostas, ou seja, a maioria dos ocupantes inquiridos realiza um percurso relativamente curto até ao Campus.

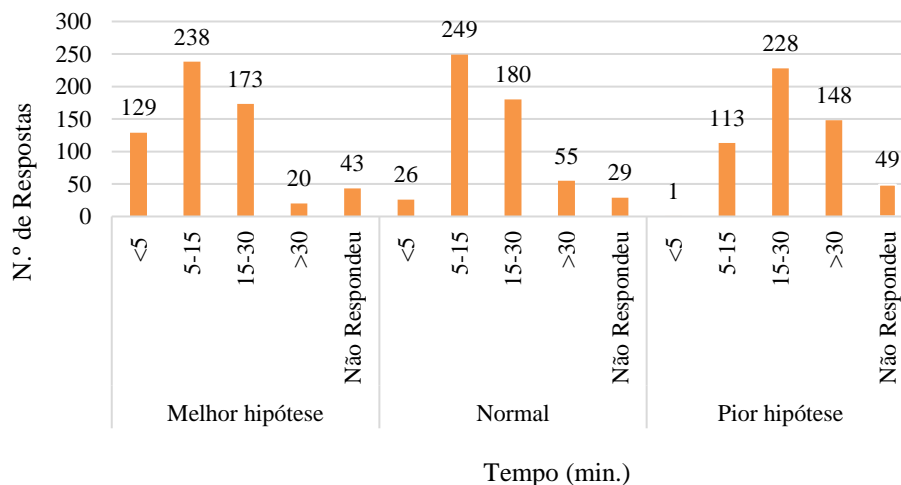


Figura 6.23 – Tempo de viagem para o campus na melhor, normal ou pior hipótese.

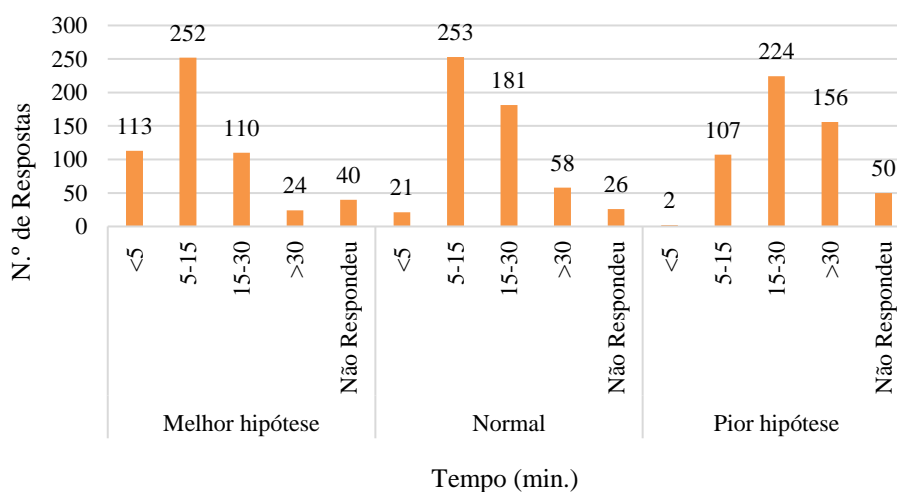


Figura 6.24 – Tempo de viagem para casa na melhor, normal ou pior hipótese.

Já no gráfico da Figura 6.24, é possível analisar o tempo gasto nas viagens para casa tendo em conta também a melhor, normal e pior hipótese, e tal como se constata na viagem para o campus existe um maior número de respostas no intervalo de 5 a 15 minutos.

Em análise aos meios de transporte normalmente utilizados pelos ocupantes e desses qual é o principal (Figura 6.25), ou seja o que utilizam mais e com que percorrem uma maior distância, conclui-se que, o carro como condutor, a pé, carro como passageiro e o autocarro, são os meios de transportes normalmente mais utilizados pelos ocupantes do edifício, bem como considerados o seu principal meio de transporte. Por outro lado, os meios menos utilizados pelos ocupantes são a mota como passageiro, o táxi e o comboio.

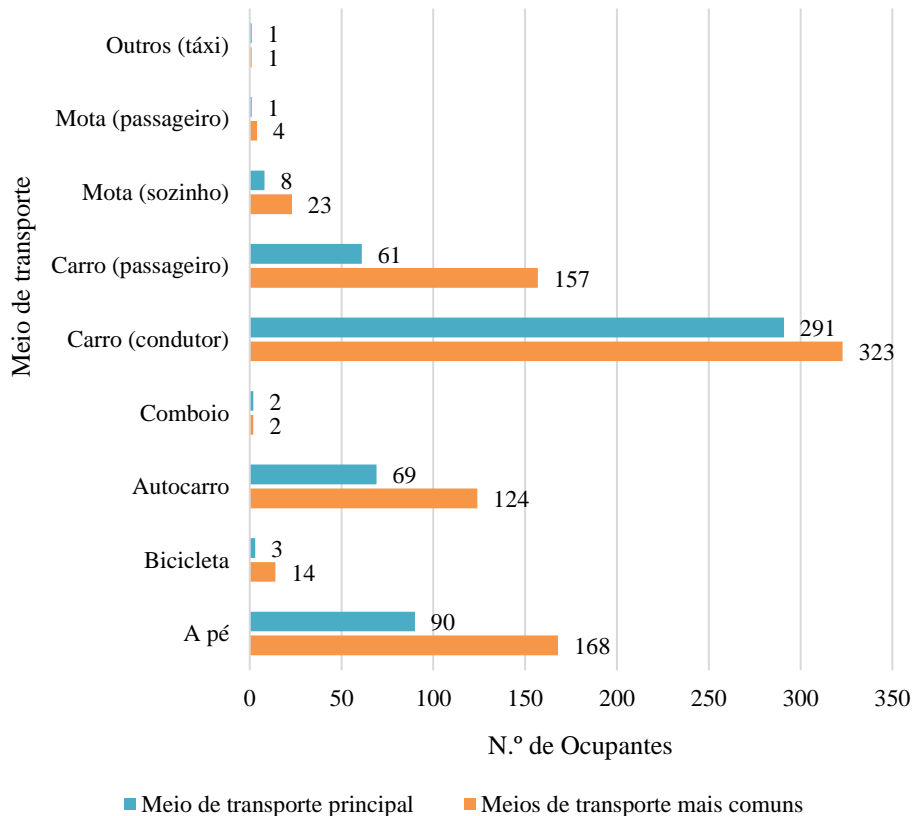


Figura 6.25 – Meio de transporte mais comuns e principal, utilizado pelos ocupantes do edifício.

Dos comentários relacionados com as viagens “de” e “para” o Campus, mencionados pelos inquiridos, realça-se a falta de estacionamento no campus, problemas com os transportes públicos e trânsito no acesso ao campus.

6.6. Reflexões

De um modo geral e de acordo com o questionário *Building use studies* aplicado aos ocupantes do edifício D, podem-se destacar os seguintes pontos:

- no geral o edifício em estudo tem uma avaliação correspondente a outros edifícios já avaliados pela metodologia utilizada;
- quanto à ocupação do edifício percebe-se que a maioria dos ocupantes partilha o seu posto de trabalho com mais de 8 pessoas, passando em média 4 dias por semana no edifício e 4 horas por dia no edifício e em frente ao computador;
- os ocupantes inquiridos avaliam o edifício em geral como satisfatório, uma vez que consideraram ter condições agradáveis e uma boa iluminação (na sua maioria). No entanto,

constata-se que os ocupantes referem nunca terem utilizado as salas de reuniões e desconhecem a existência de salas de arrumos, o que faz sentido uma vez serem áreas essencialmente utilizadas pelos colaboradores do edifício e a população em estudo é maioritariamente constituída por alunos;

- as tarefas mais mencionadas pelos ocupantes inquiridos é a frequência de aulas, e de acordo com aspetos positivos mais referidos destacam-se as boas dimensões e a iluminação dos espaços, e como aspetos negativos o mobiliário e a climatização deficiente/inadequada das salas;

- de acordo com o conforto térmico no edifício, compreende-se que os ocupantes referiram que no inverno as condições eram confortáveis, mas que no verão, consideram o ambiente ligeiramente quente e seco, o que vai ao encontro dos comentários recolhidos ao longo das diferentes variáveis do questionário;

- o ruído percebido na área de trabalho/estudo é uma das variáveis em que os resultados demonstram uma avaliação positiva por parte dos ocupantes, contudo, referem a existência de ruído nos corredores, essencialmente enquanto aguardam o início das aulas;

- a iluminação é apontada como um dos aspetos mais positivos do edifício, quer na avaliação da variável como ao longo do questionário;

- o conforto em geral, tendo em conta as variáveis, conforto térmico, ruído e iluminação é avaliado como satisfatório, voltando os ocupantes a destacar nos comentários o desconforto das cadeiras e a desadequada climatização das áreas de trabalho/estudo;

- a produtividade dos ocupantes em média é aumentada em 10%, sendo que referem que esta é afetada pela temperatura elevada no verão e pelo ruído;

- quanto à saúde dos ocupantes e se esta é afetada, percebe-se que nem é afetada nem melhorada pelas condições do edifício, no entanto mencionam nos comentários que o uso do ar condicionado e a temperatura elevada no verão/inverno são fatores que afetam a sua saúde;

- percebe-se que os ocupantes não têm controlo sobre o aquecimento, arrefecimento e ruído na sua área de trabalho/estudo e que gostariam de controlar o aquecimento e o arrefecimento;

- 15% dos inquiridos já realizaram pedidos de intervenção, sendo dos mais referidos o pedido para ligar o sistema AVAC dos espaços e o facto da temperatura no edifício ser elevada no verão;
- do total de inquiridos, 18% indicou já ter alterado o seu comportamento levando (a maioria) a que diminuísse a sua produtividade, alterassem o seu local de trabalho ou adaptassem o vestuário utilizado;
- quanto à ocupação dos espaços, percebe-se que esta é normal nas áreas de trabalho/estudo, não se verificando uma sobrelotação das áreas. No entanto, alguns ocupantes referiram em comentário a existência de salas demasiado cheias;
- por último, constata-se que a maioria dos ocupantes demora entre 5 a 15 minutos na sua viagem “de” e “para” o campus, e os principais meios de transporte indicados pelos ocupantes foram carro como condutor, a pé, autocarro e carro como passageiro. E como tal, verifica-se nos comentários que os ocupantes referem a existência de problemas associados a falta de estacionamento no Campus, problemas com os transportes públicos e trânsito durante a viagem.

7. Considerações finais e trabalhos futuros

No presente trabalho apresenta-se o estudo do desempenho do edifício D do campus 2 do Politécnico de Leiria, por forma a promover a sua sustentabilidade e a qualidade do ambiente interior. Deste modo, realizou-se uma análise e caracterização aos consumos energéticos do campus 2 no ano de 2018 e medições a parâmetros da qualidade do ambiente interior nas salas do edifício D, designadamente ao dióxido de carbono, temperatura do ar, humidade relativa do ar e níveis de iluminância. Simultaneamente, avaliou-se a opinião dos ocupantes sobre o edifício, através da aplicação de questionários de metodologia *BUS*.

A análise aos consumos energéticos dos edifícios tem uma importância significativa na gestão financeira, pois permite controlar os encargos com a energia consumida nos diferentes setores, e por outro lado, não afetar o normal funcionamento e desempenho das instalações, garantindo as condições de trabalho.

Um dos desafios adicionais sentidos, através da análise aos consumos energéticos dos edifícios e que no futuro poderá facilitar a gestão interna do campus, é tornar possível a desagregação da energia, por uso final ou por fonte de energia, através da instalação de sistemas de medição e monitorização de consumos de energia em tempo real de forma individualizada por edifício e/ou sistema. Assim, será possível tomar ações de acordo com os consumos e as reais necessidades.

Concluiu-se também que seria pertinente a realização de uma análise económico-financeira para um projeto de painéis solares fotovoltaicos no campus 2 do IPLeia, uma vez que a energia elétrica no campus 2 tem uma afetação de 60% da energia total consumida, com um encargo anual de 283 688 €, e em que o seu consumo está associado essencialmente aos períodos de ocupação dos edifícios, tendo em conta a utilização de iluminação, equipamentos elétricos, ventilação, gadgets, e outros sistemas usados com maior frequência durante o dia. E para além disso, Portugal apresenta um dos maiores potenciais a nível do aproveitamento de energia solar da Europa, com mais de 2300 horas/ano de insolação na região norte, e 3 000 horas/ano no sul (J. H. Martins, 2017).

Um outro ponto a ter em conta quanto à eficiência energética é a faturação de energia reativa do campus durante o ano de 2018, que aumentou 17,8 vezes, em comparação com ano de 2008 (3 028,96 € e 170,00 €, respetivamente). Assim, e por forma a evitar esta

penalização financeira na fatura energética, recomenda-se uma avaliação da condição técnica das baterias de condensadores existentes no Campus, pois durante os últimos dez anos, podem ter diminuído a sua eficiência, ou necessitar de alguma manutenção/intervenção.

A potência contratada do campus à *Galp Power, S.A.*, é outro ponto que deve ser tido em conta para uma melhor gestão dos encargos associados ao consumo energético, em que se verifica uma potência contratada de 874,20 kW, resultante da potência instalada no campus de 1 880 kVA, mas que pode ser diminuída, através de um acordo com a empresa *Galp Power, S.A.*, e sendo pedida uma alteração da potência contratada para a máxima potência média registada num período ininterrupto de 15 minutos, que segundo os diagramas de carga para o ano de 2018, foi de 716 kW.

Concomitantemente, conclui-se que nos últimos 10 anos o campus reduziu um total de 1 001 626 kWh da energia total consumida (816 105 kWh de energia elétrica e 185 521 kWh de gás natural).

Da análise à qualidade do ambiente interior do edifício e considerando as medições realizadas à qualidade do ar interior através dos valores de dióxido de carbono, temperatura e humidade relativa do ar nas salas do edifício D amostradas, conclui-se que nos períodos de ocupação existe um aumento significativo ao longo do tempo para estes parâmetros e na maioria destes períodos a concentração de dióxido de carbono ultrapassou o limiar de proteção definido de 1 250 ppm (Portaria nº 353-A/2013 de 4 de dezembro).

De acordo com os resultados obtidos, recomenda-se que os sistemas de ventilação das salas e do próprio edifício D sejam melhorados, ou que se realize uma sensibilização dos ocupantes para o recurso a ventilação natural, principalmente antes, durante e depois das aulas, através da abertura total ou parcial das portas e janelas das salas. Os sistemas de ventilação eficientes promovem a qualidade do ar interior, reduzindo a presença de poluentes interiores e eliminando a presença de odores e bolores.

Os resultados às medições dos níveis de iluminação nas salas de aula amostradas demonstraram que em todas as salas apenas são cumpridos os requisitos de iluminação nos lugares mais próximos das janelas, existindo desta forma lugares no interior das salas que não cumprem com os requisitos da norma (NP EN 12464-1:2017). Deste modo, conclui-se

que deverá existir uma reavaliação dos sistemas de iluminação do edifício D, designadamente nas suas salas.

Após a aplicação e análise dos resultados da avaliação pós-ocupação realizada no edifício D através da utilização de questionários de metodologia *BUS*, conclui-se que os ocupantes considerarem (a maioria) ter condições agradáveis e uma boa iluminação no edifício. No entanto, identificaram também alguns aspetos menos positivos no edifício, designadamente o desconforto das cadeiras das salas e do anfiteatro, o desconforto térmico durante o verão, a desadequada climatização das áreas de trabalho/estudo, a existência de ruído nos corredores (essencialmente enquanto aguardam o início das aulas) e a falta de controlo do aquecimento, arrefecimento e ruído na sua área de trabalho/estudo. Concomitantemente, quanto à forma de chegar ao campus ou a casa, percebe-se que a maior parte dos ocupantes utiliza como meio de transporte o carro, e como tal existe falta de estacionamento no campus e algum trânsito durante a viagem.

Considerando assim a avaliação pós-ocupação, conclui-se que deveria existir um controlo parcial por parte dos utilizadores dos set-points de temperaturas de arrefecimento/aquecimento ambiente dos diversos espaços do campus, permitindo o ajuste da temperatura ambiente para as condições de conforto requeridas pelos seus ocupantes.

Face às temperaturas desajustadas durante o período de verão, deverá existir um estudo quanto à aplicação de sistemas de proteção solar nas fachadas, principalmente nas fachadas orientadas a oeste, em que durante a tarde a exposição solar é maior. E deverá ainda ser previsto a adoção de sistemas de renovação e climatização do ar ambiente, designadamente através de sistemas AVAC nas salas, gabinetes e laboratórios do edifício.

Tendo em conta os resultados da viagem “de” e “para” o campus, conclui-se que é importante melhorar as condições de estacionamento no campus e ao mesmo tempo aumentar a sustentabilidade das deslocações efetuadas, como tal seria vantajoso a criação de uma plataforma de *carpooling*, e posterior sensibilização dos ocupantes para a sua utilização na partilha de boleias.

Por outro lado, de forma a consciencializar a sociedade e promover a adoção de comportamentos cada vez mais sustentáveis, a inclusão de conteúdos relacionados com esta temática nos cursos de ensino superior parece ser uma solução com grande potencial.

Assim, o presente estudo permitiu identificar pontos que podem e devem ser aprimorados tanto ao nível da gestão dos consumos e respetivos encargos energéticos como da melhoria do ambiente interior do edifício D, permitindo que os gestores e operadores do IPEiria retirem conclusões pertinentes e tomem as ações necessárias para melhorar as condições do ambiente interior, não só aplicáveis ao edifício D, mas podem também ser ampliadas a outros edifícios do campus 2 do IPEiria.

Por último, e face aos resultados obtidos no presente estudo e por forma a obter resultados mais preditivos no futuro, acrescentam-se algumas recomendações para trabalhos futuros.

Assim, em trabalhos que se pretenda analisar a qualidade do ar e por forma a considerar períodos de arejamento das salas e outros contaminantes resultantes do mobiliário e/ou atividades desenvolvidas no interior, recomenda-se a realização de medições a outros parâmetros como é o caso da velocidade do ar, COV's, PM₁₀ e PM_{2,5}.

Com o intuito de perceber as necessidades energéticas dos edifícios e sistemas, em trabalhos futuros sugere-se a realização de auditorias energéticas por edifício do campus, sendo assim possível perceber as necessidades de cada edifício e desagregar os consumos por edifício.

Por forma a perceber a variação dos níveis de iluminância ao longo do dia no interior das salas e quais os períodos do dia com maiores necessidades, recomenda-se ainda a realização de medições dos níveis de iluminância em contínuo ao longo de um dia e tendo em conta uma zona da sala, que normalmente tenha um baixo nível de iluminância.

Tendo em conta a avaliação da sustentabilidade do campus e por forma a promovê-la, aconselha-se a análise e avaliação de outros parâmetros indicadores como a produção de resíduos e o consumo de água.

Com o objetivo de avaliar a opinião, de forma representativa, dos ocupantes do campus, sugere-se a aplicação de questionários de avaliação da ocupação em todos os edifícios do Campus, mas controlando a amostra, por forma a representar de forma equitativa os diferentes grupos de inquiridos, designadamente por departamento, alunos, docentes e não docentes.

Por último e tendo em conta os resultados obtidos no presente estudo através dos questionários de avaliação pós-ocupação, sugere-se aplicação de testes estatísticos não

paramétricos, como o teste de *Friedman* (tendo conta o tipo de dados dos questionários - variáveis qualitativas, ordinais e nominais), por forma a analisar se existem diferenças significativas nos resultados das variáveis por grupo de inquiridos (por departamento, e por tipo de ocupantes). E face aos resultados obtidos poderá ser interessante avaliar as variáveis com pior pontuação, como é o caso do conforto térmico no verão, ou tendo em conta a diferença de tarefas desempenhadas pelos ocupantes, face ao curso que frequentam, pode ser interessante por exemplo perceber as diferenças na avaliação da iluminação ou ruído. Uma vez que cursos ligados às engenharias tem tarefas e requisitos diferentes que os cursos ligados à gestão e/ou às ciências jurídicas.

De um modo geral conclui-se que, com o intuito de alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (BCSD Portugal, 2019) em instituições de ensino superior, poderá ser vantajoso seguir abordagens que integrem o desempenho energético, a qualidade do ambiente interior e o feedback dos ocupantes sobre o desempenho do edifício para o desenvolvimento das suas atividades diárias.

Referências Bibliográficas

- Abreu, C. F. C. (2010). *O Ambiente Interior e a Saúde dos Ocupantes de Edifícios de Habitação*, 23–68. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em <http://hdl.handle.net/10400.6/3579>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores-Um Guia Técnico*, 1–53.
- Alfano, F. R. d'Ambrosio, Bellia, L., Boerstra, A., Dijken, F. van, Ianniello, E., Lopardo, G., ... Silva, M. C. G. da. (2010). *Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools*. In *REHVA* (p. 127).
- ANSI/ASHRAE. (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. *Ashrae, 2004*, 30.
- APA. (2019). *Energia e Clima*. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em <https://rea.apambiente.pt/content/energias-renováveis>
- APICER, & CTCV. (2012). Manual de boas práticas na Utilização Racional de Energia e Energias Renováveis, 118.
- APREN. (n.d.). *Produção*. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- aços que o
- Borgstein, E. H., Lamberts, R., & Hensen, J. L. M. (2018). Mapping failures in energy and environmental performance of buildings. *Energy and Buildings*, 158, 476–485. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.10.038>
- BP. (2020). *BP Statistical Review of World Energy 2020*. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
- Câmara Municipal de Leiria. (2015). *Plano Diretor Municipal de Leiria*. Leiria.
- Claro, L. C. M. (2013). *Análise do desempenho energético do Campus da Escola Superior*

Agrária de Coimbra Superior Agrária de Coimbra, 46.

ClimACT. (n.d.). MÓDULO 3 – QUALIDADE DO AR INTERIOR.

Climate-Data.org. (n.d.). Leiri Clima (Portugal). Consultado em 17 out. 2020. Disponível em <https://pt.climate-data.org/europa/portugal/leiria/leiria-140/>

Dias Pereira, L., Neto, L., Bernardo, H., & Gameiro da Silva, M. (2017). An integrated approach on energy consumption and indoor environmental quality performance in six Portuguese secondary schools. *Energy Research and Social Science*, 32, 23–43. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.02.004>

Fantozzi, F., & Lamberti, G. (2019). Determination of thermal comfort in indoor sport facilities located in moderate environments: An overview. *Atmosphere*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/atmos10120769>

Ferreira, R. J. da F. (2015). *Melhorar o Desempenho Energético de um Edifício de Serviços (MDEES)*. IPLeia.

Freitas, A. G. de. (2014). *Indicadores Energéticos Sustentáveis - O Caso Português*. Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Graham, T. (2012). *Occupant Satisfaction Evaluation*. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em www.busmethodology.org.uk

Green Building Council. (2013). *PINPOINTING: BUS Methodology - Why carry out a Building Use Studies?*. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em https://www.ukgbc.org/sites/default/files/Pinpointing_BUS_methodology.pdf

Instituto Português da Qualidade. (2017). NP EN 12464-1:2017.

Jahan, M. (2016). *Options to improve energy efficiency for educational building*. Purdue University.

Leaman, A. (2013). Building Use Studies (BUS). *BUS Methodology*, <http://www.busmethodology.org.uk/>.

Lourenço, P., Pinheiro, M. D., & Heitor, T. (2019). Light use patterns in Portuguese school buildings: User comfort perception, behaviour and impacts on energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 41.

- Mansilha, R. B. (2013). *Análise da disponibilidade de iluminação natural e artificial em salas de aula de instituição pública de ensino superior*.
- Martins, J. H. (2017). *Análise económico-financeira de um projeto de energia fotovoltaica numa grande superfície*. Universidade de Aveiro.
- Martins, P. (2012). *Eficiência Energética em Edifícios de Serviços*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Nascimento, C. A. G. (2011). *Análise da Qualidade do Ar Interior em Edifícios Escolares. Dissertação de Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios da Universidade do Algarve*. Universidade do Algarve.
- Observatório da Energia, Direção-Geral de Energia e Geologia, & ADENE. (2020). *Energia em Números - Edição 2020*.
- ODS. (2020). ODS. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em <https://www.ods.pt/ods/>
- ONU. (2018). *Guia sobre Desenvolvimento Sustentável*. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf
- Pais, A. (2011). *Condições de iluminação em ambiente de escritório: influência no conforto visual*. Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana.
- Parreiral, A. R. V. (2011). *Caracterização da Qualidade do Ambiente Interior num Edifício Escolar Recentemente Requalificado*.
- Peretti, C., & Schiavon, S. (2011). Indoor environmental quality surveys. A brief literature review. *Indoor Environmental Quality (IEQ)*. <https://doi.org/10.1016/b978-012370886-1/50002-4>
- PNEC 2030. (2020). *Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030*. Consultado em 17 out. 2020. Disponível em https://apambiente.pt/_zdata/Alteracoes_Climaticas/Mitigacao/PNEC/PNEC_PT_Template_Final_2019_30122019.pdf
- PORDATA. (2020). Produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis (%). Consultado em 17 out. 2020. Disponível em

<https://www.pordata.pt/DB/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Tabela>

Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro. *Diário Da República* n.º 235/03 – 1ª Série.
Lisboa: Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade

Ramalho, J. C. M., & Martins, N. A. D. (2019). Avaliação energética de um edifício de serviços: Escola Superior Aveiro Norte, Portugal. *Ambiente Construído*, 19(4), 335–348. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000400359>

REHVA. (2019). *Quality Management for Buildings. Igarss 2014*.
<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Salvador, B. N. (2015). *Metodologia Integrada de Gestão de Iluminação em Edifícios de Serviços Aplicada aos Edifícios do Campus do IST*.

Sanguessuga, M. (2012). *Síndrome dos Edifícios Doentes Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior*. Instituto Politécnico de Lisboa.

Sensirion. (2010). Conditions of Thermal Comfort Influence of Humidity and Temperature on Personal Well-Being. *Application Note: Conditions of Thermal Comfort The*, (February), 2–4.

Silva, L. (2015). *Avaliação do conforto térmico e da qualidade do ar interior nos edifícios A e B do Instituto Pedro Nunes*.

Silva, P. A. V. (2013). *Estudo do Conforto Térmico numa Lavandaria / Engomadoria*. Instituto Politécnico de Setúbal.

Soares, S. C. M. (2017). *Avaliação da Qualidade do Ambiente Interior no edifício da portaria principal do Porto de Leixões*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Sousa, J. (2012). O paradigma da eficiência energética dos edifícios. *Climatização - Edifícios e Energia*.

WHO (2006). Air Quality Guidelines. *Air Quality Guidelines*, (91), 1–496.
<https://doi.org/10.1007/BF02986808>

Anexos

Anexo A – Estrutura do questionário *BUS*

Tabela A.A.1 – Tabela descritiva da estrutura do questionário.

Variável	Descrição
Dados pessoais	Nome próprio, idade, sexo, curso e departamento frequentado, caracterização do uso do edifício por parte dos ocupantes, designadamente, local habitual de trabalho/estudo, há quanto tempo utiliza o edifício e a área de trabalho/estudo, quantos dias por semana permanece no edifício e quantas horas por semana permanece no edifício, no mesmo espaço e em frente ao computador.
O edifício em Geral	Opinião dos ocupantes sobre a edifício, tendo em conta a arquitetura, a satisfação das suas necessidades, a utilização do espaço, a imagem transmitida, a segurança, limpeza e a disponibilidade de salas de reunião e arrumos.
As tarefas desempenhadas	Descrição das tarefas desempenhadas pelos ocupantes.
Exigências das suas tarefas	Avaliação de como o edifício corresponde às necessidades das tarefas que desempenha.
O seu posto de trabalho	Importância dos meios existentes no posto de trabalho, designadamente mobiliário e espaço existente.
Conforto térmico	Avaliação da temperatura e qualidade do ar no verão e inverno.
Ruído	Avaliação dos diferentes tipos de ruído existentes no local de trabalho/estudo, designadamente, ruído em geral, dos colegas, de outras pessoas, outros ruídos no edifício, ruído do exterior e interrupções.
Iluminação	Avaliação da iluminação geral, natural e artificial e a existência de encadeamento no local de trabalho/estudo.
Conforto em geral	Classificação do conforto geral que o edifício proporciona.
Produtividade	Influência do edifício na produtividade.
Saúde	Influência do edifício no estado de saúde.
Controlo pessoal	Controlo do ocupante das variáveis aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação e ruído e quais as variáveis que sente necessidade de controlar.
Resposta a problemas	Solicitações efetuadas para resposta a problemas e avaliação da velocidade e eficácia da resposta.
Efeito no comportamento	Avaliação da alteração do comportamento devido às condições do edifício.
Densidade de ocupação	Quantidade de ocupantes no local de trabalho/estudo.
Viagem de e para o Campus	Tempo demorado nas viagens e meio de transporte utilizado.

Anexo B – Ocupação sala D 00.09

	25-11-2019	26-11-2019	27-11-2019	28-11-2019	29-11-2019	30-11-2019
8 00	Sist Eletromecânicos - Laboratório de Elettricidade (PL) - Ano 1 - Aula Normal - rromeu					
9 00		Eletr Redes Telec - PITED (TP) - Ano 2 - Aula Normal - tiago.santos	Eng Energia Ambiente - ERen (T) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
10 00		Eletr Redes Telec - PITED (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - tiago.santos				
11 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro		Eng Energia Ambiente - ERen (TP) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
12 00						
13 00						
14 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (TP) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro	Eng Eletrotéc Comput - Instalações Elétricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques	PITED(PL2) - 2ºERT - turno oculto - Sala -	Eng Eletrotéc Comput - Gestão de Energia (PL) - Ano 3 - Aula Normal - jcsouza	Ener Ren Efic Energ - EEnerg (PL) - Ano 2 - Aula Normal - jcsouza	
15 00						
16 00						
17 00	Ener Ren Efic Energ - ER II (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro					
18 00				Eng Eletrotéc Comput - Eng Eletrotéc Comput PL - Gestão de Energia (T) - Ano 3 - EECD+EECPL - Aula Normal - hermano.bernardo		
19 00						
20 00	Eng Eletrotéc Comput PL - Instalações Elétricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques	Aut Robot Man Indust PL - Manutenção e Diagnóstico em Ambiente Industrial (PL) - Ano 2 - Aula Normal - joao.m.mendes	Aut Robot Man Indust PL - URE (PL) - Ano 2 - Aula Normal - hermano.bernardo	Eng Eletrotéc Comput PL - Gestão de Energia (PL) - Ano 3 - Aula Normal - jcsouza		
21 00						
22 00						
23 00						

Figura A.B.1 – Horário da sala D 00.09, semana 25/11/2019 a 30/11/2019.

	02-12-2019	03-12-2019	04-12-2019	05-12-2019	06-12-2019	07-12-2019
8 00		Aut Robot Man Indust - Eletrotécnicia e Circuitos Elétricos (PL3) - Ano 1 - Aula Normal - david.oliveira				
9 00			Eng Energia Ambiente - ERen (T) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
10 00						
11 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (TP) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro		Eng Energia Ambiente - ERen (TP) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
12 00						
13 00						
14 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro	Eng Eletrotéc Comput - Instalações Elétricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques	PITED(PL2) - 2ºERT - turno oculto - Sala -	Eng Eletrotéc Comput - Gestão de Energia (TP) - Ano 3 - Aula Normal - jcsouza	Ener Ren Efic Energ - EEnerg (PL) - Ano 2 - Aula Normal - jcsouza	
15 00						
16 00						
17 00	Ener Ren Efic Energ - ER II (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro					
18 00				Eng Eletrotéc Comput - Eng Eletrotéc Comput PL - Gestão de Energia (T) - Ano 3 - EECD+EECPL - Aula Normal - hermano.bernardo		
19 00						
20 00	Eng Eletrotéc Comput PL - Instalações Elétricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques	Aut Robot Man Indust PL - Manutenção e Diagnóstico em Ambiente Industrial (PL) - Ano 2 - Aula Normal - joao.m.mendes	Aut Robot Man Indust PL - URE (PL) - Ano 2 - Aula Normal - hermano.bernardo	Eng Eletrotéc Comput PL - Gestão de Energia (TP) - Ano 3 - Aula Normal - jcsouza		
21 00						
22 00						
23 00						

Figura A.B.2 – Horário da sala D 00.09, semana 02/12/2019 a 07/12/2019.

Avaliação do Desempenho de um Edifício Pedagógico do Ensino Superior para Promoção da Sustentabilidade e da Qualidade do Ambiente Interior

	09-12-2019	10-12-2019	11-12-2019	12-12-2019	13-12-2019	14-12-2019
8 00		Aut Robot Man Indust - Eletrotecnia e Circuitos Eléctricos (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - lucas.thomaz			Aut Robot Man Indust - Eletrotecnia e Circuitos Eléctricos (PL2) - Ano 1 - Aula Normal - david.oliveira	
9 00			Eng Energia Ambiente - EREN (T) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
10 00						
11 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro		Eng Energia Ambiente - EREN (TP) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
12 00						
13 00						
14 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro	Eng Eletrotec Comput - Instalações Eléctricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques			Ener Ren Efic Energ - EEnergy (PL) - Ano 2 - Aula Normal - jcsousa	
15 00			PITED(PL2) - 2ºERT - turno oculto - Sala -	Eng Eletrotec Comput - Gestão de Energia (PL) - Ano 3 - Aula Normal - jcsousa		
16 00						
17 00	Ener Ren Efic Energ - ER II (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro					
18 00		Ener Ren Efic Energ - ER II (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro	Aut Robot Man Indust PL - Eletrotecnia e Circuitos Eléctricos (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - rui.pelivoto	Eng Eletrotec Comput - Eng Eletrotec Comput PL - Gestão de Energia (T) - Ano 3 - EECDD+EECP - Aula Normal - hermano.bernardo		
19 00						
20 00	Eng Eletrotec Comput PL - Instalações Eléctricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques	Aut Robot Man Indust PL - Manutenção e Diagnóstico em Ambiente Industrial (PL) - Ano 2 - Aula Normal - joao.mendes				
21 00			Aut Robot Man Indust PL - URE (PL) - Ano 2 - Aula Normal - hermano.bernardo			ECE(PL2) - 1º ARMIPL - Turno oculto - Sala -
22 00						
23 00						

Figura A.B.3 – Horário da sala D 00.09, semana 09/12/2019 a 14/12/2019.

	16-12-2019	17-12-2019	18-12-2019	19-12-2019	20-12-2019	21-12-2019
8 00		Eletr Redes Telec - PITED (TP) - Ano 2 - Aula Normal - tiago.santos		Troca de sala - Sala - paula.vide		
9 00			Eng Energia Ambiente - EREN (T) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
10 00		Eletr Redes Telec - PITED (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - tiago.santos				
11 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro		Eng Energia Ambiente - EREN (TP) - Ano 2 - Aula Normal - ricardo.manso			
12 00						
13 00						
14 00	Ener Ren Efic Energ - PDREI (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro	Eng Eletrotec Comput - Instalações Eléctricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques			Ener Ren Efic Energ - EEnergy (PL) - Ano 2 - Aula Normal - jcsousa	
15 00			PITED(PL2) - 2ºERT - turno oculto - Sala -	Eng Eletrotec Comput - Gestão de Energia (PL) - Ano 3 - Aula Normal - jcsousa		
16 00						
17 00	Ener Ren Efic Energ - ER II (PL) - Ano 2 - Aula Normal - nuno.fmonteiro					
18 00				Eng Eletrotec Comput - Eng Eletrotec Comput PL - Gestão de Energia (T) - Ano 3 - EECDD+EECP - Aula Normal - hermano.bernardo		
19 00						
20 00	Eng Eletrotec Comput PL - Instalações Eléctricas II (PL) - Ano 3 - Aula Normal - marques	Aut Robot Man Indust PL - Manutenção e Diagnóstico em Ambiente Industrial (PL) - Ano 2 - Aula Normal - joao.mendes				
21 00			Aut Robot Man Indust PL - URE (PL) - Ano 2 - Aula Normal - hermano.bernardo	Eng Eletrotec Comput PL - Gestão de Energia (PL) - Ano 3 - Aula Normal - jcsousa		
22 00						
23 00						

Figura A.B.4 – Horário da sala D 00.09, semana 16/12/2019 a 21/12/2019.

Avaliação do Desempenho de um Edifício Pedagógico do Ensino Superior para Promoção da Sustentabilidade e da Qualidade do Ambiente Interior

	06-01-2020	07-01-2020	08-01-2020	09-01-2020	10-01-2020	11-01-2020
8 ⁰⁰						
9 ⁰⁰						
10 ⁰⁰						
11 ⁰⁰						
12 ⁰⁰						
13 ⁰⁰						
14 ⁰⁰						
15 ⁰⁰						
16 ⁰⁰						
17 ⁰⁰						
18 ⁰⁰						
19 ⁰⁰						
20 ⁰⁰						
21 ⁰⁰						
22 ⁰⁰						
23 ⁰⁰						

Figura A.B.5 – Horário da sala D 00.09, semana 06/01/2020 a 11/01/2020.

	13-01-2020	14-01-2020	15-01-2020	16-01-2020	17-01-2020	18-01-2020
8 ⁰⁰						
9 ⁰⁰						
10 ⁰⁰						
11 ⁰⁰						
12 ⁰⁰						
13 ⁰⁰						
14 ⁰⁰						
15 ⁰⁰						
16 ⁰⁰						
17 ⁰⁰						
18 ⁰⁰						
19 ⁰⁰						
20 ⁰⁰						
21 ⁰⁰						
22 ⁰⁰						
23 ⁰⁰						

Figura A.B.6 – Horário da sala D 00.09, semana 13/01/2020 a 18/01/2020.

Anexo C – Ocupação sala D 1.11.

	25-11-2019	26-11-2019	27-11-2019	28-11-2019	29-11-2019	30-11-2019
8:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - humberto.ferreira			
9:00	Eng Mecânica - Programação (PL2) - Ano 1 - Aula Normal - fneves			Desen Web Multimédia PBL - Módulo Aprendizagem Ativa: Introdução à Programação Web Multimédia (PL2) - Ano 1 - P-Web - Aula Normal - micela.dinis		
10:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - smendes			
11:00		Desen Web Multimédia PBL - Programação para Web (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - micela.dinis	Eng Informática - Sistemas Computacionais (PL3) - Ano 1 - Aula Normal - nuno.veiga	Apoio Gestão - Comunicação e Tecnologias de Informação (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - paula.c.mendes		
12:00						
13:00				Aut Robot Man Indust - SCAD/M - cneves	Eng Eletrotec Comput - Programação de Computadores II (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - anabela.bernardino	
14:00	Eng Eletrotec Comput - Infraestruturas Eléctricas e de Telecomunicações (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - lourenco					
15:00						
16:00		Eng Eletrotec Comput - Infraestruturas Eléctricas e de Telecomunicações (PL2) - Ano 2 - Aula Normal -			Eng Eletrotec Comput - Programação de Computadores II (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - anabela.bernardino	
17:00						
18:00	Electrical and Electronic - Engineering - OML (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa			Eng Mecânica - Prod Ind - CLUI (TP) - Ano 2 - Aula Normal - agostinho.silva		
19:00			Eng Civil - Const Civis - Patologias e Reabilitação do Património Construído (TP) - Ano 2 - Aula Normal - paulo.fernandes		Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (T) - Ano	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - EPS (T) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -
20:00	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (T) - Aula Normal -					
21:00	Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa	Aut Robot Man Indust PL - SCAD/M (PL) - Ano 1 - Aula Normal - cneves		Eng Mecânica - Prod Ind - CLUI (P) - Ano 2 - Aula Normal - agostinho.silva	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (PL) -	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - EPS (PL) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -
22:00						
23:00						

Figura A.C.1 – Horário da sala D 00.09, semana 25/11/2019 a 30/11/2019.

	02-12-2019	03-12-2019	04-12-2019	05-12-2019	06-12-2019	07-12-2019
8:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - humberto.ferreira			
9:00	Eng Mecânica - Programação (PL2) - Ano 1 - Aula Normal - fneves					
10:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - smendes		Ener Ren Efic Energ - Integração na Profissão (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - antonio.santiago	
11:00		Desen Web Multimédia PBL - Programação para Web (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - micela.dinis	Eng Informática - Sistemas Computacionais (PL3) - Ano 1 - Aula Normal - nuno.veiga	Apoio Gestão - Comunicação e Tecnologias de Informação (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - paula.c.mendes		
12:00				Aut Robot Man Indust - SCAD/M - cneves	Eng Eletrotec Comput - Programação de Computadores II (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - anabela.bernardino	
13:00						
14:00	Eng Eletrotec Comput - Infraestruturas Eléctricas e de Telecomunicações (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - lourenco					
15:00						
16:00		Eng Eletrotec Comput - Infraestruturas Eléctricas e de Telecomunicações (PL2) - Ano 2 - Aula Normal -			Eng Eletrotec Comput - Programação de Computadores II (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - anabela.bernardino	
17:00						
18:00	Electrical and Electronic - Engineering - OML (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa			Eng Mecânica - Prod Ind - CLUI (TP) - Ano 2 - Aula Normal - agostinho.silva		
19:00					Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (T) - Ano	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - EPS (T) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -
20:00	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (T) - Aula Normal -					
21:00	Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa	Aut Robot Man Indust PL - SCAD/M (PL) - Ano 1 - Aula Normal - cneves		Eng Mecânica - Prod Ind - CLUI (P) - Ano 2 - Aula Normal - agostinho.silva	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (PL) -	Electrical and Electronic - Engineering - Eng Eletrotécnica - EPS (PL) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -
22:00						
23:00						

Figura A.C.2 – Horário da sala D 00.09, semana 02/12/2019 a 07/12/2019.

Avaliação do Desempenho de um Edifício Pedagógico do Ensino Superior para Promoção da Sustentabilidade e da Qualidade do Ambiente Interior

	09-12-2019	10-12-2019	11-12-2019	12-12-2019	13-12-2019	14-12-2019
8:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - humberto.ferreira			
9:00	Eng Mecânica - Programação (PL2) - Ano 1 - Aula Normal - fneves					
10:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - smendes			
11:00			Eng Informática - Sistemas Computacionais (PL3) - Ano 1 - Aula Normal - nuno.veiga	Apoio Gestão - Comunicação e Tecnologias de Informação (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - paula.c.mendes		
12:00		Veículos Elétricos e Híbridos - Fundamentos de Matemática (TP1) - Ano 1 - Aula Normal - paula.faria				
13:00				Aut Robot Man Indust - SCAD/M (PL) - Ano 1 - Aula Normal - cneves	Eng Eletrotec Comput - Programação de Computadores II (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - anabela.bernardino	
14:00						
15:00			Desen Web Multimédia PBL - 4539110-Módulo Aprendizagem Ativa: Desenvolvimento de um Portal Web Multimédia Ano2 - Ano 2 - Frequência - luis.frazao			
16:00						
17:00						
18:00	Electrical and Electronic - Engineering - OML (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa					
19:00			Eng Civil - Const Civis - Patologias e Reabilitação do Património Construído (TP) - Ano 2 - Aula Normal - florindo.gaspar	Eng Mecânica - Prod Ind - CLUI (P) - Ano 2 - Aula Normal - joel.vasco	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (T) - Ano 1 - Aula Normal -	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - EPS (T) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -
20:00	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (T) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa					
21:00		Aut Robot Man Indust PL - SCAD/M (PL) - Ano 1 - Aula Normal - cneves				
22:00	Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa					
23:00					Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (PL) -	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - EPS (PL) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -

Figura A.C.3 – Horário da sala D 00.09, semana 09/12/2019 a 14/12/2019.

	16-12-2019	17-12-2019	18-12-2019	19-12-2019	20-12-2019	21-12-2019
8:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - humberto.ferreira			
9:00	Eng Mecânica - Programação (PL2) - Ano 1 - Aula Normal - fneves					
10:00			Prog Sist Informação - Projeto em Sistemas de Informação (PL2) - Ano 2 - Aula Normal - smendes			
11:00			Eng Informática - Sistemas Computacionais (PL3) - Ano 1 - Aula Normal - nuno.veiga	Apoio Gestão - Comunicação e Tecnologias de Informação (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - paula.c.mendes		
12:00						
13:00				Aut Robot Man Indust - SCAD/M (PL) - Ano 1 - Aula Normal - cneves	Eng Eletrotec Comput - Programação de Computadores II (PL1) - Ano 2 - Aula Normal - anabela.bernardino	
14:00						
15:00	Veículos Elétricos e Híbridos - Fundamentos de Matemática (TP1) - Ano 1 - Aula Normal - paula.faria		Eng Informática - 9119204- Programação I Ano1 - Ano 1 - Frequência -			
16:00						
17:00						
18:00	Electrical and Electronic - Engineering - OML (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa	Projeto Moldes PL - Desenho Mecânico (PL1) - Ano 1 - Aula Suplementar - ricardo.duarte				
19:00			Eng Civil - Const Civis - Patologias e Reabilitação do Património Construído (TP) - Ano 2 - Aula Normal - joao.veludo	Eng Mecânica - Prod Ind - CLUI (P) - Ano 2 - Aula Normal - joel.vasco	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (T) - Ano 1 - Aula Normal -	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - EPS (T) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -
20:00	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (T) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa					
21:00		Aut Robot Man Indust PL - SCAD/M (PL) - Ano 1 - Aula Normal - cneves				
22:00	Eng Eletrotécnica - Otimização e Aprendizagem Automática (PL) - Ano 1 - Aula Normal - jcsousa					
23:00					Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia (PL) -	Electrical and Electronic - Engineering: Eng Eletrotécnica - EPS (PL) - Ano 1 - MEE+MEEE - Aula Normal -

Figura A.C.4 – Horário da sala D 00.09, semana 16/12/2019 a 21/12/2019.

Avaliação do Desempenho de um Edifício Pedagógico do Ensino Superior para Promoção da Sustentabilidade e da Qualidade do Ambiente Interior

	06-01-2020	07-01-2020	08-01-2020	09-01-2020	10-01-2020	11-01-2020
8:00						
9:00						
10:00						
11:00						
12:00				Apelo Gestão - Comunicação e Tecnologias de Informação (PL1) - Ano 1 - Aula Normal - paula.c.mendes		
13:00						
14:00		Eng Informática - 9119215-Redes de Computadores Ano2 - Ano 2 - Exame -				
15:00						
16:00	Reserva de sala - Sala - ricardo.pereira					
17:00						
18:00					Eng Mecânica - Prod Ind - CLUI (TP) - Ano 2 - Aula Normal - joel.vasco	
19:00	IG - 209805- Inglês C1 Ano1 - Ano 1 - Frequência - Jean.mercereau	IG - 209807- Inglês C2 Ano1 - Ano 1 - Frequência - ricardo.pereira	Eng Informá - 988522- Redes de Comput	Eng Informá - 988522- Redes de Comput	Eng Informá - 911921- Redes de Comput	Eng Informá - 911921- Redes de Comput
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						

Figura A.C.5 – Horário da sala D 00.09, semana 06/01/2020 a 11/01/2020.

	13-01-2020	14-01-2020	15-01-2020	16-01-2020	17-01-2020	18-01-2020
8:00						
9:00						
10:00	Redes Sist Informá - 4511102- Comunicação e Tecnologias de Informação Ano1 - Ano 1 - Frequência - jorge.g.costa	Redes Sist Informá - 4511102- Comunicação e Tecnologias de Informação Ano1 - Ano 1 - Exame - alvaro.stonco		Ener Ren Efic Energ - 4511104- Desenho Técnico Aplicado à Eletrotécnica Ano1 - Ano 1 - Exame -		
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						
18:00						
19:00	Projeto Moldes PL - 471616- Comunica e Tecnolo de Informa	Projeto Moldes PL - 471616- Comunica e Tecnolo de Informa	Eng Mecânica PL - 9886204- Programação Ano1 - Ano 1 - Frequência -	Eng Mecânica PL - 9886204- Programação Ano1 - Ano 1 - Exame -	Solicta PL - 801520- Informá Aplicad ao Ano1 - Ano 1 - Exame -	Solicta PL - 801520- Informá Aplicad ao Ano1 - Ano 1 - Exame -
20:00					Solicta PL - 924220- Informá Aplicad ao Ano1 - Ano 1 - Exame -	Solicta PL - 924220- Informá Aplicad ao Ano1 - Ano 1 - Exame -
21:00			Eng Mecânica PL - 9886204- Programação Ano1 - Ano 1 - Exame - carlos.campos; pmadeira		Aut Robot Man Indust PL - 4702105- Sistemas CAD/CAM	
22:00						
23:00						

Figura A.C.6 – Horário da sala D 00.09, semana 13/01/2020 a 18/01/2020.

Anexo D – Resultados 1ª campanha

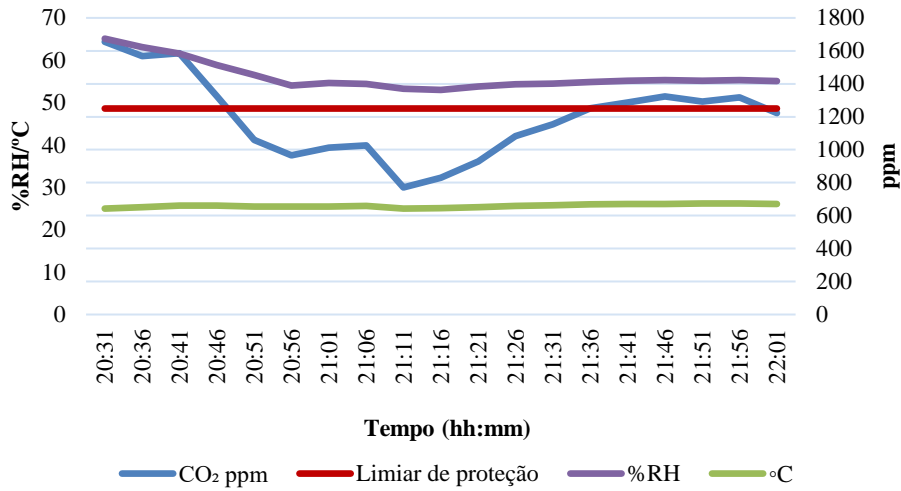


Figura A.D.1 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, da medição E3.

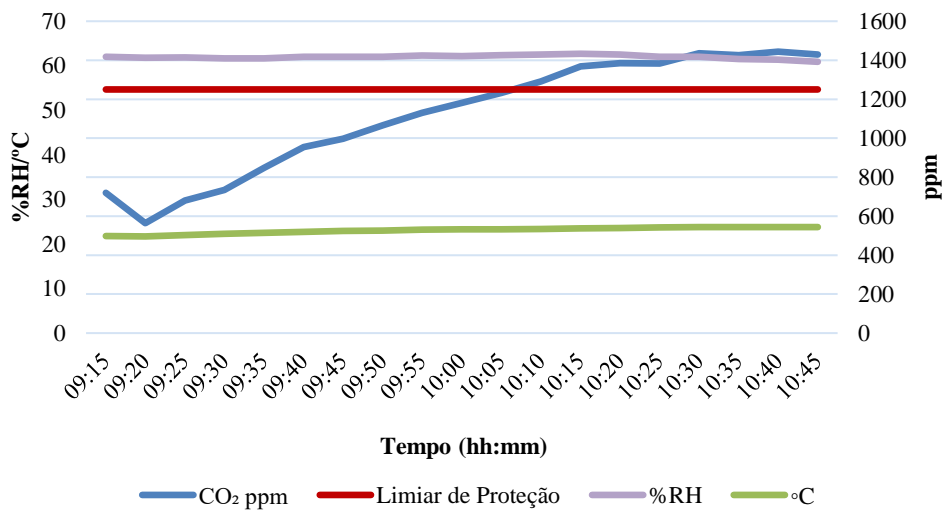


Figura A.D.2 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, da medição E4.

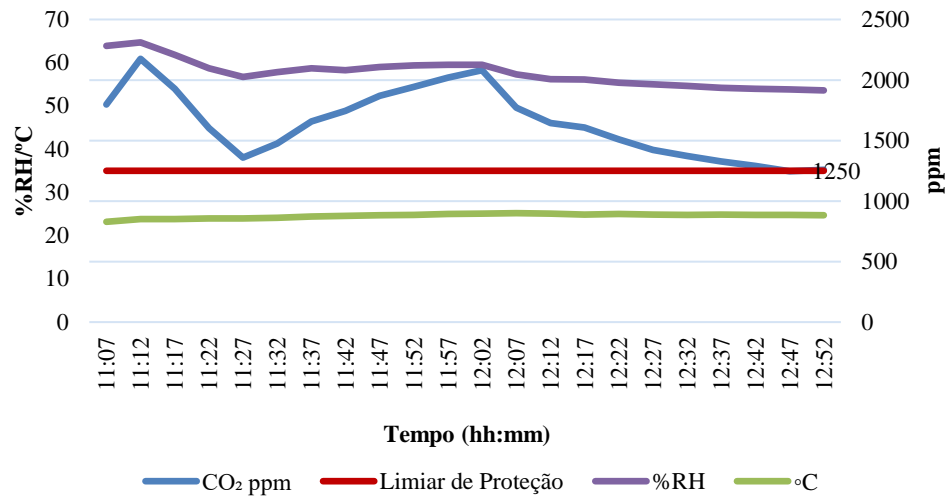


Figura A.D.3 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, da medição E5.

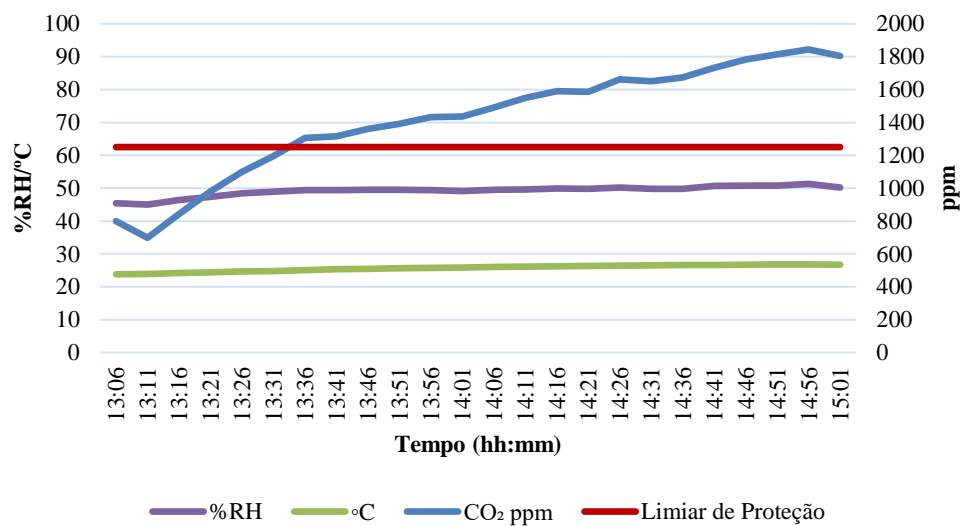


Figura A.D.4 – Valores dos parâmetros de qualidade do ar interior, na medição E23.

Anexo E – Aplicação dos questionários

Tabela A.E.1 – Tabela informativas sobre a distribuição e aplicação dos questionários.

Data	Código	Sala	Fachada	Aula	Curso	Ano	Docente	N.º de Inquiridos
04/11/2019	E1	D0.2	SW	Eletrotécnica e Circuitos Elétricos	TeSP_ARMI	1	Paulo Ventura	35
	E2	D0.9	SE	PDREI	TeSP_EREE	2	Nuno Monteiro	12
	E3	D1.11B-P2	SE	Otimização e Aprendizagem Automática	MEE	1	João Sousa	22
5/11/2019	E4	D0.6	NE	Contabilidade Financeira I	Gestão	1	Teresa Eugénio	30
	E5	D0.3	SW	Contabilidade Financeira I	Gestão	1	Teresa Eugénio	32
	E6	D0.1	SW	Automação Industrial 1	EEC	3	Eliseu Ribeiro	4
	E7	D0.9	SE	Instalações Elétricas II	EEC	3	Pedro Marques	8
	E8	D0.10	SE	Utilização Racional de Energia	TeSP_ARMI	2	Hermano Bernardo	14
	E9	D.1.3	SE	Estratégia Empresarial	Gestão	3	João Santos	32
	E10	D.01.08	SE	Contabilidade de Gestão e Controlo Orçamental	Gestão	2	Ana Baptista	27
	E11	D.01.07	SE	Análise de Dados	Administração Pública (PL)	1	Alexandra Seco	4
	E12	D.0.5	NE	Princípios de Gestão	Gestão e Negociação Internacional	1	José Dantas	9
	E13	D.1.2		Métodos de Investigação	Mestrado de Finanças Empresariais	1	Célia Oliveira	26
	E14	D.-1.11.B		Gestão de Recursos Humanos	Gestão PL	3	Aquilino Costa	14

Tabela A.E.2 – Continuação da Tabela A.E.1.

Data	Código	Sala	Fachada	Aula	Curso	Ano	Docente	N.º de Inquiridos
6/11/2019	E15	D0.14	NW	Veículos Elétricos e Híbridos	TeSP_TA	2	Natália Gameiro	12
	E16	D0.9	SE	Energias Renováveis	EENA	2	Ricardo Manso	13
	E17	D0.13	NW	Contabilidade Pública	Administração Pública	3	Marta Costa (*)	17
6/11/2019	E18	D0.14	NW	Veículos Elétricos e Híbridos	TeSP_TA	2	Ricardo Luís	14
	E19	D-1.04.B	NE	Cinema a)	Jogos Digitais e Multimédia	3	Bruno Carnide	19
	E20	D1.11B-P2	SE	Patologias e Reabilitação do Património Construído	Eng. Civil/Construção Civil	2	Paulo Fernandes	5
	E21	D0.9	SE	Utilização Racional de Energia	TeSP_ARMI (Pós-Laboral)	2	Hermano Bernardo	13
	E22	D0.11	SE	Automação Industrial 1	EEC (Pós-Laboral)	3	Eliseu Ribeiro	11
7/11/2019	E23	D0.13	NW	EFP	Administração Pública	2	Márcio Lopes	21
	E24	D0.9	SE	Utilização Racional de Energia	TeSP_ARMI	2	Hermano Bernardo	15
	E25	D.AF.01		Desenvolvimento de Aplicações Distribuídas	Eng. Informática	3	Marco Monteiro	67
	E26	D.1.01		Direito Comercial	Solicitadoria	2	Rita Almeida	23
	E27	D.AF.01		Sistemas elétricos e eletrónicos	Eng. Automóvel	3	Luis Conde	20
							TOTAL:	519

Tabela A.E.3 – Tabela informativas sobre a distribuição e aplicação dos questionários.

Gabinetes	Docentes	Questionário
D.02.35	Coordenador do Departamento de Ciências Jurídicas	Entregue
Segurança	Maria Amado	Entregue
D.02.57	Rita Almeida	Entregue
	Sofia Fernandes	Entregue
D.02.30	João Pereira	Entregue
D.02.41	Ricardo Gomes	Entregue
D.02.03	Elisabete Duarte	Entregue
D.02.04	Henrique Carvalho	Entregue
Não	Licínio Moreira	Entregue
D.02.07	Alzira Marques	Entregue
Não	Luis Sargento	Entregue
D.02.46.1	Vânia Marques	Entregue
D.02.53	Ana Azevedo	Entregue
D.02.10.	Tânia Marques	Entregue
Não	Nuno Gil	Entregue
Não	Hermano Bernardo	Entregue
Não	João Sousa	Entregue
DGE	Sem informações	
DGE	Sem informações	
DGE	Sem informações	
Total		20

Anexo F – Comentários *BUS*

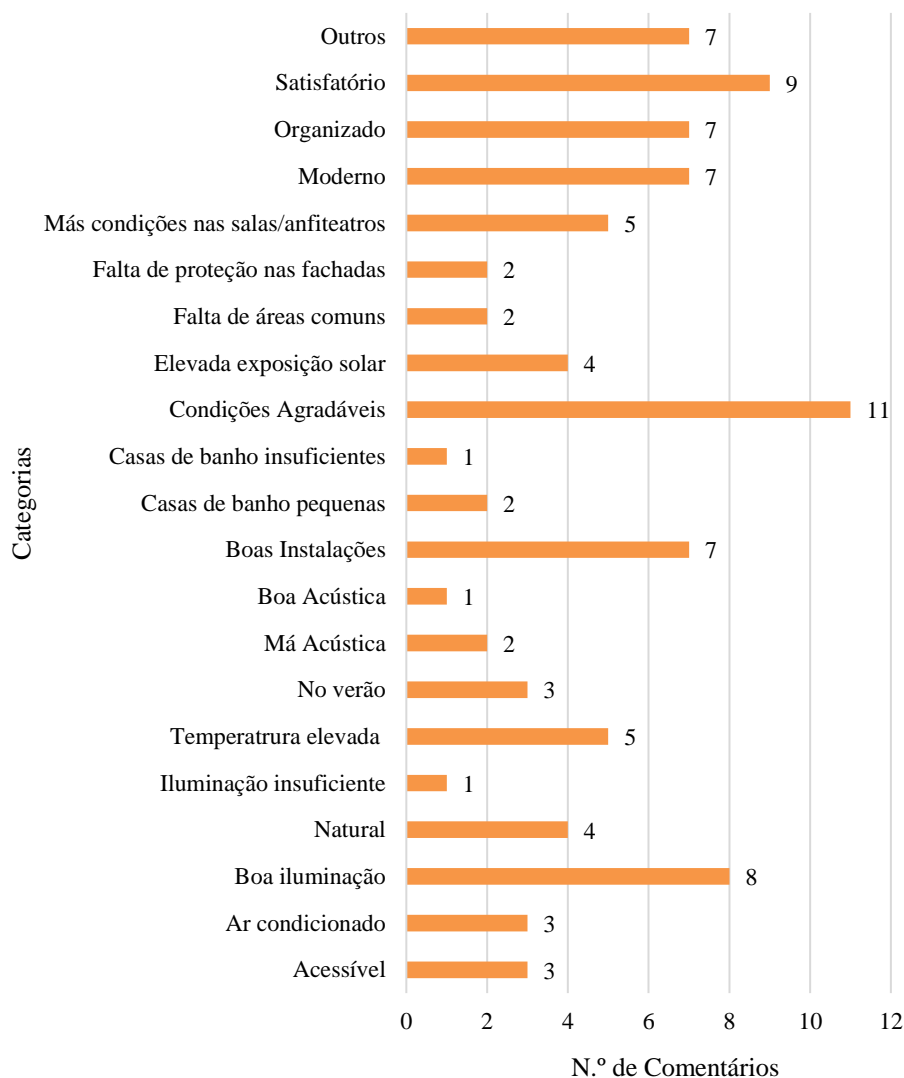


Figura A.F.1 – Número de comentários categorizados sobre o projeto em geral.

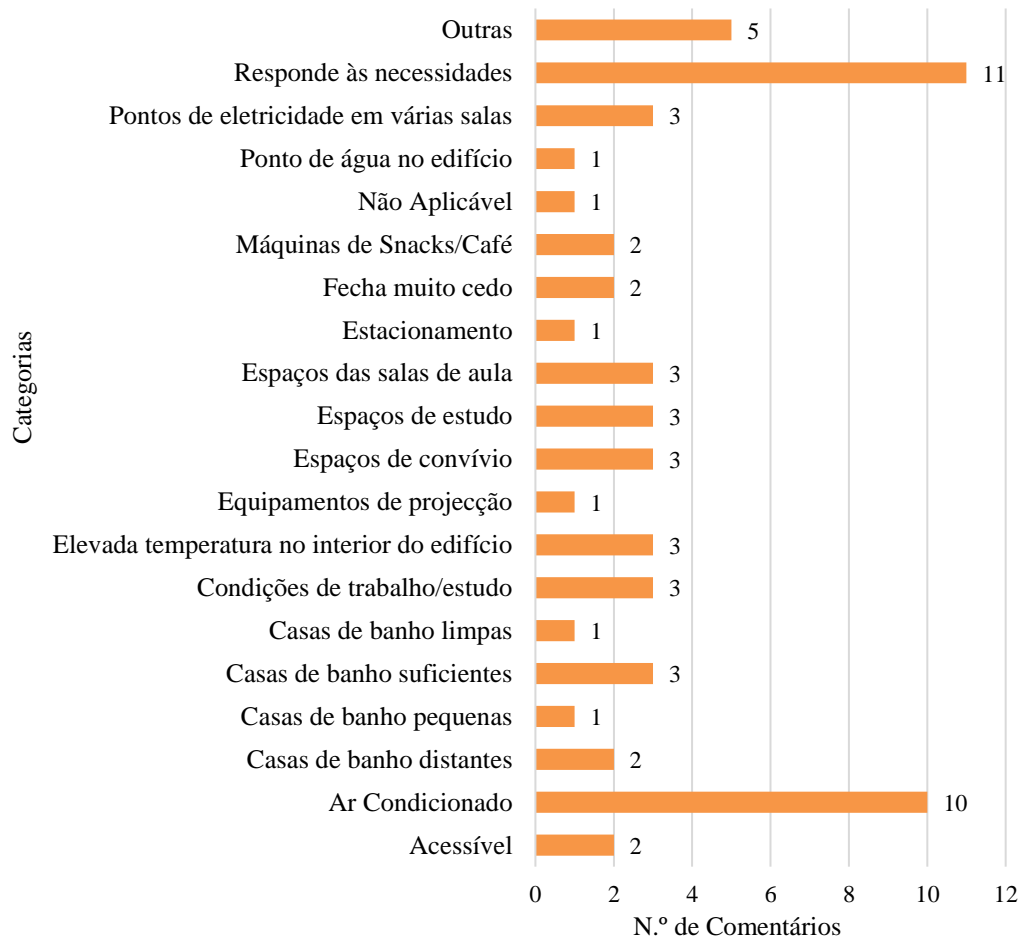


Figura A.F.2 – Número de comentários categorizados sobre as necessidades em geral.

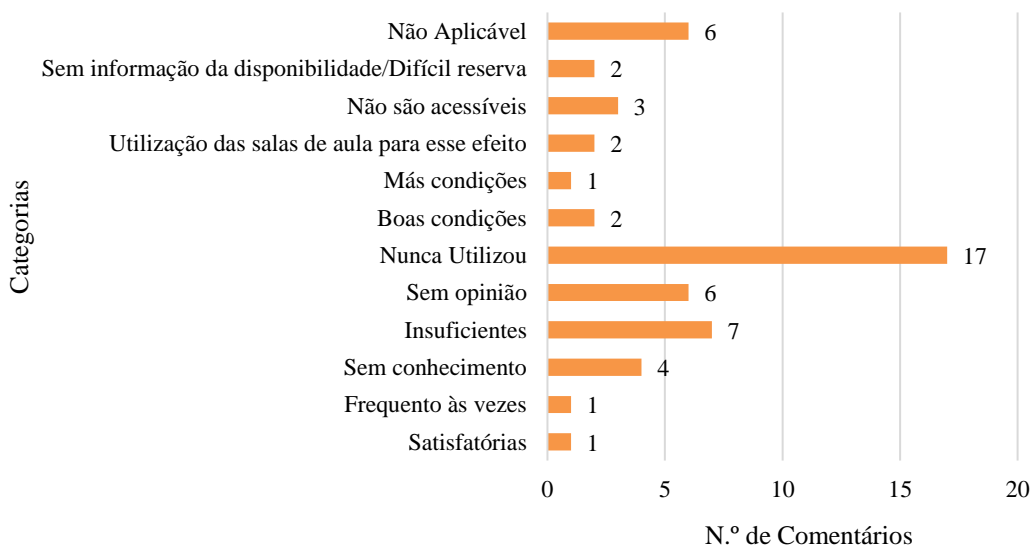


Figura A.F.3 – Número de comentários categorizados sobre salas de reunião.

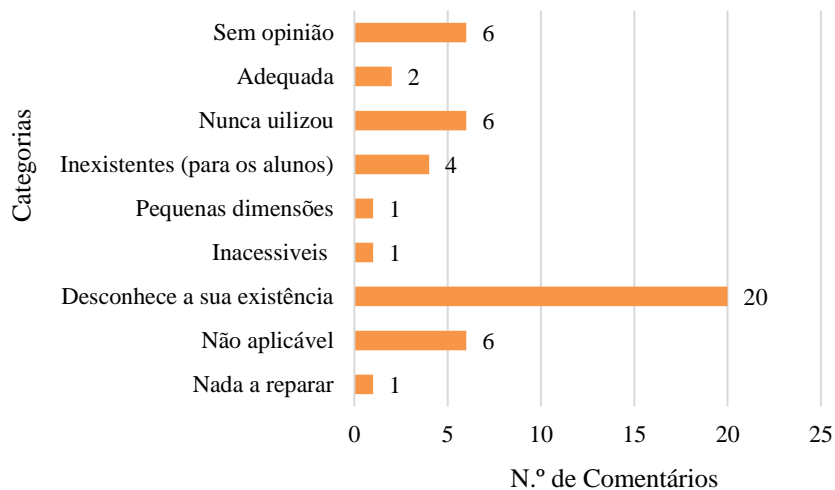


Figura A.F.4 – Número de comentários categorizados sobre as zonas de arrumos.

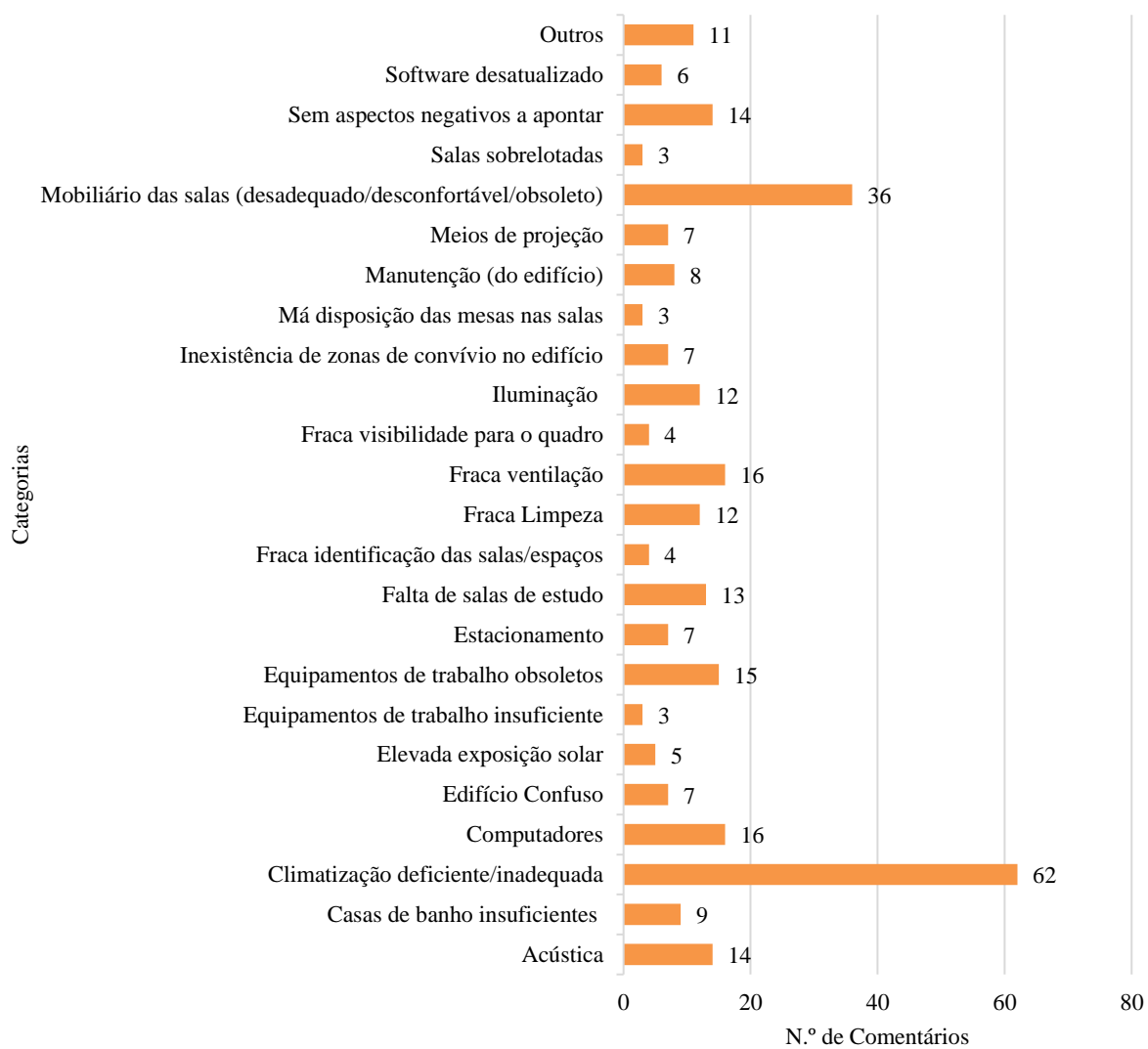


Figura A.F.5 – Aspectos negativos das infraestruturas do edifício.

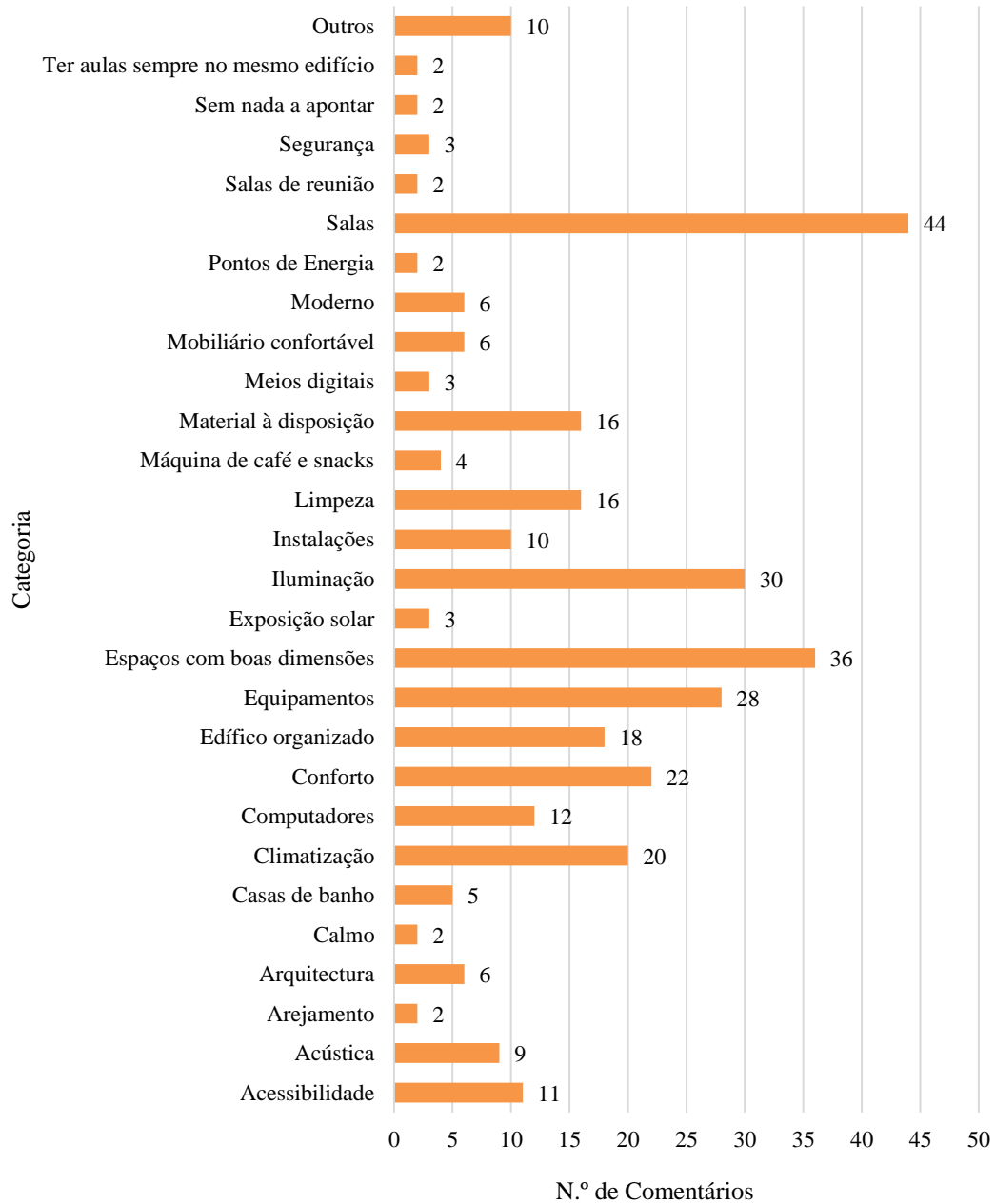


Figura A.F.6 – Aspectos positivos das infraestruturas do edifício.

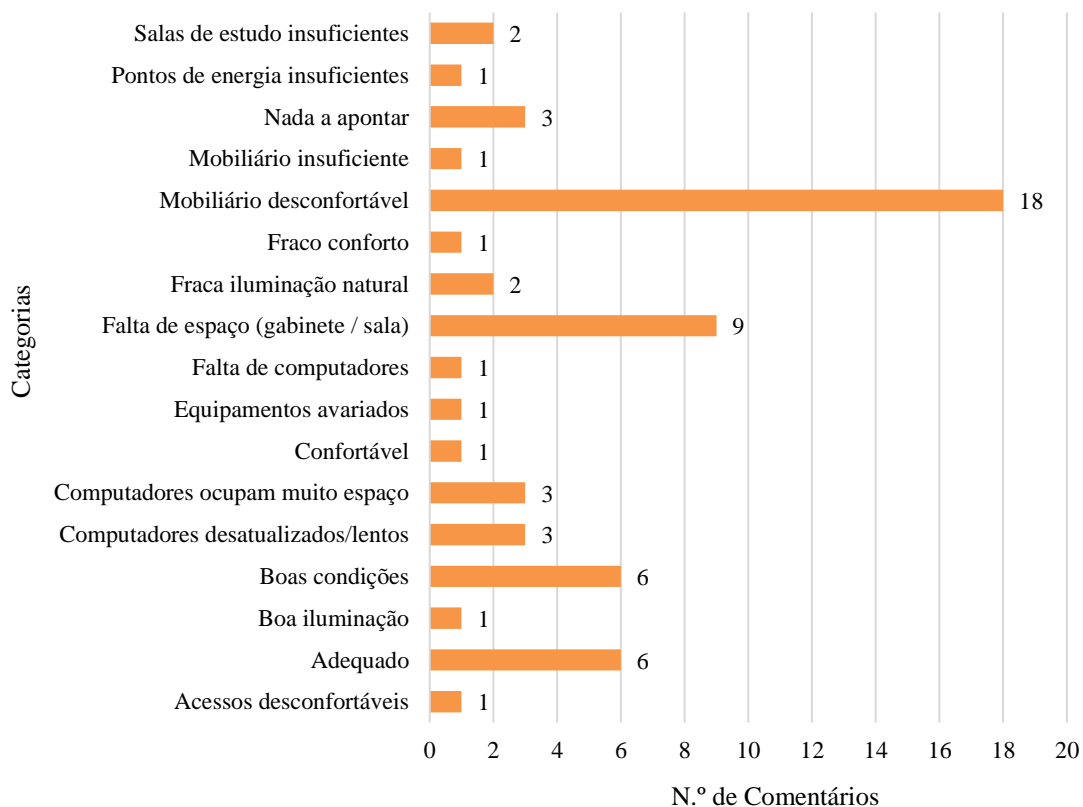


Figura A.F.7 – Comentários sobre o posto de trabalho de cada ocupante.

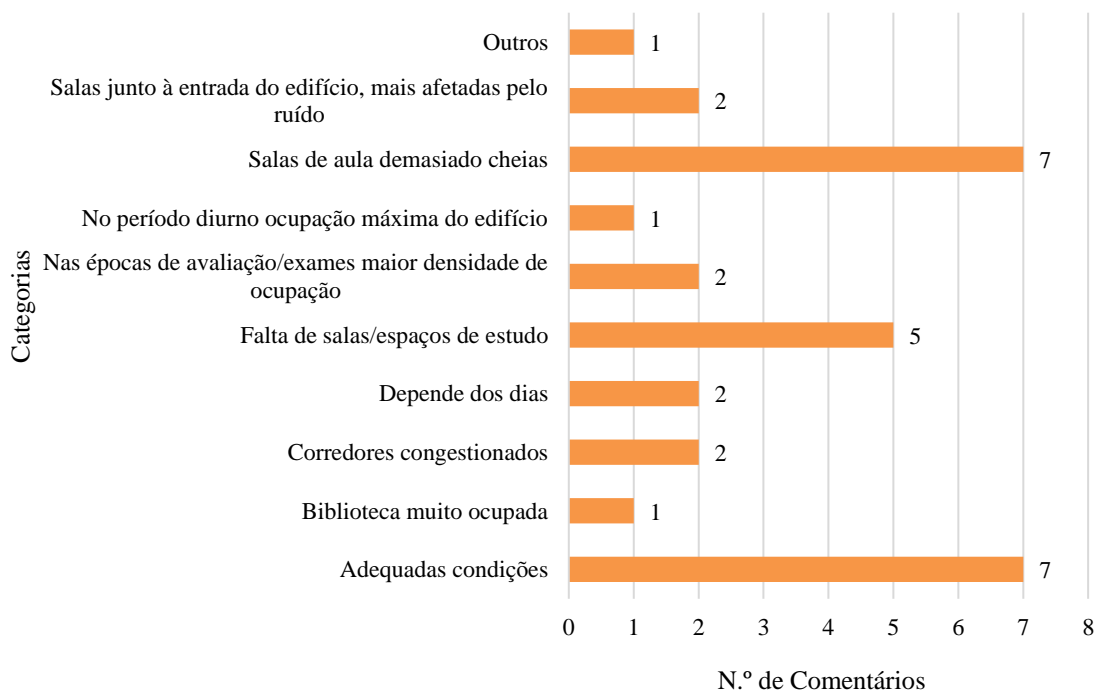


Figura A.F.8 – Comentários sobre as condições da densidade de ocupação

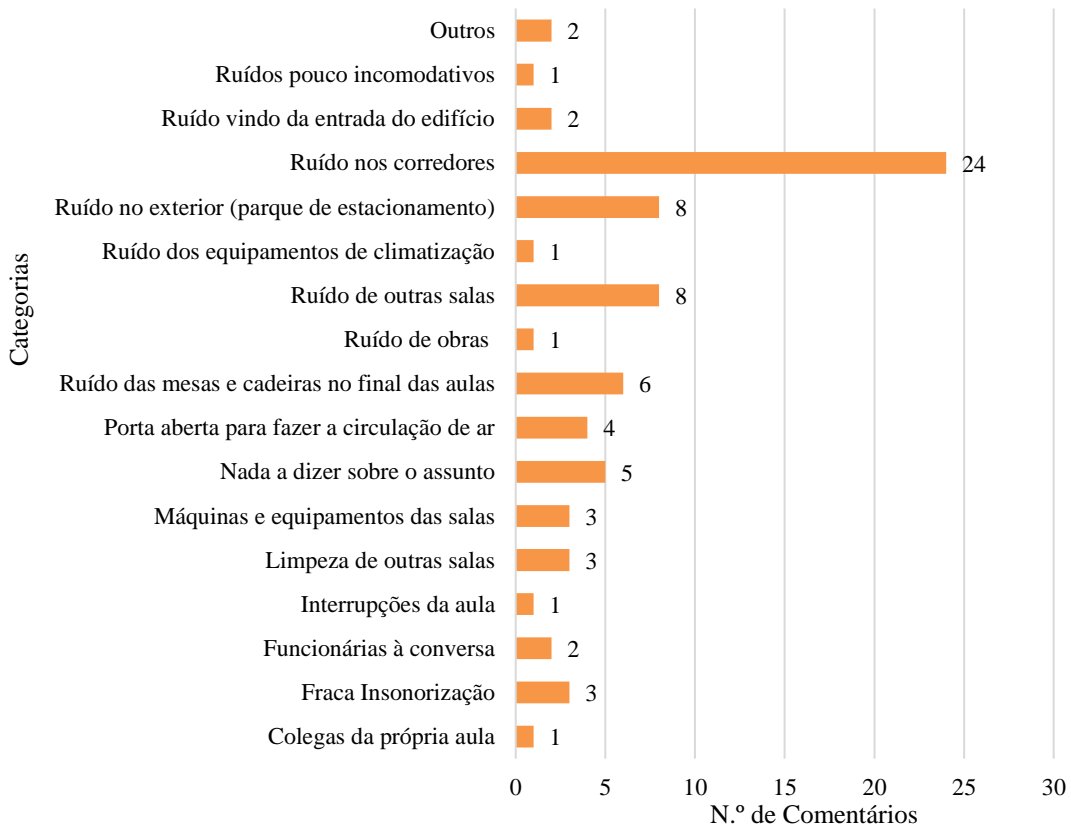


Figura A.F.9 – Comentários sobre os ruídos e a sua fonte.

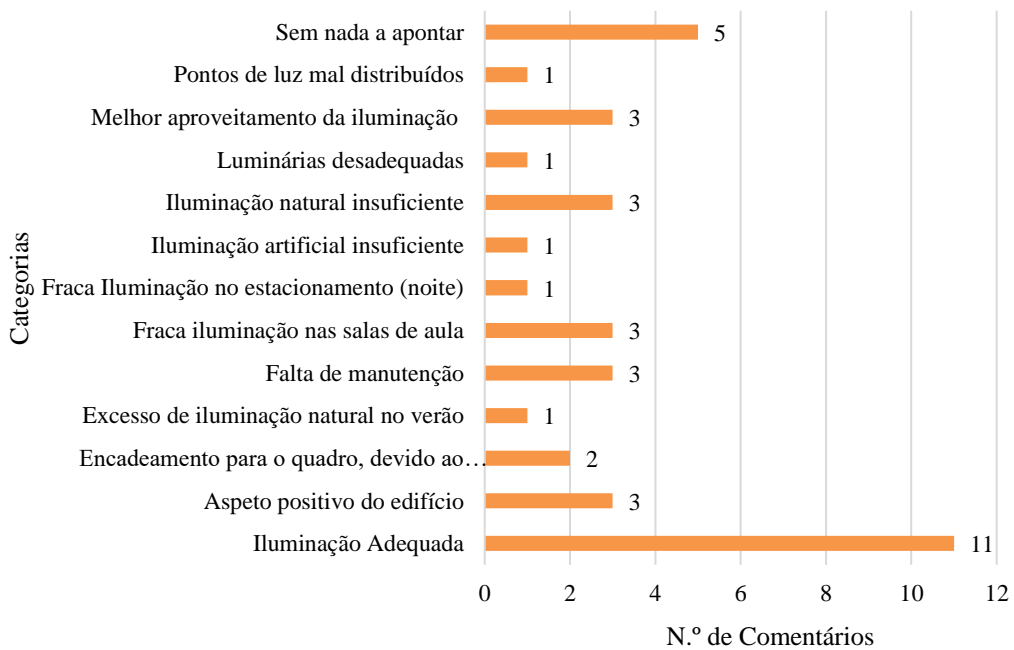


Figura A.F.10 – Comentários sobre as condições de iluminação na normal área de trabalho/estudo do ocupante.

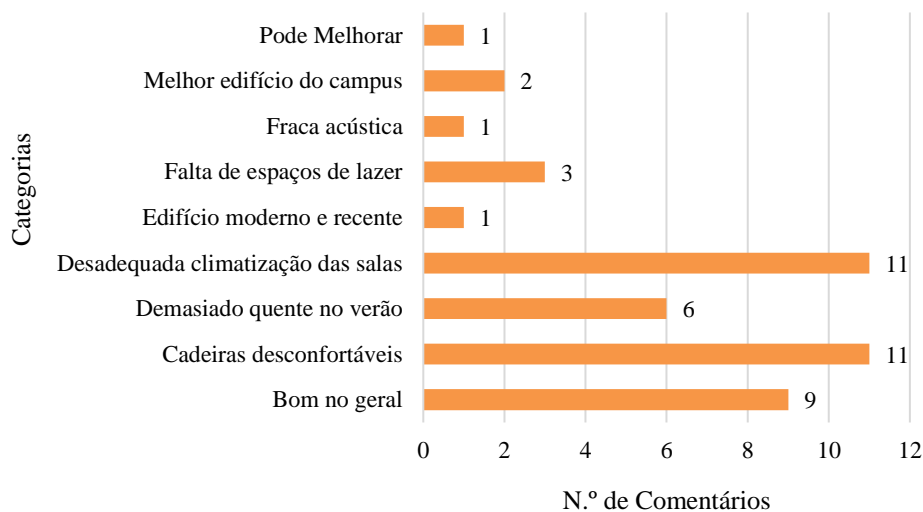


Figura A.F.11 – Comentários sobre o conforto do edifício.

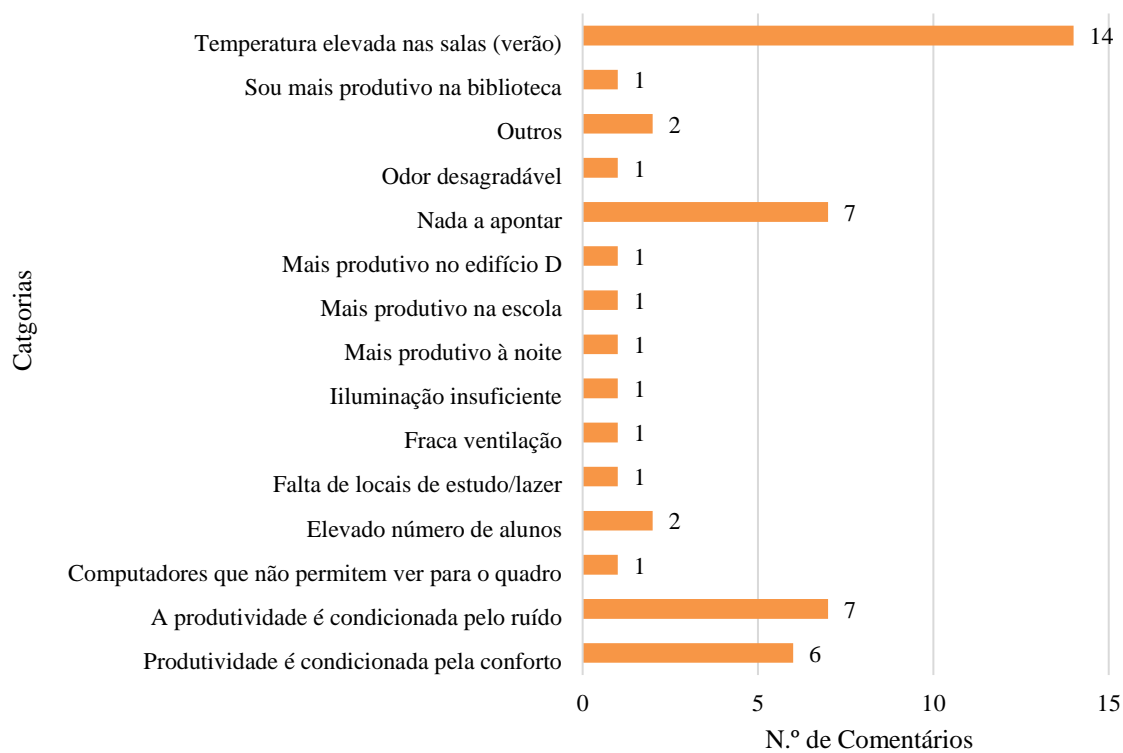


Figura A.F.12 – Comentários sobre a produtividade do ocupante.

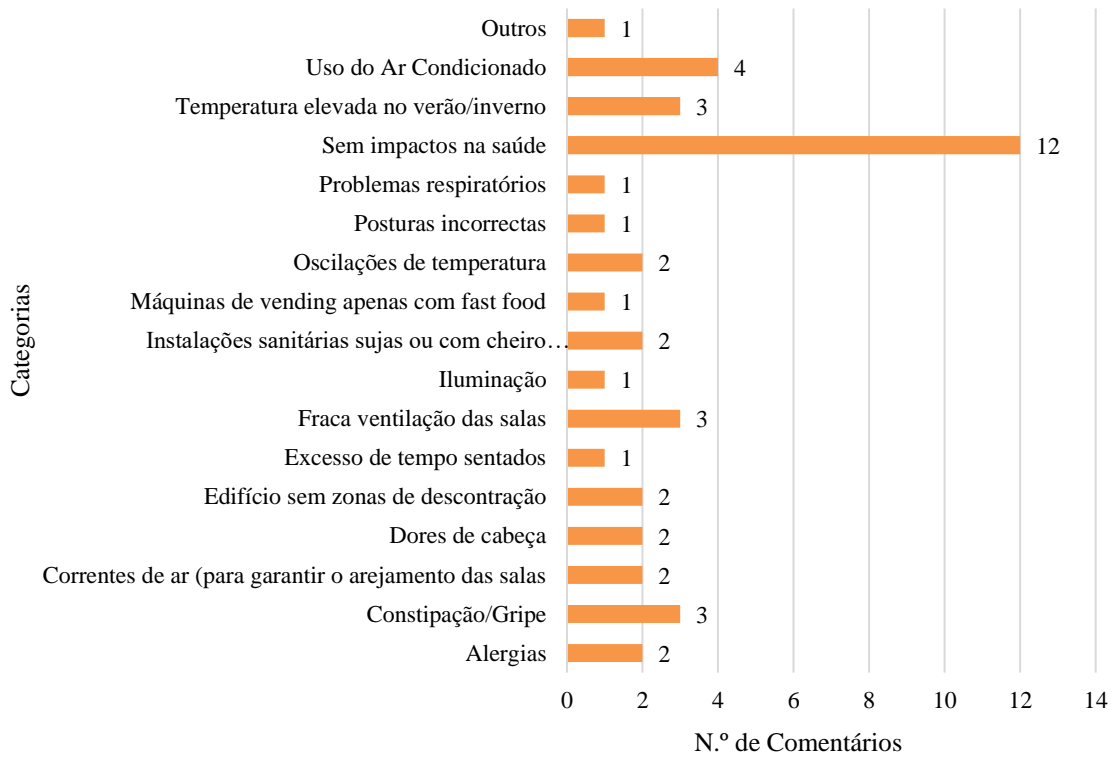


Figura A.F.13 – Comentários sobre a produtividade do ocupante.

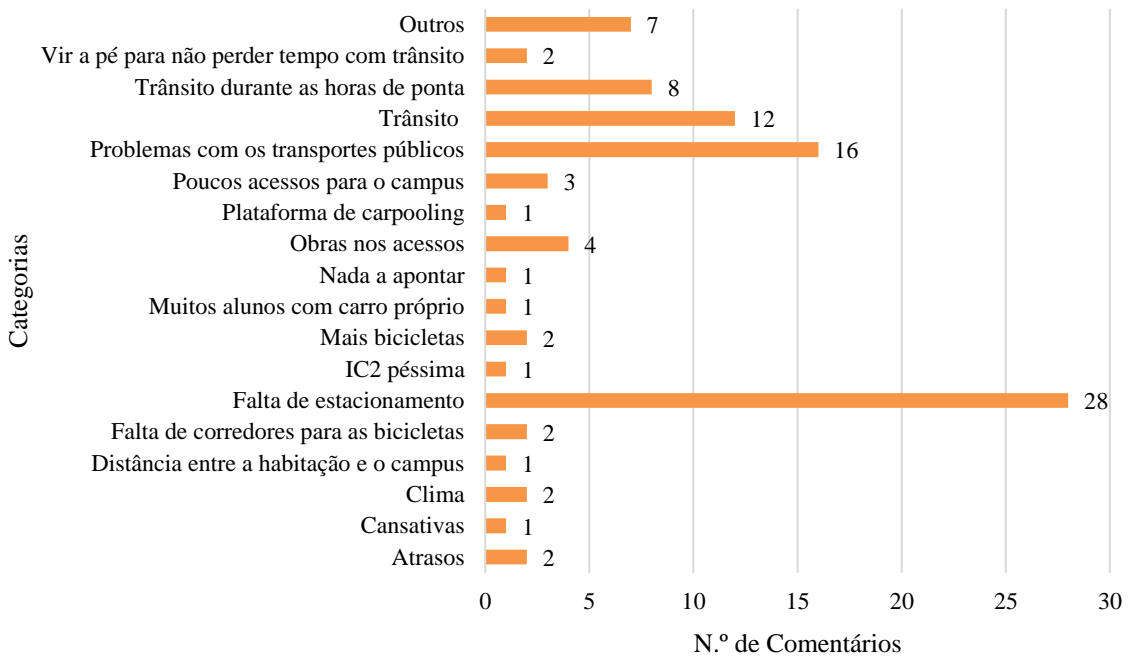


Figura A.F.14 – Comentários sobre as viagens de e para o Campus.

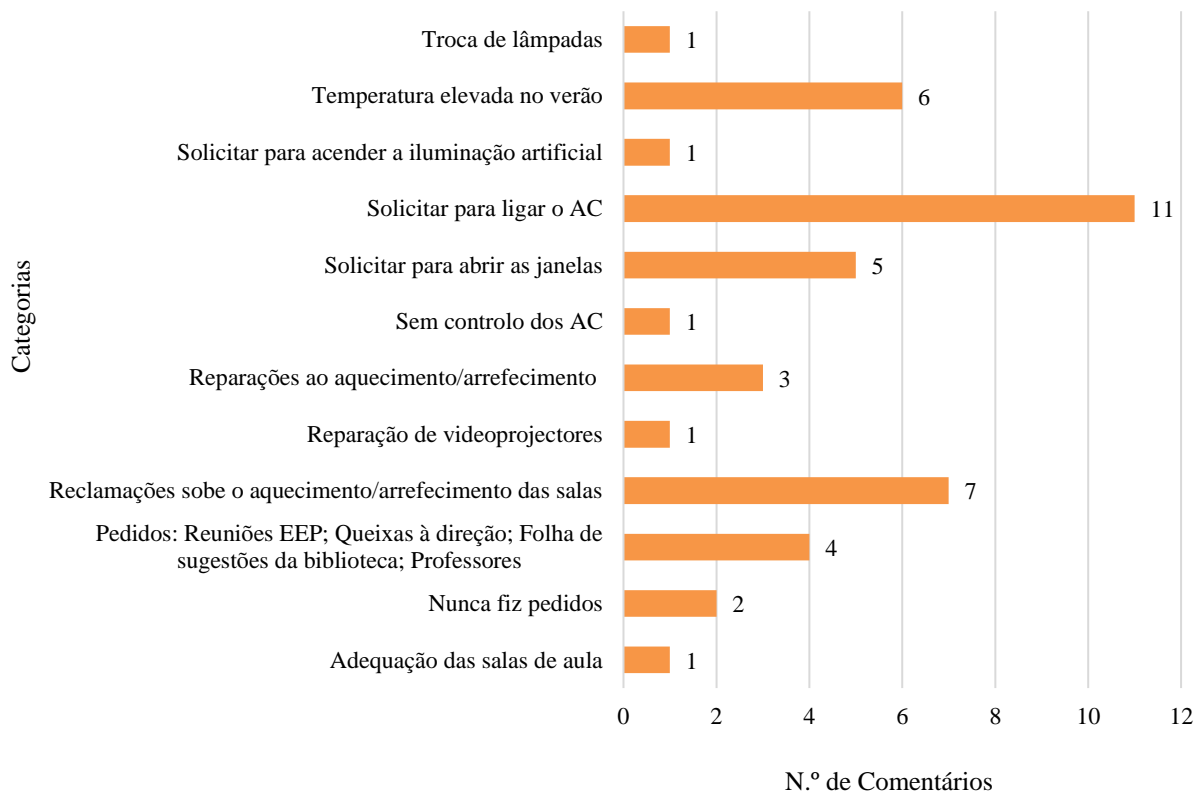


Figura A.F.15 – Comentários sobre os pedidos de intervenção realizados para resposta a problemas.

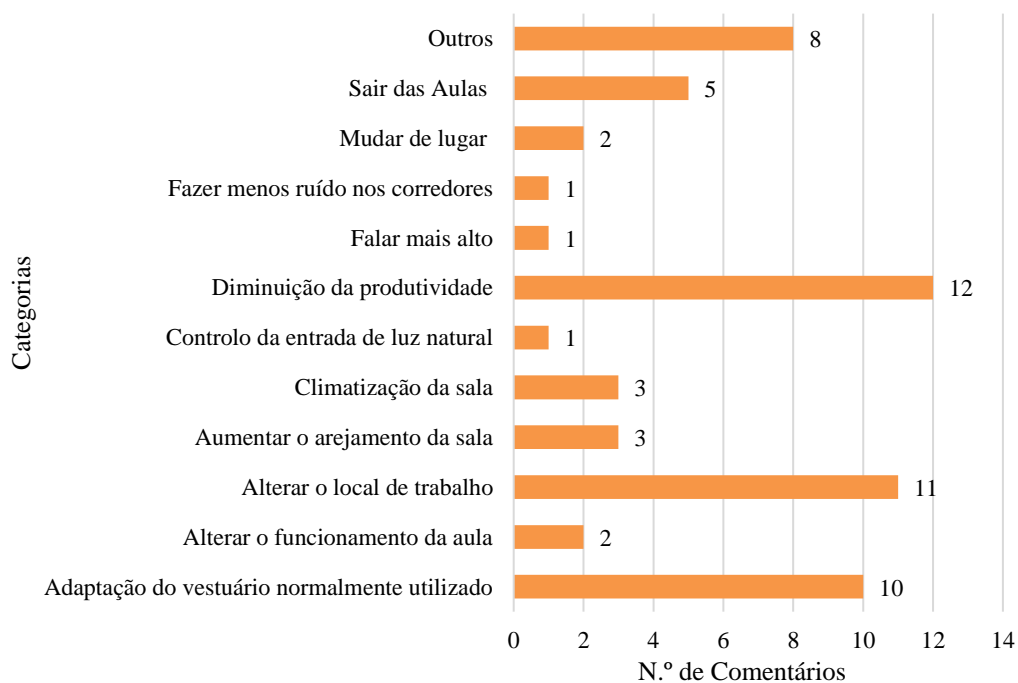
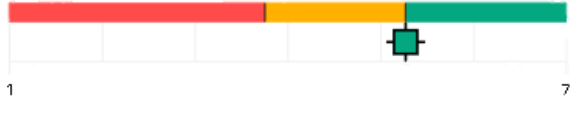



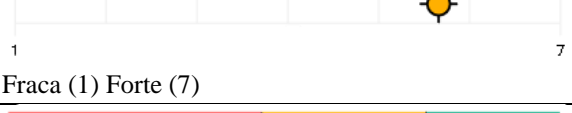





Figura A.F.16 – Comportamentos alterados devido às condições do edifício.

Anexo G – Resultados comparativos *BUS*

Tabela A.G.1 – Resultados das questões que avaliam o edifício em geral.

Variável	Média	Pontuações ¹⁰
Arquitetura do edifício	5,27	 1 Não Satisfatório (1) Muito Satisfatório (7)
Necessidades	5,44	 1 Não Satisfatório (1) Muito Satisfatório (7)
Utilização do Espaço	5,62	 1 Inapropriadamente (1) Apropriadamente (7)
Imagem para os visitantes	5,76	 1 Muito Negativa (1) Muito Positiva (7)
Segurança	5,66	 1 Fraca (1) Forte (7)
Limpeza	5,50	 1 Não Satisfatório (1) Muito Satisfatório (7)
Disponibilidade de salas de reunião	4,73	 1 Não Satisfatório (1) Muito Satisfatório (7)
Adequação das zonas de arrumos	4,80	 1 Não Satisfatório (1) Muito Satisfatório (7)




¹⁰    Os seguintes ícones indicam a média e comparam-na com os resultados de referência do BUS. Assim, a cor e a forma correspondem ao resultado da comparação, designadamente: Vermelho/ Diamante – Significativamente pior que os resultados do benchmarking; Âmbar/ Redondo - dentro do benchmarking; ou Verde/ Quadrado - significativamente melhor que os resultados do benchmarking.

Tabela A.G.2 – Avaliação do posto de trabalho.

Variável	Média	Pontuações
Infraestruturas correspondem às necessidades das tarefas desempenhadas	5,57	<p>1 7 Muito mal (1) Muito bem(7)</p>
Usabilidade do mobiliário	5,17	<p>1 7 Desadequado (1) Excelente(7)</p>
Espaço à disposição	5,46	<p>1 7 Desadequado (1) Excelente(7)</p>

TabelaA.G.3 – Avaliação do conforto do edifício no inverno.

Variável	Média	Pontuações
Temperatura no Inverno		
Conforto térmico	5,01	<p>1 7 Desconfortável (1) Confortável (7)</p>
Temperatura	3,91	<p>1 7 Muito Quente (1) Muito Fria (7)</p>
Variação da temperatura	3,85	<p>1 7 Estável (1) Varia durante o dia (7)</p>
Qualidade do ar no inverno		
Correntes de ar	3,64	<p>1 7 Sem correntes de ar (1) Com correntes de ar (7)</p>
Humidade	3,92	<p>1 7 Seco (1) Humido (7)</p>
Ventilação	3,98	<p>1 7 Ventilado (1) Não ventilado (7)</p>
Odor	3,23	<p>1 7 Inodoro (1) Odor desagradável (7)</p>

Tabela A.G.4 – Continuação da Tabela A.G.3.

Variável	Média	Pontuações
Condições de conforto durante o inverno	4,99	<p>1 Não satisfatórias em geral (1) Satisfatórias em geral (7)</p>

Tabela A.G.5 – Avaliação do conforto do edifício no verão.

Variável	Média	Pontuações
Temperatura no Verão		
Conforto	3,82	<p>1 Desconfortável (1) Confortável (7)</p>
Temperatura	2,97	<p>1 Muito Quente (1) Muito Fria (7)</p>
Variação da temperatura	3,95	<p>1 Estável (1) Varia durante o dia (7)</p>
Qualidade do ar no Verão		
Correntes de ar	3,95	<p>1 Sem correntes de ar (1) Com correntes de ar (7)</p>
Humidade	3,39	<p>1 Seco (1) Humido (7)</p>
Ventilação	4,06	<p>1 Ventilado (1) Não ventilado (7)</p>
Odor	3,61	<p>1 Inodoro (1) Odor desagrdável (7)</p>
Condições durante o verão	4,19	<p>1 Não satisfatórias em geral (1) Satisfatórias em geral (7)</p>

Tabela A.G.6 – Avaliação do ruído na normal área de trabalho/estudo.

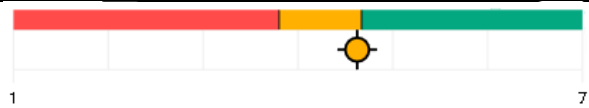





Variável	Média	Pontuações
Ruído em Geral	4,63	 1 7 Não Satisfatório(1)Muito Satisfatório (7)
Ruído dos colegas	4,25	 1 7 Muito Pouco (1) Demasiado (7)
Ruído de outras pessoas	4,09	 1 7 Muito Pouco (1) Demasiado (7)
Outros ruídos no edifício	3,36	 1 7 Muito Pouco (1) Demasiado (7)
Ruído do Exterior	3,24	 1 7 Muito Pouco (1) Demasiado (7)
Interrupções	2,87	 1 7 Nunca (1) Muito frequentemente (7)

Tabela A.G.7 – Avaliação da iluminação na normal área de trabalho/estudo.

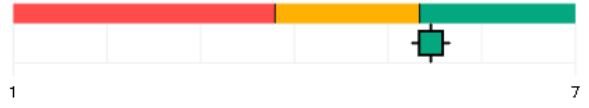
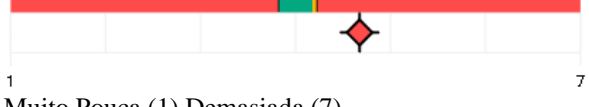
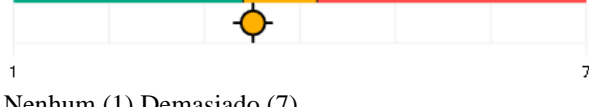

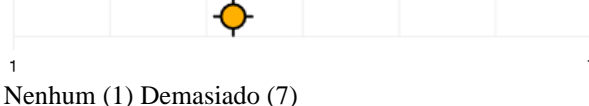
Variável	Média	Pontuações
Iluminação em Geral	5,46	 1 7 Não Satisfatória (1)Muito Satisfatória (7)
Iluminação natural	4,67	 1 7 Muito Pouca (1) Demasiada (7)
Encandeamento por efeito da iluminação natural	3,51	 1 7 Nenhum (1) Demasiado (7)
Iluminação artificial	4,59	 1 7 Muito Pouca (1) Demasiada (7)
Encandeamento por efeito da iluminação artificial	3,28	 1 7 Nenhum (1) Demasiado (7)

Tabela A.G.8 – Avaliação do conforto geral do edifício.

Variável	Média	Pontuações
Conforto em geral	5,02	<p>1 7</p> <p>Não Satisfatório(1) Muito Satisfatório (7)</p>

Tabela A.G.9 – Influência do edifício na produtividade do ocupante.

Variável	Média	Pontuações
Produtividade	6,16	<p>1 9</p> <p>-40% ou menos (1) + 40% ou mais (9)</p>

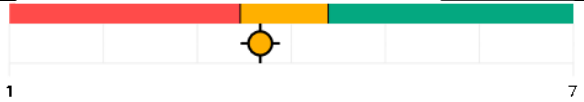
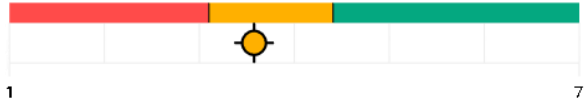
Tabela A.G.10 – Avaliação da forma como o edifício afeta o estado de saúde do ocupante.

Variável	Média	Pontuações
Saúde	4,37	<p>1 7</p> <p>Menos saudável (1) Mais saudável (7)</p>

Tabela A.G.11 – Controle que os ocupantes têm sobre os diferentes aspetos do seu ambiente de trabalho/estudo.

Variável	Média	Pontuações
Aquecimento	2,95	<p>1 7</p> <p>Sem controlo (1) Controlo total (7)</p>
Arrefecimento	2,88	<p>1 7</p> <p>Sem controlo (1) Controlo total (7)</p>
Ventilação	3,03	<p>1 7</p> <p>Sem controlo (1) Controlo total (7)</p>
Iluminação	4,14	<p>1 7</p> <p>Sem controlo (1) Controlo total (7)</p>
Ruído	2,98	<p>1 7</p> <p>Sem controlo (1) Controlo total (7)</p>

Tabela A.G.12 – Velocidade e eficácia da resposta a pedidos de intervenção efetuados pelos ocupantes.

Variável	Média	Pontuações
Velocidade da resposta	3,67	 <p>Muito Lenta (1) Muito Rápida (7)</p>
Eficácia da resposta	3,58	 <p>Pouco Eficaz (1) Muito Eficaz (7)</p>