



**Avaliação do Desempenho Energético e da
Qualidade do Ar Interior do Edifício Principal do
Parque Biológico de Vila Nova de Gaia.**

Mestrado em Engenharia Química,

Ramo: Otimização Energética na Indústria Química

Disciplina: Dissertação/Estágio, edição 2012 – 2013

Miguel Ângelo Magalhães Oliveira

Novembro de 2013

Resumo

A presente dissertação tem como principal propósito avaliar o desempenho energético e a qualidade do ar interior do edifício principal do Parque Biológico de Vila Nova de Gaia (PBG). Para esse efeito, este estudo relaciona os termos definidos na legislação nacional em vigor até à presente data, e referentes a esta área de atuação, em particular, os presentes no SCE, RSECE, RCCTE e RSECE-QAI.

Para avaliar o desempenho energético, procedeu-se numa primeira fase ao processo de auditoria no local e posteriormente à realização de uma simulação dinâmica detalhada, cuja modelação do edifício foi feita com recurso ao *software DesignBuilder*. Após a validação do modelo simulado, por verificação do desvio entre os consumos energéticos registados nas faturas e os calculados na simulação, igual a 5,97%, foi possível efetuar a desagregação dos consumos em percentagem pelos diferentes tipos de utilizações. Foi também possível determinar os IEE real e nominal, correspondendo a 29,9 e 41.3 kgep/m².ano, respetivamente, constatando-se através dos mesmos que o edifício ficaria dispensado de implementar um plano de racionalização energética (PRE) e que a classe energética a atribuir é a C.

Contudo, foram apresentadas algumas medidas de poupança de energia, de modo a melhorar a eficiência energética do edifício e reduzir a fatura associada. Destas destacam-se duas propostas, a primeira propõe a alteração do sistema de iluminação interior e exterior do edifício, conduzindo a uma redução no consumo de eletricidade de 47,5 MWh/ano, com um período de retorno de investimento de 3,5 anos. A segunda está relacionada com a alteração do sistema de produção de água quente para o aquecimento central, através do incremento de uma caldeira a lenha ao sistema atual, que prevê uma redução de 50 MWh no consumo de gás natural e um período de retorno de investimento de cerca de 4 anos.

Na análise realizada à qualidade do ar interior (QAI), os parâmetros quantificados foram os exigidos legalmente, excetuando os microbiológicos. Deste modo, para os parâmetros físicos, temperatura e humidade relativa, obtiveram-se os resultados médios de 19,7°C e 66,9%, respetivamente, ligeiramente abaixo do previsto na legislação (20,0°C no período em que foi feita a medição, inverno). No que diz respeito aos parâmetros químicos, os valores médios registados para as concentrações de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), formaldeído (HCHO), partículas em suspensão (PM₁₀) e radão, foram iguais a 580 ppm, 0,2 ppm, 0,06 ppm, 0,01 ppm, 0,07 mg/m³ e 196 Bq/m³, respetivamente, verificando-se que estão abaixo dos valores máximos de referência

presentes no regulamento (984 ppm, 10,7 ppm, 0,10 ppm, 0,08 ppm, 0,15 mg/m³ e 400 Bq/m³). No entanto, o parâmetro relativo aos compostos orgânicos voláteis (COV) teve um valor médio igual a 0,84 ppm, bastante acima do valor máximo de referência (0,26 ppm). Neste caso, terá que ser realizada uma nova série de medições utilizando meios cromatográficos, para avaliar qual(ais) são o(s) agente(s) poluidor(es), de modo a eliminar ou atenuar as fontes de emissão.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Auditoria Energética, Simulação dinâmica detalhada em edifícios, QAI.

Abstract

The main proposal of this thesis is to evaluate the energetic performance and the air quality inside the headquarters of Parque Biológico in Vila Nova de Gaia (PBG). For the effect, this study relates the terms defined in actual Portuguese ruling law concerning this subject, in particularly the ones included on SCE, RSECE, RCCTE and RSECE-QAI.

To evaluate the energetic performance of the building, an auditing process to the local was initially performed and then a detailed dynamic simulation model was made using the DesignBuilder software.

After validation of the model in analysis, by comparing the deviation between values of energetic bill and values calculated by simulation, approximately 6%, it was possible to dissociate the consumptions in several uses of energy. It was also possible to determinate real and nominal IEE to 29.9 and 41.3 kgep/m².year, respectively, and concluded that the building does not require any plan for energetic qualification (PRE). An allocation of an energetic class was type C.

Even so, some procedures were presented in order to improve energetic efficiency of the building and reduce costs. From these opportunities it stands out two proposals, the first one, is the replacement of interior and exterior lighting systems, this will result on 47.5 MWh/year saving with a payback period of 3.5 years. The second proposal is related with changes on the main heating water system of building heaters, by installing an additional wood boiler to actual system which provides a reduction of 50 MWh/year in natural gas consumption with the payback period of 3.8 years.

Concerning the analysis of air quality inside building (QAI), parameters values were under the limits of actual ruling law, except on the microbiologic parameters. Thus for physical parameters, temperature and relative humidity, the mean results obtained were 19.7 °C and 66.9%, respectively, a bit lower than predicted on the legislation (20.0 °C on the period when the measurement was made (winter)). Regarding chemical parameters, average values measured for concentration of carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), ozone (O₃), formaldehyde (HCHO), particles in suspension (PM₁₀) and radon, were equal to 580 ppm, 0.2 ppm, 0.06 ppm, 0.01 ppm, 0.07 mg/m³ and 196 Bq/m³ respectively, which are below the maximum reference values (984 ppm, 10.7 ppm, 0.10 ppm, 0.08 ppm, 0.15mg/m³ and 400 Bq/m³). However, volatile organic compounds (VOC) were 0.84 ppm, quite above the reference value of 0.26 ppm. In this case several measurements using chromatographic

techniques are necessary to evaluate which/what are the compound(s) in order to eliminate or reduce the sources of contamination.

Keywords: Energetic Efficiency, Energetic audit, Detailed dynamic simulation of buildings, QAI.

Agradecimentos

Ao Eng.^o Christopher Sá, não só pelo desafio, disponibilidade, orientação neste trabalho e ao longo do meu percurso académico, mas também pelas mensagens de incentivo e confiança depositadas em mim, que muito contribuíram para a concretização deste trabalho.

Ao Eng.^o Jorge Almeida, diretor do projeto ELENA, pela sugestão e oportunidade de realizar este trabalho no edifício do Parque Biológico de Gaia.

Ao Arq.^o Francisco Saraiva, coordenador da secção de manutenção do Parque Biológico de Gaia, por todo o apoio e disponibilidade prestada no decorrer do trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Química do ISEP pela disponibilização dos equipamentos necessários à avaliação da qualidade do ar interior.

Ao Eng.^o Paulo Serdoura da empresa Magnetic-Fields pela disponibilização dos equipamentos de medição de energia elétrica.

À Ana Pedras, minha namorada, por todo o apoio e paciência nos momentos de maior ansiedade e falta de confiança, pelos incentivos, pelas correções e ideias sugeridas neste trabalho, e principalmente pela pessoa que é.

À minha família, em especial, a todos aqueles que contribuíram para que fosse possível terminar mais esta etapa da minha vida. À minha mãe, por todas as razões do mundo, é uma pessoa muito importante para mim. Aos meus irmãos Rosa Paula Ferreira, Serafim Oliveira e aos meus cunhados Paulo Ferreira e Cristina Oliveira, que sempre me deram motivação para acreditar nos meus objetivos pessoais.

Aos meus sobrinhos e afilhado.

A todos os meus amigos, que me ajudaram a ser a pessoa que sou hoje.

Aos meus futuros sogros, por me terem acolhido em sua casa e me terem proporcionado um ambiente de trabalho tranquilo, após um momento de grande instabilidade.

Índice

Resumo.....	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice	viii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xix
Nomenclatura.....	xxiii
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Estratégia Global para o Desenvolvimento Sustentável	2
1.3 Estratégia Europeia.....	3
1.4 Situação Atual do Sector Energético em Portugal	4
1.5 Estratégia Nacional	7
1.6 Estado da Arte	10
2. Caracterização Física e Energética do Edifício em Estudo	15
2.1 Descrição Geral	15
2.2 Âmbito de Aplicação dos Regulamentos	20
2.3 Análise das Faturas Energéticas.....	21
2.3.1 Energia Elétrica.....	21
2.3.2 Gás Natural.....	32
2.4 Análise dos Principais Consumidores de Energia.....	36
2.4.1 Iluminação.....	36
2.4.2 Sistema de Climatização e Ventilação.....	38
2.4.3 Equipamentos Informáticos.....	42
2.4.4 Outros Equipamentos.....	43

3.	Simulação Dinâmica.....	44
3.1	Considerações Iniciais.....	44
3.2	Modelação do Edifício	46
3.2.1	Delimitação dos Espaços Interiores	48
3.2.2	Estrutura do Edifício	51
3.2.3	Dados Climáticos	52
3.3	Implementação do Modelo em Situação Real	53
3.3.1	Ocupação Permanente	59
3.3.2	Equipamentos Informáticos e Outros Equipamentos Elétricos	60
3.3.3	Iluminação.....	62
3.3.4	Produção de Águas Quentes Sanitárias.....	63
3.3.5	Equipamentos de Climatização	64
3.3.6	Resultados Obtidos	67
3.3.7	Indicador de Eficiência Energética Real Simulada ($IEE_{real,simulação}$)	72
3.4	Implementação do Modelo em Situação Nominal.....	76
3.4.1	Perfis Nominais de Ocupação, Iluminação e Equipamentos.....	76
3.4.2	Resultados Obtidos.....	79
3.4.3	Indicador de Eficiência Energética Nominal Simulado ($IEE_{nominal,simulação}$)	81
3.5	Verificação do Cumprimento dos Requisitos Energéticos.....	82
3.6	Classificação Energética	84
4.	Caraterização da Qualidade do Ar Interior do Edifício	88
4.1	Enquadramento e Importância da QAI	88
4.2	Preparação e Planeamento da Auditoria ao Edifício.....	88
4.3	Delimitação das Zonas de Medição.....	90
4.4	Parâmetros de Qualidade do Ar Interior	93
4.4.1	Temperatura e Humidade Relativa.....	94
4.4.2	Dióxido de Carbono (CO_2).....	97
4.4.3	Monóxido de Carbono (CO)	99
4.4.4	Ozono (O_3).....	100

4.4.5	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	102
4.4.6	Formaldeído (HCHO)	104
4.4.7	Partículas em Suspensão no Ar (PM ₁₀)	106
4.4.8	Radão	108
4.4.9	Análise dos Parâmetros da QAI no Exterior do Edifício.....	111
5.	Análise das Medidas de Melhoria Propostas	113
5.1	Iluminação.....	113
5.1.1	Iluminação Interior.....	113
5.1.2	Iluminação Exterior.....	116
5.2	Implementação de uma Caldeira a Biomassa	118
6.	Conclusões	123
	Referências Bibliográficas	126
	Anexos	130
	Anexo I. Diagramas de carga semanal e diários obtidos no quadro parcial QP (Bar-Restaurante)	130
	Anexo II. Diagrama de carga semanal e diários obtidos no quadro parcial QSP (Laboratório de Atividades).....	133
	Anexo III. Diagramas de carga diários para o quadro geral do edifício do PBG (QG)	136
	Anexo IV. Determinação do Rendimento Térmico das Caldeiras Instaladas no PBG.....	139
	Anexo V. Resultados da Simulação Dinâmica em Condições de Funcionamento Real (<i>DesignBuilder</i>).....	144
	Anexo VI. Medidas de Melhoria.....	147

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Representação esquemática do potencial de redução de emissões de GEE na aplicação das estratégias para o desenvolvimento sustentável.	3
Figura 1.2 – Evolução da dependência energética de Portugal face União Europeia a 27 países.	4
Figura 1.3 – Desagregação do consumo de energia primária em Portugal no período 1971-2009.	5
Figura 1.4 – Representação gráfica da evolução da intensidade energética da economia Portuguesa em relação aos valores médios da União europeia a 27.	5
Figura 1.5 – Evolução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa (GEE) (não contabilizando as emissões das alterações do uso do solo e florestas).	6
Figura 1.6 – Programa criado para as áreas abrangidas pelo PNAEE.	7
Figura 1.7 – Evolução do consumo final de energia por sector de atividade em Portugal (gráfico da esquerda) e a comparação do consumo final de energia por sector da média da UE-27 e Portugal no ano de 2010 (gráfico da direita).	8
Figura 2.1 – Fachada da entrada principal do edifício.	16
Figura 2.2 – Fachada posterior do edifício principal do PBG, vista de frente (à esquerda) e uma vista parcial desta mesma fachada vista de trás, evidenciando a orientação da mesma (à direita).	16
Figura 2.3 – Vista aérea do edifício e a sua envolvente	17
Figura 2.4 – Planta do piso superior do edifício principal do PBG.	18
Figura 2.5 – Planta do piso inferior do edifício principal do PBG.	19
Figura 2.6 – Evolução mensal dos consumos de energia elétrica repartida pelos períodos horários no Parque Biológico de Gaia no ano de 2011.	22
Figura 2.7 – Distribuição do consumo de eletricidade pelos períodos horários.	23
Figura 2.8 – Evolução mensal dos custos associados à energia elétrica durante o ano de 2011.	23

Figura 2.9 – Esquema elétrico do edifício principal do PBG.	25
Figura 2.10 – Pinça amperimétrica da marca UNI-T.	26
Figura 2.11 – Analisador de energia da marca CIRCUTOR.	27
Figura 2.12 – Diagrama de ligações num sistema trifásico.	27
Figura 2.13 – Analisador de energia conectado ao quadro geral do edifício.	28
Figura 2.14 – Diagrama de carga semanal do consumo de eletricidade do edifício principal do PBG (QG).	28
Figura 2.15 – Diagrama de carga para um dia de semana (20 de Março de 2013).	29
Figura 2.16 – Diagrama de carga para um dia de fim de semana (23 de Março de 2013).	29
Figura 2.17 – Consumo diário de energia corrigida do edifício principal do PBG.	31
Figura 2.18 – Evolução do consumo mensal de Gás Natural por Sector no ano de 2009.	32
Figura 2.19 – Evolução do consumo mensal de Gás Natural por Sector no ano de 2010.	33
Figura 2.20 – Evolução do consumo mensal de Gás Natural por Sector no ano de 2011.	33
Figura 2.21 – Distribuição média dos consumos de Gás Natural pelos três sectores existentes.	34
Figura 2.22 – Consumo Global de Gás Natural para os anos em análise.	35
Figura 2.23 – Distribuição da potência da iluminação interior pelos tipos de lâmpadas utilizadas.	36
Figura 2.24 – Distribuição da potência da iluminação exterior pelos tipos de lâmpadas utilizadas.	37
Figura 2.25 – Esquema de funcionamento de uma UTA.	39
Figura 2.26 – Valores recomendados para os ganhos energéticos relacionados com os equipamentos informáticos em escritórios, considerados pela ASHRAE.	43
Figura 3.1 – Edifício principal do Parque Biológico de Gaia visto de cima, criado no <i>DesignBuilder</i>	47
Figura 3.2 – Fachada frontal do edifício principal do PBG criada no <i>DesignBuilder</i>	47

Figura 3.3 – Fachada posterior do edifício principal do PBG, criada no <i>DesignBuilder</i>	47
Figura 3.4 – Fachada lateral do edifício principal do PBG, voltada a sudoeste, criada no <i>DesignBuilder</i>	48
Figura 3.5 – Fachada lateral do edifício principal do PBG, voltada a nordeste, criada no <i>DesignBuilder</i>	48
Figura 3.6 – Organização e distribuição por tipologia dos espaços interiores do piso superior do edifício principal do PBG. Imagem criada no <i>DesignBuilder</i>	49
Figura 3.7 – Organização e distribuição por tipologia dos espaços interiores do piso inferior do edifício principal do PBG. Imagem criada no <i>DesignBuilder</i>	50
Figura 3.8 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de escritórios.	54
Figura 3.9 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para o espaço relativo ao auditório, incluído na tipologia de escritórios. ..	55
Figura 3.10 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de restaurante.	55
Figura 3.11 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de exposições.....	56
Figura 3.12 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de sala de formação.	57
Figura 3.13 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de hospedaria.....	58
Figura 3.14 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para o espaço complementar, relativo à lavandaria.	58
Figura 3.15 - Desagregação dos consumos energéticos anuais pelos diferentes utilizadores.	68
Figura 3.16 - Balanço térmico ao edifício principal do PBG obtido no <i>DesignBuilder</i>	69
Figura 3.17 - Evolução mensal dos ganhos energéticos no edifício principal do PBG, obtidos no <i>DesignBuilder</i>	69

Figura 3.18 - Desagregação do consumo energético global pelas duas fontes energéticas disponíveis no edifício principal do PBG.....	71
Figura 3.19 - Desagregação do consumo de energia elétrica pelos diferentes utilizadores. .	71
Figura 3.20 - Desagregação do consumo de gás natural pelos diferentes utilizadores.....	72
Figura 3.21 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de escritórios.....	77
Figura 3.22 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de museus e galerias.	77
Figura 3.23 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de restaurantes.	78
Figura 3.24 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de Hotel de 3 ou menos estrelas.	78
Figura 3.25 - Desagregação dos consumos energéticos anuais pelos diferentes utilizadores em condições nominais.	80
Figura 3.26 - Representação esquemática do método de verificação dos requisitos energéticos.	82
Figura 3.27 - Classes energéticas utilizadas para caracterizar o desempenho energético de um edifício.	85
Figura 4.1 - Descrição da localização dos pontos de medição em planta para o piso superior.	91
Figura 4.2 - Descrição da localização dos pontos de medição em planta para o piso inferior.	92
Figura 4.3 – Sonda multiparamétrica, utilizada na medição das concentrações de Temperatura, Humidade Relativa CO ₂ , CO, O ₃ e COV _{Totais}	94
Figura 4.4 - Valores de Temperatura registados para os pontos de medição no Piso Superior.....	95
Figura 4.5 - Valores de Temperatura registados para os pontos de medição no Piso Inferior.	95

Figura 4.6 - Valores de Humidade Relativa registados para os pontos de medição no Piso Superior.....	96
Figura 4.7 - Valores de Humidade Relativa registados para os pontos de medição no Piso Inferior.....	97
Figura 4.8 - Concentrações de CO ₂ registados nos pontos de medição do Piso Superior.	98
Figura 4.9 - Concentrações de CO ₂ registados nos pontos de medição do Piso Inferior.	98
Figura 4.10 - Concentrações de CO registados nos pontos de medição do Piso Superior.	100
Figura 4.11 - Concentrações de CO registados nos pontos de medição do Piso Inferior....	100
Figura 4.12 - Concentrações de O ₃ registados nos pontos de medição do Piso Superior...	101
Figura 4.13 - Concentrações de O ₃ registados nos pontos de medição do Piso Inferior.	101
Figura 4.14 - Concentrações de COV _{Totais} registados nos pontos de medição do Piso Superior, nos dias 25 de Março e 01 de Julho de 2013.....	103
Figura 4.15 - Concentrações de COV _{Totais} registados nos pontos de medição do Piso Inferior, nos dias 25 de Março e 01 de Julho de 2013.	103
Figura 4.16 - Equipamento utilizado na medição das concentrações de Formaldeído.....	105
Figura 4.17 - Concentrações de HCHO registados nos pontos de medição do Piso Superior.	105
Figura 4.18 - Concentrações de HCHO registados nos pontos de medição do Piso Inferior.	105
Figura 4.19 - Equipamento utilizado para efetuar as medições das PM ₁₀	106
Figura 4.20 - Concentrações das PM ₁₀ registados nos pontos de medição do Piso Superior.	107
Figura 4.21 - Concentrações das PM ₁₀ registados nos pontos de medição do Piso Inferior.	107
Figura 4.22 - Equipamento utilizado para as medições de radão.....	108
Figura 4.23 - Concentrações de Radão registados no Gabinete de Exposições.....	109
Figura 4.24 - Concentrações de Radão registados na sala IP.	109

Figura 4.25 - Concentrações de Radão registados no Armazém.....	109
Figura 4.26 - Concentrações de Radão registados na zona de exposição permanente.....	110
Figura 5.1 - Determinação do período de retorno de investimento em iluminação interior..	116
Figura 5.2 - Determinação do período de retorno de investimento em iluminação exterior.	117
Figura 5.3 - Determinação do período de retorno do investimento conjunto em iluminação interior e exterior.	118
Figura 5.4 - Representação esquemática do processo de gaseificação na caldeira a lenha, de chama invertida.	119
Figura 5.5 - Determinação do período de retorno de investimento no sistema de produção de água quente para o aquecimento central no edifício principal do PBG.	122
Figura I.1 - Diagrama de carga semanal obtido no quadro elétrico parcial QP (Bar-Restaurante).	130
Figura I.2 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (4ª Feira: 20-03-2013).....	130
Figura I.3 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (5ª Feira: 21-03-2013).....	131
Figura I.4 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (6ª Feira: 22-03-2013).....	131
Figura I.5 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (Sábado: 23-03-2013).....	131
Figura I.6 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (Domingo: 24-03-2013).....	132
Figura I.7 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (2ª Feira: 25-03-2013).....	132
Figura I.8 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (3ª Feira: 26-03-2013).....	132
Figura II.1 - Diagrama de carga semanal obtido no quadro elétrico parcial QSP (Laboratório Atividades).	133

Figura II.2 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (4ª Feira: 20-03-2013).....	133
Figura II.3 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (5ª Feira: 21-03-2013).....	134
Figura II.4 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (6ª Feira: 22-03-2013).....	134
Figura II.5 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (Sábado: 23-03-2013).....	134
Figura II.6 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (Domingo: 24-03-2013).....	135
Figura II.7 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (2ª Feira: 25-03-2013).....	135
Figura II.8 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (3ª Feira: 26-03-2013).....	135
Figura III.1 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (4ª Feira: 20-03-2013).....	136
Figura III.2 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (5ª Feira: 21-03-2013).....	136
Figura III.3 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (6ª Feira: 22-03-2013).....	136
Figura III.4 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (Sábado: 23-03-2013).....	137
Figura III.5 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (Domingo: 24-03-2013).....	137
Figura III.6 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (2ª Feira: 25-03-2013).....	137
Figura III.7 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (3ª Feira: 26-03-2013).....	138

Figura IV.1 - Propriedades físico-químicas do Gás Natural (valores utilizados como referência).	140
Figura VI.1 - Preço da caldeira a lenha utilizado na apresentação da proposta.....	152
Figura VI.2 - Preço do depósito de inércia utilizado na apresentação da proposta.	153

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Área total de pavimento de cada piso do edifício.	19
Tabela 2.2 – Área total do edifício distribuído nas diferentes tipologias do mesmo.	19
Tabela 2.3 – Resumo dos consumos e custos mensais de eletricidade. Conversão em energia primária e fatores de emissão de GEE.	24
Tabela 2.4 – Medições preliminares nos quadros elétricos mencionados.	26
Tabela 2.5 – Desagregação do consumo efetivo do edifício principal do PBG.	30
Tabela 2.6 – Desagregação do consumo elétrico específico do edifício principal face aos valores globais faturados e respetivas conversões para energia primária e emissões de GEE.	31
Tabela 2.7 – Descrição dos consumos globais dos anos em estudo. Conversão do mesmo em energia primária e emissões de GEE.	35
Tabela 2.8 – Síntese global dos equipamentos de climatização existentes nos PBG.	40
Tabela 2.9 – Características gerais das caldeiras instaladas no edifício.	41
Tabela 2.10 – Características gerais do Chiller instalado no edifício.	42
Tabela 3.1 – Descrição dos diferentes tipos de Indicadores de Eficiência Energética (IEE)	45
Tabela 3.2 - Descrição das Características presentes no ficheiro climático utilizado na simulação dinâmica detalhada.	53
Tabela 3.3 - Densidade ocupacional dos espaços do piso superior.	59
Tabela 3.4 - Densidade ocupacional dos espaços do piso inferior.	60
Tabela 3.5 - Ganhos energéticos relacionados com equipamentos informáticos.	61
Tabela 3.6 – Ganhos energéticos relacionados com outros equipamentos elétricos.	61
Tabela 3.7 - Ganhos energéticos associados à iluminação do piso superior.	62
Tabela 3.8 - Ganhos energéticos associados à iluminação do piso inferior.	63
Tabela 3.9 - Valores assumidos para o consumo de AQS no edifício principal do PBG.	64

Tabela 3.10 - Valores das capacidades de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos instalados nos diferentes espaços e os valores de ventilação mecânica considerados, no piso superior.	65
Tabela 3.11 -Valores das capacidades de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos instalados nos diferentes espaços e os valores de ventilação mecânica considerados, no piso inferior.	66
Tabela 3.12 - Set-points utilizados na caracterização do sistema de climatização.	66
Tabela 3.13 - Distribuição dos consumos energéticos anuais em condições de funcionamento real do edifício principal do PBG, obtidos através da simulação dinâmica.	67
Tabela 3.14 - Descrição da iluminação exterior do edifício principal do PBG.	67
Tabela 3.15 - Consumos energéticos efetivos e simulados do edifício principal do PBG.	70
Tabela 3.16 - Resumo dos consumos de energia do edifício principal do PBG.	73
Tabela 3.17 - Número de graus-dia.	73
Tabela 3.18 - Áreas da envolvente exterior e interior e volume total do edifício principal do PBG.	74
Tabela 3.19 - Necessidades máximas de aquecimento.	75
Tabela 3.20 - Necessidades máximas de arrefecimento.	75
Tabela 3.21 - Densidades nominais de ocupação e equipamentos para as diversas tipologias consideradas e espaços complementares.	76
Tabela 3.22 - Distribuição dos consumos energéticos anuais em condições de funcionamento nominal do edifício principal do PBG obtidos através da simulação dinâmica.	80
Tabela 3.23 - Resumo dos consumos de energia obtidos na simulação em condições de funcionamento nominal do edifício principal do PBG.	81
Tabela 3.24 - Valores limite dos consumos globais específicos (IEEref.) para cada tipologia existente no edifício principal do PBG e respetivas áreas úteis.	83
Tabela 3.25 - Resumo dos Índices de Eficiência Energética calculados.	84

Tabela 3.26 - Valores de referência limite dos consumos nominais específicos para novos edifícios de serviços (IEEref.) e áreas úteis de cada tipologia existente no edifício principal do PBG.	85
Tabela 3.27 - Valores de referência para o cálculo do parâmetro S e áreas úteis de cada tipologia existente no edifício principal do PBG.	86
Tabela 3.28 Lista de verificação da classe energética de grandes edifícios de serviços existentes.	87
Tabela 4.1 - Odores indicadores de potenciais problemas em edifícios.	89
Tabela 4.2 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios.	93
Tabela 4.3 – COV frequentemente detetados em ambientes interiores e respetivas fontes de emissão.	102
Tabela 4.4 - Valores médios das concentrações de radão, pressão, temperatura e humidade relativa registados nos espaços analisados.	110
Tabela 4.5 - Valores das concentrações dos parâmetros da QAI no exterior do edifício - Entrada Principal.	111
Tabela 4.6 - Valores das concentrações dos parâmetros da QAI no exterior do edifício – Fachada Posterior.	112
Tabela 5.1 – Indicadores de consumo e custos associados à solução atual e à proposta de melhoria. Custo do investimento inicial para o sistema de iluminação interior proposto.	115
Tabela 5.2 Indicadores de consumo e custos associados à solução atual e à proposta de melhoria. Custo do investimento inicial para o sistema de iluminação exterior proposto.	117
Tabela 5.3 – Características técnicas da caldeira a lenha.	120
Tabela 5.4 - Indicadores de consumo e custos associados à solução atual e à proposta de melhoria. Custo do investimento inicial para o sistema proposto.	121
Tabela IV.1 - Características da caldeira. Condições Nominais (catálogo do fornecedor) e condições operatórias (observadas no local).	139
Tabela IV.2 - Resultados obtidos na análise realizada aos gases de combustão das caldeiras instaladas no PBG.	139

Tabela VI.1 - Descrição do sistema de iluminação atual no Piso Superior do edifício principal do PBG.	148
Tabela VI.2 - Descrição do sistema de iluminação proposto para o Piso Superior do edifício principal do PBG e respetivo custo de investimento.	149
Tabela VI.3- Descrição do sistema de iluminação atual do Piso Inferior do edifício principal do PBG.	150
Tabela VI.4 - Descrição do sistema de iluminação proposto para o Piso Inferior do edifício principal do PBG e respetivo custo de investimento.	150
Tabela VI.5 - Descrição do sistema de iluminação exterior atual do PBG.	151
Tabela VI.6 - Descrição do sistema de iluminação exterior proposto para o PBG e respetivo custo de investimento.	151

Nomenclatura

Lista de Abreviaturas

APA – Agência Portuguesa de ambiente;

AQS – Águas Quentes Sanitárias;

ASHRAE – American society of heating, refrigeration and air conditioning engineers;

AVAC – Aquecimento, ventilação e ar condicionado;

COV – Compostos orgânicos voláteis;

ENE – Estratégia nacional para a energia;

EPBD – Diretiva Europeia para o desempenho energético dos edifícios;

GEE – Gases de efeito estufa;

GES – Grandes edifícios de serviços;

GN – Gás natural;

HC – Horas cheias;

HP – Horas de ponta;

HSV – Horas supervazio;

IEE – Índice de eficiência energética;

IWEC – International Weather for Energy Calculations;

MT – Média tensão;

NT-SCE-02 – Nota técnica da qualidade do ar interior;

NZEB – Nearly zero energy buildings;

ORC's – Oportunidades de racionalização dos consumos;

PAC – QAI – Plano de ações corretivas;

PBG – Parque Biológico de Gaia;

PC – Potência contratada;

PCS – Poder calorífico superior;

PIB – Produto interno bruto;

PNAEE – Plano nacional para a eficiência energética;

PRE – Plano de racionalização energética;

QAI – Qualidade do Ar Interior;

QG – Quadro elétrico geral do edifício;

QP – Quadro parcial cozinha e bar/restaurante;

QSP – Quadro parcial laboratório de atividades;

RCTE – Regulamento das Características de comportamento térmico dos edifícios;

RSECE – Regulamento dos sistemas energéticos e de climatização nos edifícios;

SCE – Sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior;

UE – União Europeia;

UFC – Unidades formadoras de colónias;

URE – Utilização racional de energia;

UTA – Unidade de tratamento de ar;

UTAN – Unidades de tratamento de ar novo;

Lista de Símbolos

A_i – área da zona i (m^2);

A_p – Área útil de pavimento (m^2);

F_{CI} – Fator de correção do consumo de energia de aquecimento;

F_{CV} - Fator de correção do consumo de energia de arrefecimento;

FF – Fator de forma;

kgCO₂e – Quilograma de dióxido de carbono equivalente;

kgep – Quilograma equivalente de petróleo;

mtCO₂ – Milhões de toneladas equivalentes de CO₂;

N_i – número de locais a medir numa determinada zona i;

rpm - partes por milhão;

Q_{aq.} – Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);

Q_{arr.} – Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);

Q_{out.} – Consumo de energia não ligado a processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);

S – Parâmetro S;

U – Coeficiente de transmissão térmica superficial (W/m².°C)

1. Introdução

1.1 Enquadramento

O desenvolvimento económico dominante nas últimas décadas em Portugal e no mundo, caracterizou-se pela utilização intensiva de energia produzida a partir de recursos de origem fóssil. A natureza finita desses recursos naturais, e o impacto ambiental da sua produção e consumo, alertaram o mundo para a necessidade de mudança dessas premissas de suporte ao modelo de desenvolvimento. Aliada a esta realidade, surgiram ainda as evidências da globalização que hoje nos demonstram a interdependência de fatores até há pouco olhados como independentes, tais como o acesso e a utilização de energia e o desenvolvimento económico, o combate à pobreza e as preocupações ambientais e climáticas, entre outros. Por estes motivos, a gestão dos recursos de energia é hoje encarada como um dos principais desafios que, a nível mundial, a sociedade moderna enfrenta. [1]

Ao longo da história, as necessidades energéticas das sociedades têm vindo a aumentar, particularmente após a Revolução Industrial. O consumo crescente de energia tem sido satisfeito pela utilização do carvão, do petróleo e, mais recentemente, do gás natural. Estes combustíveis fósseis são recursos naturais não renováveis, devido à sua taxa de formação ser muito lenta em relação à escala temporal do homem. [1] Inevitavelmente, de acordo com o atual ritmo de exploração, os combustíveis fósseis deixarão de estar disponíveis num futuro próximo, quer seja pela extinção das suas reservas, ou porque a sua extração deixará de ser economicamente rentável a médio prazo. [2]

Por outro lado, é importante realçar que a transformação, transporte e uso final da energia, causam impactos negativos no meio ambiente, tanto a nível local como global. Isto acontece porque o consumo energético, a partir de energias fósseis, necessita sempre de passar por um processo de combustão, quer seja em centrais elétricas para produzir eletricidade, como em caldeiras ou nos motores dos veículos. O resultado desta produção energética é a libertação de grandes quantidades de poluentes, tais como dióxido de carbono, óxidos de azoto e poeiras, com impactos negativos sobre a qualidade do ar, a saúde humana e o efeito de estufa. [2]

Neste seguimento, tornam-se cada vez mais evidentes as alterações climáticas, como corolário do aquecimento global. Este fato tem levado a comunidade científica a alertar para as temperaturas globais poderem aumentar de um mínimo de $1,4^{\circ}\text{C}$ (se as emissões de CO_2

estabilizarem rapidamente) a um máximo de 5,8°C, caso não se tomem medidas no sentido de controlar as emissões poluidoras. Os resultados do aquecimento global, tais como, desertificação, migração das populações, erosão da costa marítima, perda de biodiversidade, etc. são alarmantes e podem tornar-se catastróficas. [3]

1.2 Estratégia Global para o Desenvolvimento Sustentável

Face a todos estes indicadores é, nos dias de hoje, consensual que o paradigma energético tenha necessariamente de ser alterado, atuando de forma articulada, tanto na oferta como na procura de energia. A estratégia a adotar deve basear-se na sustentabilidade, combinando fatores ambientais com os fatores económico-sociais, de modo a impulsionar a competitividade e a melhorar o bem-estar global da sociedade. [4]

Neste sentido, o caminho a seguir a nível energético passaria por implementar três estratégias fundamentais e complementares entre si: [1]

- Intensificação da eficiência energética e da cogeração;
- Aumento das energias renováveis;
- Fixação de CO₂.

Enquanto a primeira estratégia pretende atenuar o crescimento da procura de energia, a segunda tem como objetivo dar resposta à satisfação da procura, utilizando de forma crescente os recursos renováveis. Ambas têm também como objetivo minimizar os impactos ambientais da produção de energia. Durante este século os combustíveis fósseis ainda vão ter um papel relevante e permitirão uma transição suave para as energias renováveis e a fixação de CO₂, intensificar-se-á. A figura 1.1 pretende evidenciar esquematicamente o impacto destas estratégias sobre a tendência crescente das emissões de Gases de efeito de estufa (GEE). [1]

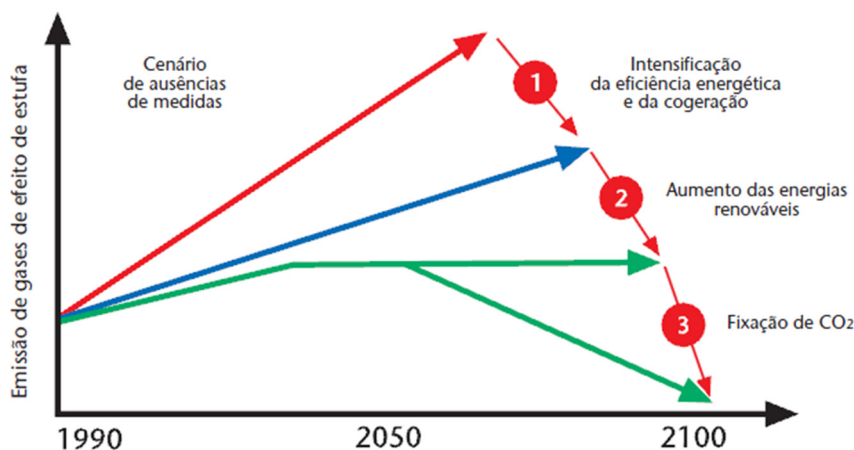


Figura 1.1 – Representação esquemática do potencial de redução de emissões de GEE na aplicação das estratégias para o desenvolvimento sustentável. [1]

Face às atuais tendências de crescimento e desenvolvimento a nível mundial, a Agência Internacional de Energia considera que o pleno desenvolvimento da eficiência energética nos diferentes sectores de atividade, num contexto de políticas ativas, permitiria reduzir em mais de metade o volume de CO₂ a anular, para garantir um combate eficaz às alterações climáticas. A concretização da eficiência energética depende do desenvolvimento tecnológico, do apoio regulamentar, da mudança de comportamentos e da melhoria da gestão energética, devendo abranger o sector dos transportes, o sector elétrico e naturalmente as vertentes do aquecimento e arrefecimento. [5]

1.3 Estratégia Europeia

O desafio exige uma revolução no sector energético e a União Europeia (UE) tem liderado um caminho desde os finais da década de 90 ao estimular os seus Estados-Membros a alcançar as seguintes metas até 2020 [3] [6]:

- Menos 20% de emissões de GEE, face aos volumes emitidos em 1990;
- Mais 20% de energias renováveis no consumo energético global;
- Menos 20% de consumo energético, graças ao aumento da eficiência energética.

Relativamente ao tema da eficiência, a UE assume-o como um dos meios mais eficazes de aumentar a segurança do aprovisionamento energético e de reduzir as emissões de GEE. Neste contexto, a Comissão Europeia adotou um Plano de Ação para a Eficiência Energética (2007-2012), como linha de orientação para os Estados-Membros e com o

objetivo claro de atingir as suas previsões de redução do consumo até 2020. As medidas adotadas pela Comissão e apresentadas no plano de ação foram as que apresentavam as melhores relações custo-eficácia [7] [8]:

- Melhorar o desempenho energético dos produtos, edifícios e serviços;
- Melhorar a transformação de energia, relativamente a processos de produção e distribuição de energia;
- Reduzir a fatura associada ao consumo energético dos transportes;
- Facilitar o financiamento e a realização de investimentos neste domínio;
- Reforçar o comportamento racional em matéria de consumo de energia;
- Consolidar a ação internacional em matéria de eficiência energética.

Contudo, as mais recentes estimativas da Comissão Europeia, que têm em consideração os objetivos nacionais de eficiência energética para 2020, indicam que a União atingirá apenas metade do objetivo de reduzir 20% do seu consumo. Procurando dar uma nova dinâmica em matéria de eficiência energética, através de uma ação que explore o potencial existente, a Comissão apresentou em Março de 2011 um novo Plano de Eficiência Energética, que estabelece medidas para obter poupanças adicionais a nível do aprovisionamento e da utilização de energia. [9]

1.4 Situação Atual do Sector Energético em Portugal

Portugal, tal com a maioria dos países ocidentais, continua fortemente dependente da importação de energia primária, muito em especial do petróleo e gás natural, tal como se pretende demonstrar através das figuras 1.2 e 1.3. [1]

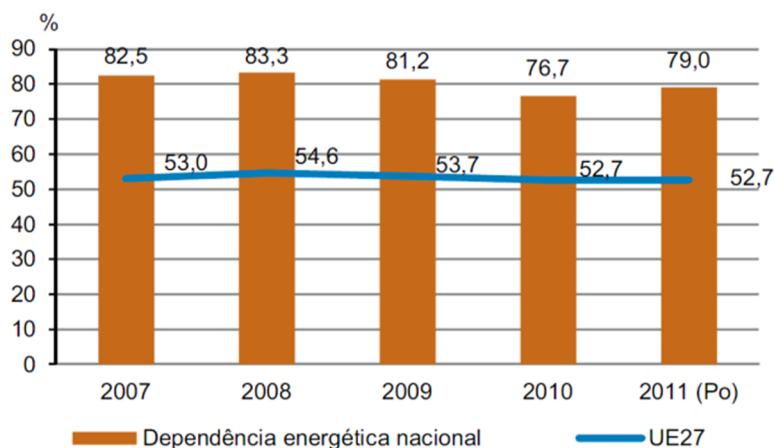


Figura 1.2 – Evolução da dependência energética de Portugal face União Europeia a 27 países. [10]

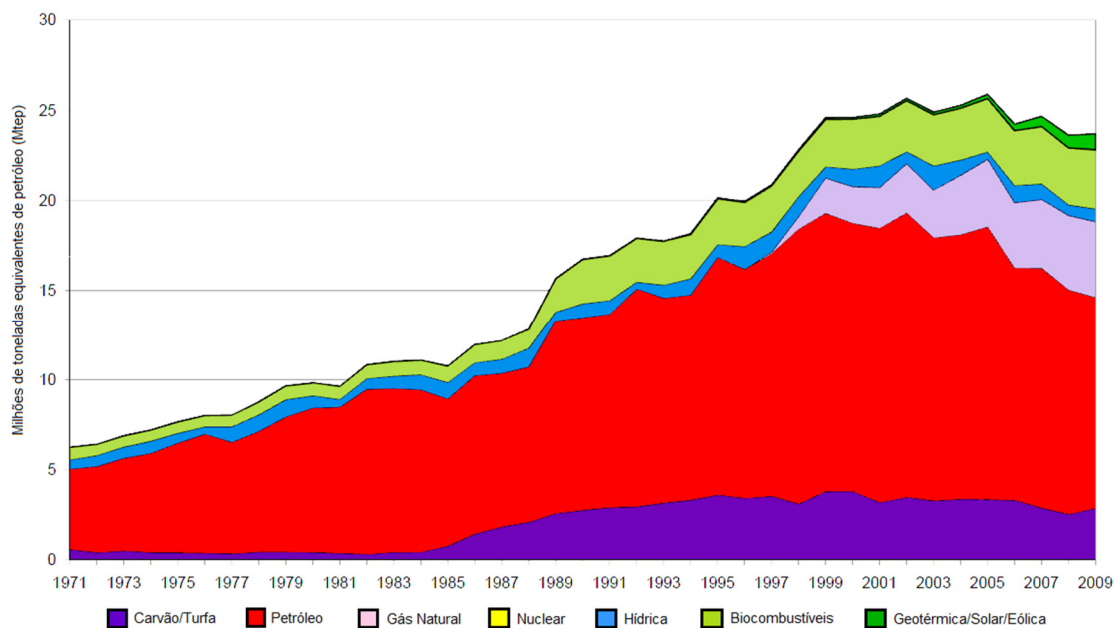


Figura 1.3 – Desagregação do consumo de energia primária em Portugal no período 1971-2009. [11]

Por outro lado, a economia portuguesa caracteriza-se por possuir elevadas intensidades energéticas e carbónicas. Relativamente à intensidade energética, normalmente é utilizado o indicador da eficiência energética global e quantifica-se a energia primária necessária em tep (toneladas equivalentes de petróleo) para produzir uma unidade de produto interno bruto (PIB) [12]. Assim, através da figura 1.4 é possível comparar a evolução da intensidade energética da economia portuguesa em relação à média da União Europeia a 27 países, entre os anos de 1999 e 2010.

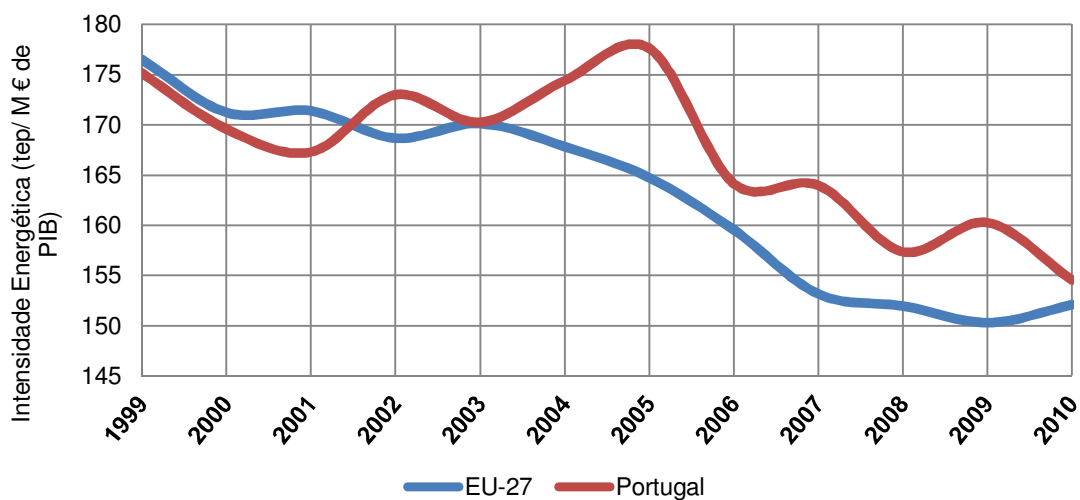


Figura 1.4 – Representação gráfica da evolução da intensidade energética da economia Portuguesa em relação aos valores médios da União europeia a 27. (gráfico elaborado com base nos valores obtidos na referência bibliográfica [13])

Da análise da figura 1.4 verifica-se que, na generalidade, Portugal tem uma intensidade energética elevada e superior à EU-27, representando, uma eficiência energética baixa, ou seja, precisa de consumir mais energia primária para produzir a mesma quantidade de riqueza. Todavia, verifica-se que desde 2005 Portugal tem vindo a diminuir significativamente a sua intensidade energética. Esta tendência justifica-se pelo decréscimo no consumo de energia primária, associado a uma aposta crescente em fontes de energia renováveis e no aumento da eficiência quer no consumo como na produção. [10]

Ambientalmente, as emissões excessivas de GEE, são uma das principais consequências da falta de eficiência no consumo de energia obtida através de combustíveis fósseis. [12] De acordo com o Protocolo de Quioto, a União Europeia, está obrigada a uma redução das emissões de GEE em 8% em relação às verificadas em 1990. No acordo de partilha de responsabilidades ficou estabelecido que Portugal poderia aumentar as suas emissões em 27% em relação a 1990, não podendo exceder no período 2008-2012 os 381,94 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ (MtCO₂e), representando um valor médio anual de 76,39 MtCO₂e. A partir da figura 1.5, é possível compreender qual foi a evolução das emissões nacionais de GEE durante o período de 1990 a 2010. [14]

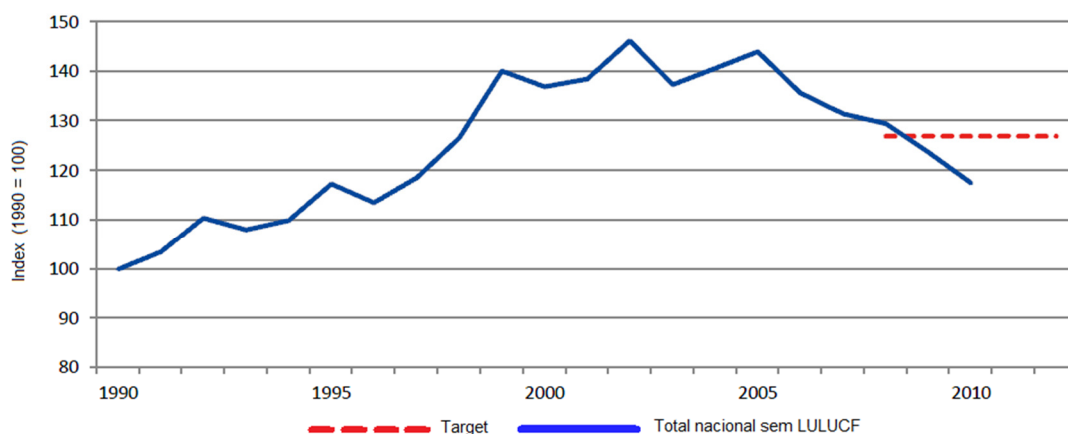


Figura 1.5 – Evolução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa (GEE) (não contabilizando as emissões das alterações do uso do solo e florestas). [14]

Constata-se pela figura 1.5 que na atualidade Portugal encontra-se em linha de cumprimento com os objetivos traçados para o período 2008-2012 em termos de limitação de emissões. Os dados de emissões apresentados confirmam uma tendência decrescente de emissões desde 2005, refletindo também a situação de estagnação verificada na economia portuguesa nesse período. [14]

Tal como noutras economias com baixa eficiência energética e fortemente dependentes de energia primária, o equilíbrio económico português é francamente condicionado pela

variação do preço do petróleo. Por este motivo, nos últimos anos, a subida do preço do petróleo provocou uma perda de competitividade das empresas portuguesas.

1.5 Estratégia Nacional

Com base nos argumentos económicos e ambientais apresentados, existe atualmente a necessidade de poupar energia nos vários sectores da sociedade portuguesa e, para tal, é necessário manter os esforços ambiciosos e dinâmicos em termos de promoção da eficiência energética e contribuição das energias renováveis, iniciadas pelas diretivas nacionais designadas por Estratégia Nacional para a Energia com horizonte até 2020 (ENE 2020) e Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE). De facto, a aplicação destas diretivas, que visam essencialmente a utilização mais eficiente da energia, contribuem para o crescimento económico, para o aumento da segurança no fornecimento energético e para a redução das emissões de CO₂. [12]

O PNAEE é um documento que engloba um conjunto alargado de programas e medidas consideradas fundamentais para que Portugal, num horizonte temporal que se estende até ao ano de 2015, alcance e ultrapasse os objetivos fixados no âmbito da diretiva europeia nº 2006/32/CE. Este plano abrange quatro áreas específicas, objeto de orientações de cariz predominantemente tecnológico: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado. Adicionalmente, o documento estabelece três áreas transversais de atuação – Comportamentos, Fiscalidade, Incentivos e Financiamento – sobre as quais incidiram análises e orientações complementares, de acordo com o quadro representado na figura 1.6. [15]



Figura 1.6 – Programa criado para as áreas abrangidas pelo PNAEE. [15]

A cada uma das áreas referidas está agregado um conjunto de programas, que integram de uma forma coerente um vasto leque de medidas de eficiência energética, orientadas para a procura energética.

A implementação dessas medidas permite obter uma poupança energética de cerca de 10% até 2015, possibilitando mitigar o crescimento da fatura energética em cerca de 1% por ano durante o período referido. [15]

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e em Portugal é cerca de 30%, tal como é demonstrado na figura 1.7. Porém, estima-se que mais de 50% deste consumo possa ser reduzido através das medidas de eficiência energética propostas, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂, que é quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto. [16]

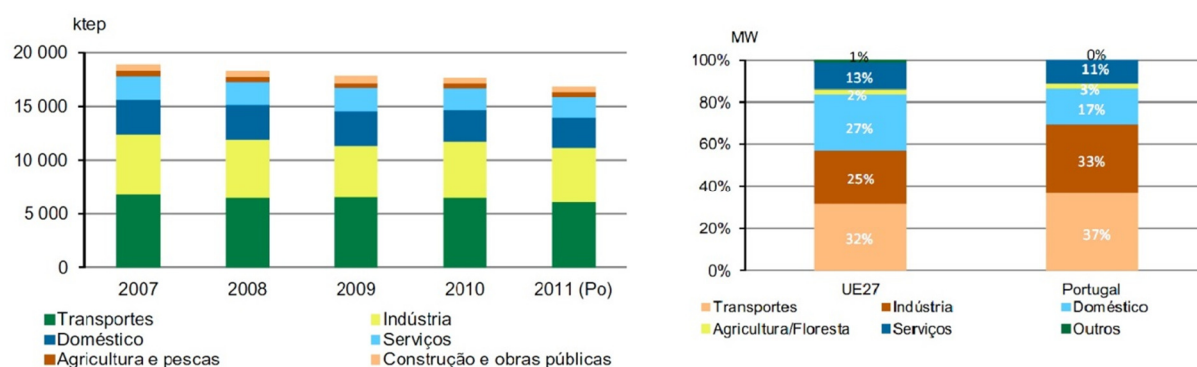


Figura 1.7 – Evolução do consumo final de energia por sector de atividade em Portugal (gráfico da esquerda) e a comparação do consumo final de energia por sector da média da UE-27 e Portugal no ano de 2010 (gráfico da direita). [10]

Perante esta realidade, os Estados-Membros da UE têm vindo a promover um conjunto de medidas com o propósito de impulsionar a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, em linha com a Diretiva nº 2002/91/CE, reconhecida pela sigla EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*). No âmbito desta Diretiva é estabelecido o seguinte enquadramento:

- Metodologia de cálculo do desempenho energético integrado;
- Aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético em novos edifícios, bem como nos já existentes e que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;
- Certificação energética;

- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado e, complementarmente, da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

Destaca-se a obrigatoriedade da implementação de um sistema de certificação energética com vista a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, venda, arrendamento ou locação dos mesmos, permitindo aos futuros utilizadores conhecer os consumos potenciais de energia, reais ou aferidos para padrões de utilização típicos. [16]

A Diretiva nº 2002/91/CE foi transposta para o direito nacional através do Decreto-Lei nº78/2006 e define o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE). Existem ainda outros dois regulamentos que complementam e consubstanciam o sistema de certificação (SCE), com a finalidade de enquadrar os critérios de conformidade a serem observados nas inspeções a realizar. São estes, o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (RSECE - Decreto-Lei 79/2006) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE - Decreto-Lei 80/2006). [17]

De referir ainda que os Decretos-Lei n.ºs 78/2006, 79/2006 e 80/2006, atrás mencionados, encontram-se em processo de revisão, com uma abordagem já orientada à nova Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD). O texto da Diretiva 2010/31/UE já foi aprovado pelo Parlamento Europeu e do Conselho e deveria ter entrado em vigor em Portugal até ao final de 2012. [16]

Em linhas muito gerais, as principais metas da nova diretiva consistem em: [18]

- Manter o objetivo europeu definido pelo “Pacote Energia-Clima 20-20-20” em 2020;
- Apresentar a classe energética na publicidade de venda do edifício;
- Exigir que os novos edifícios possuam necessidades de energia quase nulas (NZEB – “Nearly Zero Energy Buildings”);
- Apresentar metas nacionais ambiciosas e planos de incentivos para recuperação do parque edificado existente e para a construção de novos edifícios “energia quase zero”;
- Exigir auditorias periódicas e afixação de certificados energéticos à entrada de todos os edifícios públicos;

1.6 Estado da Arte

De acordo com o que já foi mencionado na introdução deste trabalho, os edifícios representam cerca de 40% do consumo de energia final na Europa e cerca de 30% em Portugal. Desse modo, a UE e os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com o propósito de impulsionar a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, através da Diretiva nº 2002/91/CE e sua transposição para o direito nacional de cada país da EU, respetivamente.

No âmbito da referida diretiva, a Comissão impõe que seja obrigatória a emissão de um certificado energético aquando do pedido de licença de utilização de um edifício novo e sempre que seja feita uma transação comercial, venda ou arrendamento de um edifício existente. Neste contexto, a emissão do certificado é feita por um perito qualificado (PQ), formado segundo um protocolo celebrado pela Ordem dos Engenheiros, Ordem dos Arquitetos e Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos. A missão do PQ é verificar a conformidade do edifício auditado face à legislação aplicável e classificá-lo de acordo com o seu desempenho energético, podendo ainda propor medidas de melhoria. Por estes motivos, diz-se que o certificado energético e da qualidade do ar interior representa a face visível da aplicação dos regulamentos estabelecidos. [19]

A auditoria energética, em termos gerais, consiste na caracterização das condições de utilização de energia, com o objetivo de determinar possíveis oportunidades de racionalização dos consumos (ORC's), avaliando as devidas preocupações de carácter económico e as respetivas poupanças. A caracterização detalhada dos consumos passa pela identificação e quantificação das fontes de energia (eletricidade, gás, fuel, biomassa, calor, etc.), utilização (iluminação, climatização, processo, etc.) e sectores/equipamentos com maior peso em termos de potência instalada (elétrica e térmica). A partir da caracterização energética é possível identificar eventuais ações ou medidas a implementar para uma utilização mais eficiente e racional, tendo em vista a redução da fatura energética. [20]

Uma auditoria energética pode ser descrita em seis etapas sequenciais: [4]

- 1º. Preparação e recolha de informação;
- 2º. Trabalhos de campo;
- 3º. Análise de medições;
- 4º. Relatório da auditoria energética;
- 5º. Identificação de medidas de Utilização Racional de Energia (URE);
- 6º. Plano de Racionalização Energética (PRE).

A primeira etapa consiste na preparação dos trabalhos de auditoria energética, fase fulcral para o desenvolvimento e o sucesso dos trabalhos subsequentes. Esta fase pressupõe a análise de um conjunto de documentação a fornecer pela empresa responsável pelo edifício ao auditor (ou equipa auditora), que visa a caracterização geral das instalações, sistemas técnicos e históricos de consumo energético, entre outros. Esta base documental deverá, portanto, incluir os seguintes elementos:

- Elementos de arquitetura do edifício: plantas, cortes, cortes construtivos, alçados e memória descritiva;
- Esquemas de princípio das instalações de produção, fornecimento, transporte e transformação de energia, conforme o caso, para cada forma de energia;
- Esquemas de princípio das instalações técnicas de climatização e memória descritiva;
- Histórico energético dos últimos 3 anos, para todas as formas de energia consumida;

Durante a preparação dos trabalhos, o auditor deslocar-se-á ao edifício numa visita prévia, consolidando assim esta fase preparatória.

A 2ª etapa decorrerá no edifício/instalação alvo da auditoria energética, com intervenção ativa do auditor, através da realização de medições e observações, com vista ao completo diagnóstico em curso. Durante os trabalhos de campo serão levadas a cabo as seguintes atividades:

- Medição física com vista à quantificação dos fluxos energéticos decorrentes da produção e consumo das várias formas de energia, inerentes às atividades desenvolvidas no edifício/instalação (diagramas de carga);
- Levantamento e caracterização energética dos principais equipamentos e sistemas consumidores de energia;

- Realização de balanços de massa e de energia aos principais equipamentos e sistemas produtores e consumidores de energia;
- Determinação do rendimento dos principais equipamentos energéticos;
- Identificação de medidas de Utilização Racional de energia (URE).

A 3ª etapa compreende a compilação, tratamento e análise de todas as medições e constatações recolhidas durante a etapa 2, produzindo-se os seguintes resultados principais:

- Quantificação dos fluxos energéticos e mássicos envolvidos na atividade normal do edifício;
- Análise das condições de funcionamento dos equipamentos e sistemas monitorizados, pela análise dos seus diagramas de carga.

A análise dos fluxos envolvidos no funcionamento do edifício/instalação permitirá contextualizá-los de uma forma global, identificando oportunidades de revalorização de excedentes energéticos.

Os resultados produzidos nesta fase servirão também de suporte à determinação da estrutura de consumos do edifício/instalação, pela desagregação do consumo anual de energia pelas diversas utilizações finais, para cada uma das formas de energia.

Na 4ª etapa são compilados todos os elementos recolhidos durante os trabalhos desenvolvidos, bem como as conclusões obtidas. O relatório da auditoria energética é um relatório técnico, tendo uma sequência lógica, que permitirá conhecer de forma clara, rigorosa e concisa as Características energéticas do edifício.

Na 5ª etapa são estabelecidas as medidas de URE a aplicar no edifício/instalação, com vista à redução do seu consumo de energia pela aplicação do Plano de Racionalização Energética (PRE).

O sucesso do PRE não passa apenas pela qualidade da auditoria energética efetuada, mas sobretudo pela adequação das medidas às realidades técnica do edifício/instalação e financeira da empresa. Neste contexto, o auditor deverá focar-se no estabelecimento de um conjunto de medidas realistas, do ponto de vista técnico e financeiro. Para isso, esta fase tem como *input* as ORC's identificadas durante a auditoria. Estas serão selecionadas e trabalhadas de forma a constituírem-se como opções viáveis pela análise das opções técnicas disponíveis no mercado.

A decisão sobre a viabilidade financeira de uma medida de URE será partilhada com a empresa, para que se obtenha uma adequação das medidas à sua realidade.

A última etapa consiste na elaboração do PRE, que visa a calendarização das medidas URE num horizonte temporal até 8 anos, faseando a sua aplicação. Esta organização temporal terá por base não só critérios técnicos e legais, mas sobretudo critérios de adequação à realidade do edifício/instalação. Pretende-se assim ajustar a aplicação das medidas ao plano de investimentos da empresa, criando um cenário realista e de aplicação efetiva.

O PRE poderá ser de aplicação obrigatória ou facultativa, em função do enquadramento legal aplicável. No entanto, o auditor apresentará sempre recomendações com vista à racionalização de energia no edifício.

Para o sucesso da auditoria energética e do PRE é fundamental a implementação de metodologias de gestão de energia de modo a efetuar o acompanhamento das medidas implementadas, pelo que o conceito de medição e verificação da performance deve ser adotado.

Relativamente às auditorias da Qualidade do Ar Interior (QAI) nos edifícios abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação (SCE) encontram-se definidas e especificadas no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). [21]

Nesse seguimento, a auditoria à QAI compreende a verificação dos seguintes parâmetros físicos, químicos e biológicos existentes no edifício a auditar [22]:

1º. Parâmetros físicos:

- Temperatura;
- Humidade;
- Velocidade do ar (verificação obrigatória no caso de novos sistemas AVAC a instalar em edifícios novos ou existentes);
- Caudais mínimos de ar novo, fixados de acordo com o tipo de atividade do edifício (escritório, hospital, escola, etc.) (verificação obrigatória no caso de novos edifícios).

2º. Parâmetros químicos:

As concentrações das seguintes substâncias não devem ultrapassar os limites máximos impostos e a sua verificação é obrigatória no caso de edifícios existentes.

- Partículas em suspensão no ar com diâmetro de dimensão menor que 10 μm (PM_{10});

- Dióxido de carbono (CO₂);
- Monóxido de carbono (CO);
- Ozono (O₃);
- Formaldeído (HCHO);
- Compostos orgânicos voláteis totais (COV totais);
- Radão (apenas em edifícios construídos em zonas graníticas).

3º. Parâmetros biológicos:

As concentrações das Unidades formadoras de colónias (UFC) não devem ultrapassar os limites máximos impostos e a sua verificação é obrigatória no caso de edifícios existentes.

- Bactérias;
- Fungos;
- *Legionella*.

Da auditoria à QAI pode resultar a necessidade de preparação de um Plano de Ações Corretivas (PAC-QAI) no qual estão presentes um conjunto de medidas destinadas a manter as concentrações de poluentes abaixo das concentrações máximas de referência, salvaguardando a qualidade do ar dos espaços interiores e a saúde dos seus ocupantes.

[22]

2. Caracterização Física e Energética do Edifício em Estudo

2.1 Descrição Geral

O Parque Biológico de Vila Nova de Gaia (PBG) encontra-se localizado na periferia da cidade, entre as freguesias de Avintes e Vilar de Andorinho e estende-se pelo vale do rio Febros, um efluente da margem esquerda do rio Douro. O PBG assume, junto da população da região, um memorial do espaço rural anterior à atual urbanização e desempenha uma das mais importantes funções de um espaço verde, o contacto com a natureza e a fonte de equilíbrio psicológico.

O Parque Biológico abriu as suas portas em 1983, com uma área global de 2 hectares, tendo esta sido ampliada para 35 hectares até à atualidade.

Os meios utilizados inicialmente para receber e acolher os seus visitantes eram escassos e ineficazes, facto que conduziu à construção de um novo Centro de Acolhimento, entre os anos de 1997 e 1998. Este pretende ser um centro de educação ambiental, no qual os objetivos educativos, conservação da natureza, património e bem-estar dos visitantes são os alvos principais. O centro de acolhimento constituirá o objeto de estudo deste trabalho e será designado por edifício principal do PBG.

O Parque Biológico de Gaia abre as portas ao público durante todos os dias do ano, encerrando apenas nos dias de natal, pascoa e ano novo.

O edifício principal do PBG possui uma área total de 3.545 m², distribuídos por dois pisos. De realçar que nem todo o edifício está acima do nível do solo, constatando-se que o piso inferior está parcialmente enterrado. A figura 2.1 mostra parte da fachada frontal do edifício, na qual se localizam as entradas: principal do edifício e da hospedaria, com a sua orientação a sueste. Esta fica voltada para o parque de estacionamento e a sua envolvente caracteriza-se pelos jardins e árvores de médio/grande porte.



Figura 2.1 – Fachada da entrada principal do edifício.

A fachada posterior do edifício está naturalmente orientada a noroeste e fica voltada para as áreas agroflorestais, tal como é possível verificar na figura 2.2.



Figura 2.2 – Fachada posterior do edifício principal do PBG, vista de frente (à esquerda) e uma vista parcial desta mesma fachada vista de trás, evidenciando a orientação da mesma (à direita).

Todavia, a geometria e a envolvente do edifício principal podem ser melhor compreendidas com o auxílio de uma vista aérea do mesmo, tal como é apresentada pela figura 2.3.



Figura 2.3 – Vista aérea do edifício e a sua envolvente [Fonte: maps.google.pt, 2013]

O edifício principal do PBG é multifuncional, pois possui diferentes tipologias de modo a atingir os objetivos referidos anteriormente. Assim sendo, o edifício para além de dispor de áreas destinadas aos serviços internos tais como escritórios, salas de reunião e balneários, disponibiliza também um leque de opções ao nível de serviços complementares, com o intuito de atrair os seus visitantes, como as exposições, restaurante, hospedaria ou mesmo eventos nas salas de formação e auditórios. Neste contexto, importa realçar que foram consideradas quatro tipologias na análise do edifício, segundo o tipo de atividade, de forma a enquadrá-lo com a legislação aplicável:

- Escritórios;
- Restaurante;
- Hospedaria (Empreendimentos turísticos, quando aplicável de 3 ou menos estrelas);
- Exposições (Museus e Galerias).

Nas figuras 2.4 e 2.5 são apresentadas as plantas que constituem cada piso do edifício e a cor delimitaram-se os diferentes espaços, com o intuito de apresentar as funcionalidades deste edifício, delimitou-se a cor os diferentes espaços. Assim, pode-se aferir através da figura 2.4, correspondente ao piso superior, que este contém a área de restauração que inclui a cozinha e dois balneários para funcionários (rosa), a zona administrativa (azul escuro), o auditório (roxo), uma zona de exposição (verde), sala de formação (castanho) e o

piso superior da hospedaria (vermelho). Neste piso encontram-se também presentes a entrada e o átrio principal do edifício.

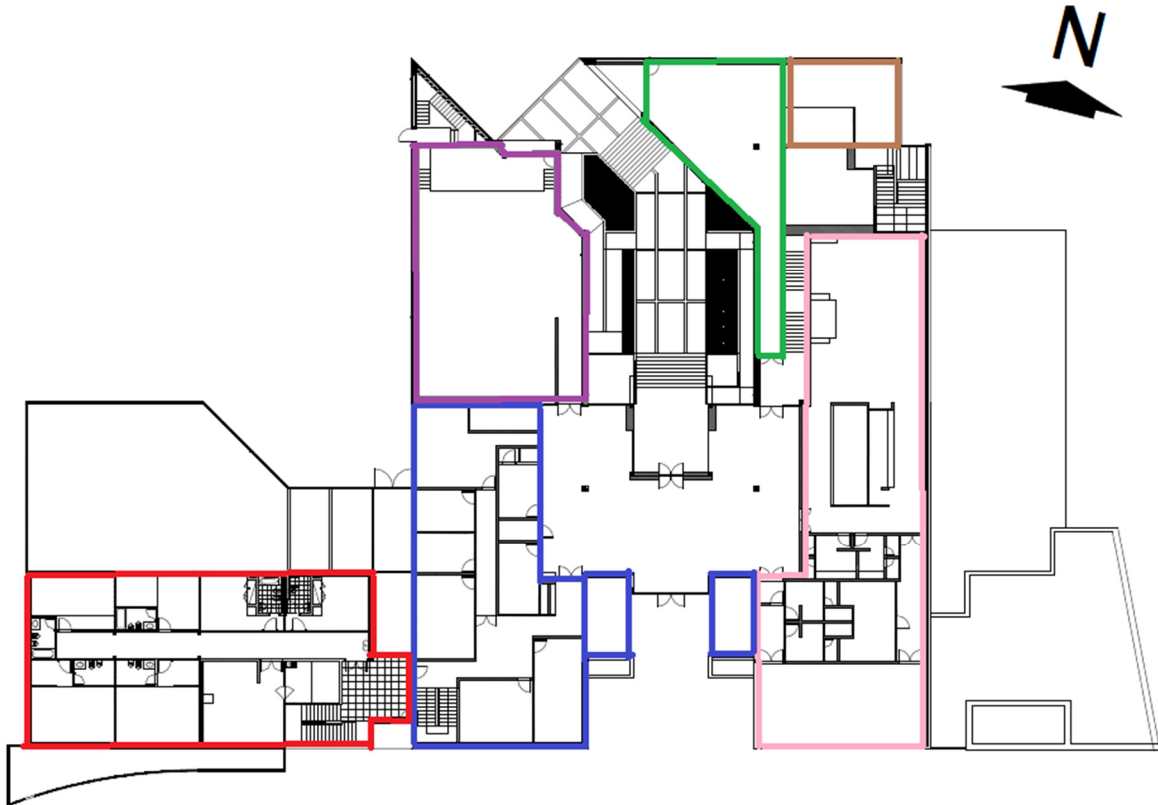


Figura 2.4 – Planta do piso superior do edifício principal do PBG.

Na figura 2.5 pode observar-se a planta do piso inferior, que possui a exposição permanente (verde), áreas técnicas e armazéns (azul claro), uma sala polivalente para serviços administrativos (azul escuro), o piso inferior da hospedaria (vermelho), uma garagem privativa (castanho), laboratórios (amarelo) e um balneário para os funcionários (laranja).

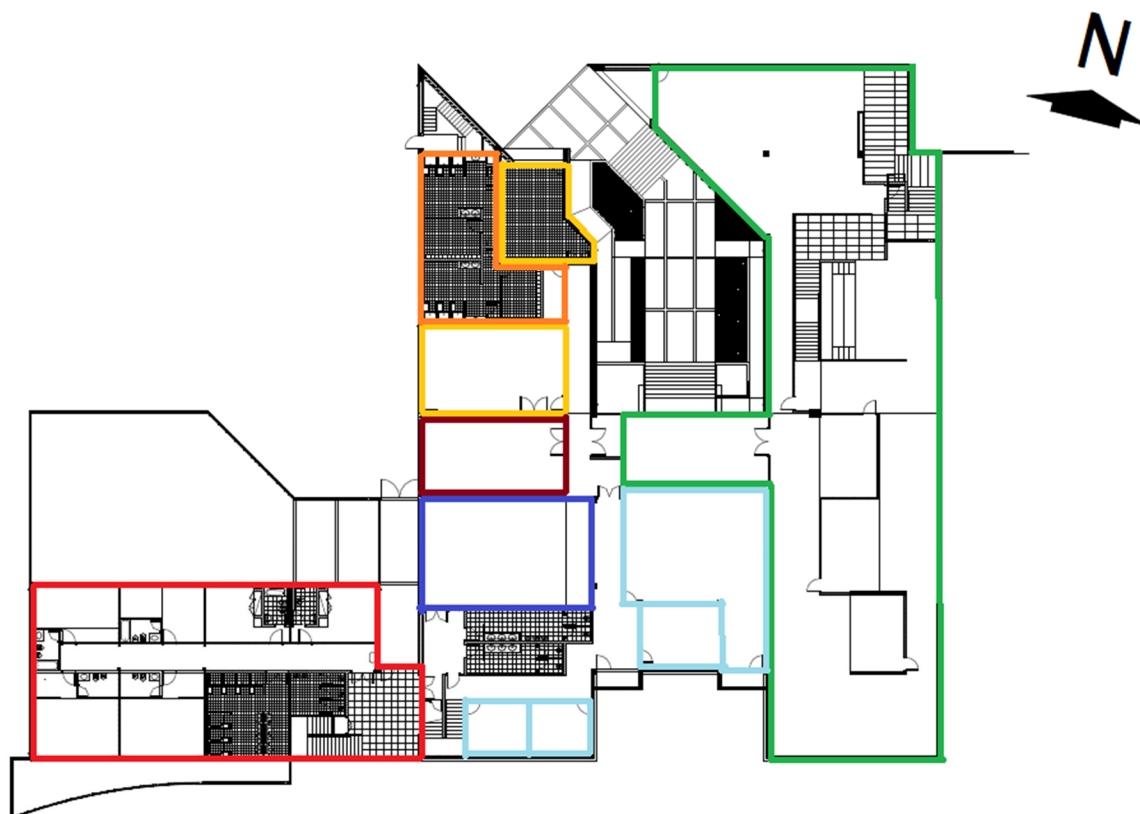


Figura 2.5 – Planta do piso inferior do edifício principal do PBG.

Para finalizar esta análise preliminar do edifício, são apresentadas de uma forma resumida, as áreas totais de cada piso e das diferentes tipologias, através da tabela 2.1 e 2.2, respetivamente.

Tabela 2.1 – Área total de pavimento de cada piso do edifício.

Piso	Área (m ²)
Inferior	1.765,6
Superior	1.779,8
Total	3.545,4

Tabela 2.2 – Área total do edifício distribuído nas diferentes tipologias do mesmo.

Tipologia	Área (m ²)
Escritórios	1.282,2
Restaurante	379,0
Hospedaria	672,7
Museus – Galerias	1.211,6
Área útil do edifício (Ap)	3.545,4

2.2 Âmbito de Aplicação dos Regulamentos

A realização de uma auditoria energética com o intuito de certificar energeticamente o edifício principal do PBG, pressupõe o cumprimento normativo, presente no atual Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) aprovado no decreto-lei nº 79/2006. Este regulamento por sua vez integra um pacote legislativo composto também pelo decreto-lei nº 78/2006 (Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior - SCE) e o decreto-lei nº 80/2006 (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios -RCCTE).

A aplicação do RSECE ao edifício principal do PBG é confirmada pelo nº 1 do Art.º 2 e no nº1 do Art.º27 deste documento, o qual que abrange todos os edifícios ou frações autónomas não residenciais existentes com área útil superior a 1.000m², sendo estes classificados como grandes edifícios de serviços (GES).

Para efeito de aplicação do RSECE, é considerado como edifício “existente” aquele cujo procedimento de licenciamento ou autorização de edificação tenha dado entrada na entidade licenciadora até ao dia 4 de Julho de 2006, aplicando-se os requisitos regulamentares previstos para este tipo de edifícios. Deste modo, sabendo que o edifício em estudo foi inaugurado no ano de 1998, admite-se que o mesmo se trata de um edifício existente.

Todavia, é importante realçar que a verificação dos requisitos regulamentares aplicados a GES, estão em vigor desde 4 Julho de 2006 e são realizados em contexto de duas situações previstas no SCE:

- Auditorias periódicas à energia e QAI, com emissão do respetivo certificado, que comprova a realização das mesmas;
- Análise do desempenho energético e da QAI para emissão de certificado, para efeitos de celebração de contratos de venda, locação ou arrendamento do imóvel;

Contudo, foi definido que a verificação do cumprimento dos requisitos regulamentares de um GES tivesse início apenas em 1 de Janeiro de 2009 segundo a Portaria nº461/2007. A partir desta data, os edifícios que não demonstrem a realização das auditorias periódicas através da existência do respetivo certificado energético, estão em situação de incumprimento regulamentar.

O regulamento em questão prevê que a periodicidade das auditorias energéticas a grandes edifícios de serviços existentes, com o intuito de quantificar os respectivos consumos globais dos mesmos seja de seis em seis anos.

As auditorias periódicas realizadas no âmbito do SCE permitem determinar os requisitos energéticos, que no caso dos edifícios de serviços existentes, são apresentados na forma de valores-limite para o consumo global específico de energia em condições normais de funcionamento, ou também designados por Índice de eficiência Energética (IEE_{ref}). Deste modo, se o edifício exceder o valor-limite fica sujeito a um PRE, cujas medidas com viabilidade econômica são de execução obrigatória.

2.3 Análise das Faturas Energéticas

2.3.1 Energia Elétrica

Os consumos de energia elétrica no edifício principal do PBG estão associados:

- Iluminação de espaços interiores e exteriores;
- Alimentação dos circuitos de tomadas
- Equipamentos relacionados com o sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC).

A análise de faturas de energia elétrica no âmbito de aplicação dos regulamentos acima mencionados deve ser realizada com base nas faturas dos três anos anteriores à realização da auditoria. No entanto, apesar deste requisito, os responsáveis do edifício apenas conseguiram disponibilizar as faturas do ano de 2011. Deste modo, através dos elementos disponíveis, foi possível constatar que o comercializador da energia elétrica é a empresa EDP – Serviço Universal, SA. O fornecimento deste recurso é feito a partir de uma alimentação em Média Tensão (MT), com uma potência contratada de 150 kW. A faturação é efetuada no regime tarifário de médias utilizações e em ciclos de contagem tetra-horários.

A energia elétrica fornecida em média tensão é alimentada ao posto de transformação do Parque, onde é convertida em baixa tensão e distribuída para o edifício principal, Viveiros e uma casa pré-fabricada. Contudo, apesar desta divisão de energia, a faturação é naturalmente conjunta.

A faturação da energia elétrica consumida no ano de 2011 é analisada nas figuras seguintes. A figura 2.6 pretende demonstrar a evolução mensal dos consumos globais de eletricidade e apresentar os valores de potência contratada (PC) e a potência em horas de ponta (PHP). Os consumos globais não apresentaram um perfil linear durante 2011, sobretudo devido à percentagem de ocupação dos espaços do edifício dedicados aos clientes e visitantes (hospedaria, auditório e salas de formação). Por outro lado, o facto de nos meses de Maio a Julho os consumos terem sido elevados, poderá estar associado ao arrefecimento do edifício, feito através de um chiller.

A PC corresponde à potência colocada à disposição do cliente final pelo comercializador, permanecendo fixa de acordo com o contrato realizado. Relativamente à PHP, esta equivale ao quociente entre a energia ativa consumida nas horas de ponta e número de horas de ponta e constatou-se uma ligeira variação ao longo do ano.

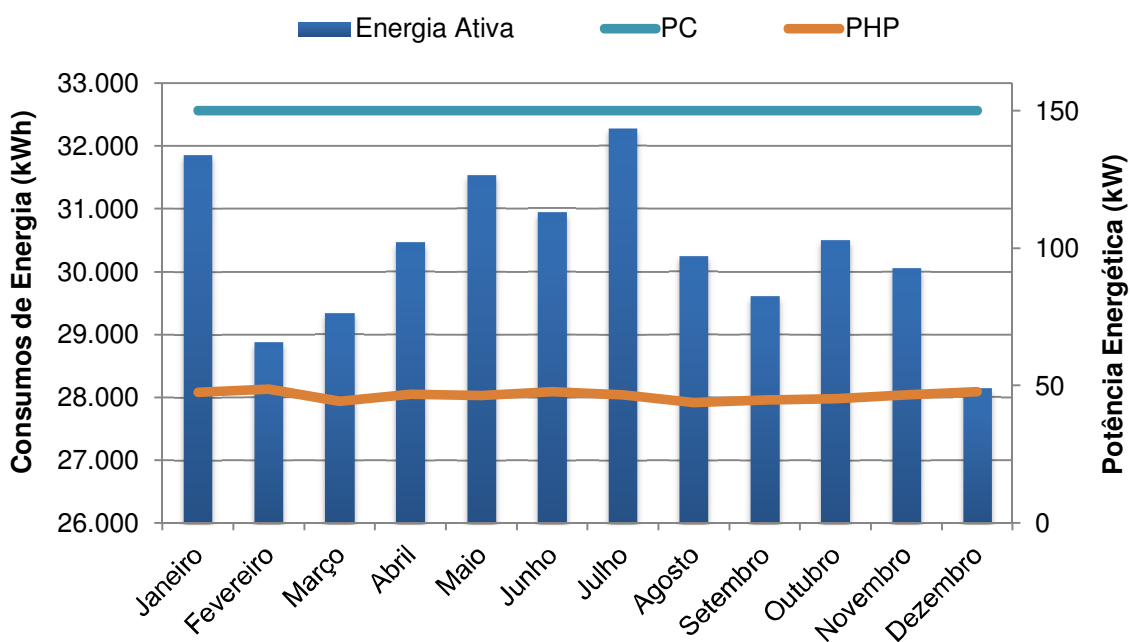


Figura 2.6 – Evolução mensal dos consumos de energia elétrica repartida pelos períodos horários no Parque Biológico de Gaia no ano de 2011.

A figura 2.7 representa a distribuição do consumo de energia pelos períodos horários previstos no contrato de fornecimento, que correspondem às horas de supervazio (HSV), horas de vazio normal (HV), horas de ponta (HP) e horas cheias (HC).

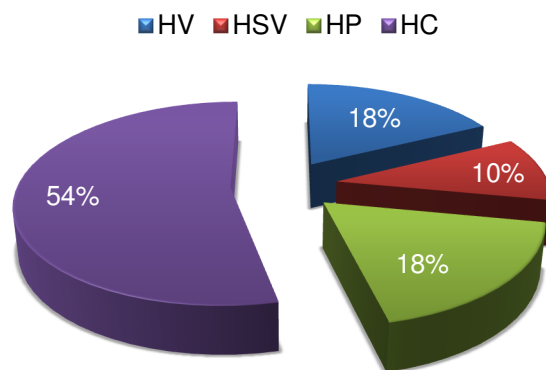


Figura 2.7 – Distribuição do consumo de eletricidade pelos períodos horários.

Pela análise da figura 2.7 pode perceber-se que o consumo de eletricidade é naturalmente predominante nos horários de cheias e ponta, uma vez que estes correspondem ao horário de funcionamento do edifício em estudo.

A figura 2.8 representa a evolução dos custos associados a esta fonte de energia durante o ano de 2011, do qual se verifica a tendência dos consumos de energia apresentados na figura 2.6.

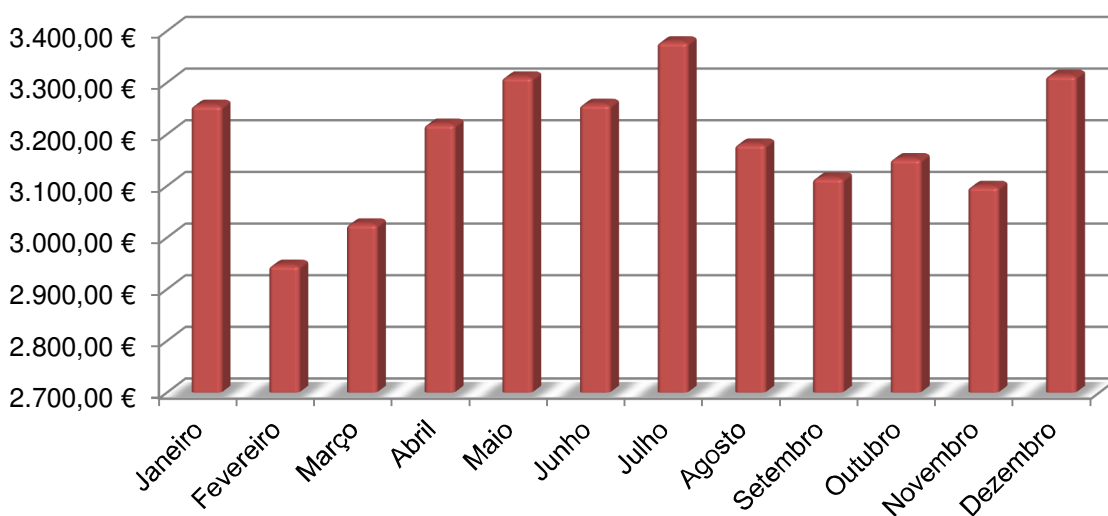


Figura 2.8 – Evolução mensal dos custos associados à energia elétrica durante o ano de 2011.

No que se refere à fatura de energia elétrica, é importante ainda mencionar que não constavam custos associados a energia reativa. Esta, que apesar de ser intrínseca para o funcionamento de todos os recetores cujo princípio de funcionamento se baseie nos efeitos dos campos eletromagnéticos, constitui uma energia não-útil e deverá ser recuperada e reutilizada. Foi possível verificar que o PBG possuía uma bateria de condensadores no posto de transformação, de modo a corrigir os fatores de potência, conseguindo essa recuperação.

A tabela 2.3 mostra o resumo dos valores dos consumos e custos registados mensalmente durante o ano de 2011. Esta apresenta também as conversões para energia primária, em quilograma equivalente de petróleo (kgep) e respetivo fator de emissão de GEE, expresso em quilograma de dióxido de carbono equivalente (kgCO₂e). O fator de conversão entre energia útil e primária, para a eletricidade, é igual a 0,290 kgep/kWh, valor que se encontra em vigor na legislação. Quanto ao fator de conversão para a intensidade carbónica, este é retirado do Despacho nº 17313/2008, cujo valor é igual a 0,47 kgCO₂e/kWh.

Tabela 2.3 – Resumo dos consumos e custos mensais de eletricidade. Conversão em energia primária e fatores de emissão de GEE.

Mês	Consumo de Energia Elétrica		Custo (€)	Emissões GEE (kgCO ₂ e)
	(kWh)	(kgep)		
Janeiro	31.867	9.241	3.256,04	14.978
Fevereiro	28.876	8.374	2.946,25	13.572
Março	29.340	8.509	3.026,32	13.790
Abril	30.468	8.836	3.219,55	14.320
Maio	31.541	9.147	3.310,88	14.824
Junho	30.948	8.975	3.257,83	14.546
Julho	32.279	9.361	3.378,70	15.171
Agosto	30.245	8.771	3.180,87	14.215
Setembro	29.611	8.587	3.115,45	13.917
Outubro	30.511	8.848	3.152,57	14.340
Novembro	30.061	8.718	3.098,99	14.129
Dezembro	28.140	8.161	3.313,88	13.226
Total	363.887	105.527	38.257,33	171.027

Através da tabela 2.3, verifica-se que o consumo global de energia elétrica durante o ano em estudo foi de 363.887 kWh, correspondendo a 105.527 kgep e a uma emissão carbónica de 171.027 kgCO₂e. O custo total de energia neste ano foi de 38.257,33 €.

Para efetuar a desagregação dos consumos de energia elétrica relativos ao edifício principal e os restantes utilizadores do parque, numa primeira fase, procedeu-se ao levantamento dos

quadros elétricos existentes no PBG, de modo a obter um esquema elétrico do mesmo (figura 2.9).

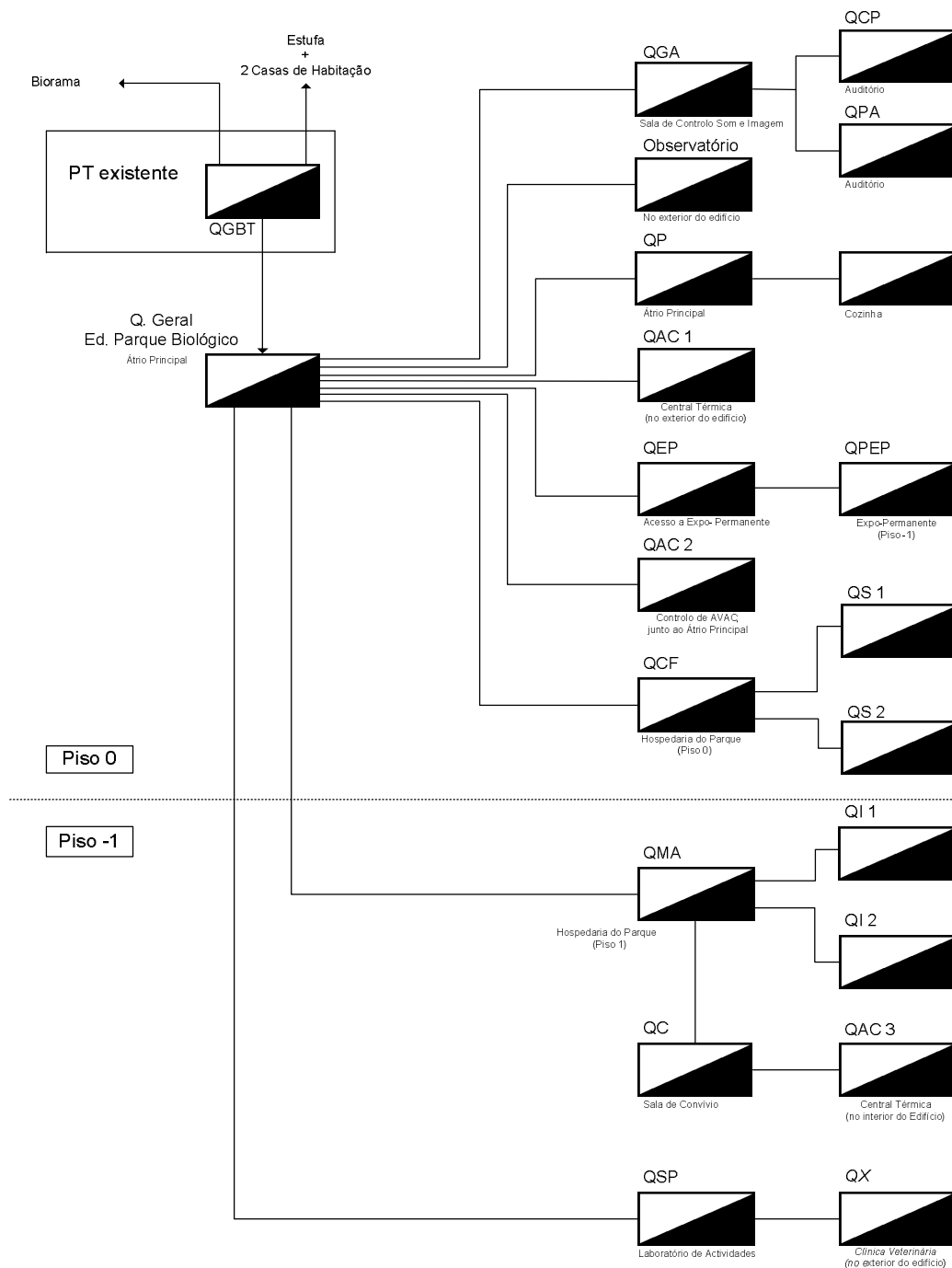


Figura 2.9 – Esquema elétrico do edifício principal do PBG.

Após este trabalho, constatou-se que parte da energia elétrica recebida no quadro elétrico geral do edifício (QG) era utilizada para fora do mesmo, ou seja para alimentação da clínica veterinária (um edifício contíguo ao edifício do PBG). Neste contexto, foram instalados três

analisadores de energia elétrica, durante sete dias, nos quadros elétricos QG e nos quadros parciais QP (cozinha e bar/restaurante) e QSP (laboratório de atividades). Sendo este último quadro parcial o que alimenta a clínica veterinária, foi possível obter uma estimativa percentual do consumo de eletricidade no edifício principal pela diferença dos consumos destes dois utilizadores.

Os analisadores de energia referidos anteriormente foram selecionados e disponibilizados por uma empresa externa, que requereu o conhecimento da corrente elétrica que passa em cada uma das fases dos quadros elétricos em questão. Para esse efeito, foi necessário efetuar medições preliminares, realizadas em períodos de cinco minutos em cada fase, uma vez que os valores da intensidade oscilavam ligeiramente. No final foi apresentado uma média aritmética desses valores de acordo com o apresentado na tabela 2.4. De salientar que esta análise preliminar foi realizada com uma pinça amperimétrica de marca UNI-T modelo UT 232 (figura 2.10).



Figura 2.10 – Pinça amperimétrica da marca UNI-T [Fonte: uni-trend.com].

Tabela 2.4 – Medições preliminares nos quadros elétricos mencionados.

Designação	Parâmetro	φ1	φ2	φ3
QG (Edifício Principal)	Intensidade Corrente (A)	66,96	69,50	83,38
	Tensão Elétrica (V)	231,75	233,73	234,03
	Potência Calculada (kW)	15,52	16,24	19,51
	Frequência (Ω)	50	50	50
QP (Cozinha/Refeitório)	Intensidade Corrente (A)	21,5	31,1	16,5
	Tensão Elétrica (V)	231,4	232,2	232,0
	Potência Calculada (kW)	5,0	7,2	3,8
	Frequência (Ω)	50	50	50
QSP (Clínica Veterinária)	Intensidade Corrente (A)	20,3	13,0	24,4
	Tensão Elétrica (V)	230,5	230,2	232,0
	Potência Calculada (kW)	4,7	3,0	5,7
	Frequência (Ω)	50	50	50

Os analisadores de energia elétrica disponibilizados permitem quantificar um conjunto de parâmetros que definem o sistema elétrico e têm a capacidade de armazenar esses dados num disco de memória. A figura 2.11 mostra o equipamento utilizado da marca CIRCUTOR e modelo CIR-E3 auditor.



Figura 2.11 – Analisador de energia da marca CIRCUTOR.

A instalação destes equipamentos ao quadro elétrico passa essencialmente por conectar as pinças amperimétricas e as pinças de crocodilo (medição da tensão) segundo o diagrama apresentado na figura 2.12.

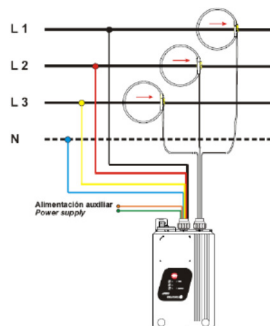


Figura 2.12 – Diagrama de ligações num sistema trifásico. [Fonte: Manual técnico do equipamento]

Após a instalação, colocou-se o aparelho em modo de gravação durante sete dias. Este procedimento foi igualmente realizado nos outros quadros elétricos parciais. A figura 2.13 procura demonstrar o modo como o analisador de energia ficam ligados ao quadro elétrico depois de se realizar as respetivas ligações.



Figura 2.13 – Analisador de energia conectado ao quadro geral do edifício.

As referidas medições foram realizadas entre os dias 20 e 26 de Março de 2013. Posteriormente foram descarregados e tratados os dados do aparelho, de forma a obter os diagramas de carga, para o estudo dos hábitos de consumo elétrico para cada utilizador de energia. Neste sentido é apresentada na figura 2.14 o diagrama de carga semanal para o quadro elétrico QG. Os diagramas de carga semanais e diários realizados para os quadros parciais QP e QSP encontram-se nos Anexos I e II, respetivamente.

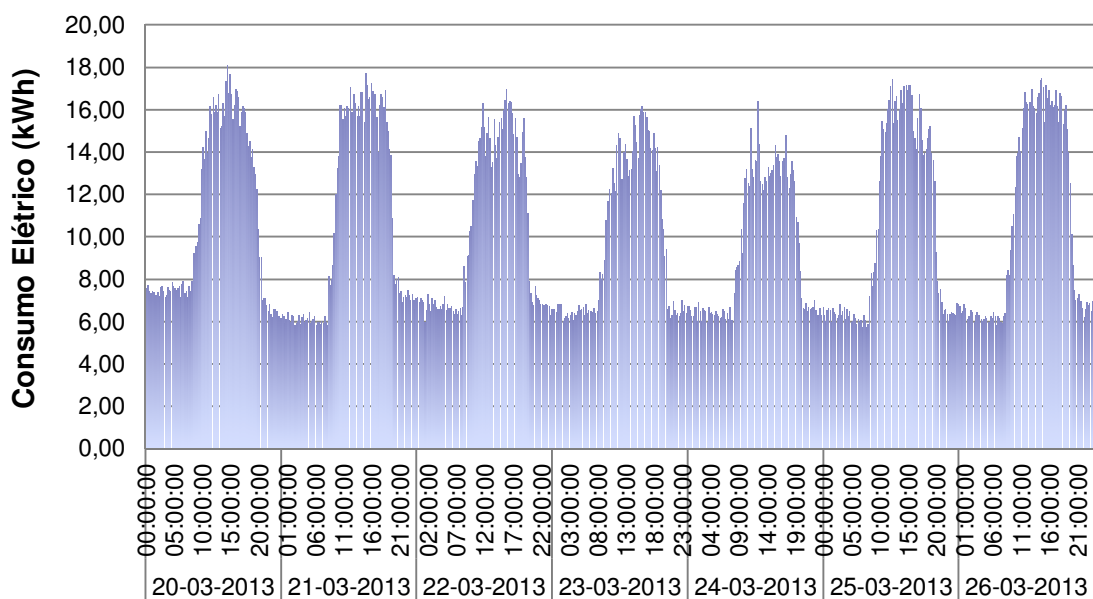


Figura 2.14 – Diagrama de carga semanal do consumo de eletricidade do edifício principal do PBG (QG).

Analisando a figura 2.14 verifica-se que os perfis de consumo durante os dias úteis da semana são semelhantes havendo um decréscimo de consumo no fim de semana (dias 23 e 24 Março), uma vez que não existe trabalho administrativo no edifício.

Embora os diagramas de carga semanais sejam bastante explícitos, para uma análise mais detalhada do perfil de consumo do edifício foram construídos os diagramas de carga diários. Dois exemplos podem ser visualizados nas figuras 2.15 e 2.16, para os dias 20 e 23 de Março, respetivamente (correspondendo a uma quarta-feira e sábado). Os diagramas relativos aos restantes dias serão apresentados no Anexo III deste trabalho.

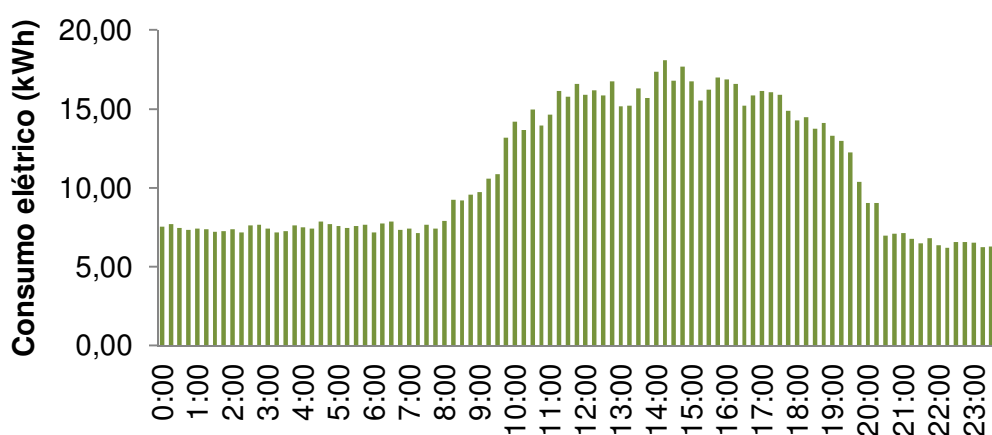


Figura 2.15 – Diagrama de carga para um dia de semana (20 de Março de 2013).

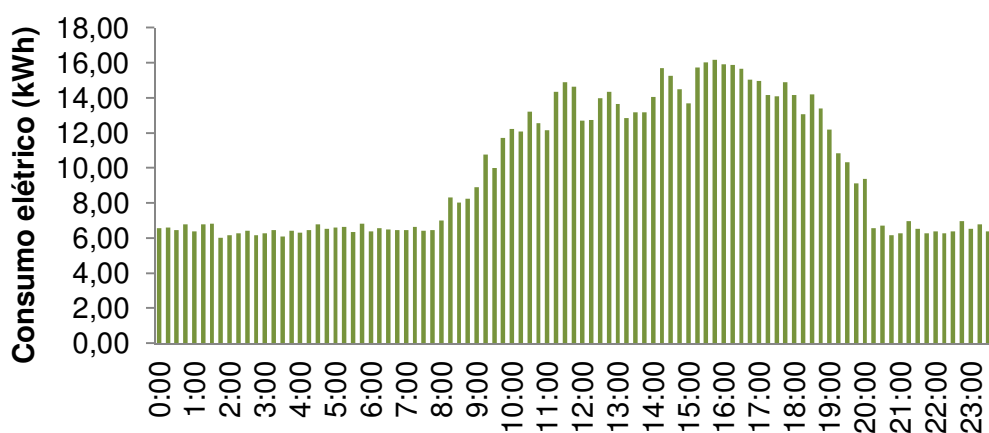


Figura 2.16 – Diagrama de carga para um dia de fim de semana (23 de Março de 2013).

A figura 2.15 evidencia o horário de funcionamento, entre as 8:00 e as 20:00. Assim, o início de atividade laboral é efetuado pelos funcionários afetos ao bar/restaurante às 8:00, mas o pico de consumo elétrico é durante o período de abertura e fecho do PBG aos visitantes do mesmo. Por este motivo, a partir das 18:00 ocorre um decréscimo constante no consumo de eletricidade até à saída total dos funcionários administrativos, por volta das 20:00, permanecendo os consumos constantes durante o período noturno.

A figura 2.16, referente a um dia típico de fim de semana (sábado), mostra a mesma tendência no consumo de eletricidade descrita na análise anterior, embora com consumos ligeiramente inferiores aos dias de semana, devido ao facto do setor administrativo não registar atividade laboral aos fins de semana.

Finalmente, para a determinação do consumo efetivo do edifício principal do PBG foi necessário recorrer aos registos efetuados pelos analisadores de energia aos quadros QG e QSP. Assim, através da diferença percentual entre os consumos globais destes dois, estimou-se a percentagem de energia elétrica utilizada na determinação do consumo anual efetivo do edifício principal. Dos valores apresentados na tabela 2.5 constata-se que a percentagem de energia dedicada exclusivamente ao edifício principal é de 75,7%.

Tabela 2.5 – Desagregação do consumo efetivo do edifício principal do PBG.

Data	Consumo (kWh)		Consumo (%)	
	QG	QSP	Clínica veterinária	Efetivo do Edifício Principal
20-03-2013	1052,9	218,8	20,8%	79,2%
21-03-2013	1016,0	207,5	20,4%	79,6%
22-03-2013	980,6	207,3	21,1%	78,9%
23-03-2013	940,8	191,3	20,3%	79,7%
24-03-2013	903,6	193,6	21,4%	78,6%
25-03-2013	999,5	228,7	22,9%	77,1%
26-03-2013	1020,0	433,0	42,4%	57,6%
Total	6913,3	1680,1	24,3%	75,7%

De seguida são, então, corrigidos os valores de energia realmente consumidos no edifício principal do PBG, tal como demonstrados na figura 2.17.

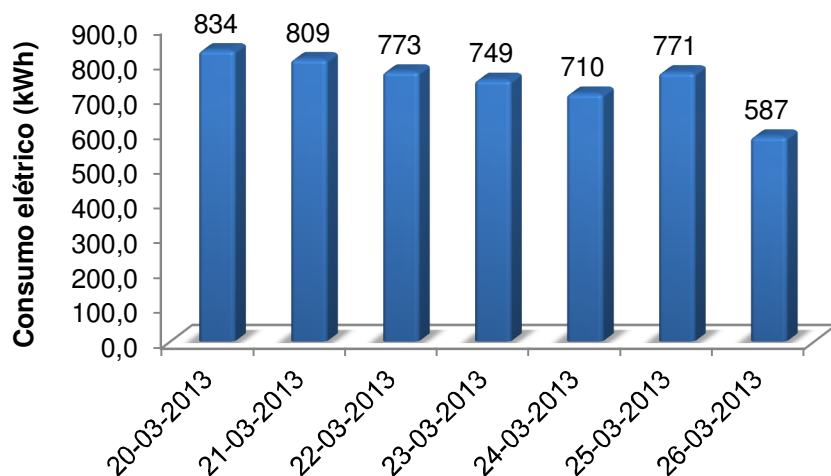


Figura 2.17 – Consumo diário de energia corrigida do edifício principal do PBG.

Apesar de serem analisados apenas os consumos de energia elétrica durante uma semana, extrapolou-se a percentagem de 75,7% obtida para o consumo anual faturado. Deste modo, a tabela 2.6 mostra as retificações efetuadas aos valores faturados.

Tabela 2.6 – Desagregação do consumo elétrico específico do edifício principal face aos valores globais faturados e respetivas conversões para energia primária e emissões de GEE.

	Consumo anual de Energia Elétrica		Emissões GEE
	(kWh)	(kgep)	(kgCO ₂ e)
Total Faturado	363.887	105.527	38.257
Edifício Principal	275.463	79.884	129.467

2.3.2 Gás Natural

A análise de faturas de energia associada ao Gás Natural (GN) no âmbito de aplicação dos regulamentos atrás mencionados, tal como no caso da energia elétrica também deve ser realizada com base nas faturas dos três anos anteriores à realização da auditoria. Contudo, apesar do requisito, os responsáveis do edifício não forneceram as faturas para o estudo do mesmo, disponibilizando apenas os registos mensais dos três contadores parciais existentes no PBG, bem como informações sobre o fornecedor de GN e respetiva tarifa contratada. Assim, o comercializador deste recurso energético é a empresa EDP – Serviço Universal, SA, cujo tarifário é de venda a clientes finais em baixa pressão (entre 1 e 4 bar), com consumos compreendidos entre 10.000 e 100.000 m³).

O gás natural é alimentado no PBG é distribuído em três setores: central térmica, cozinha e viveiros.

Dos dados disponibilizados, foram analisados os referentes aos anos de 2009 a 2011, tal como evidenciado nas figuras 2.18 a 2.20.

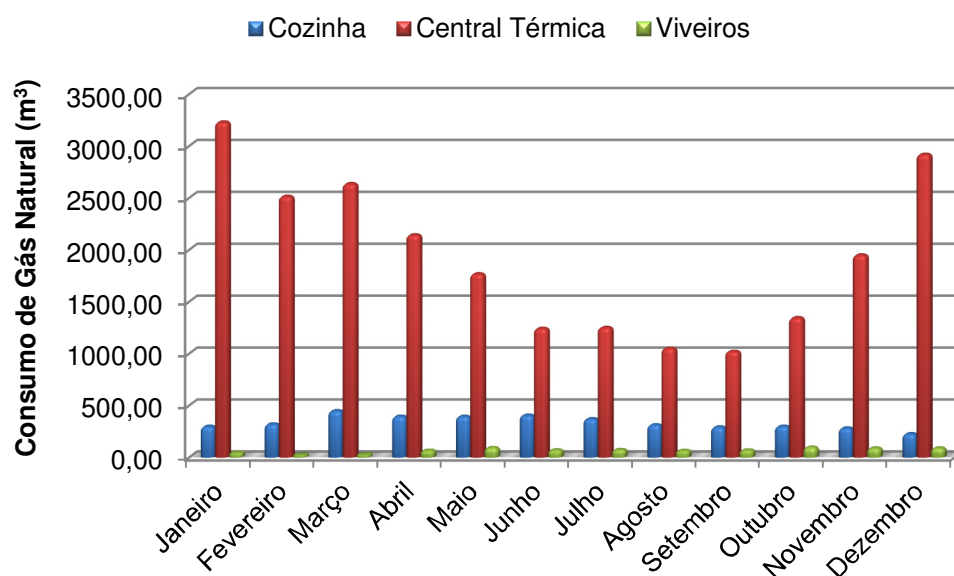


Figura 2.18 – Evolução do consumo mensal de Gás Natural por Sector no ano de 2009.

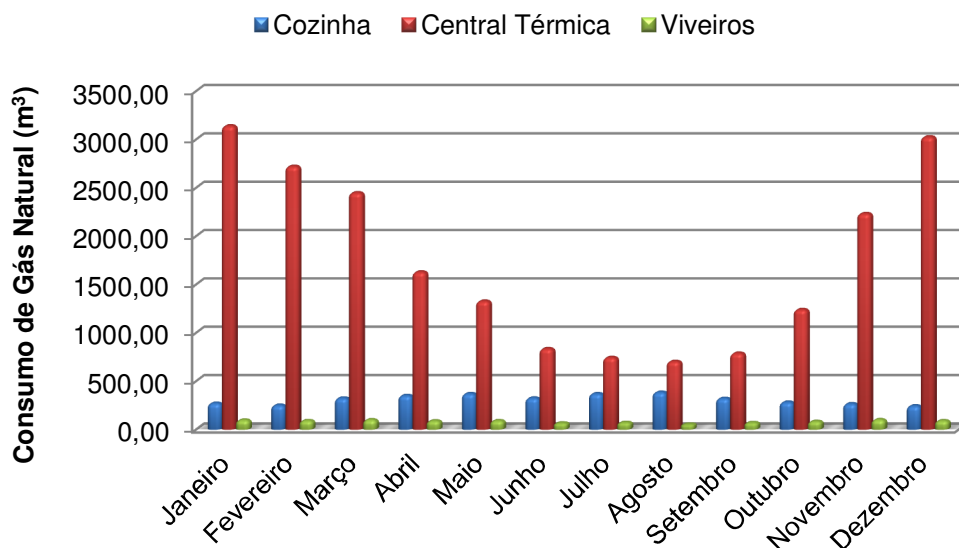


Figura 2.19 – Evolução do consumo mensal de Gás Natural por Sector no ano de 2010.

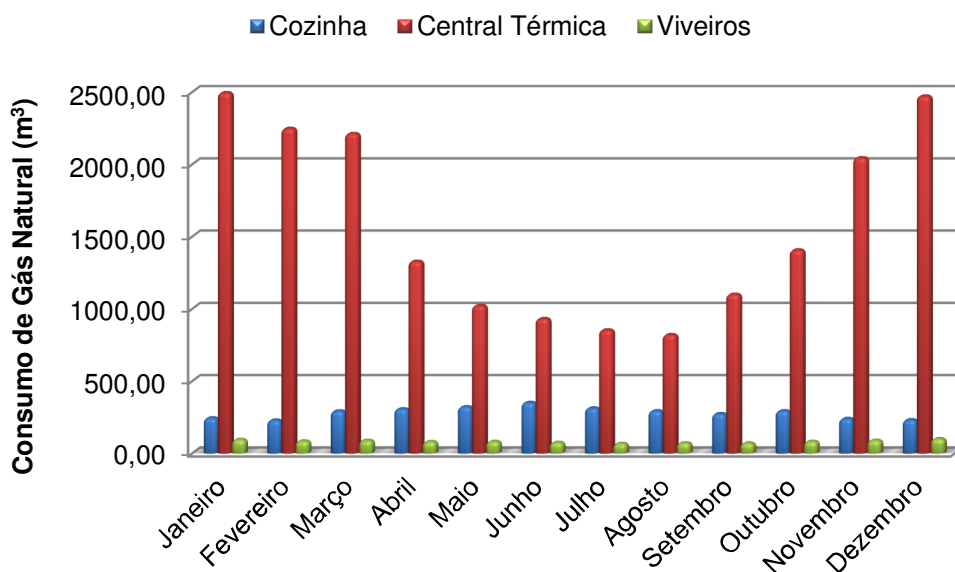


Figura 2.20 – Evolução do consumo mensal de Gás Natural por Sector no ano de 2011.

Através das figuras 2.18, 2.19 e 2.20, pode-se constatar que a tendência dos consumos é relativamente a mesma nos três anos. Esta revela que tanto para a cozinha como para os viveiros, os valores mantêm-se praticamente constantes ao longo do ano, não variando significativamente de ano para ano. No que diz respeito à evolução do consumo na central térmica, esta demonstra um decréscimo pronunciado nos meses de verão, tal como é

expectável, uma vez que as necessidades de aquecimento nestes meses são diminutas, mantendo-se o consumo apenas para produção de águas quentes sanitárias.

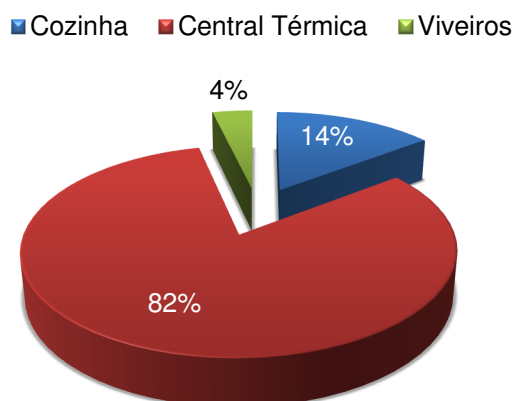


Figura 2.21 – Distribuição média dos consumos de Gás Natural pelos três sectores existentes.

Analisando a figura 2.21 constata-se uma discrepância de consumos entre os três sectores, evidenciando o elevado consumo de Gás Natural da central térmica comparativamente com os outros dois.

A figura 2.22 procura evidenciar os consumos globais totais de Gás Natural no PBG em kWh, sendo que para este efeito e uma vez que não se dispunha das respetivas faturas, utilizou-se como fator de conversão o valor do Poder Calorífico Superior (PCS) disponibilizado no sítio de internet do fornecedor deste recurso (11,667 kWh/m³). [23]

Porém, é importante referir que a conversão do consumo de Gás Natural de m³ para kWh exige a utilização dos fatores de correção da temperatura e pressão, que normalmente são divulgados nas faturas, pelos comercializadores desta fonte de energia. Portanto, não dispondo das faturas para consulta e como os valores dos fatores de correção não constavam na referência acima indicada, considerou-se apenas o valor do PCS na conversão do consumo de Gás Natural, desprezando-se os referidos fatores de correção.

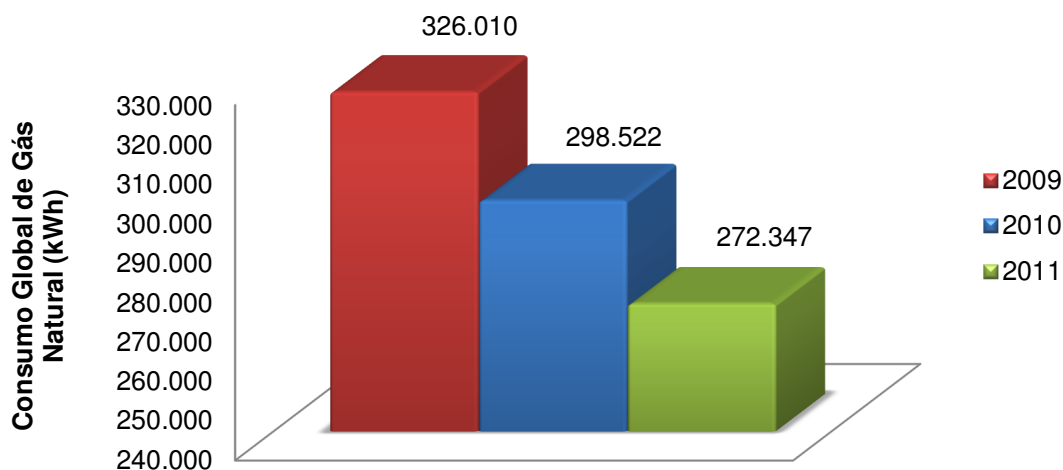


Figura 2.22 – Consumo Global de Gás Natural para os anos em análise

A tabela 2.7 descreve os consumos globais dos anos em estudo, considerando apenas os consumos relativos à central térmica e cozinha, pois estes são os únicos afetos ao edifício principal do PBG, cuja percentagem de consumo corresponde a 96,3% do valor global. Apresentam-se também, as respetivas conversões para energia primária em kgep e emissões de GEE em kgCO₂e deste recurso energético. O fator de conversão entre energia útil e primária utilizada foi de 0,086 kgep/kWh, valor que se encontra em vigor no RSECE. Relativamente ao fator de conversão para a intensidade carbónica, este é também retirado do Despacho nº 17313/2008 e assume o valor de 2683,7 kgCO₂e/tep.

Tabela 2.7 – Descrição dos consumos globais dos anos em estudo. Conversão do mesmo em energia primária e emissões de GEE.

Ano	Consumo Gás Natural			Emissões GEE
	(m ³)	(kWh)	(kgep)	(kgCO ₂ e)
2009	26.909	313.947	26.999	72.458
2010	24.640	287.477	24.723	66.349
2011	22.480	262.270	22.555	60.531
Média	24.676	287.898	24.759	66.446

2.4 Análise dos Principais Consumidores de Energia

Nesta fase procura-se apenas fazer uma apresentação e descrição sucinta dos principais consumidores de energia do edifício principal do Parque Biológico de Gaia. Este estudo foi feito durante as visitas ao parque, no qual se procurou efetuar um levantamento de todos equipamentos, com base em esquemas de princípio, Características técnicas dos equipamentos, etc.

2.4.1 Iluminação

A caracterização da iluminação existente no parque, tanto interior como exterior foi efetuada com base num levantamento exaustivo do número, tipo e potências das lâmpadas utilizadas nos diferentes espaços. De acordo com o descrito, a potência instalada efetiva destinada à iluminação determinada foi de 36,2 kW.

A iluminação interior, responsável por cerca de 93% do valor de potência mencionado acima, é composta na sua maioria por iluminação do tipo halogéneo, fluorescente tubular e fluorescente compacta não integrada, como pode ser observado na figura 2.23.

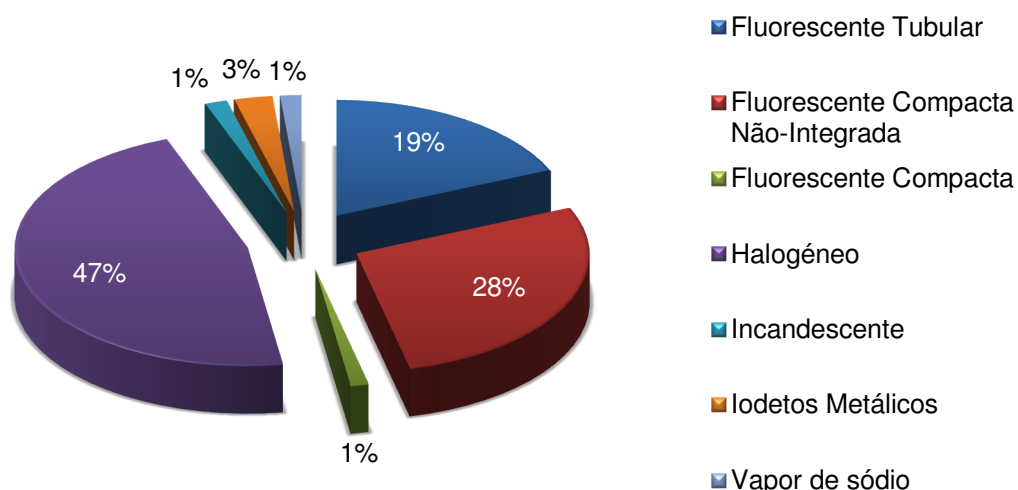


Figura 2.23 – Distribuição da potência da iluminação interior pelos tipos de lâmpadas utilizadas.

Importa salientar que o edifício em estudo possui uma excelente área envidraçada, favorecendo a iluminação natural em diversas zonas do mesmo, nomeadamente as áreas administrativas, bar/restaurante e hospedaria, sendo o controlo da iluminação artificial feito manualmente pelos utilizadores destas zonas. Contudo, existem outras zonas, tais como as áreas destinadas às exposições e em diversas casas de banho, que possuem sistemas de iluminação acionados por sensores de movimento.

A iluminação exterior corresponde aos restantes 7% do valor total da potência instalada. Esta é composta na sua generalidade por lâmpadas de descarga de vapor de sódio, de acordo com o demonstrado na figura 2.24.

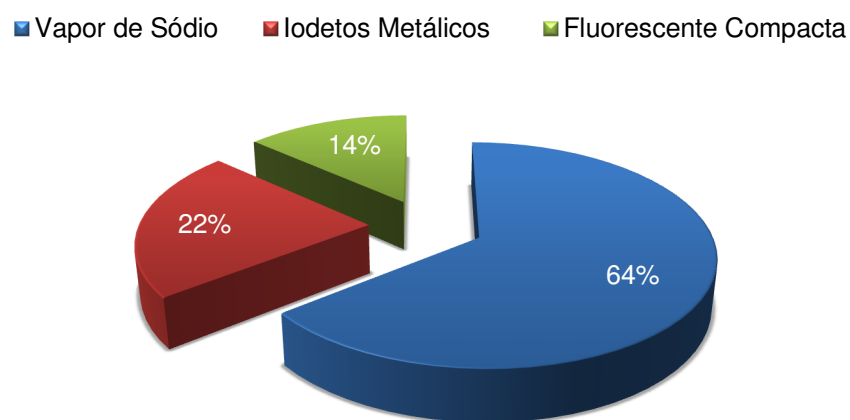


Figura 2.24 – Distribuição da potência da iluminação exterior pelos tipos de lâmpadas utilizadas.

A iluminação exterior é praticamente toda comandada por um autómato, que a aciona durante um período pré-definido entre 17:30 e 01:00 no inverno e as entre as 20:00 e 01:00 no verão. Todavia, existe alguma iluminação exterior, que é controlada manualmente, os casos da iluminação da entrada principal do edifício e outra utilizada apenas para iluminar caminhos e jardins.

2.4.2 Sistema de Climatização e Ventilação

O edifício em estudo dispõe um sistema de AVAC que visa garantir as condições satisfatórias de qualidade do ar interior e conforto térmico, tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento. Este está programado para manter as temperaturas do ar interior entre os 21-22°C (na estação de aquecimento) e entre 24-25°C (na estação de arrefecimento).

O sistema de AVAC é constituído por:

- Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN);
- Unidades de Tratamento de Ar (UTA);
- Ventiladores de Extração;
- Ventilo-convectores;
- Radiadores térmicos;
- Unidade Split (apenas numa sala técnica).

Face à relativa dimensão e tipologias do edifício e ao número de UTA, UTAN e ventiladores existentes, a gestão do funcionamento destes equipamentos de AVAC é feita de forma centralizada, que para além de permitir um funcionamento automático dos mesmos, possibilita atingir outros propósitos, tais como:

- Monitorização dos seus horários de funcionamento;
- Controlar a temperatura de ar insuflado no edifício;
- Detetar avarias/anomalias no sistema;

Porém, a climatização de alguns espaços pode ser feita manualmente pelos utilizadores, permitindo-lhes o ajustar a temperatura conforme o seu agrado.

Seguidamente será feita uma descrição das Características dos tipos de climatização utilizados no edifício: sistema tudo ar, sistema ar-água e sistema tudo água.

Em determinadas zonas do edifício, tais como o auditório, exposições do piso superior, setor administrativo do piso inferior, alguns corredores, etc, são utilizados sistemas de climatização usando apenas ar, de volume constante. Nestes sistemas, o ar (novo ou de retorno) é tratado numa UTA, onde é filtrado, aquecido ou arrefecido e direcionado para o local a climatizar. A figura 2.25 diz respeito ao esquema de controlo das UTA projetadas para o edifício em análise, mas é apresentada para ilustrar o modo de funcionamento das mesmas.

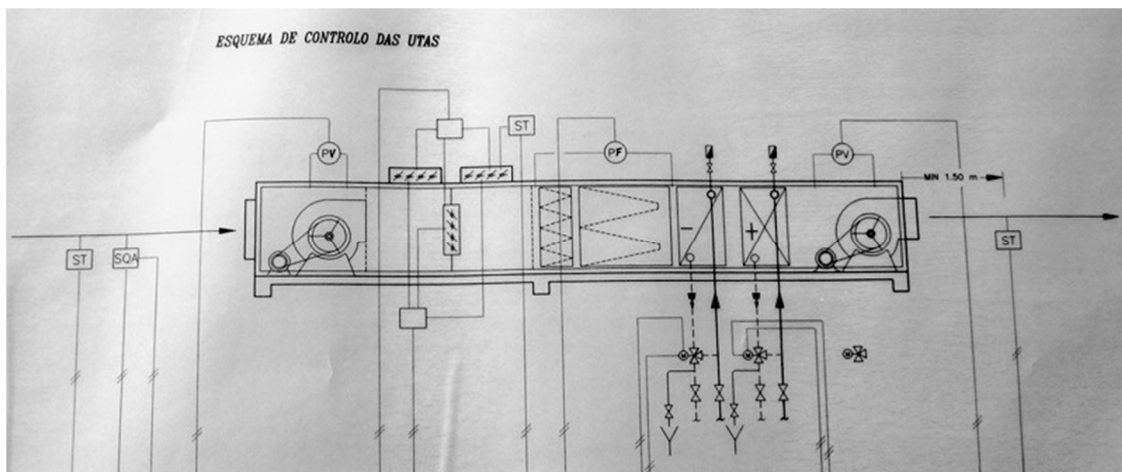


Figura 2.25 – Esquema de funcionamento de uma UTA.

As UTA são concebidas para responder às necessidades de climatização e renovação do ar interior de edifícios, que aliadas a equipamentos de regulação e controlo adequados, se tornam equipamentos eficazes e fiáveis no cumprimento dos seus propósitos. As duas UTA existentes neste edifício estão instaladas na cobertura do mesmo (ver figura 2.3).

Nos sistemas de climatização ar-água são utilizadas em simultâneo o ar e a água como fluidos térmicos. O ar insuflado mecanicamente nos locais é constituído normalmente apenas por ar novo que foi previamente tratado numa UTAN, com o objetivo principal de assegurar as necessidades mínimas de ventilação e controlo de humidade relativa dos referidos locais. No entanto, estes sistemas são ditos ar-água porque além de ser insuflado ar novo é também utilizada água nas unidades terminais instaladas nos locais a climatizar. As unidades terminais utilizadas no edifício do PBG são os ventilo-convectores e radiadores. Normalmente, nos locais climatizados por este tipo de sistemas, o ar novo insuflado pelas UTAN serve apenas para garantir a qualidade do ar interior, enquanto a regulação da temperatura é efetuado pelas unidades terminais mencionadas, assegurando deste modo o conforto térmico. No edifício existem quatro UTAN, instaladas na cobertura do mesmo e associadas às zonas destinadas ao setor administrativo, átrio principal, bar/restaurante e exposição permanente.

Os sistemas tudo-água consistem numa técnica de climatização em que se distribui pelos equipamentos terminais dos locais a climatizar somente água fria ou quente em função das necessidades de arrefecimento ou de aquecimento. No edifício principal, os locais servidos por este tipo de climatização, essencialmente os quartos e sala comum da hospedaria, as unidades terminais são radiadores que apenas utilizam água quente para aquecimento dos respetivos locais.

Existe ainda uma sala destinada a equipamentos informáticos e servidores que exige uma determinada temperatura do local de modo a garantir o correto funcionamento e evitar o sobreaquecimento dos mesmos. Neste local foi instalado uma unidade individual de ar condicionado (mono-split). Este equipamento está dividido em dois componentes principais, a unidade instalada no interior do espaço a climatizar, que funciona como evaporador, e é responsável pelo seu aquecimento ou arrefecimento e uma unidade instalada no exterior do edifício, desempenhando o papel de condensador e no qual é rejeitada ou absorvida a carga térmica do espaço.

Na tabela 2.8 é apresentada uma síntese geral dos equipamentos de climatização presentes no edifício principal. Contudo, não foi possível obter por parte dos responsáveis do Parque Biológico, as potências nominais dos equipamentos, designadas por UTA e UTAN, nem os esquemas de princípio de funcionamento das mesmas. Este facto dificultou bastante a análise e quantificação dos consumos energéticos realmente gastos nestes equipamentos, tendo sido por isso, utilizado o recurso às potencialidades do programa de simulação dinâmica para os estimar. Esses valores serão posteriormente apresentados na análise dos resultados obtidos nas simulações realizadas.

Tabela 2.8 – Síntese global dos equipamentos de climatização existentes nos PBG.

Equipamento	Unidades	Potência (kW)	
		Arrefecimento	Aquecimento
UTA	2	n.d.	n.d.
UTAN	4	n.d.	n.d.
Ventilo-convectores	11	19,41	20,17
Radiadores	27	-	63,46
Split	1	3,22	3,52
Total		22,63	87,15

Os sistemas de produção de energia térmica (água quente e refrigerada) para o edifício com a dimensão e perfis de utilização do PBG foram projetados de forma centralizada de modo a satisfazer as necessidades tanto de conforto térmico como de produção de águas quentes sanitárias (AQS), estando por isso abrangidos na designada central térmica. A central térmica do edifício é constituída pelos seguintes elementos:

- Duas Caldeiras (Gás Natural)
- Um Chiller (Eletricidade);
- Três termoacumuladores
- Bombas de circulação de água;

- Equipamentos diversos associados aos circuitos hidráulicos (vasos de expansão, válvulas, etc.);

As caldeiras existentes estão instaladas numa pequena edificação no exterior do edifício em estudo e estão reguladas num modo de operação em cascata, isto é, estando uma das caldeiras em funcionamento, a outra só é solicitada no caso de a primeira não ser capaz de suprir as necessidades solicitadas de produção de água quente a cada momento. A tabela 2.9 resume as características gerais das caldeiras pertencentes à central térmica do edifício principal. Durante o processo de auditoria às instalações, verificou-se que estes equipamentos não se encontravam a operar nas condições nominais, tendo sido portanto determinado o rendimento de combustão para as condições operatórias das caldeiras. O cálculo do rendimento pelo método das perdas, utilizando os registos dos gases de combustão é apresentado no Anexo IV.

Tabela 2.9 – Características gerais das caldeiras instaladas no edifício.

Marca	Roca G 100/110 IE
Tipo	Fundição de baixa temperatura
Tipo de combustível	Gás Natural
Potência útil	126 kW (108.300 kcal/h)
Rendimento Combustão	93,60%
Temperatura máxima	95 °C
Pressão máxima	4bar
Capacidade de água	43,2L
Nº elementos em ferro fundido	12
Nº queimadores	3 atmosféricos
Condições Operatórias:	
Temperatura de funcionamento	60 °C
Pressão de funcionamento	2,6bar
Rendimento Combustão Calculado	65%

Relativamente à unidade produtora de água refrigerada (chiller), está também instalada no exterior do edifício principal. As características principais estão descritas na tabela 2.10.

Tabela 2.10 – Características gerais do Chiller instalado no edifício.

Marca e Modelo	Carrier 30GH 045
Tipo de condensação	Ar
Fonte de energia requerida	Eletricidade
Potência nominal	124 kW
EER (Índice de Eficiência Energética)	2,51
Fluido refrigerante	R 22 (2 circuitos)
Compressores	2 (Semi-herméticos)
Evaporador	
Temperatura da água	7°C
Caudal de água	3,6 L/s
Condensador	
Nº Ventiladores	2
Caudal de ar	9.944 L/s

2.4.3 Equipamentos Informáticos

Os equipamentos informáticos existentes no edifício em análise estão maioritariamente relacionados com as zonas administrativas, embora também estejam presentes noutras zonas, como no bar/restaurante (caixas registadoras informatizadas), zona de exposições do piso superior, entre outros. Deste modo, numa primeira fase efetuou-se o levantamento do número de equipamentos e os locais que dispunham deste tipo de equipamentos. Posteriormente, dada a dificuldade em retirar os valores da potência descritos nos equipamentos, optou-se por realizar uma estimativa dos consumos energéticos destes através de uma relação entre os valores típicos de ganhos energéticos dos equipamentos e a densidade de ocupação dos escritórios considerados pela ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers). A tabela apresentada na figura 2.26, indica valores típicos de densidade energética (expressa em W/m^2), em relação ao número de postos de trabalho por área, computadores, impressoras e outros equipamentos existentes em escritórios, tal como telefones, fax, etc.. Contudo estes valores foram ligeiramente adaptados nas zonas que não se enquadravam na tipologia de escritório.

Load Density of Office	Load Factor, W/m ²	Description
Light	5.4	Assumes 15.5 m ² /workstation (6.5 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer, monitor, and fax diversity 0.67, printer diversity 0.33.
Medium	10.8	Assumes 11.6 m ² /workstation (8.5 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer, monitor, and fax diversity 0.75, printer diversity 0.50.
Medium/Heavy	16.1	Assumes 9.3 m ² /workstation (11 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer and monitor diversity 0.75, printer and fax diversity 0.50.
Heavy	21.5	Assumes 7.8 m ² /workstation (13 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer and monitor diversity 1.0, printer and fax diversity 0.50.

Figura 2.26 – Valores recomendados para os ganhos energéticos relacionados com os equipamentos informáticos em escritórios, considerados pela ASHRAE.

2.4.4 Outros Equipamentos

No edifício principal do PBG existem também outros equipamentos que utilizam energia elétrica. Neste campo, destacam-se principalmente os equipamentos utilizados na cozinha do bar/restaurante do Parque. As potências elétricas destes equipamentos foram estimadas com base nos valores obtidos nas medições realizadas com os analisadores de energia ao quadro elétrico parcial da cozinha (QSP).

As potências de equipamentos quantificados no âmbito deste trabalho, relativos a outros locais distintos da cozinha foram retiradas das placas descritivas dos mesmos.

3. Simulação Dinâmica

3.1 Considerações Iniciais

A simulação dinâmica consiste num método de análise quantitativo do desempenho energético dos edifícios, que permite realizar previsões das necessidades energéticas do edifício e dos seus sistemas em determinadas condições de utilização e funcionamento do mesmo. Neste sentido, as simulações dinâmicas detalhadas para edifícios sujeitos ao RSECE, devem ser realizadas de modo dinâmico, em regime não estacionário, numa base pelo menos horária, durante um ano, seguindo um modelo característico de entrada de dados que inclua essencialmente a(s):

- Características térmicas do edifício (envolvente, divisões internas e suas utilizações);
- Posição e orientação dos edifícios, incluindo as condições climatéricas exteriores;
- Ocupação permanente;
- Características do sistema de AQS;
- Características do sistema de AVAC e o seu controlo;
- Características da central térmica;
- Equipamentos elétricos e iluminação;
- Sistemas solares passivos e de proteção solar.

O objetivo principal das simulações dinâmicas detalhadas, no âmbito do RSECE, é a determinação dos Indicadores de Eficiência Energética (IEE) real e nominal. Podendo, também, servir para dimensionar sistemas de climatização e ser utilizado como ferramenta para o estudo de potenciais medidas de melhoria.

O IEE é um valor representativo do consumo energético por unidade de área de um determinado espaço/edifício e é utilizado para verificação do cumprimento dos requisitos energéticos aplicáveis no RSECE a edifícios de serviços. Esquemáticamente, pode-se visualizar na tabela 3.1 os diferentes tipos de IEE utilizados para fins de verificação regulamentar e de classificação energética no âmbito do SCE.

Tabela 3.1 – Descrição dos diferentes tipos de Indicadores de Eficiência Energética (IEE) [22]

Tipo IEE	Designação	Determinação	Utilidade
IEE _{real, faturas}	IEE real obtido pelas faturas	Por análise simples das faturas energéticas (últimos 3 anos de registos), sem correção climática	Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE.
IEE _{real, simulação}	IEE real obtido por simulação	Por simulação dinâmica, utilizando perfis reais previstos ou determinados em auditoria, com correção climática	<ul style="list-style-type: none"> • Para efeito da auditoria de edifícios novos (ao fim do 3º ano de funcionamento). • Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifício existentes e da necessidade ou não de um PRE.
IEE _{nominal}	IEE nominal obtido por simulação	Por simulação dinâmica em condições nominais, utilizando os perfis padrão do Anexo XV do RSECE, com correção climática	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos; • Classificação energética do edifício (novos e existentes); • Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de PRE.
IEE _{ref, novo}	IEE de referência limite para edifícios novos	Definido no Anexo XI do RSECE	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos; • Referência para a classificação energética (aplicável a edifícios novos e existentes).
IEE _{ref, existente}	IEE de referência limite para edifícios existentes	Definido no Anexo X do RSECE	Verificação simplificada e detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE.

Os programas de simulação dinâmica detalhada utilizados para efeitos do RSECE, têm de ser acreditados pela norma ASHRAE 140-2004. Neste contexto, para a modelação e simulações realizadas ao edifício principal do PBG, entre as várias possibilidades existentes, utilizou-se o *software DesignBuilder*, versão 2.9.0.002.

O *DesignBuilder* constitui a interface para o programa de simulação térmica dinâmica *EnergyPlus*. Este permite criar geometrias de edifícios de forma fácil e intuitiva. Dispõe ainda de uma considerável base de dados, ao nível de ficheiros climáticos, materiais de

construção, sistemas de AVAC, tipologias de edifícios, horários, entre outros, que simplificam a introdução de dados no mesmo.

A introdução dos dados respeitantes ao edifício e/ou zonas é feita através de cinco separadores:

- “*Activity*” – dados relativos ao tipo de atividade e exigências térmicas do espaço, horários de funcionamento, densidade de ocupação, consumo de AQS, quantidade de ar novo insuflado, densidades de equipamentos, entre outros;
- “*Construction*” – dados referentes aos materiais utilizados na construção do edifício;
- “*Openings*” – dados relativos aos vãos envidraçados, portas, sombreamento e materiais utilizados nos mesmos;
- “*Lighting*” – dados relativos ao tipo de iluminação, horários de funcionamento, tipo de controlo, etc.
- “*HVAC*” – dados referentes aos equipamentos de climatização, ventilação, produção de AQS, etc.

Salientando apenas que a versão do programa utilizada neste trabalho contém o módulo IEE, que permite utilizar a caracterização do edifício, inerente à construção do modelo e os resultados da simulação dinâmica detalhada, na determinação de diversos parâmetros importantes no âmbito do RSECE, dos quais se destacam o fator de forma, fatores de correção climática, os diversos tipos de IEE, parâmetro S, classe energética, etc. Contudo, para utilizar este módulo é necessário dispor do programa *Solterm 5* e da sua base de dados, de modo a converter os ficheiros climáticos válidos no formato utilizado nas simulações do *EnergyPlus/DesignBuilder*.

3.2 Modelação do Edifício

A modelação dos edifícios no programa de simulação acima referido é feita através da criação de blocos que são desenhados em espaço tridimensional (3D), podendo ser cortados, rodados, esticados de forma a criar geometrias de edifícios muito próximas das reais. Aliado a estes factos, é possível importar plantas bidimensionais (2D) dos edifícios, em ficheiros CAD, para auxiliar a conceção das geometrias 3D, tal como foi feito para criar o edifício e delimitação dos espaços interiores. As figuras 3.1 a 3.5 mostram algumas das imagens criadas no *DesignBuilder* para o edifício principal do PBG.



Figura 3.1 – Edifício principal do Parque Biológico de Gaia visto de cima, criado no *DesignBuilder*.

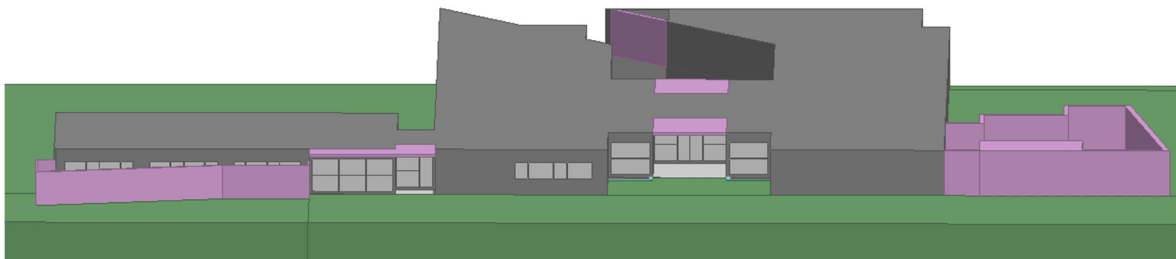


Figura 3.2 – Fachada frontal do edifício principal do PBG criada no *DesignBuilder*.

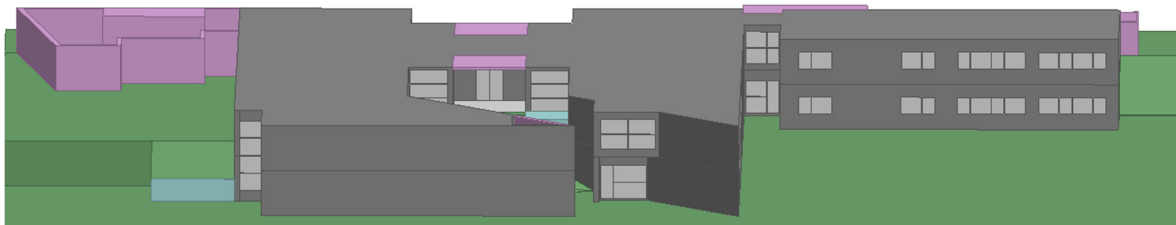


Figura 3.3 – Fachada posterior do edifício principal do PBG, criada no *DesignBuilder*.

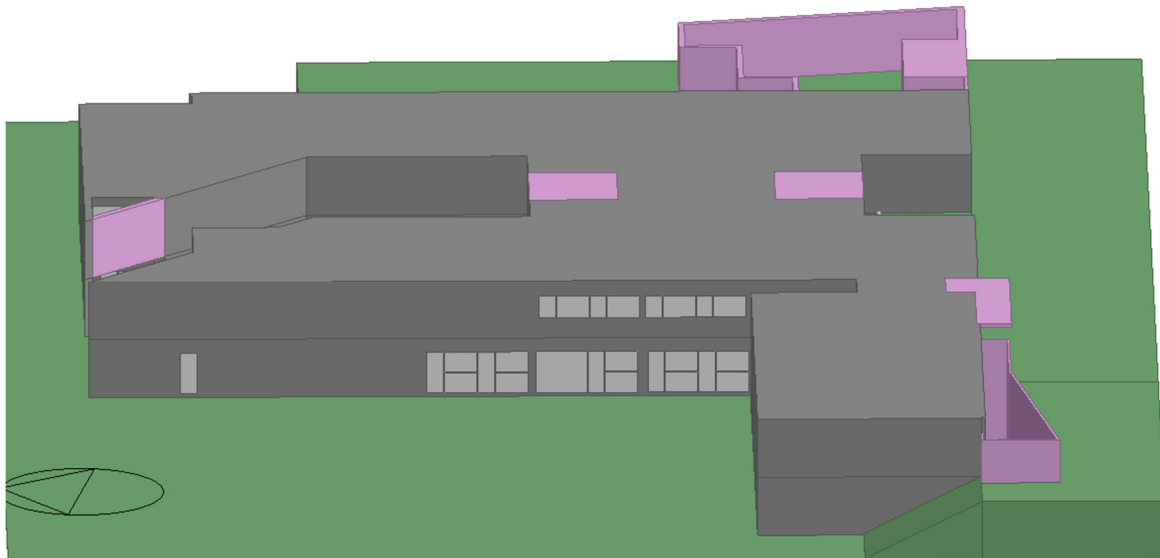


Figura 3.4 – Fachada lateral do edifício principal do PBG, voltada a sudoeste, criada no *DesignBuilder*.



Figura 3.5 – Fachada lateral do edifício principal do PBG, voltada a nordeste, criada no *DesignBuilder*.

3.2.1 Delimitação dos Espaços Interiores

Os espaços internos do edifício foram devidamente delimitados, tal como já foi dito anteriormente, com o auxílio das plantas em CAD exportadas para o ambiente de trabalho do *software*. Todavia, como o edifício em estudo possui uma área de pavimento elevada, com espaços de diferentes tipologias, optou-se por agregar determinados espaços que tivessem tipologias semelhantes entre si, possibilitando a simplificação de introdução de dados na modelação dos mesmos e reduzir os períodos de simulação. Por outro lado, na agregação destes espaços, houve o cuidado de não juntar áreas, que apesar de terem a mesma tipologia, estivessem contidas em fachadas diferentes do edifício.

Neste caso de estudo, como o edifício possui mais do que uma tipologia, os valores de IEE deverão ser calculados proporcionalmente em função das áreas úteis respetivas, a partir de valores calculados por simulação dinâmica ou definidos (valores de referência).

Assim, nas figuras 3.6 e 3.7 procura-se demonstrar a forma como ficou organizado a envolvente interior do edifício principal do PBG em divisões, associando a cada uma delas, a respetiva tipologia que se julgou mais adequada, de acordo com as hipóteses disponíveis no Anexo X do RSECE. Todavia, pelo facto de o edifício principal do PBG dispor também de espaços complementares, tais como, a cozinha e a lavandaria, utilizou-se os valores da tabela de espaços complementares de edifícios novos presente no Anexo XI do RSECE, pois não estavam definidos os valores limites de IEE para este tipo de tipologia no Anexo X do referido regulamento.

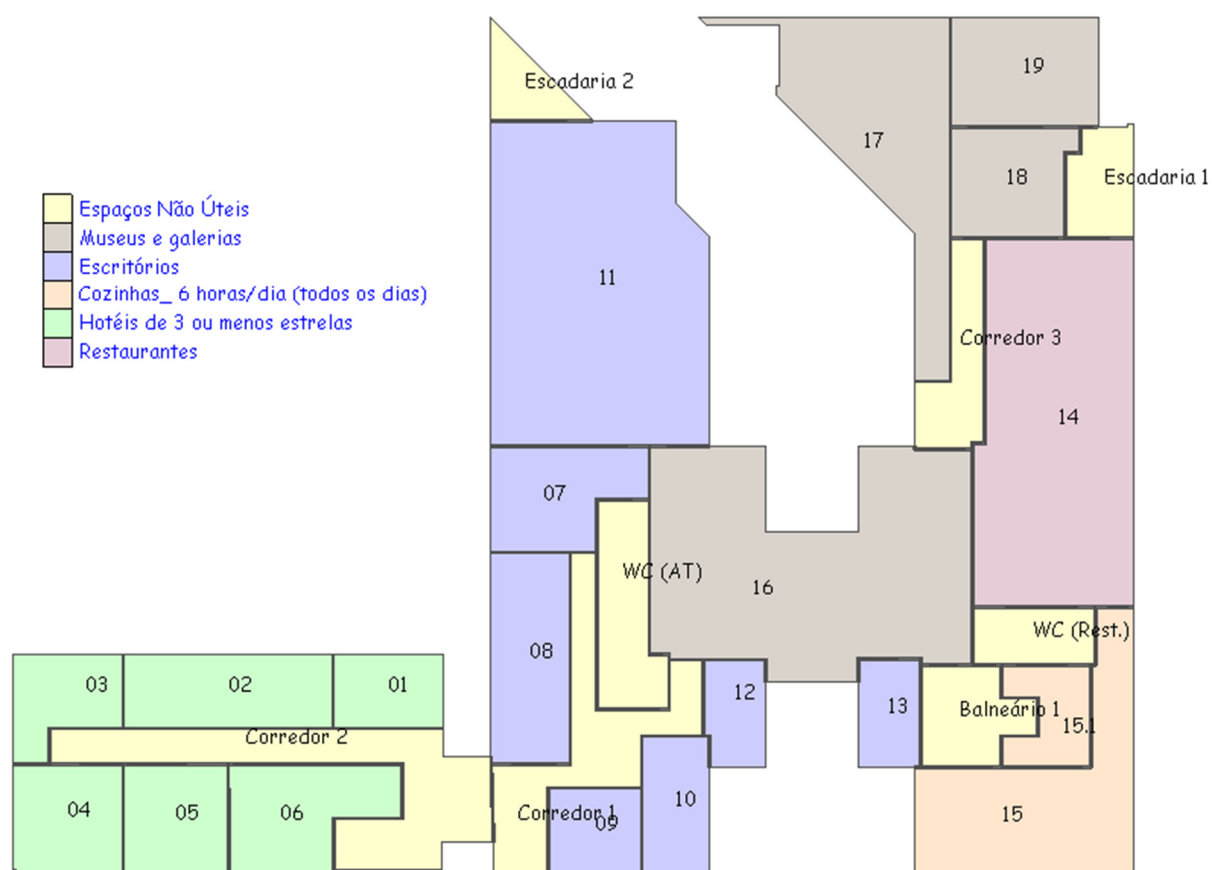


Figura 3.6 – Organização e distribuição por tipologia dos espaços interiores do piso superior do edifício principal do PBG. Imagem criada no *DesignBuilder*.

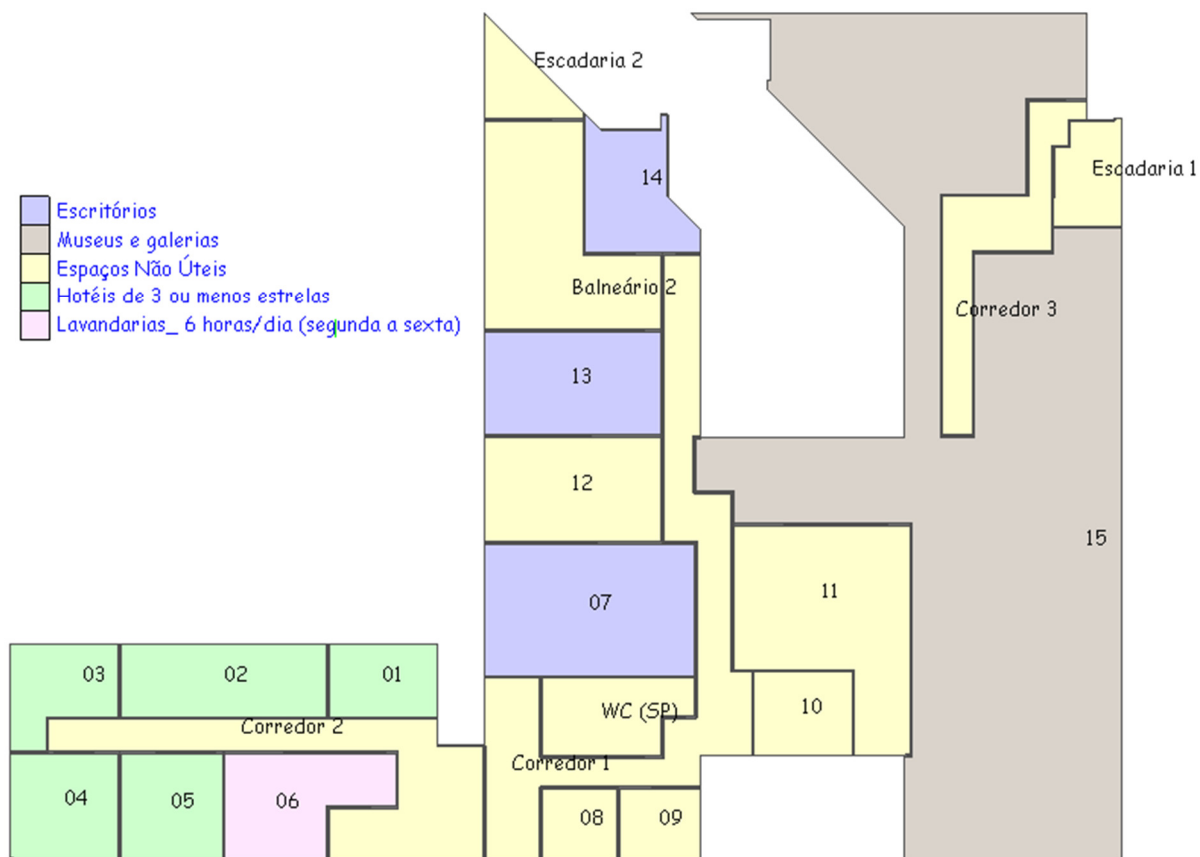


Figura 3.7 – Organização e distribuição por tipologia dos espaços interiores do piso inferior do edifício principal do PBG. Imagem criada no *DesignBuilder*.

As figuras 3.6 e 3.7 foram criadas e legendadas de modo a evidenciar, não só as diferentes tipologias existentes no edifício, mas também os espaços considerados como não úteis. Estes últimos, assinalados nas figuras pela cor amarela, são definidos como o conjunto de locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil de pavimento e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e, portanto, em regra, não são climatizados. Estão incluídos nesta definição, os espaços como armazéns, áreas técnicas, garagens, circulações internas (corredores e escadarias), instalações sanitárias e balneários.

3.2.2 Estrutura do Edifício

Esta fase do trabalho compreende a definição dos materiais de construção utilizados na caracterização da envolvente opaca do edifício principal do PBG. As escolhas dos materiais de construção, utilizadas num edifício assumem um papel preponderante, pois estão fortemente associadas à inércia térmica do mesmo. A inércia térmica pode ser entendida como a capacidade que um edifício possui para contrariar as variações térmicas no seu interior, assumindo-se por este motivo, como um parâmetro relevante no balanço térmico do edifício e que pode ter influência no conforto térmico dos ocupantes.

Neste contexto, de modo a obter uma simulação realista, foi feito o levantamento dos materiais de construção e pormenores construtivos, com base nas informações disponibilizadas pelos responsáveis do Parque Biológico (essencialmente em plantas descritivas dos pormenores construtivos, que mencionavam também os materiais utilizados).

No programa de simulação, na aba “*Construction*”, foram então editadas as paredes exteriores e interiores e a cobertura horizontal do edifício principal do PBG, com recurso aos materiais de construção existentes na base de dados do *software*, procurando ser o mais fiel possível ao levantamento previamente realizado. De referir ainda, que as Características relativas ao tipo e materiais de construção definidas para cada elemento editado, são comuns para todo o edifício.

As paredes exteriores, são constituídas, de fora para dentro, por tijolo de face à vista ($\Delta x=110$ mm), isolamento de poliuretano projetado ($\Delta x=30$ mm) inserido numa caixa-de-ar de 130 mm, tijolo cerâmico furado ($\Delta x=150$ mm) e reboco tradicional em cimento ($\Delta x=10$ mm). Este elemento apresenta um valor de coeficiente de transmissão térmica superficial (U) de $0,56 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

As paredes interiores são simples, constituídas por tijolo cerâmico furado ($\Delta x=150$ mm) e reboco tradicional em cimento de ambos os lados do tijolo ($\Delta x=25$ mm), resultando num U igual a $1,85 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

A estrutura da cobertura horizontal do edifício é constituída por uma camada de suporte, em betão armado ($\Delta x=400$ mm), acima desta está uma camada de forma para pendentes, em betão leve para uniformizar a superfície ($\Delta x=15$ mm), segue-se uma tela de impermeabilização em PVC, o isolamento térmico em poliestireno extrudido (XPS) ($\Delta x=50$ mm), uma tela de geotêxtil e por fim uma camada de gravilha ou seixo branco. Contudo, ficou também definido neste elemento, o teto do piso superior do edifício, deste modo,

abaixo da dita camada de suporte, em betão armado, existe uma caixa-de-ar com 300 mm de espessura e a placa de gesso cartonado que constitui o teto falso ($\Delta x=13$ mm). Assim, o U calculado no programa de simulação para a cobertura horizontal do edifício é igual a $0,31$ $W/m^2.K$.

Os vãos envidraçados existentes no edifício principal e introduzidos no programa de simulação, através da aba “*Openings*”, são compostos por uma caixilharia de alumínio sem corte térmico, associado a vidro duplo incolor de 4 mm com uma caixa-de-ar de 16 mm, resultando num valor de U igual a $2,71$ $W/m^2.K$. Foi considerada, também, que parte das zonas abrangidas pelos vãos envidraçados, tais como a zona administrativa e a hospedaria, dispunham de proteção solar. Deste modo, na zona administrativa a proteção solar é promovida por estores de rolo translúcidos e na hospedaria é promovida através de cortinas de tecido.

Relativamente às portas, pôde-se constatar que a maioria tinha as mesmas propriedades dos vãos envidraçados, considerando-se por isso as Características descritas acima para este tipo de portas. No entanto, a porta da saída de emergência e a porta da garagem, com Características diferentes, admitiu-se que seriam compostas por chapa de aço em ambos os lados ($\Delta x=8$ mm) e no seu interior teria lã mineral ($\Delta x=24$ mm), resultando num U de $1,12$ $W/m^2.K$.

3.2.3 Dados Climáticos

O processo de verificação energética de um edifício deverá sempre contemplar o enquadramento espacial do mesmo, dado que, a localização e clima onde se inserem poderão ter significativa influência no cálculo das cargas térmicas. Como tal, existe a necessidade de utilização de dados climatéricos atuais e adequados à localização do edifício.

Os dados climáticos a utilizar na simulação dinâmica e no módulo de IEE presente no programa de simulação, tal como já foram referidos anteriormente, deveriam ter sido convertidos da base de dados do programa Solterm 5, para um ficheiro compatível como o EnergyPlus. Assim, uma vez que, não se dispunha do programa Solterm 5 para a realização das ditas conversões, optou-se por utilizar o ficheiro climático existente na base de dados do programa de simulação dinâmica, para o concelho do Porto, pois não constava na mesma nenhum ficheiro relativo ao concelho de Vila Nova de Gaia.

O ficheiro climático utilizado e disponível no programa de simulação dinâmica foi o “PRT_PORTO_IWEC.epw”, o qual é obtido na base de dados da ASHRAE - International Weather for Energy Calculations (IWEC). Na tabela 3.2, estão expostas as Caraterísticas dos dados climáticos utilizados no programa de simulação para o edifício principal do PBG.

Tabela 3.2 - Descrição das Caraterísticas presentes no ficheiro climático utilizado na simulação dinâmica detalhada.

Ficheiro Climático	PRT_PORTO_IWEC.epw
Fonte	IWEC (ASHRAE)
País	Portugal
Detalhe de Localização	
Latitude (°)	41,23
Longitude (°)	-8,68
WMO Id. Estação	85450
ASHRAE tipo de clima	3C
Verão	
Mês de Inicio	Julho
Mês de fim	Setembro
Semana de maior calor	5 de Agosto
Semana típica de Verão	15 de Julho
Graus-dia Arrefecimento (°C.dia)	1673
Inverno	
Mês de Inicio	Janeiro
Mês de fim	Março
Semana mais fria	22 de Janeiro
Semana típica de inverno	29 de Janeiro
Graus-dia Aquecimento (°C.dia)	1491

3.3 Implementação do Modelo em Situação Real

A implementação do modelo em condições de funcionamento real relaciona as diferentes tipologias do edifício, com os perfis de ocupação permanente, de utilização de equipamentos (informáticos e outros), de iluminação e dos sistemas de AVAC. Deste modo, será primeiramente feita uma descrição dos referidos perfis de utilização, para cada tipologia considerada no edifício principal do PBG e numa fase posterior são apresentados os valores adotados para a ocupação permanente, equipamentos, iluminação e sistema de AVAC para cada divisão do mesmo.

Para as tipologias, que serão em baixo analisadas, pode-se desde já referir que os equipamentos (informáticos e outros) e os respetivos sistemas de iluminação, seguem os perfis de consumo assinalados nas figuras. Por outro lado, os perfis de consumo relativos ao sistema de AVAC referem-se apenas às UTA, UTAN e ventilação mecânica, ao passo que as unidades terminais, tais como os ventilo-convectores e radiadores são controlados pelos utilizadores do edifício, mediante as necessidades de conforto térmico.

Relativamente à tipologia dos escritórios, estes funcionam de segunda a sexta-feira, entre as 8:30h e as 20:00h. A figura 3.8 demonstra os perfis de ocupação e consumos adotados para a zona administrativa (escritórios).

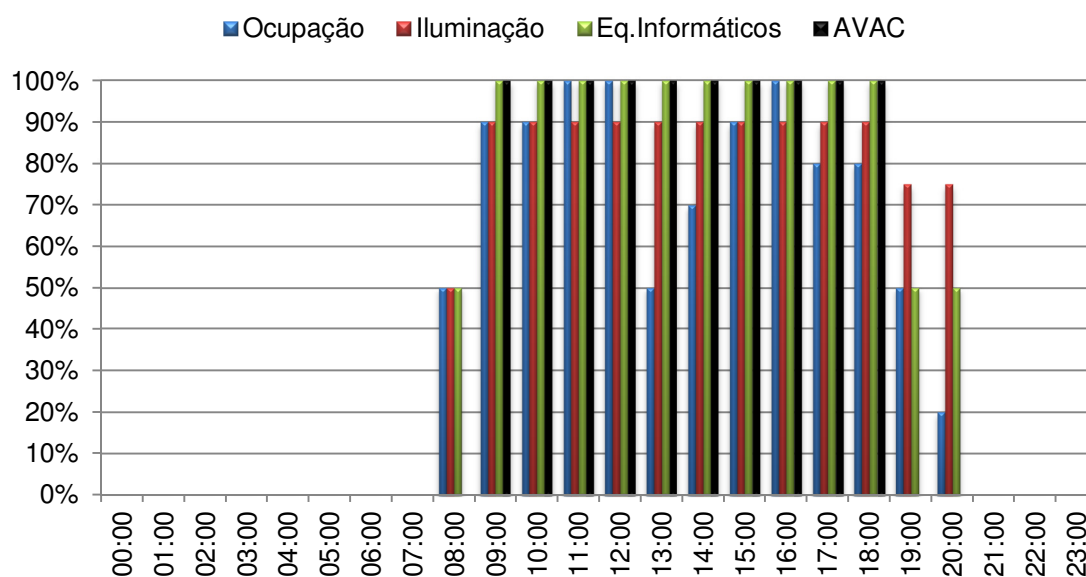


Figura 3.8 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de escritórios.

O auditório do edifício principal do PBG está associado à área útil da tipologia de escritórios. No entanto, este espaço não se adequa aos perfis de ocupação desta tipologia, devido ao facto de não ser utilizado em todos os dias úteis da semana e não ter os mesmos horários de funcionamento. Assim, de acordo com as informações que foram disponibilizadas no Parque Biológico, a utilização deste espaço acontece em média 5 vezes por mês. Por este motivo, foram adaptados os perfis de ocupação e consumos do auditório, tendo-se considerado para efeitos de cálculo no programa de simulação, uma utilização semanal durante todo o ano, seguindo os perfis apresentados na figura 3.9.

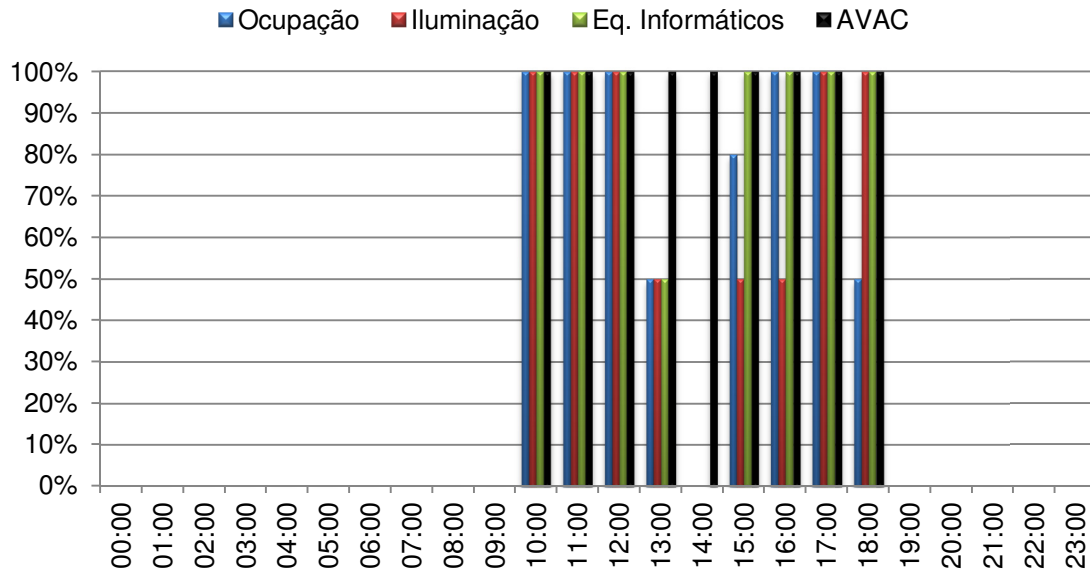


Figura 3.9 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para o espaço relativo ao auditório, incluído na tipologia de escritórios.

Para as zonas referentes à tipologia de restaurante, verificou-se o horário de funcionamento entre as 8:30h e as 18:00h de segunda a domingo. A figura 3.10 apresenta os perfis estimados de ocupação e consumos adotados. De referir ainda que a cozinha do restaurante, apesar de ser considerada como um espaço complementar, também seguiu os perfis de ocupação e consumo apresentados na figura 3.10, com a exceção do sistema de AVAC que não dispõe.

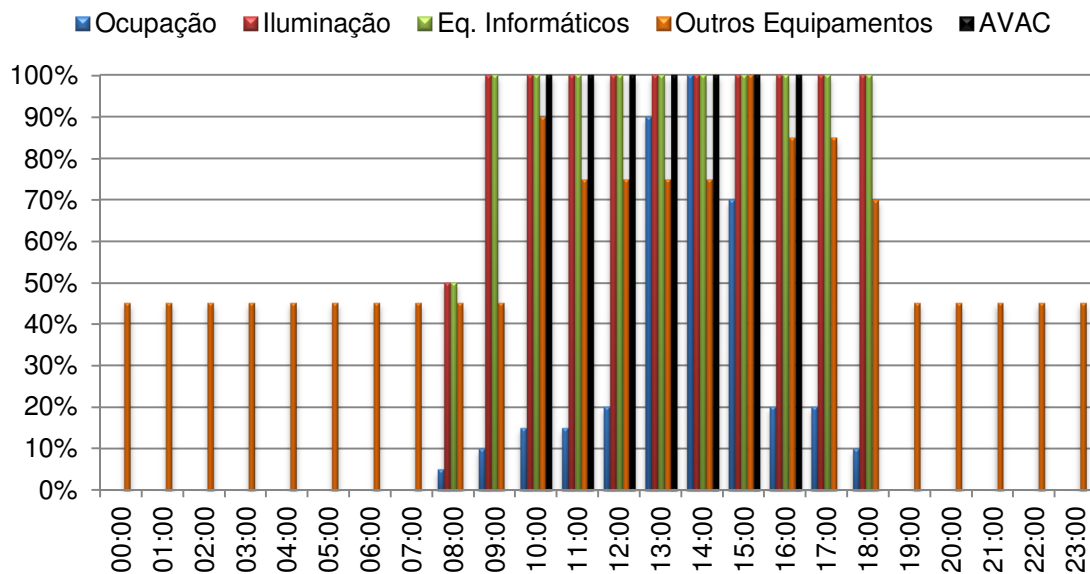


Figura 3.10 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de restaurante.

Para as zonas de exposições, pertencentes à tipologia adotada de museus e galerias, o período de funcionamento ocorre de segunda a domingo entre as 10:00h e as 18:00h. A figura 3.11 indica os perfis de ocupação e consumos adotados para a zona de exposições.

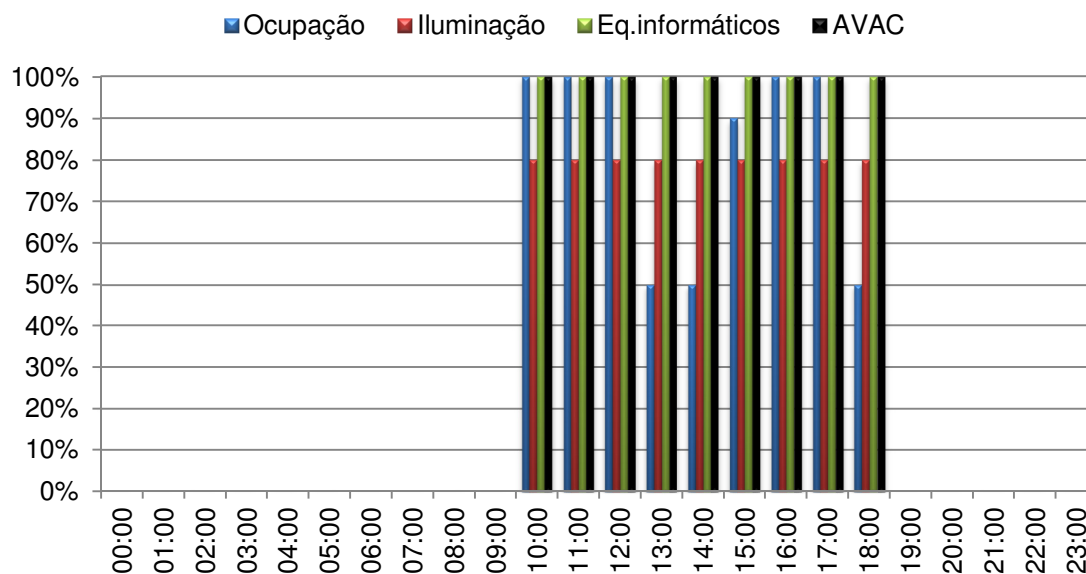


Figura 3.11 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de exposições.

Em analogia com o que foi referido para o auditório, as salas de formação incluem-se na área relativa à tipologia de museus e galerias, embora com perfis de utilização diferentes. Relativamente a este espaço, foi dada a informação que a sua utilização média seria de 12 utilizações por mês. Assim, nos dados introduzidos no programa de simulação considerou-se que esta zona funcionaria durante três dias úteis da semana ao longo de todo o ano, seguindo os perfis de ocupação e consumos energéticos apresentados na figura 3.12.

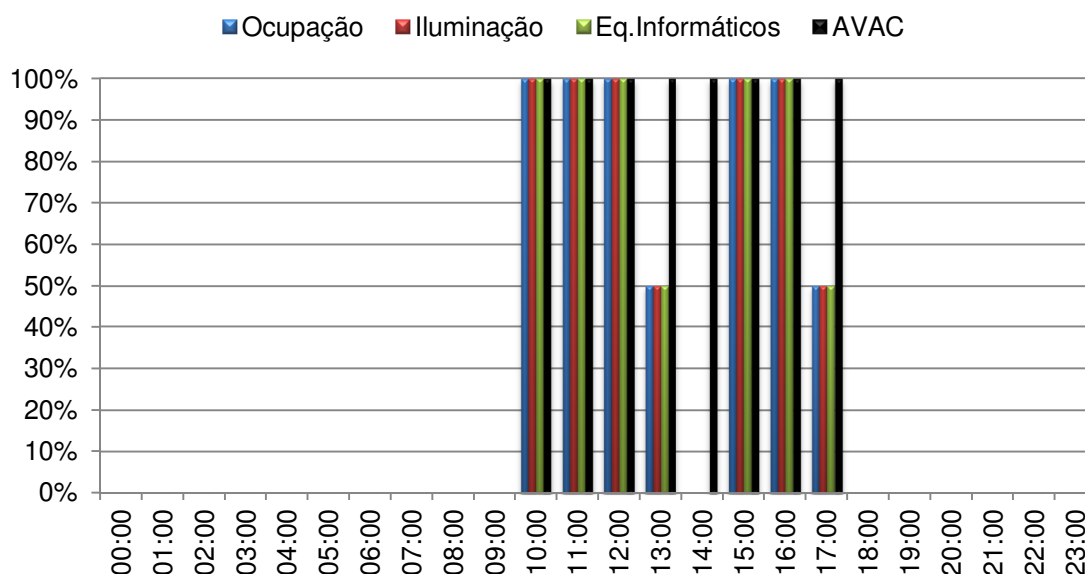


Figura 3.12 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de sala de formação.

Para as zonas relativas à hospedaria, as informações sobre as utilizações e perfis de consumo disponibilizadas pelo responsável do Parque Biológico foram escassas, existindo, por este motivo, a necessidade de realizar algumas estimativas para as quantificar. Neste contexto, a única informação disponível para esta tipologia do edifício, foi que a hospedaria acolhe em média 260 pessoas por mês. Por outro lado, sabe-se que a hospedaria do Parque Biológico de Gaia dispõe de 12 quartos com capacidades de ocupação que variam entre 2, 3, 4 e 6 pessoas.

Associando os dois factos descritos, foi realizada inicialmente uma estimativa da densidade de ocupação, através da distribuição das pessoas em cada um dos quartos e para cada semana, de forma a obter o valor de ocupação média semanal referido e o número de dias que cada quarto seria utilizado numa semana. Assim, para efeito de cálculos no programa de simulação, admitiu-se que o período de funcionamento ocorria apenas durante as sextas-feiras e/ou sábados ao longo de todo o ano, apesar de se saber que a hospedaria funciona a qualquer dia da semana. Realçando que determinados quartos seriam utilizados semanalmente apenas uma vez (sextas-feiras) e os restantes seriam utilizados duas vezes (sexta-feira e sábado).

A figura 3.13 indica os perfis de ocupação e consumos adotados para as zonas identificadas como hospedaria. De notar nesta figura apesar de não existir ocupação permanente nos quartos da hospedaria, assume-se que existem consumos de iluminação relacionados com os serviços de limpeza aos quartos que possam existir.

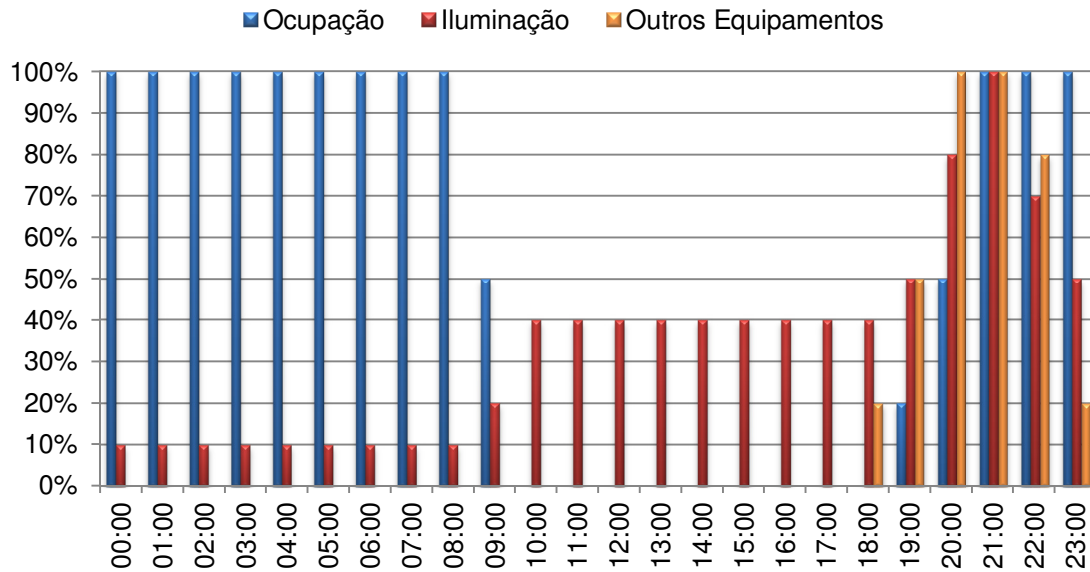


Figura 3.13 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para a tipologia de hospedaria.

A lavandaria, classificada como espaço complementar e inserida na área útil da hospedaria, tal como acontece em espaços como o auditório e sala de formação, tem perfis de utilização e consumos diferentes da tipologia onde se insere. Assim, de forma a obter os resultados mais realistas possíveis na simulação dinâmica, adaptaram-se estes perfis ao espaço em causa. Deste modo, são apresentados na figura 3.14 os perfis de ocupação e consumos energéticos associados à lavandaria da hospedaria.

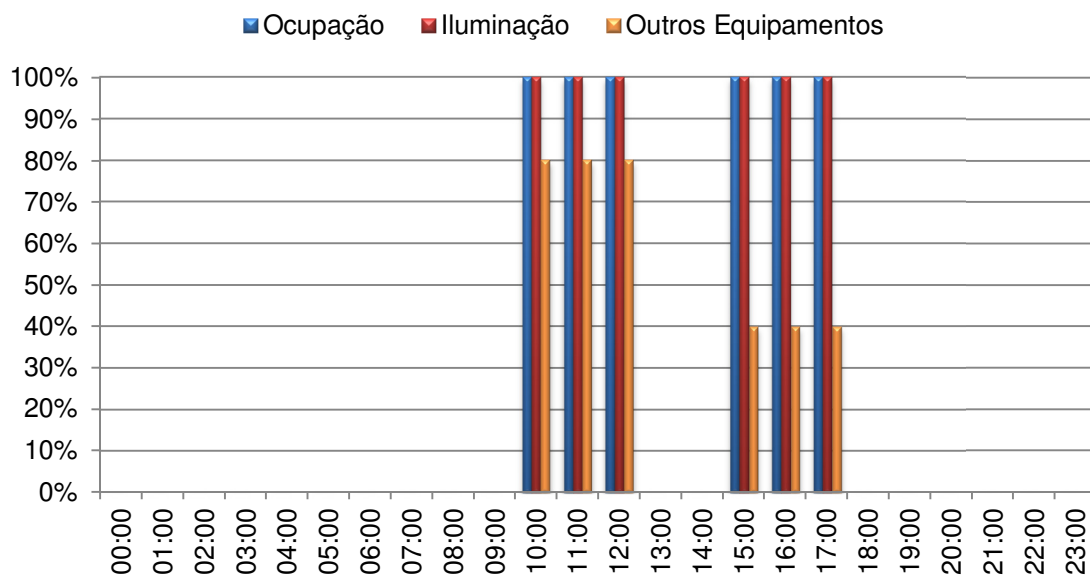


Figura 3.14 - Perfil de ocupação e consumo da iluminação, equipamentos informáticos e sistema de AVAC para o espaço complementar, relativo à lavandaria.

3.3.1 Ocupação Permanente

A ocupação permanente dos espaços foi registada na fase de auditoria e os valores são apresentados nas tabelas 3.3 e 3.4 sob a forma de densidade de ocupação, tal como são inseridos no programa de simulação.

Relativamente aos espaços descritos como bar-restaurante, auditório e salas de formação, os valores de ocupação permanente considerados na tabela estão de acordo com os valores médios ou capacidades de ocupação Característicos para este tipo de espaço.

A densidade ocupacional dos locais designados por hospedaria foi admitida conforme o referido anteriormente na descrição dos perfis de ocupação e consumos energéticos destes espaços.

Tabela 3.3 - Densidade ocupacional dos espaços do piso superior.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	Ocup. Permanente (Nº Pessoas)	Ocup./m ²
1	Hospedaria 0.1	27,8	2	0,07
2	Hospedaria 0.2	52,9	4	0,08
3	Hospedaria 0.3	32,1	4	0,12
4	Hospedaria 0.4	41,0	6	0,15
5	Hospedaria 0.5	39,3	6	0,15
6	Hospedaria - Sala Comum	52,2	-	-
7	Escritório 1	47,6	1	0,02
8	Escritório 2	57,4	7	0,12
9	Escritório 3	27,3	-	-
10	Escritório 4	31,5	5	0,16
11	Auditório	231,4	150	0,65
12	Posto de Segurança	22,0	2	0,09
13	Gabinete de Atendimento	22,8	2	0,09
14	Bar - Restaurante	194,3	106	0,55
15	Cozinha + Armazém Alimentos	101,3	4	0,04
16	Átrio Principal - Receção	215,6	2	0,01
17	Exposição	114,3	-	-
18	Biblioteca	45,0	1	0,02
19	Sala Formação	54,7	15	0,27
Balneário 1	Balneário Funcionárias	33,0	-	-
WC (AT)	WC (Átrio Principal)	41,1	-	-
WC (Rest.)	WC (Bar - Restaurante)	24,2	-	-
Corredor 1	Corredor (Escritórios Sup.)	67,6	-	-
Corredor 2	Corredor (Hospedaria sup.)	87,9	-	-
Corredor 3	Corredor (Exp. Perm. Sup.)	32,7	-	-
Escadaria 1	Escadaria (Biblioteca)	24,8	-	-

Escadaria 2	Escadaria (Saída de Emergência)	17,8	-	-
-------------	---------------------------------	------	---	---

* Designação dos espaços de acordo com os designados na figura 3.6.

Tabela 3.4 - Densidade ocupacional dos espaços do piso inferior.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	Ocup. Permanente (Nº Pessoas)	Ocup./m ²
1	Hospedaria -1.1	28,0	2	0,07
2	Hospedaria -1.2	53,5	2	0,04
3	Hospedaria -1.3	32,4	4	0,12
4	Hospedaria -1.4	40,9	6	0,15
5	Hospedaria -1.5	39,1	4	0,10
6	Lavandaria da hospedaria	52,0	2	0,04
7	Sala Polivalente	98,9	8	0,08
8	Sala arquivo morto	19,5	-	-
9	Sala IP	20,8	-	-
10	Central térmica	29,5	-	-
11	Armazém	108,1	-	-
12	Garagem	65,9	-	-
13	Laboratório Astronomia	64,5	-	-
14	Laboratório Atividades	41,4	-	-
15	Exposição Permanente	669,9	10	0,015
Balneário 2	Balneário Funcionários	94,6	-	-
WC (SP)	WC (Sala polivalente)	38,3	-	-
Corredor -1.1	Corredor (Escritórios Inf.)	134,2	-	-
Corredor -1.2	Corredor (Hospedaria Inf.)	93,6	-	-
Corredor -1.3	Corredor (Exp. Perm. Inf.)	78,5	-	-

* Designação dos espaços de acordo com os designados na figura 3.7.

3.3.2 Equipamentos Informáticos e Outros Equipamentos Elétricos

Tal como referido no ponto 2.4.3 deste trabalho, as densidades de equipamentos informáticos, introduzidos no programa de simulação, foram estimados através dos valores recomendados para os ganhos energéticos de equipamentos informáticos, em escritórios com diferentes densidades de postos de trabalho e por quantidade de área disponível.

Nos espaços com equipamentos informáticos, mas desenquadrados da tipologia de escritório, os ganhos energéticos associados a estes foram admitidos com base na consulta do ASHRAE Handbook - Fundamentals (2009) e no sítio da internet da energystar. [24] [25]

Na tabela 3.5 são apresentadas apenas as zonas abrangidas por equipamentos informáticos.

Tabela 3.5 - Ganhos energéticos relacionados com equipamentos informáticos.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	Postos de Trabalho	W/m ²
Piso Superior				
7	Escritório 1	47,6	1	5
8	Escritório 2	57,4	7	22
9	Escritório 3	27,3	-	-
10	Escritório 4	31,5	5	22
11	Auditório	231,4	-	6
12	Posto de Segurança	22,0	2	16
13	Gabinete de Atendimento	22,8	2	22
14	Bar - Restaurante	194,3	-	1
15	Cozinha + Armazém Alimentos	101,3	-	1
19	Sala Formação	54,7	-	6
Piso Inferior				
7	Sala Polivalente	98,9	8	11
9	Sala IP	20,8	-	14

* Designação dos espaços de acordo com os designados nas figuras 3.6 e 3.7.

De seguida, são apresentados os valores relativos a outros equipamentos elétricos. Assim no que diz respeito ao bar- restaurante e cozinha foram assumidos os valores da potência absorvida, obtidos nos diagramas de carga realizados ao quadro elétrico parcial comum a estes dois espaços. Os restantes são quantificados com base nas placas de informação dos aparelhos existentes nesses espaços.

Tabela 3.6 – Ganhos energéticos relacionados com outros equipamentos elétricos.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	W/m ²
Piso Superior			
6	Hospedaria - Sala Comum	52,2	9
14	Bar - Restaurante	194,3	44
15	Cozinha + Armazém Alimentos	101,3	155
Piso Inferior			
6	Lavandaria da hospedaria	52,0	106

* Designação dos espaços de acordo com os designados nas figuras 3.6 e 3.7.

3.3.3 Iluminação

Para a obtenção das densidades de iluminação para os diferentes espaços, fez-se o levantamento do número total de lâmpadas e respectivas potências, relacionando-as posteriormente com a área de cada espaço. Nas tabelas 3.7 e 3.8, são apresentados os valores referentes à densidade de iluminação por unidade de área.

Tabela 3.7 - Ganhos energéticos associados à iluminação do piso superior.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	Potência (W)	Iluminação (W/m ²)
1	Hospedaria 0.1	27,8	127	5
2	Hospedaria 0.2	52,9	451	9
3	Hospedaria 0.3	32,1	420	13
4	Hospedaria 0.4	41,0	540	13
5	Hospedaria 0.5	39,3	540	14
6	Hospedaria - Sala Comum	52,2	622	12
7	Escritório 1	47,6	288	6
8	Escritório 2	57,4	576	10
9	Escritório 3	27,3	216	8
10	Escritório 4	31,5	288	9
11	Auditório	231,4	1.456	6
12	Posto de Segurança	22,0	144	7
13	Gabinete de Atendimento	22,8	208	9
14	Bar - Restaurante	194,3	2.052	11
15	Cozinha + Armazém Alimentos	101,3	752	7
16	Átrio Principal - Recepção	215,6	1.828	8
17	Exposição	114,3	2.001	18
18	Biblioteca	45,0	288	6
19	Sala Formação	54,7	432	8
Balneário 1	Balneário Funcionárias	33,0	304	9
WC (AT)	WC (Átrio Principal)	41,1	356	9
WC (Rest.)	WC (Bar - Restaurante)	24,2	216	9
Corredor 1	Corredor (Escritórios Sup.)	67,6	720	11
Corredor 2	Corredor (Hospedaria sup.)	87,9	552	6
Corredor 3	Corredor (Exp. Perm. Sup.)	32,7	0	0
Escadaria 1	Escadaria (Biblioteca)	24,8	0	0
Escadaria 2	Escadaria (Saída de Emergência)	17,8	0	0

* Designação dos espaços de acordo com os designados na figura 3.6.

Tabela 3.8 - Ganhos energéticos associados à iluminação do piso inferior.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	Potência (W)	Iluminação (W/m ²)
1	Hospedaria -1.1	28,0	127	5
2	Hospedaria -1.2	53,5	451	8
3	Hospedaria -1.3	32,4	420	13
4	Hospedaria -1.4	40,9	540	13
5	Hospedaria -1.5	39,1	540	14
6	Lavandaria da hospedaria	52,0	580	11
7	Sala Polivalente	98,9	432	4
8	Sala arquivo morto	19,5	72	4
9	Sala IP	20,8	72	3
10	Central térmica	29,5	72	2
11	Armazém	108,1	288	3
12	Garagem	65,9	144	2
13	Laboratório Astronomia	64,5	360	6
14	Laboratório Atividades	41,4	504	12
15	Exposição Permanente	669,9	9.718	15
Balneário 2	Balneário Funcionários	94,6	216	2
WC (SP)	WC (Sala polivalente)	38,3	360	9
Corredor -1.1	Corredor (Escritórios Inf.)	134,2	576	4
Corredor -1.2	Corredor (Hospedaria Inf.)	93,6	552	6
Corredor -1.3	Corredor (Exp. Perm. Inf.)	78,5		0

* Designação dos espaços de acordo com os designados na figura 3.7.

3.3.4 Produção de Águas Quentes Sanitárias

A produção de águas quentes sanitárias (AQS) no edifício principal do PBG serve para alimentar os chuveiros dos quartos da hospedaria, a cozinha do restaurante e os dois balneários existentes para usufruto dos funcionários.

Na tabela 3.9 estão apresentados os valores introduzidos no programa de simulação, para o consumo dos referidos locais. Na construção da referida tabela, utilizaram os valores de referência, consultados no documento disponibilizado no sítio de internet da ADENE, "Perguntas & Respostas sobre o RCCTE". [26]

No entanto, para o caso dos balneários considerou-se um agravamento do valor de referência (de 15 para 30 L/pessoa), devido à fraca racionalização no consumo de AQS nestes espaços, facto confirmado e divulgado pelos responsáveis do PBG na fase da auditoria.

Tabela 3.9 - Valores assumidos para o consumo de AQS no edifício principal do PBG.

Tipologia do Espaço	Consumo diário de referência (60°C)	Qt./dia	AQS (L/dia)	Área (m ²)	AQS (L/m ² .dia)
Quartos da Hospedaria	40 L/cama	9	342	387	0,884
Restaurante (cozinha)	10 L/Refeição	105	1045	101,3	10,32
Balneários (Funcionários do Parque)	30 L/pessoa	12	360	94,6	3,81
		6	180	33	5,45

3.3.5 Equipamentos de Climatização

As capacidades de aquecimento e/ou arrefecimento considerados na simulação dinâmica para os equipamentos de climatização, resultam do levantamento efetuado na fase de auditoria ao número de ventilo-convectores e radiadores, associando os respetivos valores de potência fornecidos pelo instalador dos mesmos, quer em plantas da especialidade ou no documento relativo à programação do sistema de AVAC.

Por outro lado, as capacidades térmicas dos equipamentos de climatização associados às UTA e UTAN foram obtidas com o recurso a uma funcionalidade que o programa de simulação dispõe e que consiste no dimensionamento destes equipamentos para o edifício em causa, assumindo-se uma tolerância de 20% superior ao necessário.

Os valores das capacidades de aquecimento e/ou arrefecimento dos equipamentos referidos atrás são apresentados nas tabelas 3.10 e 3.11. Nestas, estão também presentes os valores considerados para a ventilação mecânica proporcionada pelas UTA e UTAN. Contudo, importa referir que os valores considerados e utilizados na simulação dinâmica referentes à ventilação mecânica correspondem aos valores exigidos no RSECE, uma vez que não se dispunha dos valores reais de insuflação e extração destes equipamentos.

Tabela 3.10 - Valores das capacidades de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos instalados nos diferentes espaços e os valores de ventilação mecânica considerados, no piso superior.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	Capacidade Aquecimento (kW)	Capacidade Arrefecimento (kW)	Ventilação Mecânica (L/s.ocup.) (L/s.m ²)
1	Hospedaria 0.1	27,8	2,66		
2	Hospedaria 0.2	52,9	4,94		
3	Hospedaria 0.3	32,1	2,85		
4	Hospedaria 0.4	41	2,85		
5	Hospedaria 0.5	39,3	2,47		
6	Hospedaria - Sala Comum	52,2	1,14		
7	Escritório 1	47,6	2,33	5,63	1,39
8	Escritório 2	57,4	7,12	11,2	1,39
9	Escritório 3	27,3	2,5	2,72	1,39
10	Escritório 4	31,5	3,39	3,73	1,39
11	Auditório	231	10,1	20	8,33
12	Posto de Segurança	22	1,71		
13	Gabinete de Atendimento	22,8	1,71		
14	Bar - Restaurante	194	45	38,5	9,72
15	Cozinha + Armazém Alimentos	101			
16	Átrio Principal - Recepção	216	18,9	10,5	1,39
17	Exposição	114	5,55	6,21	1,39
18	Biblioteca	45	1,45	1,13	8,33
19	Sala Formação	54,7	7	7,34	8,33
Balneário 1	Balneário Funcionárias	33			
WC (AT)	WC (Átrio Principal)	41,1			
WC (Rest.)	WC (Bar - Restaurante)	24,2			
Corredor 1	Corredor (Escritórios Sup.)	67,6			1,39
Corredor 2	Corredor (Hospedaria sup.)	87,9			
Corredor 3	Corredor (Exp. Perm. Sup.)	32,7			1,39
Escadaria 1	Escadaria (Biblioteca)	24,8			
Escadaria 2	Escadaria (Saída de Emergência)	17,8			

* Designação dos espaços de acordo com os designados na figura 3.6.

Tabela 3.11 -Valores das capacidades de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos instalados nos diferentes espaços e os valores de ventilação mecânica considerados, no piso inferior.

Designação do espaço *	Descrição	Área (m ²)	Capacidade		Ventilação Mecânica	
			Aquecimento (kW)	Arrefecimento (kW)	(L/s.ocup.)	(L/s.m ²)
1	Hospedaria -1.1	28	2,66			
2	Hospedaria -1.2	53,5	4,96			
3	Hospedaria -1.3	32,4	2,85			
4	Hospedaria -1.4	40,9	2,85			
5	Hospedaria -1.5	39,1	2,47			
6	Lavandaria da hospedaria	52	5,32			
7	Sala Polivalente	98,9	5,32			1,39
8	Sala arquivo morto	19,5				
9	Sala IP	20,8		3,22		
10	Central térmica	29,5				
11	Armazém	108				
12	Garagem	65,9				
13	Laboratório Astronomia	64,5				
14	Laboratório Atividades	41,4				
15	Exposição Permanente	670	60	25		1,39
Balneário 2	Balneário Funcionários	94,6				
WC (SP)	WC (Sala polivalente)	38,3				
Corredor -1.1	Corredor (Escritórios Inf.)	134				1,39
Corredor -1.2	Corredor (Hospedaria Inf.)	93,6				
Corredor -1.3	Corredor (Exp. Perm. Inf.)	78,5				1,39

* Designação dos espaços de acordo com os designados na figura 3.7.

Os valores de *set-points* utilizados para o aquecimento e arrefecimento dos diferentes espaços ou tipologias seguiram as descrições do documento existente referente à programação do sistema de AVAC e são assinalados na tabela 3.12.

Tabela 3.12 - Set-points utilizados na caracterização do sistema de climatização.

Zona	Set-Point (°C)		Controlo
	Aquecimento	Arrefecimento	
Administrativa	21	25	Automático
Exposições (Piso Superior)	22	25	Manual
Bar - Restaurante	21	25	Automático
Átrio Principal	21	25	Automático
Auditório	22	25	Manual
Exposição Permanente	21	25	Automático
Sala IP	-	19	Automático

3.3.6 Resultados Obtidos

Após a realização da simulação dinâmica no *software DesignBuilder* em condições de funcionamento reais, obtém-se os dados dos consumos energéticos anuais, desagregados por utilizador final. Deste modo, os consumos obtidos na simulação em condições de funcionamento real do edifício, para os diferentes utilizadores energéticos, apresentam a distribuição descrita na tabela 3.13.

Tabela 3.13 - Distribuição dos consumos energéticos anuais em condições de funcionamento real do edifício principal do PBG, obtidos através da simulação dinâmica.

Utilizador	Consumo Energético (kWh/ano)
Equipamentos Elétricos	175.072
AQS	55.734
Ventiladores	2.964
Equipamentos auxiliares (AVAC)	28.904
Arrefecimento	7.265
Aquecimento	199.354
Iluminação Interior	74.846

De notar, que estão excluídos desta lista o consumo elétrico relativo à iluminação exterior e o consumo de gás natural utilizado na cozinha do restaurante. Contudo, estes consumos foram determinados manualmente para que pudessem ser incluídos no consumo energético anual simulado do edifício principal do PBG.

A caracterização da iluminação exterior, em relação à potência instalada, pode ser descrita de acordo com os dados apresentados na tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Descrição da iluminação exterior do edifício principal do PBG.

Descrição	Potência (kW)
Iluminação Estacionamento	1,68
Projetores Portaria	0,30
Projetores Externos (entrada principal)	0,14
Iluminação Pimenteiros	0,35
Entrada posterior do edifício	0,28

Porém, para a quantificação do consumo energético associado a este item, considerou-se apenas as potências da iluminação do estacionamento e os projetores da portaria (1,98 kW),

devido ao facto de estes constituírem a fração da iluminação exterior que funciona todos os dias do ano, segundo o funcionamento automático. Os restantes elementos da tabela 3.14 são acionados esporadicamente em função da necessidade, tornando a sua quantificação difícil e considerada desprezável face ao consumo da iluminação de funcionamento automático.

Tal como já foi anteriormente descrito, a iluminação considerada para este cálculo é acionada durante um período pré-definido entre 17:30h e 01:00h no inverno e entre as 20:00h e 01:00h no verão, perfazendo um total de 4.653 horas de funcionamento. Assim, o consumo energético anual referente à iluminação exterior é igual a 9.213 kWh/ano.

Relativamente ao consumo de gás natural anual da cozinha do restaurante (fogões), optou-se por não incluir esta parcela nos cálculos da simulação dinâmica, de modo a diminuir possíveis erros de cálculo, uma vez que foram disponibilizadas para este trabalho as medições realizadas durante os anos de 2009 a 2011. Neste contexto, sabendo que o consumo médio anual para a cozinha foi de 3.739 m³, correspondente a 43.623 kWh/ano (utilizando como fator de conversão PCS=11,667 kWh/m³).

Adicionando o consumo energético destes dois últimos utilizadores de energia (iluminação exterior e fogões da cozinha) aos utilizadores referidos na tabela 3.13, obtém um consumo energético anual simulado de 596.973 kWh/ano.

Na figura 3.15 apresenta-se a desagregação dos consumos energéticos do edifício principal do PBG pelos seus utilizadores.

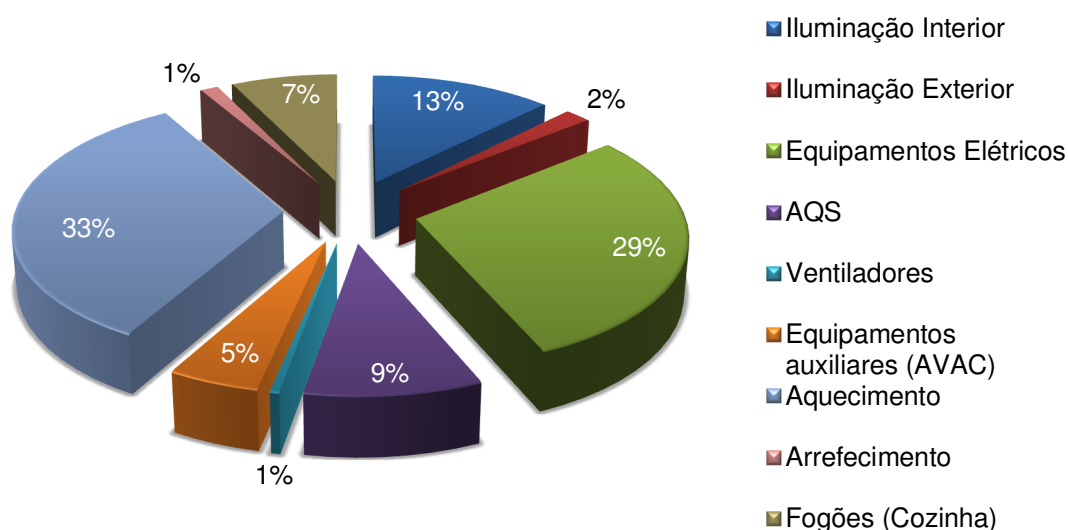


Figura 3.15 - Desagregação dos consumos energéticos anuais pelos diferentes utilizadores.

Analisando a figura 3.15, pode constatar-se que o aquecimento é o principal consumidor de energia no edifício. Este facto deve-se à necessidade de compensação das perdas térmicas existentes, compreendidas essencialmente na envolvente externa do edifício, mas também do ar de infiltração e do ar insuflado pelas UTAN e UTA. Na figura 3.16 é possível ter uma perspetiva dos ganhos e perdas energéticas anuais no edifício em estudo.

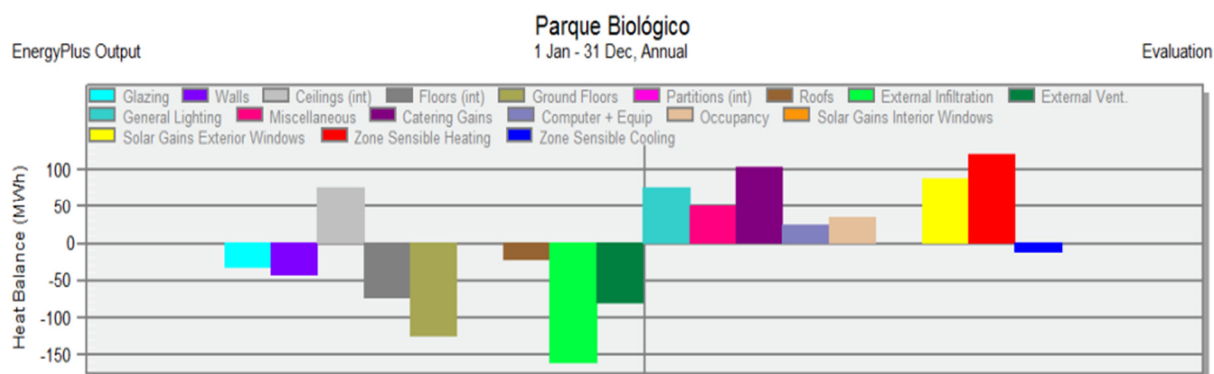


Figura 3.16 - Balanço térmico ao edifício principal do PBG obtido no *DesignBuilder*.

No entanto, através da análise da evolução mensal dos ganhos energéticos do edifício, feita com o recurso à figura 3.17, verifica-se que na estação de arrefecimento não existe a necessidade de elevados consumos energéticos para arrefecer o edifício (linha a azul escuro), uma vez que este se deve principalmente à compensação do aumento dos ganhos energéticos associados aos vãos envidraçados (linha a amarelo), mas também face à diminuição das perdas pela envolvente externa do edifício.

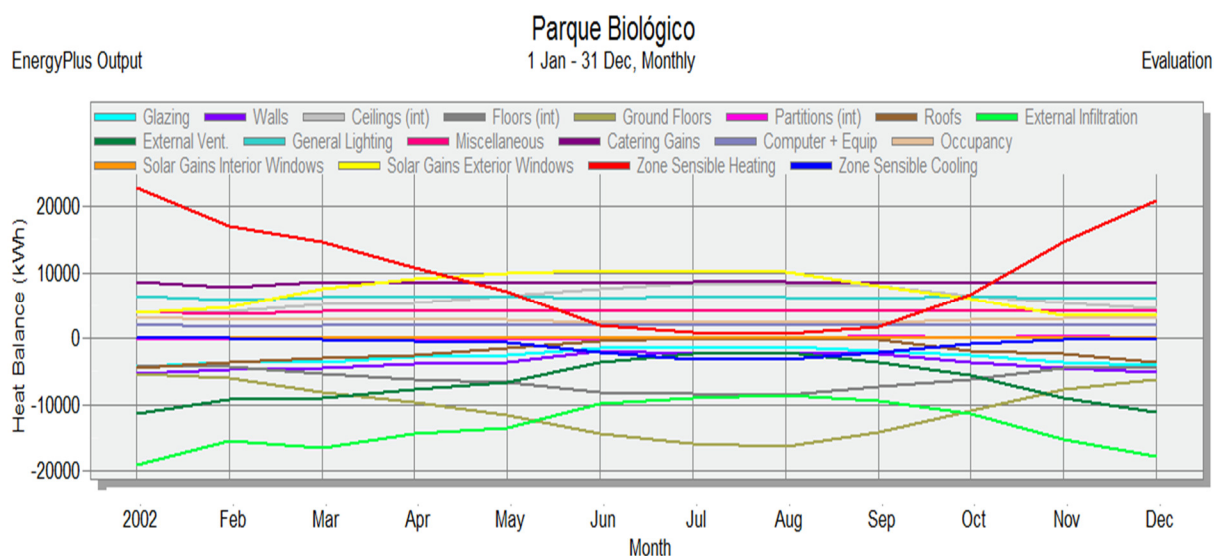


Figura 3.17 - Evolução mensal dos ganhos energéticos no edifício principal do PBG, obtidos no *DesignBuilder*.

A validação do modelo de simulação dinâmica de um edifício existente é feita com base nos consumos reais faturados. Assim, o ajuste das variáveis e parâmetros do modelo de simulação devem conduzir a um resultado final, em termos de consumos anuais simulados, compreendido num intervalo de mais ou menos 10% em relação ao consumo médio anual das faturas dos últimos três anos de atividade.

Na tabela 3.15 são apresentados os consumos energéticos obtidos na simulação dinâmica e os valores disponíveis e utilizados como base de análise, apresentados nas tabelas 2.6 e 2.7.

Tabela 3.15 - Consumos energéticos efetivos e simulados do edifício principal do PBG.

Fonte de Energia	Consumo no Edifício Principal (kWh)	
	Real (Faturas)	Simulação Dinâmica
Eletricidade	275.463	298.262
Gás Natural	287.898	298.711
Total	563.361	596.973

Deste modo, dispondo dos consumos anuais simulados e faturados é possível determinar a diferença entre eles para validação e ajuste do modelo de simulação.

$$\left| \frac{596.973 - 563.361}{563.361} \right| \times 100 \cong 6\% \quad (1)$$

Pela expressão (1) verifica-se que a diferença entre os consumos anuais simulados e faturados está compreendida no intervalo de mais ou menos 10%, podendo-se considerar que o modelo de simulação é válido e está calibrado. Em seguida procedeu-se à análise mais detalhada ao nível das fontes de energia, utilizando como base os valores obtidos na simulação dinâmica. A figura 3.18 mostra como é repartida a energia relativa à parcela de eletricidade e de gás natural.

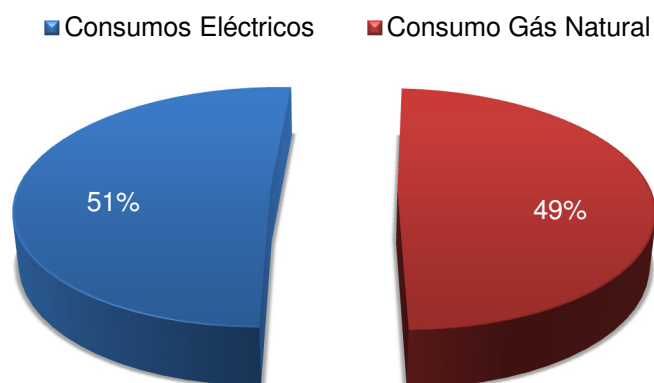


Figura 3.18 - Desagregação do consumo energético global pelas duas fontes energéticas disponíveis no edifício principal do PBG.

Relativamente ao consumo de energia elétrica, este foi desagregado pelos diferentes utilizadores, tal como demonstrado na figura 3.19.

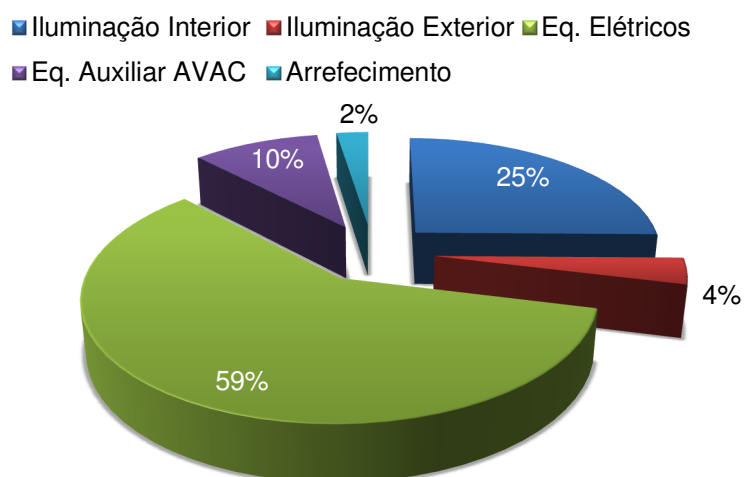


Figura 3.19 - Desagregação do consumo de energia elétrica pelos diferentes utilizadores.

Na figura 3.19 destacam-se os elevados consumos energéticos referentes aos equipamentos elétricos e iluminação.

No que diz respeito ao consumo de gás natural, este foi desagregado pelos diferentes utilizadores, tal como demonstrado na figura 3.20.

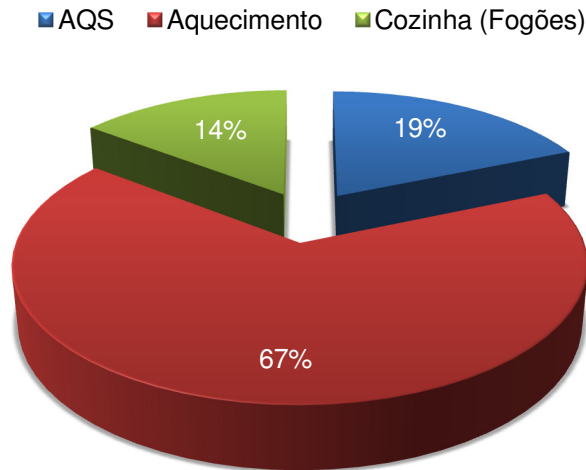


Figura 3.20 - Desagregação do consumo de gás natural pelos diferentes utilizadores.

Da análise à figura 3.20, pode verificar-se, que a grande parte do consumo desta fonte de energia se deve à produção de água quente tanto para o aquecimento do edifício como para as AQS. Apontando-se desde já, como um potencial alvo de melhoria energética a realizar no edifício.

3.3.7 Indicador de Eficiência Energética Real Simulada (IEE_{real,simulação})

O método para a determinação do IEE, com base em valores simulados, tanto em condições reais ou nominais de funcionamento de um edifício, é dado pelas expressões apresentadas no Anexo IX do RSECE e resumida pela expressão (2).

$$IEE = \left(\frac{Q_{aq.}}{A_p} \times F_{Cl} \right) + \left(\frac{Q_{arr.}}{A_p} \times F_{CV} \right) + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (2)$$

$Q_{aq.}$ – Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);

$Q_{arr.}$ – Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);

$Q_{out.}$ – Consumo de energia não ligado a processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);

F_{Cl} – Fator de correção do consumo de energia de aquecimento;

F_{CV} - Fator de correção do consumo de energia de arrefecimento;

A_p – Área útil de pavimento.

Na tabela 3.16 apresentam-se os valores dos consumos de energia de aquecimento, arrefecimento e de outros consumos não ligados ao aquecimento e arrefecimento, convertidos nas unidades de energia primária, segundo os seguintes fatores de conversão:

- Eletricidade: 0,290 kgep/kWh;
- Combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos: 0,086 kgep/kWh.

Tabela 3.16 - Resumo dos consumos de energia do edifício principal do PBG.

Consumo de energia (kgep/ano)	
Aquecimento	17.144
Arrefecimento	2.107
Outros	92.934

Para o cálculo do F_{CI} , é necessário determinar as necessidades máximas de aquecimento definidas pelo RCCTE, como se estivesse localizado na zona de referência I1 (N_{I1}) e também para a zona onde o edifício está localizado (N_{II}), neste caso corresponde à zona climática de inverno I2. Todavia, a determinação das necessidades máximas de aquecimentos, está dependente do fator de forma do edifício e do número de graus-dias correspondente da região climática.

O número de graus-dia caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e corresponde ao somatório das diferenças positivas registadas entre uma temperatura base e a temperatura do ar exterior durante a estação referida (definição que consta na alínea hh do Anexo II do RCCTE). Na tabela 3.17 são apresentados os números de graus-dia para a zona de referência e para a localização do edifício.

Tabela 3.17 - Número de graus-dia.

Zona Climática	Nº graus-dia
Referência	1.000
Edifício principal do PBG	1.640

O fator de forma (FF), segundo a alínea dd do Anexo II do RCCTE, corresponde ao quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior ($A_{ext.}$) e interior ($A_{int.}$) do edifício com exigências térmicas e o respetivo volume interior (V), de acordo com a expressão (3).

$$FF = \frac{[A_{ext.} + \sum(\tau.A_{int.})]}{V} \quad (3)$$

Na tabela 3.18 são assinalados os valores calculados para determinação das áreas da envolvente exterior e interior, bem como o volume total do edifício.

Tabela 3.18 - Áreas da envolvente exterior e interior e volume total do edifício principal do PBG.

Envolvente Exterior (área)	(m²)
Paredes Exteriores	1.433,1
Coberturas Exteriores	1.765,6
Pavimentos Exteriores	-
Envidraçados Exteriores	344,6
Total	3.543,3
Envolvente Interior (área equivalente: A.τ)	(m²)
Paredes Interiores	660,5
Coberturas Interiores	-
Pavimentos Interiores	350,1
Envidraçados Interiores	-
Total	1.010,6
Volume (m³)	12.201,2

Os valores presentes na tabela 3.18 foram calculados com base nas áreas e volumes obtidos no programa de simulação dinâmica utilizado. Deste modo, o fator de forma Característico para o edifício em estudo é:

$$FF = \frac{(3.543,3 + 1.010,6)}{12201} = 0,37 \quad (3)$$

Assim sendo, visto que o fator de forma é inferior a 0,5, então segundo o RCCTE, as necessidades máximas de aquecimento para o edifício principal do PBG são calculados através da expressão (4) e apresentados na tabela 3.19 para a zona de referência e localização do edifício.

$$N_i = 4,5 + (0,0395 \times GD) \quad (4)$$

Tabela 3.19 - Necessidades máximas de aquecimento.

Zona Climática	N_i
Referência	44,0
Edifício principal do PBG	69,3

O F_{Cl} é calculado através da expressão (5):

$$F_{Cl} = \frac{N_{i1}}{N_{i2}} = \frac{44,0}{69,3} = 0,63 \quad (5)$$

No caso do cálculo do F_{CV} , é necessário conhecer os valores limite para as necessidades máximas de arrefecimento definidas na alínea 2 do Art.º 15 do RCCTE, como se estivesse localizado na zona de referência V1 norte (N_{V1}) e também para a zona onde o edifício está localizado (N_{Vi}). Porém, como o edifício em análise também se encontra na zona climática V1 norte, os valores das necessidades máximas de arrefecimento serão iguais, tal como se pode verificar na tabela 3.20.

Tabela 3.20 - Necessidades máximas de arrefecimento.

Zona Climática	N_v
Referência	16,0
Edifício principal do PBG	16,0

Assim, o F_{CV} pode ser obtido pela expressão (6):

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16,0}{16,0} = 1 \quad (6)$$

Por fim poderá determinar-se o $IEE_{real,simulado}$ aplicando os fatores de correção climáticos calculados e utilizando a expressão (2) apresentada anteriormente.

$$IEE_{real,simulado} = \left(\frac{17.144}{3.545} \times 0,63 \right) + \left(\frac{2.107}{3.545} \times 1 \right) + \frac{92.934}{3.545} = 29,9 \frac{\text{kgep}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}} \quad (7)$$

3.4 Implementação do Modelo em Situação Nominal

3.4.1 Perfis Nominais de Ocupação, Iluminação e Equipamentos

Os perfis de consumo energéticos de referência para a obtenção da simulação dinâmica detalhada em situação nominal do edifício estão publicados no Anexo XV do RSECE. Para análise do modelo do edifício em condições nominais de utilização, selecionaram-se as mesmas tipologias consideradas na análise em situação real. Deste modo, o modelo do edifício em condições nominais será, também composto, pelas áreas úteis de escritórios, restaurante, museus e galerias e hotel de 3 estrelas ou menos, bem como as áreas complementares cozinha e lavanderia.

De acordo com o previsto no RSECE, as densidades nominais de ocupação e equipamentos são as descritas na tabela 3.21, para as diferentes tipologias mencionadas atrás.

Posteriormente serão apresentados, nas figuras 3.21 à 3.24, os perfis nominais de consumo energéticos previstos nos regulamentos para as tipologias adotadas para o edifício principal do PBG.

Tabela 3.21 - Densidades nominais de ocupação e equipamentos para as diversas tipologias consideradas e espaços complementares.

Tipologia	Ocupação (m²/Ocup.)	Equipamentos (W/m²)
Escritórios	15	15
Museus e Galerias	40	2
Restaurante	5	5
Hotel de 3 ou menos estrelas	10	3
Espaços Complementares		
Cozinha (Restaurante)	-	250
Lavandaria (Hotel 3 ou menos estrelas)	-	500

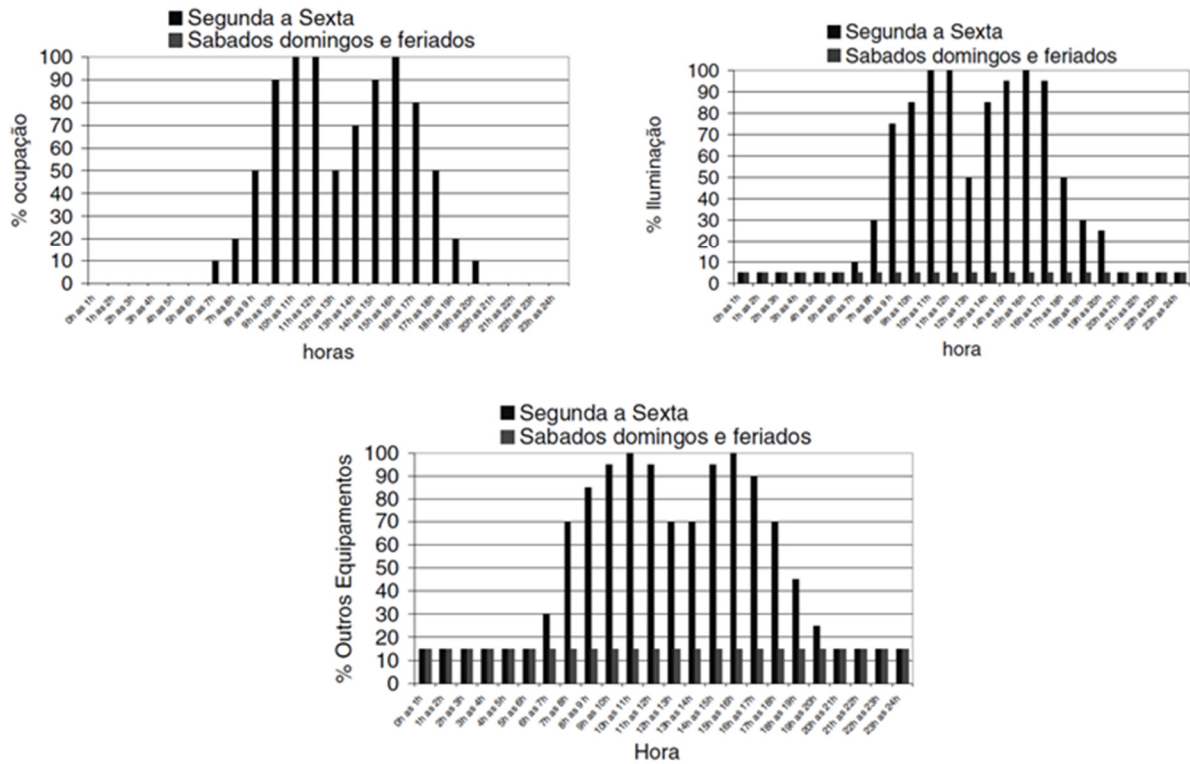


Figura 3.21 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de escritórios. [27]

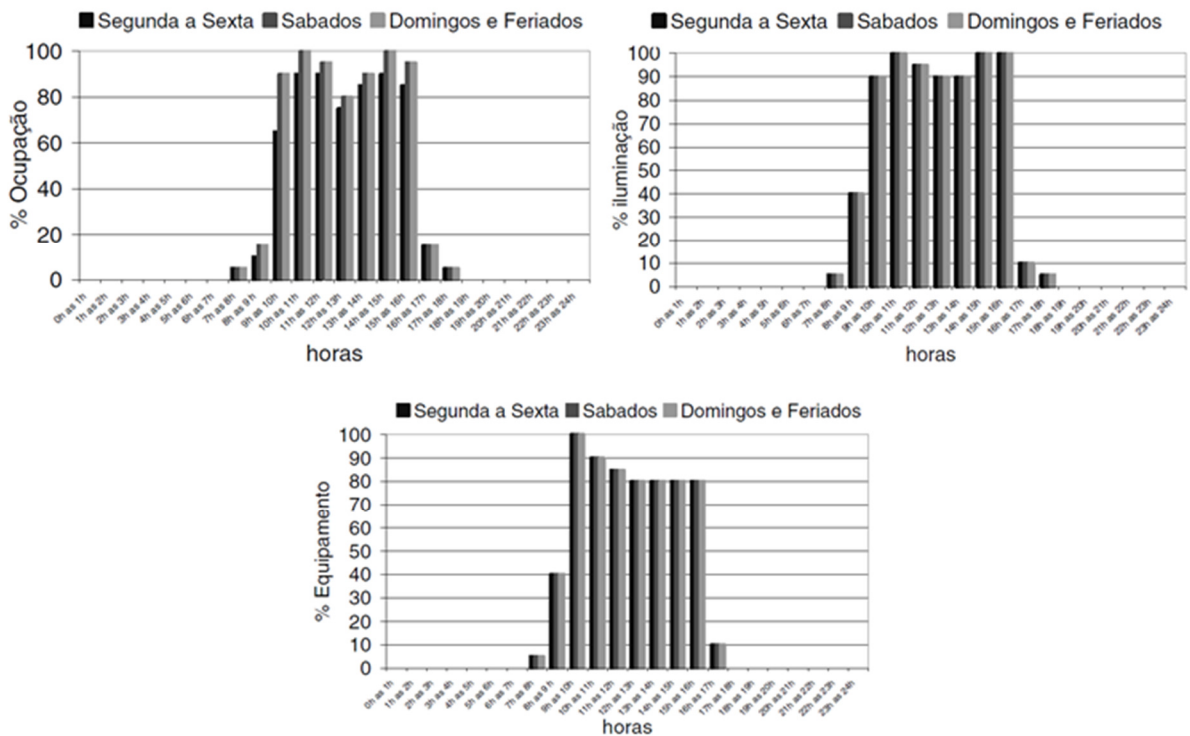


Figura 3.22 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de museus e galerias. [27]

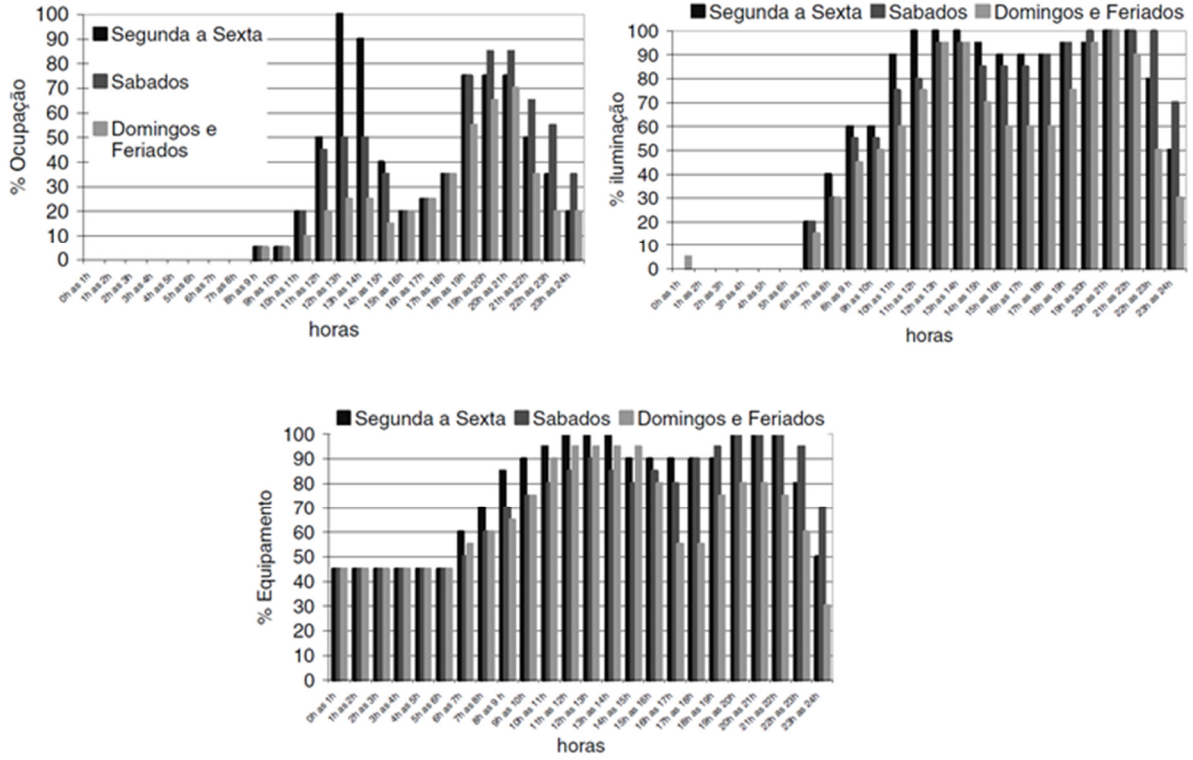


Figura 3.23 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de restaurantes. [27]

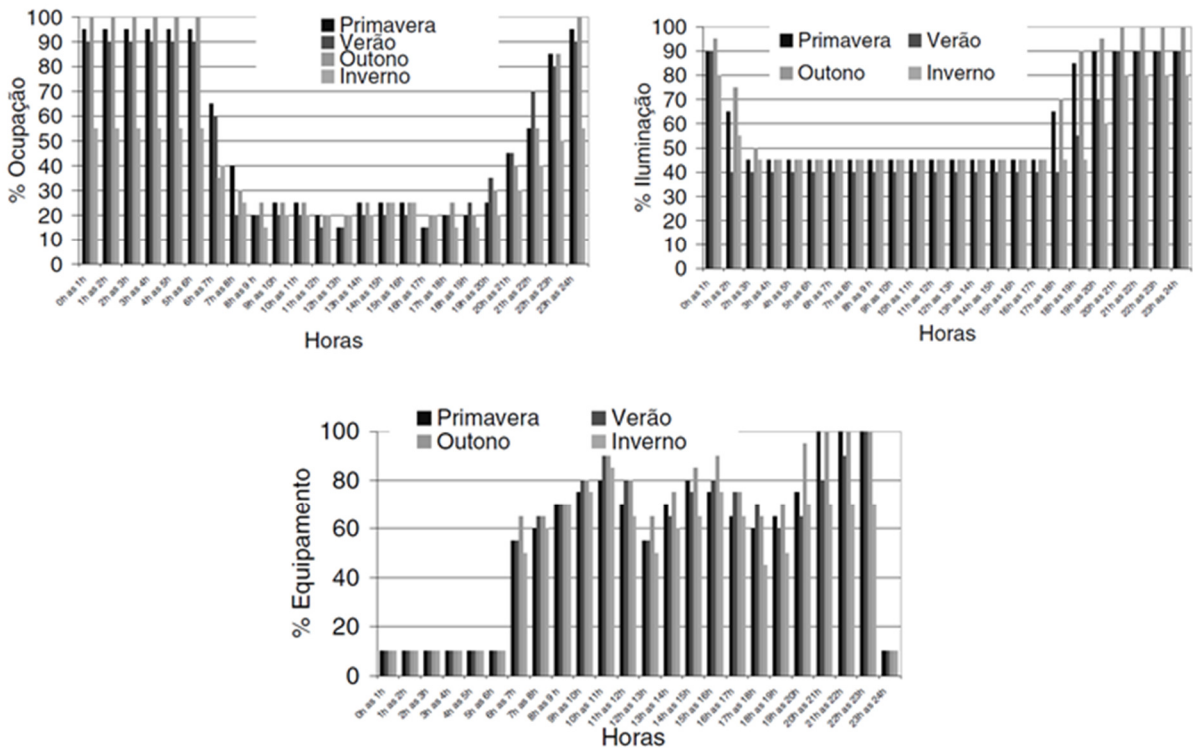


Figura 3.24 - Perfis nominais de ocupação, iluminação e equipamentos para a tipologia de Hotel de 3 ou menos estrelas. [27]

Foram assumidas outras considerações nos parâmetros adotados para modelo do edifício em condições de funcionamento nominal, tais como:

- As densidades de iluminação resultantes do levantamento feito no processo de auditoria mantiveram-se as mesmas em relação ao modelo em condições reais;
- As Características do sistema de climatização, tanto a nível de equipamentos, como *set-points* de temperatura, mantiveram-se constantes em relação ao modelo em condições reais;
- Os caudais de ar novo foram introduzidos espaço a espaço, de acordo com os valores mínimos definidos no Anexo VI do RSECE;

3.4.2 Resultados Obtidos

Após a realização da simulação dinâmica no *software DesignBuilder* em condições de funcionamento nominais, obtiveram-se os dados dos consumos energéticos anuais, desagregados por utilizador final. Contudo, tal como aconteceu na simulação em condições reais, optou-se por não incluir os valores relativos ao consumo de gás natural dos fogões na cozinha, considerando-os constantes face ao admitido na simulação em situação real. No caso do consumo elétrico referente à iluminação exterior, o programa não o calcula durante o processo de simulação, pelo que se determinou manualmente o valor respetivo desta parcela de energia, de modo a inclui-lo no consumo energético global da simulação. Porém, a iluminação exterior em condições nominais face ao definido no regulamento (RSECE), pressupõe que se considere um número de horas de funcionamento igual a 5.400h. Assim, considerando o valor da potência energética do sistema de iluminação exterior do edifício principal do PBG igual a 1,98 kW, o valor do consumo associado a este será igual a 10.692 kWh.

Na tabela 3.22 são descritos os consumos energéticos obtidos na simulação em condições de funcionamento nominal do edifício, desagregados nos diferentes utilizadores energéticos.

Tabela 3.22 - Distribuição dos consumos energéticos anuais em condições de funcionamento nominal do edifício principal do PBG obtidos através da simulação dinâmica.

Utilizador	Consumo Energético (kWh/ano)
Iluminação Interior	106.231
Equipamentos Elétricos	294.187
AQS	55.734
Equipamentos auxiliares (AVAC)	28.904
Ventiladores	1.959
Aquecimento	144.008
Arrefecimento	6.242
Cozinha (fogões)	43.623
Iluminação Exterior	10.692

Para uma análise mais simplificada, é apresentada na figura 3.25 a desagregação dos consumos energéticos obtidos para o edifício principal do PBG em condições de funcionamento nominal, pelos utilizadores descritos na tabela 3.22.

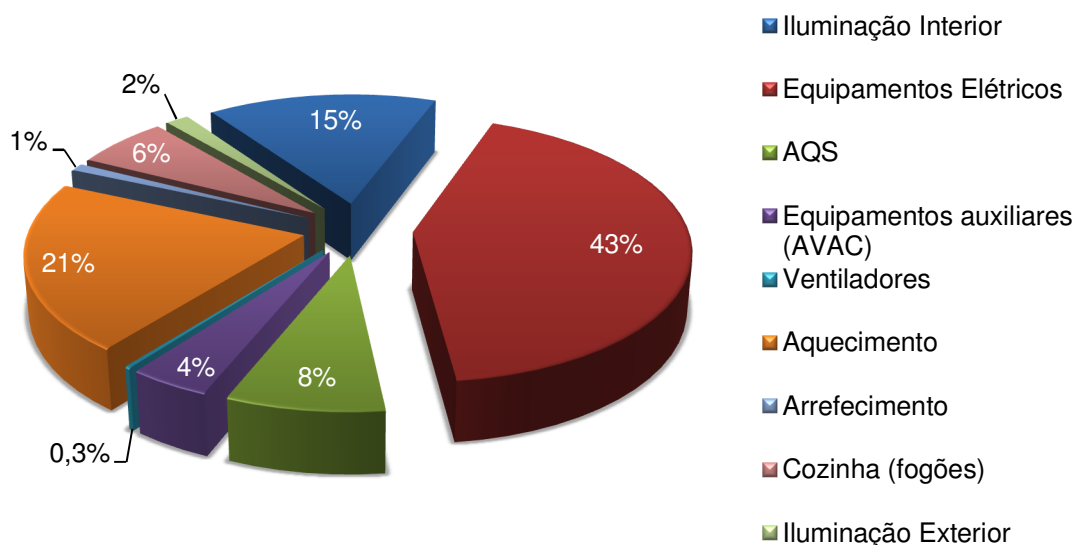


Figura 3.25 - Desagregação dos consumos energéticos anuais pelos diferentes utilizadores em condições nominais.

Analisando os resultados obtidos em condições de funcionamento nominal do edifício, pode-se constatar através da figura 3.25 que a iluminação interior, os equipamentos elétricos e o aquecimento do edifício continuam a ser os responsáveis pelos maiores consumos energéticos. Porém, comparando os valores obtidos na tabela 3.22 em situação nominal

com os valores obtidos em situação real (tabela 3.13), é possível verificar o aumento significativo dos consumos da iluminação interior e dos equipamentos elétricos, devido essencialmente às diferentes densidades de ocupação e de equipamentos que foram usadas nos dois modelos. Todavia, o aumento do consumo energético por partes destes dois utilizadores referidos, conduz naturalmente a um aumento dos ganhos energéticos no edifício e conseqüentemente uma diminuição das necessidades de aquecimento, daí ser possível notar a diminuição significativa no consumo energético associado ao aquecimento do edifício em condições nominais de funcionamento face aos valores obtidos em situação real.

3.4.3 Indicador de Eficiência Energética Nominal Simulado ($IEE_{nominal,simulação}$)

O cálculo do IEE, com base nos valores simulados em condições nominais, é feito utilizando a expressão (2), apresentada no ponto 3.3.7 deste estudo.

Na tabela 3.23 são apresentados os valores dos consumos de energia de aquecimento, arrefecimento e de outros consumos não ligados ao aquecimento e arrefecimento, convertidos em unidades de energia primária, associados aos valores obtidos na simulação dinâmica em situação nominal.

Tabela 3.23 - Resumo dos consumos de energia obtidos na simulação em condições de funcionamento nominal do edifício principal do PBG.

Consumo de energia (kgep/ano)	
Aquecimento	12.385
Arrefecimento	1.810
Outros	136.717

Os fatores de correção climática a utilizar neste cálculo são os mesmos que foram usados na determinação do $IEE_{real,simulação}$. Assim, o $IEE_{nominal,simulado}$ é dado pela expressão (8).

$$IEE_{nominal,simulado} = \left(\frac{12.385}{3.545} \times 0,63 \right) + \left(\frac{1.810}{3.545} \times 1 \right) + \frac{136.717}{3.545} = 41,3 \frac{kgep}{m^2 \cdot ano} \quad (8)$$

3.5 Verificação do Cumprimento dos Requisitos Energéticos

O método para verificação do cumprimento do requisito energético para um grande edifício de serviços existente, como é o caso em estudo, é descrito no diagrama apresentado na figura 3.26. As definições dos diferentes tipos de IEE indicados nesta figura estão presentes na tabela 3.1 deste trabalho.

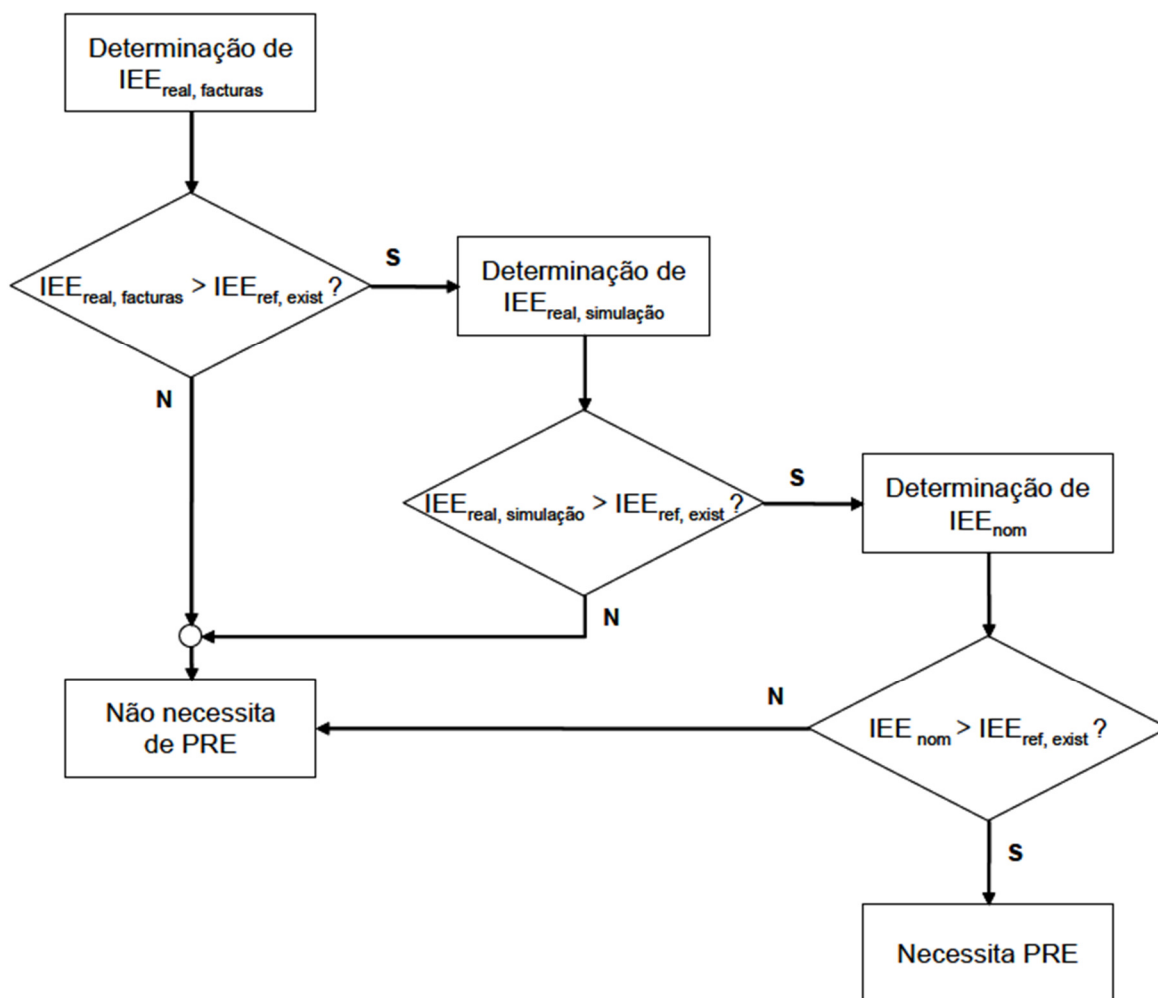


Figura 3.26 - Representação esquemática do método de verificação dos requisitos energéticos. [28]

Para a verificação dos requisitos energéticos seguindo o representado na figura 3.26 é necessário determinar ainda o $IEE_{real, facturas}$ e o $IEE_{ref, existente}$.

O $IEE_{real, facturas}$ é determinado pelo quociente entre a média dos consumos anuais de energia faturados nos últimos três anos, para cada tipo de fonte energética, convertidos em unidades de energia primária e a área útil do edifício. Da análise às faturas realizada no

ponto 2.3 deste trabalho, sabe-se que os consumos globais foram de 79.884 kgep/ano para a energia elétrica e 24.759 kgep/ano para o Gás Natural. Assim, o cálculo do $IEE_{real,faturas}$ pode ser calculado através da expressão (9):

$$IEE_{real,faturas} = \frac{\text{Consumo anual(En.Elétrica)} + \text{Consumo anual(Gás Natural)}}{\text{Área útil edifício}} \quad (9)$$

$$\Leftrightarrow EE_{real,faturas} = \frac{79.884 + 24.759}{3545,6} = 29,5 \text{ kgep} / \text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

No caso do edifício em análise, como este possui mais do que uma tipologia, o valor de IEE deve ser calculado proporcionalmente em função das áreas úteis respetivas, a partir dos valores de referência presentes no Anexo X do RSECE, para cada tipologia. Deste modo, o cálculo do $IEE_{ref,existente}$, para o edifício principal do PBG é dado pela expressão (10).

$$IEE_{ref,exist} = \frac{IEE_{ref.1} \cdot A_1 + IEE_{ref.2} \cdot A_2 + IEE_{ref.3} \cdot A_3 + IEE_{ref.4} \cdot A_4 + IEE_{ref.5} \cdot A_5 + IEE_{ref.6} \cdot A_6}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6} \quad (10)$$

Na tabela 3.24 são apresentados os valores de referência acima mencionados, para cada tipologia existente no edifício principal do PBG. Todavia, dado que não constava no Anexo X do RSECE os valores de referência para os espaços complementares, utilizaram-se os valores definidos no Anexo XI deste regulamento aplicado a este tipo de espaços para edifícios novos.

Tabela 3.24 - Valores limite dos consumos globais específicos (IEEref.) para cada tipologia existente no edifício principal do PBG e respetivas áreas úteis.

Tipo de Atividade	Tipologia	Área útil (m ²)	IEE ref. (kgep/m ² .ano)
Serviços	Escritórios	1.241,0	40
	Galerias de Exposições	1.252,8	10
Serviço de refeições	Restaurante	251,4	170
Empreendimentos turísticos	Empreendimento turístico de 3 ou menos estrelas	620,7	35
Espaços Complementares	Cozinha - 6h/dia (todos os dias)	127,6	174
	Lavandaria 6h/dia (segunda a sexta)	52,0	218

Substituindo os valores da tabela 3.24 na expressão (10), obtém-se o $IEE_{ref.existente}$ referente ao edifício principal do PBG, representado na equação (11).

$$IEE_{ref.exist} = \frac{40 \times 1.241,0 + 10 \times 1.252,8 + 170 \times 251,4 + 35 \times 620,7 + 174 \times 127,6 + 218 \times 52,0}{3.545,4}$$

$$\Leftrightarrow IEE_{ref.exist} = 45,2 \text{ kgep} / \text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

(11)

A tabela 3.25 dispõe os diferentes IEE determinados até ao momento para uma análise mais simplificada da verificação dos requisitos energéticos.

Tabela 3.25 - Resumo dos Índices de Eficiência Energética calculados.

Índice Eficiência Energética	(kgep/m ² .ano)
$IEE_{real,faturas}$	29,5
$IEE_{ref.existente}$	45,2
$IEE_{real,simulado}$	29,9
$IEE_{nominal,simulado}$	41,3

Relacionando os valores obtidos para os diferentes IEE com o esquema apresentado na figura 3.26, pode-se verificar que o $IEE_{real,faturas}$ é significativamente inferior ao $IEE_{ref.existentes}$, pelo que se pode concluir que o edifício cumpre os requisitos energéticos exigidos legalmente. Deste modo, segundo os regulamentos, o edifício em causa não ficaria sujeito à realização de um plano de racionalização energética (PRE).

3.6 Classificação Energética

A classificação energética serve para avaliar o grau de desempenho energético de um edifício, com base nas condições nominais de funcionamento do mesmo. Esta classificação segue uma escala de 9 classes que vão de A+ até G, tal como representado na figura 3.27, em que a classe A+ se ajusta a um edifício com melhor desempenho energético e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético.



Figura 3.27 - Classes energéticas utilizadas para caracterizar o desempenho energético de um edifício. [fonte: adene.pt]

A metodologia para determinação da classe energética do edifício principal do PBG, no âmbito do RSECE, é definida nos termos do nº5 do Art.º 3 do Despacho nº10250/2008. [29] Segundo o regulamento, a determinação da classe energética é feita com base nos valores de $IEE_{nominal,simulado}$, $IEE_{ref,novos}$ e do valor de um parâmetro S.

Os valores de $IEE_{ref,novos}$ e do parâmetro S, são calculados utilizando a expressão numérica (10) apresentada anteriormente. Todavia, no primeiro caso utilizaram-se os valores de referência indicados no Anexo XI do RSECE e no segundo os indicados no Anexo IV do Despacho acima mencionado. Em ambos os cálculos é feita uma ponderação dos valores para as várias tipologias existentes no edifício principal do PBG.

Na tabela 3.26 são apresentados os valores de referência utilizados para o cálculo do $IEE_{ref,novos}$.

Tabela 3.26 - Valores de referência limite dos consumos nominais específicos para novos edifícios de serviços (IEE_{ref}) e áreas úteis de cada tipologia existente no edifício principal do PBG.

Tipo de Atividade	Tipologia	Área Útil (m ²)	$IEE_{ref,novos}$ (kgep/m ² .ano)
Serviços	Escritórios	1.241,0	35
	Galerias de Exposições	1.252,8	15
Serviço de refeições	Restaurante	251,4	120
Empreendimentos turísticos	Empreendimento turístico de 3 ou menos estrelas	620,7	25
Espaços Complementares	Cozinha - 6h/dia (todos os dias)	127,6	174
	Lavandaria 6h/dia (segunda a sexta)	52,0	218

O cálculo do $IEE_{ref,novos}$ é demonstrado na expressão (12):

$$IEE_{ref,novos} = \frac{35 \times 1.241,0 + 15 \times 1.252,8 + 120 \times 251,4 + 25 \times 620,7 + 174 \times 127,6 + 218 \times 52,0}{3.545,4}$$

$$\Leftrightarrow IEE_{ref,novos} = 39,9 \text{ kgep} / \text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

(12)

Na tabela 3.27 são apresentados os valores de referência usados no cálculo do parâmetro S.

Tabela 3.27 - Valores de referência para o cálculo do parâmetro S e áreas úteis de cada tipologia existente no edifício principal do PBG.

Tipo de Atividade	Tipologia	Perfil (Dinâmico ou Estático)	Área Útil (m ²)	Parâmetro S
Serviços	Escritórios	Dinâmico	1.241,0	15
	Galerias de Exposições	Dinâmico	1.252,8	11
Serviço de refeições	Restaurante	Dinâmico	251,4	33
Empreendimentos turísticos	Empreendimento turístico de 3 ou menos estrelas	Dinâmico	620,7	12
Espaços Complementares	Cozinha - 6h/dia (todos os dias)	Estático	127,6	10
	Lavandaria 6h/dia (segunda a sexta)	Estático	52,0	5

O cálculo do parâmetro S é demonstrado na expressão (13):

$$S = \frac{15 \times 1.241,0 + 11 \times 1.252,8 + 33 \times 251,4 + 12 \times 620,7 + 10 \times 127,6 + 5 \times 52,0}{3.545,4}$$

(13)

$$\Leftrightarrow S = 14,0$$

A combinação das variáveis referidas para a determinação da classe energética é feita com recurso à tabela 3.28, escolhendo-se aquela que corresponder à condição verdadeira verificada na escala da mesma.

Tabela 3.28 Lista de verificação da classe energética de grandes edifícios de serviços existentes. [29]

Classe Energética	Condição a verificar		
A +		\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S$
A	$IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S$	\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S$
B	$IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S$	\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$
B -	$IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$	\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos}$
C	$IEE_{ref,novos}$	\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S$
D	$IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S$	\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S$
E	$IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S$	\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S$
F	$IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S$	\leq	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S$
G	$IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S$	\leq	IEE_{nom}

Da conjugação das variáveis atrás calculadas na tabela 3.28, resulta na atribuição da **classe C** ao edifício principal do Parque Biológico de Gaia.

4. Caracterização da Qualidade do Ar Interior do Edifício

4.1 Enquadramento e Importância da QAI

As preocupações com a qualidade do ar interior nos edifícios têm vindo a ganhar expressão ao longo dos últimos anos, devido à crescente associação a doenças, cujas causas são frequentemente atribuídas, entre outras, às do foro respiratório.

A qualidade do ar interior num edifício é fundamentalmente afetada pelos seguintes fatores:

- Ar exterior;
- Materiais de revestimento e construção;
- Produtos e equipamentos de limpeza;
- Sistemas de climatização.

A inclusão dos materiais de construção como emissores de substâncias poluentes no ar interior, deve-se à tendência atual para a adoção de novos materiais e produtos de construção sintéticos, à base de derivados do petróleo e a uma maior estanqueidade dos edifícios para redução dos níveis de consumo de energia para o conforto ambiente.

Relativamente aos sistemas de climatização, embora estejam associados ao conforto ambiente, podem ser eles próprios os geradores de poluição, nomeadamente, de natureza biológica, pela existência de filtros e de condições diversificadas de temperatura e humidade.

As estratégias para a melhoria da qualidade do ar interior passam essencialmente pelo controlo na fonte, o que corresponde a uma aplicação do princípio da precaução e pela ventilação dos espaços, que reduz a exposição aos poluentes ao baixar a concentração destes no ar. [30]

4.2 Preparação e Planeamento da Auditoria ao Edifício

Para preparar e planear uma auditoria à QAI no âmbito do SCE devem-se realizar antecipadamente as seguintes ações:

- Recolha de toda a informação relevante sobre o edifício e seus sistemas;
- Realização de uma visita preliminar ao edifício e sistemas;
- Verificação expedita do nível de CO₂ no interior e no exterior do edifício;
- Pré-avaliar as condições de higiene e de manutenção do sistema de AVAC.

Durante as visitas iniciais ao edifício principal do PBG, entrevistaram-se alguns ocupantes, no sentido de perceber se estes sentiam odores durante os períodos em que permaneciam no interior do edifício. Procurou-se averiguar a presença de alguma fonte óbvia de emissão de poluentes.

Na tabela 4.1 são apresentados alguns odores que servem para deteção de potenciais problemas na QAI nos edifícios.

Tabela 4.1 - Odores indicadores de potenciais problemas em edifícios.

Descrição	Problema	Queixas
Gases de escape da exaustão	Monóxido de carbono (CO)	Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens.
Odores Corporais	Sobre lotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de CO ₂)	Dores de cabeça, cansaço, abafamento.
Cheiro a mofo	Material microbiano	Sintoma de alergia.
Cheiro a químicos	Formaldeído, pesticidas, outros químicos	Irritação dos olhos, nariz e garganta.
Cheiro a solventes, perfumes, outros	COV's	Odores, sintomas de alergia, vertigens, dores de cabeça.
Cheiro a cimento molhado, pó, calcário	Partículas, sistema de humidificação	Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros.
Odor de gás de esgoto (efluente)	Sifão de água seco nos drenos do chão de casas de banho e porões	Cheiro a efluente doméstico.

Desta análise preliminar, a principal reclamação verificada pelos ocupantes do edifício foi presença de cheiros a solventes em determinados espaços, associado ao material que

reveste o piso. Porém, foi detetada outra reclamação, mais pontual, referente ao gabinete de atendimento aos clientes, no qual se verifica um certo abafamento no período de inverno. Neste último caso, a razão para esta situação deve-se ao facto de este espaço ter sido adaptado numa fase posterior à construção do edifício, ficando desprovido de ventilação mecânica, provindo a atual da janela existente no local, que no período de inverno raramente é aberta.

4.3 Delimitação das Zonas de Medição

Na avaliação dos parâmetros de qualidade do ar interior num edifício, deve-se dividir os espaços do mesmo em zonas ocupadas. Posteriormente, deverá ser feita pelo menos uma medição de cada parâmetro exigido nos regulamentos em cada uma das zonas definidas.

Para definir as zonas de medição, podem ser aplicados os seguintes critérios:

1. Os espaços a englobar numa mesma zona deverão ser contíguos e ser servidos pela mesma UTA, e no caso de não existirem UTA's, que sejam servidas pelo mesmo sistema de ventilação;
2. Os espaços que apresentem as mesmas características comuns entre eles:
 - Apresentem níveis e tipos semelhantes de atividades, cargas térmicas e fontes de emissão de poluentes;
 - Compartimentação e organização dos espaços; *openspace*, gabinetes, etc.;
 - Valores semelhantes das assimetrias e das gamas de variação de cada um dos parâmetros a medir.
3. Independentemente da classificação por zona deve ser dada prioridade a zonas em relação às quais existam registos de reclamações/queixas ou locais onde existam ocupantes mais suscetíveis.

A determinação do número mínimo de pontos (locais) de amostragem/medição por zona pode ser estimada utilizando a expressão (14), arredondando o resultado para a unidade.

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i} \quad (14)$$

Onde:

N_i – número de locais a medir numa determinada zona i ;

A_i – área da zona i (m^2).

Com base nas considerações descritas, foi realizada previamente uma seleção das zonas e locais a efetuar as medições. Assim, as figuras 4.1 e 4.2 indicam os locais onde foram realizadas as medições para avaliação da QAI nos pisos superior e inferior, respetivamente, do edifício principal do PBG.

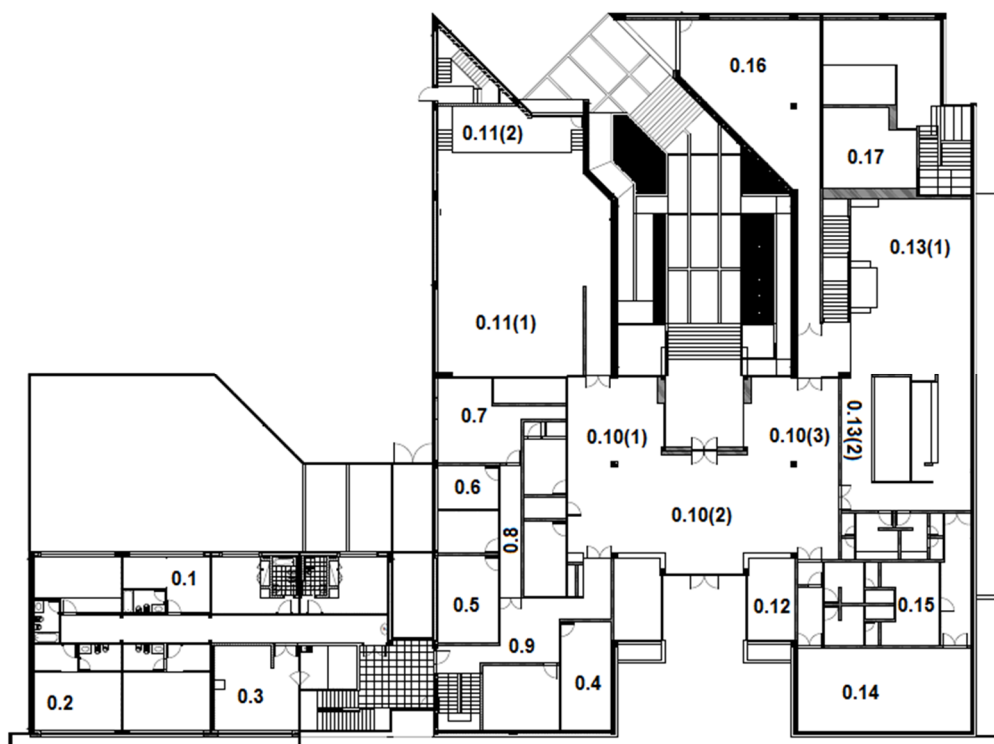


Figura 4.1 - Descrição da localização dos pontos de medição em planta para o piso superior.

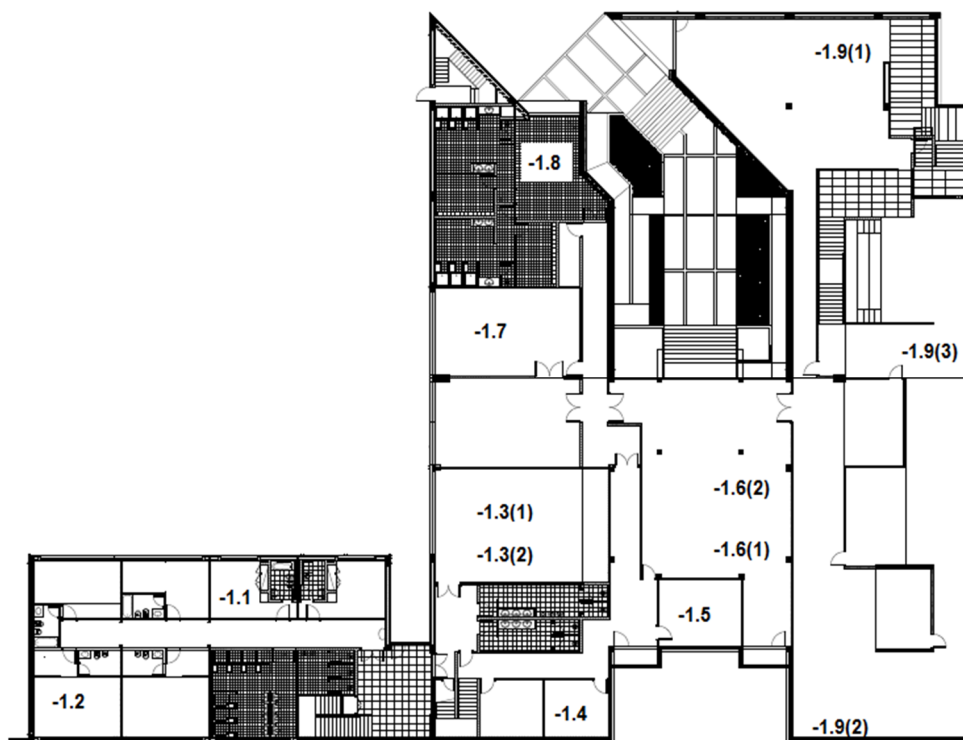


Figura 4.2 - Descrição da localização dos pontos de medição em planta para o piso inferior.

Teve-se em consideração ainda alguns critérios importantes, de modo a efetuar uma análise correta dos parâmetros da qualidade do ar, tais como:

- A monitorização/amostragem foi efetuada em locais que representassem as atividades ocupacionais do edifício;
- Os locais de amostragem foram selecionados de modo a minimizar o impacto nas atividades laborais.
- Os pontos de amostragem afastados pelo menos 1 metro das fontes de contaminação, tais como impressoras, fotocopiadoras, etc.
- As medições foram feitas ao nível das vias respiratórias e próximas do centro da zona a medir.

4.4 Parâmetros de Qualidade do Ar Interior

Numa auditoria à QAI de um edifício, no âmbito do RSECE, os parâmetros e as concentrações máximas de referência a analisar, são as descritas na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios.

Tipo	Parâmetros	Concentração máxima de referência		
		mg/m ³	ppm	
Físico-Químicas	Partículas suspensas no ar (PM ₁₀)	0,15	-	
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1800	984	
	Monóxido de Carbono (CO)	12,5	10,7	
	Ozono (O ₃)	0,2	0,10	
	Formaldeído (HCHO)	0,1	0,08	
	Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV _{Totais})		0,6	0,26 (isobutileno)
				0,16 (tolueno)
	Radão	400 Bq/m ³		
Microbiológicos	Bactérias	500 UFC/m ³		
	Fungos	500 UFC/m ³		
	Legionella	100 UFC/L _{água}		

Apesar das exigências regulamentares, neste trabalho prático apenas se realizou a quantificação e análise dos parâmetros físico-químicos. Os parâmetros microbiológicos não foram medidos, porque não foi possível em tempo útil reunir materiais e equipamentos para a sua quantificação.

As medições realizadas no edifício principal do PBG foram feitas no dia 25 de Março de 2013.

4.4.1 Temperatura e Humidade Relativa

Os parâmetros físicos analisados aquando de uma auditoria à QAI visam averiguar as condições de conforto térmico que o edifício e sistemas de climatização, se existirem, proporcionam aos seus ocupantes. Sendo o conforto térmico definido como o estado de espírito no qual uma pessoa sente satisfação com o ambiente térmico. Este pode ser alterado por diversos fatores, tais como a temperatura, a humidade relativa, a estratificação, o movimento do ar, o nível de atividade e o vestuário. Neste contexto, de modo a avaliar as condições de conforto térmico existentes no edifício principal do PBG, realizaram-se medições dos parâmetros físicos temperatura e humidade relativa.

A temperatura do ar é um parâmetro que apresenta um impacto direto sobre o conforto térmico, uma vez que influencia o balanço térmico do organismo das pessoas, constituindo o fator mais importante na perceção do grau de conforto ou desconforto que as pessoas têm quando permanecem num espaço.

A humidade relativa também é outro fator que caracteriza o conforto térmico, dado que este interfere em mecanismos de perdas de água no corpo humano por evaporação do suor da pele ou através da respiração. Assim, em condições de humidade relativa baixas pode provocar a secagem das membranas mucosas e pele. Por outro lado, em situações de humidade relativas muito elevadas, pode levar à condensação nas superfícies interior dos edifícios, resultando no desenvolvimento de agentes microbiológicos.

Para a quantificação dos parâmetros físicos, temperatura e humidade relativa, utilizou-se a sonda da marca Graywolf e modelo IQ 610, exibida na figura 4.3



Figura 4.3 – Sonda multiparamétrica, utilizada na medição das concentrações de Temperatura, Humidade Relativa CO_2 , CO , O_3 e COV_{Totais} .

Os valores de temperatura e humidade relativa foram recolhidos para cada espaço referido nas figuras 4.1 e 4.2, sendo que a medição para cada um deles foi feita durante um intervalo de 5 minutos, registando-se no aparelho os valores de minuto a minuto e efetuando-se posteriormente uma média aritmética destes registos. Nas figuras 4.4 e 4.5 são apresentados os valores de temperatura para cada ponto de medição realizado no piso superior e inferior, respetivamente. Nestas está incluída a linha de temperatura mínima de referência exigida nos regulamentos para o período de inverno.

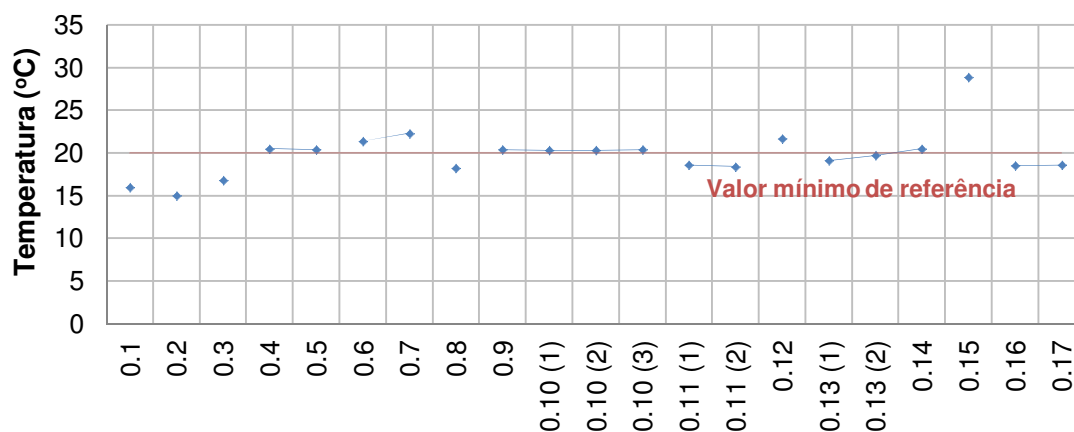


Figura 4.4 - Valores de Temperatura registados para os pontos de medição no Piso Superior.

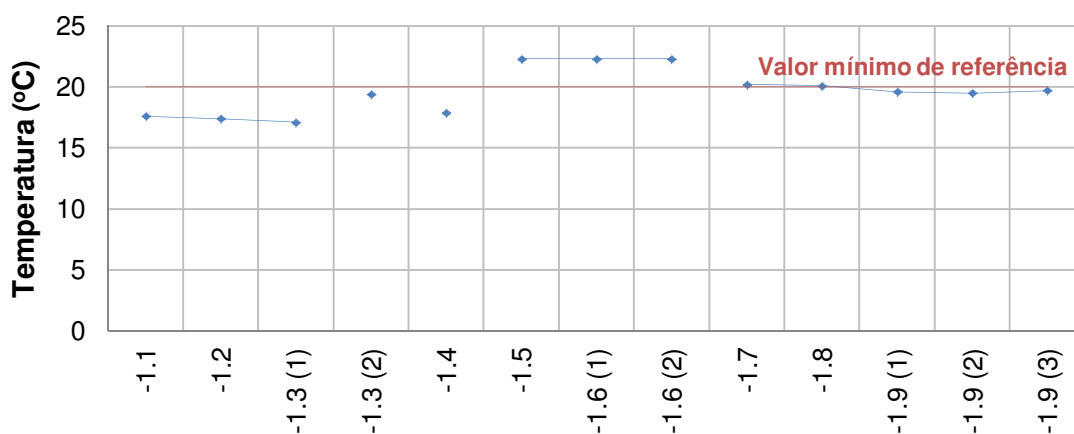


Figura 4.5 - Valores de Temperatura registados para os pontos de medição no Piso Inferior.

Analisando os valores obtidos para a temperatura do ar nos espaços interiores do edifício principal do PBG é possível verificar, tanto para o piso superior como inferior, que foram registados vários pontos abaixo do valor mínimo recomendado, de 20°C, considerando o período em que se realizou as medições, que foi no inverno. Contudo, os pontos 0.1, 0.2, 0.3, -1.1 e -1.2, que dizem respeito aos espaços da hospedaria, assumem os valores

apresentados devido ao facto de terem sido medidos durante o período da manhã, em que os ganhos térmicos por radiação solar não são significativos, e também, porque estes registos foram feitos numa semana em que não se assinalou ocupação dos mesmos, o que minimiza os ganhos térmicos por ocupação e equipamentos de climatização (radiadores).

Nos pontos de medição relativos ao auditório (0.11), sala de formação (0.16) e biblioteca (0.17) também se registaram valores abaixo do recomendado, devido ao facto de não estarem em atividade e por esse motivo não estariam a ser climatizados, sabendo que o controlo de temperatura é feito manualmente, tanto na utilização dos ventilo-convectores como o acionamento das respetivas UTA's.

Convém ainda referir que a temperatura do ar no edifício, em particular nas zonas do piso superior, é muito afetada devido às aberturas existentes para o acesso comum dos funcionários e dos visitantes ao edifício, principalmente nas entradas existentes no átrio principal-receção e as portas do bar-restaurante, que dificultam os processos de climatização. A temperatura registada no exterior do edifício foi de 13,5°C.

Relativamente à humidade relativa, o procedimento de recolha e registo dos valores foi semelhante ao referido para o caso da temperatura do ar. Nas figuras 4.6 e 4.7 são apresentados os valores de humidade relativa para os pontos de medição realizados no piso superior e inferior, respetivamente.

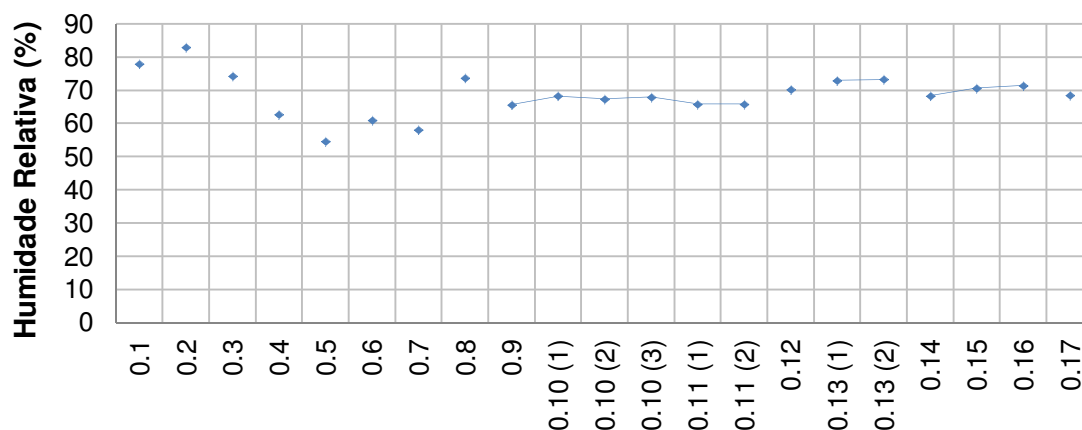


Figura 4.6 - Valores de Humidade Relativa registados para os pontos de medição no Piso Superior.

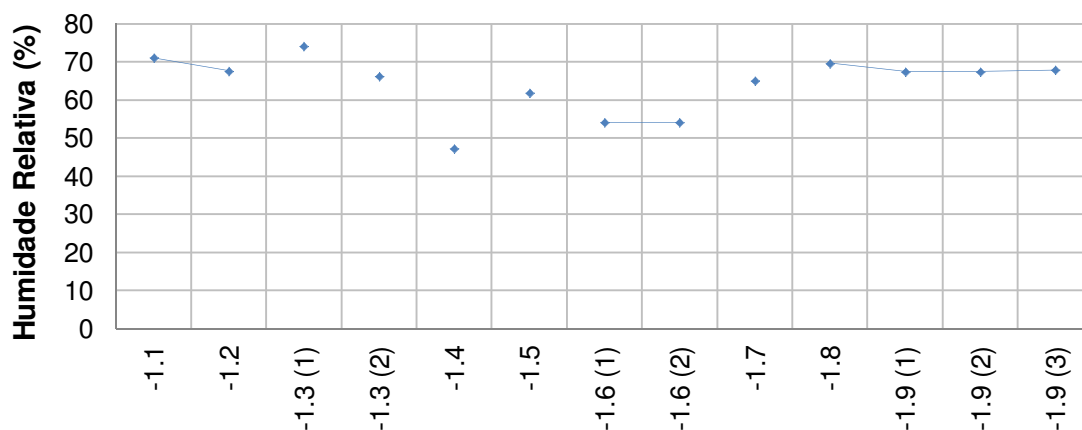


Figura 4.7 - Valores de Humidade Relativa registados para os pontos de medição no Piso Inferior.

No que diz respeito aos valores de humidade relativa, estes não podem ser analisados com base em valores de referência, pois nos termos do RSECE, apenas é exigido manter a humidade relativa acima de 50% no período de verão. Assim, sendo, constata-se que as zonas onde a percentagem de humidade relativa assume valores elevados, acima dos 70%, são aquelas que não estão abrangidas por equipamentos de tratamento do ar (UTA ou UTAN), como é o caso dos espaços relativos à hospedaria.

4.4.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é um gás incolor e inodoro e constitui um parâmetro vulgarmente utilizado para verificar se os caudais de renovação do ar são ou não suficientes para locais onde a contaminação do ar se deve principalmente ao metabolismo humano, funcionando como indicador do grau de viciação do ar.

A quantificação deste parâmetro foi feita através da sonda multiparamétrica de marca Graywolf e modelo IQ 610, durante um período de tempo de 5 minutos para cada ponto de medição, sendo registado no aparelho os valores de minuto a minuto e efetuando-se posteriormente uma média aritmética destes registos. Nas figuras 4.8 e 4.9 são apresentados os registos das concentrações de CO₂ para cada ponto de medição realizado no piso superior e inferior, respetivamente. Nestes inclui-se a linha referente ao valor da concentração máxima de referência exigida nos regulamentos, cujo valor é 984 ppm.

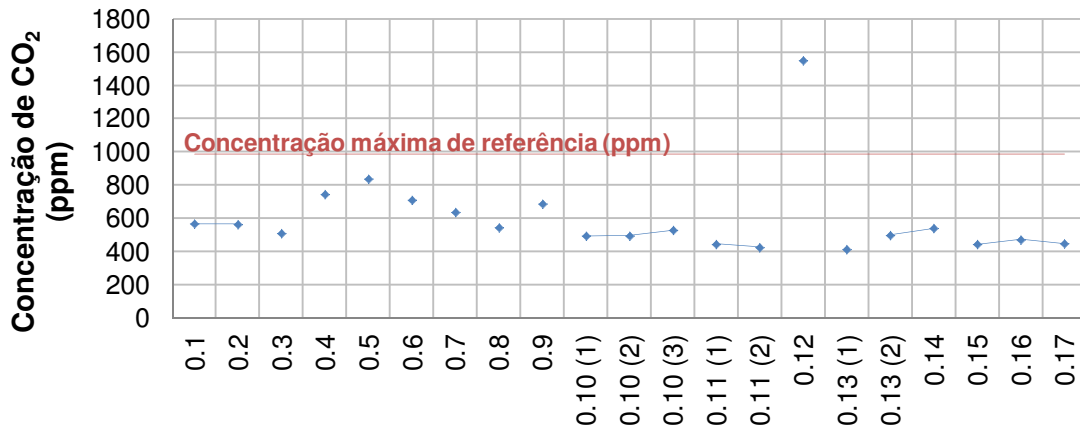


Figura 4.8 - Concentrações de CO₂ registados nos pontos de medição do Piso Superior.

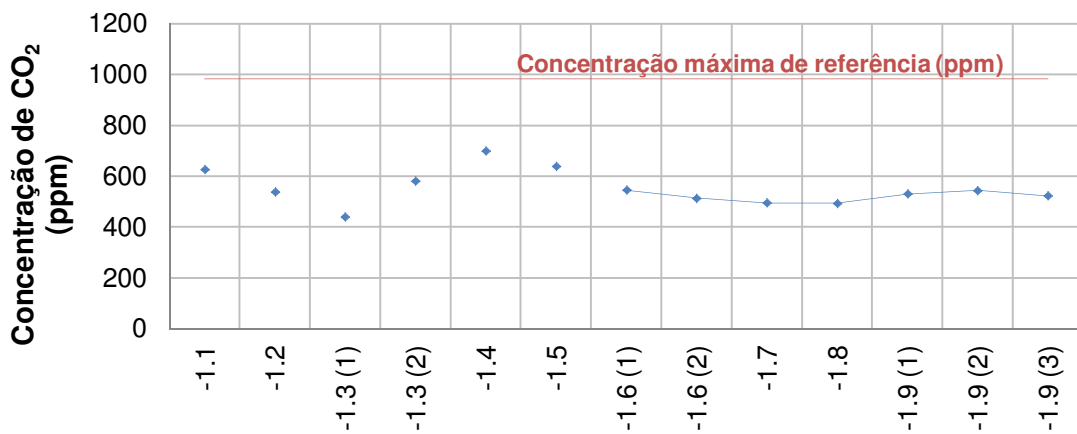


Figura 4.9 - Concentrações de CO₂ registados nos pontos de medição do Piso Inferior.

Analisando os valores obtidos para as concentrações de CO₂, verifica-se que os mesmos se encontram todos abaixo dos valores exigidos regulamentarmente, com a exceção do ponto de medição relativo ao gabinete de atendimento dos clientes do PBG em que se registou um valor significativamente superior. Nestes casos tem de ser aplicado o critério de conformidade exposto na Nota Técnica da Qualidade do Ar Interior (NT-SCE-02), um documento elaborado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que é utilizado como referência no âmbito do RSECE-QAI. O critério de conformidade para o CO₂ é dado pela expressão (14)

$$\left([\text{CO}_2]_{\text{MedT}} - [\text{CO}_2]_{\text{Ext}} \right) \times \frac{N_{\text{ocup.max.}}}{N_{\text{ocup}}} + [\text{CO}_2]_{\text{Ext}} \leq [\text{CO}_2]_{\text{MR}} \quad (14)$$

Assim, sabendo que o espaço em causa tem uma ocupação permanente de 2 pessoas e uma ocupação máxima de 4/5 pessoas e ainda que a concentração de CO₂ medido no exterior foi de 349 ppm, verifica-se no cálculo da expressão (15) que este espaço representa uma não conformidade.

$$(1551 - 349) \times \frac{4}{2} + 349 \leq 984 \quad (15)$$

2753 ≤ 984 (Falso) – Não conformidade

Neste caso, a estratégia de controlo do poluente poderá ser feita por diluição. Isto significa que deve ser feito um incremento da quantidade de ar novo no espaço em questão, adaptando os meios existentes ou criando um novo sistema de ventilação pontual, com a finalidade de diminuir os valores da concentração do poluente.

4.4.3 Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO), analogamente ao CO₂, também é um gás incolor e inodoro, no entanto é tóxico e resulta duma combustão incompleta. A contaminação de um edifício por este gás pode dever-se à deficiente ventilação para o exterior ou por contaminação exterior, quando se trata por exemplo de grandes zonas urbanas em que os gases resultantes do tráfego automóvel são significativos.

A medição deste parâmetro foi feita seguindo os procedimentos adotados na medição de CO₂, utilizando para o efeito a mesma sonda multiparamétrica. Nas figuras 4.10 e 4.11 são apresentados os registos das concentrações de CO para cada ponto de medição realizado no piso superior e inferior, respetivamente. Nestes é incluída a linha referente ao valor da concentração máxima de referência exigida nos regulamentos para este parâmetro, cujo valor é 10,7 ppm.

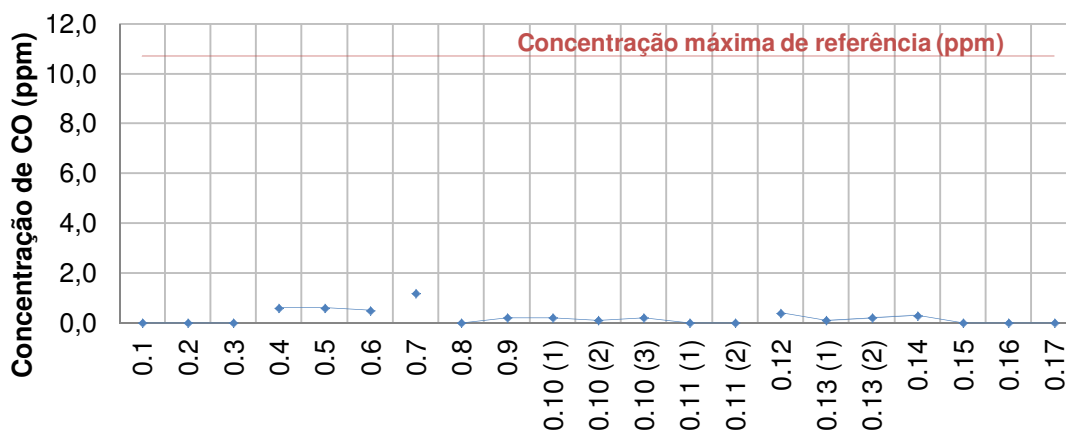


Figura 4.10 - Concentrações de CO registados nos pontos de medição do Piso Superior.

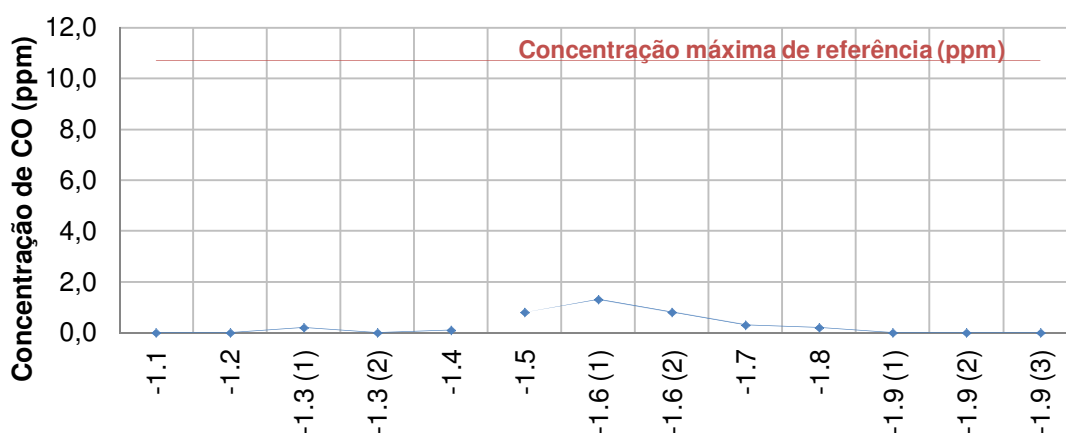


Figura 4.11 - Concentrações de CO registados nos pontos de medição do Piso Inferior.

Observando os resultados obtidos nas medições de CO realizadas pode constatar-se que estes estão bem abaixo do valor da concentração de referência exigida. Este facto deve-se essencialmente à localização do PBG, situado numa zona periférica das grandes áreas urbanas da região e aliado à envolvente florestal, que lhe permite não ficar tão exposto a este contaminante.

4.4.4 Ozono (O₃)

O ozono (O₃) é um gás que ocorre naturalmente no ambiente, produzido na atmosfera por reações fotoquímicas, envolvendo radicais de azoto e hidrocarbonetos. Este gás é um oxidante potente e muito reativo, sendo um poluente perigoso para a saúde quando presente na troposfera. Este poluente, presente em determinadas concentrações, pode

irritar o sistema respiratório e provocar falta de ar e tosse. Este relaciona-se também com a degradação da função pulmonar e agrava problemas respiratórios crónicos, como a asma.

O procedimento para quantificar este parâmetro nos diferentes pontos de medição do edifício foi feito de forma análoga à descrita para a quantificação da concentração de CO₂, utilizando também o mesmo equipamento. Nas figuras 4.12 e 4.13 são apresentados os registos das concentrações de O₃ para cada ponto de medição, realizado no piso superior e inferior, respetivamente. Nestes é incluída a linha referente ao valor da concentração máxima de referência exigida nos regulamentos para o O₃, cujo valor é 0,10 ppm.

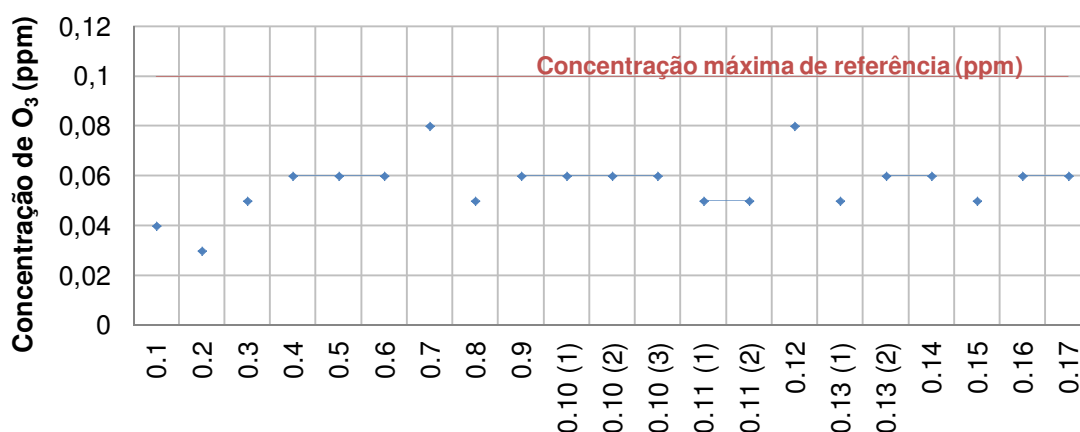


Figura 4.12 - Concentrações de O₃ registados nos pontos de medição do Piso Superior.

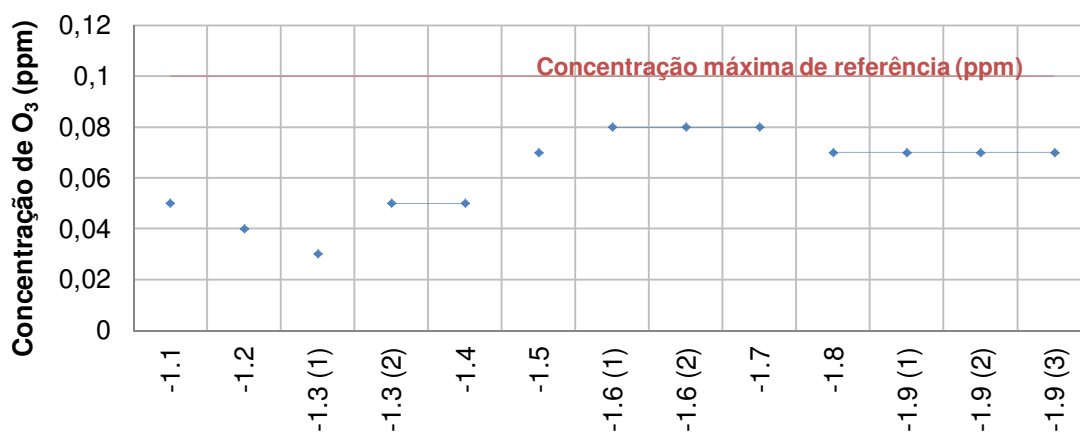


Figura 4.13 - Concentrações de O₃ registados nos pontos de medição do Piso Inferior.

Da análise às figuras 4.12 e 4.13, pode constatar-se que a concentração deste poluente (O₃) nos espaços medidos no edifício está abaixo dos valores limite de exposição definidos nos regulamentos. No exterior do edifício a concentração de O₃ foi igual a 0,02 ppm.

4.4.5 Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

O termo composto orgânico engloba todos os compostos químicos que contenham na sua estrutura átomos de carbono e hidrogénio. Porém, os compostos orgânicos voláteis (COV) são aqueles que possuem pontos de ebulição na gama de valores compreendida entre 50°C e 250°C. Assim, enquadrados nesta designação estão milhares de substâncias químicas, sintéticas e naturais, das quais já identificadas em ambientes interiores de edifícios. Na tabela 4.3 são mencionados alguns dos COV mais encontrados no ar interior e as respetivas fontes de emissão desses poluentes.

Tabela 4.3 – COV frequentemente detetados em ambientes interiores e respetivas fontes de emissão.

Substância	Fontes de Emissão
Acetona	Tintas, revestimentos, acabamentos, solvente de tintas, diluentes, calafetagem.
Hidrocarbonetos alifáticos (octano, decano, n-decano, hexano, i-decano, misturas, etc.)	Tintas, adesivos, gasolina, fontes de combustão, fotocopiadoras com processo líquido, carpetes, linóleo, componentes de calafetagem.
Hidrocarbonetos aromáticos (tolueno, xileno, etilbenzeno, benzeno)	Fontes de combustão, tintas, adesivos, gasolina, linóleo, revestimentos da parede
Solventes clorados	Artigos de limpeza ou de proteção de tapeçarias e carpetes, tintas, solventes de tinta, solventes, fluidos de correção, roupas limpas a seco.
Acetato de n-butil	Telha acústica do teto, linóleo, compostos de calafetagem.
Diclorobenzeno	Carpetes, cristais de naftalina, refrescante de ar.
4-fenil-ciclohexano	Carpetes, tintas.
Terpenos (limoneno, a-pineno)	Desodorizantes, agentes de limpeza, polidores, tecido/decoração, cigarros.

Convém ter a perceção que a identificação individual de COV torna-se dispendiosa tanto a nível financeiro como de tempo, criando-se por esse motivo, o conceito de COV_{Totais} para resolver esta situação. As medições de COV_{Totais} registam o total de COV presentes num determinado espaço sem distinguir os diferentes compostos.

As medições aos COV foram feitas com a sonda multiparamétrica identificada na figura 4.3, seguindo o mesmo procedimento referido nas medições de CO_2 . Nas figuras 4.14 e 4.15 são apresentados os registos das concentrações de COV_{Totais} para cada ponto de medição realizado no piso superior e inferior, respetivamente. Nestes é incluída a linha referente ao valor da concentração máxima de referência exigida nos regulamentos para os COV_{Totais} ,

cujo valor é 0,26 ppm, se o equipamento de medição for calibrado com isobutileno, como é o caso.

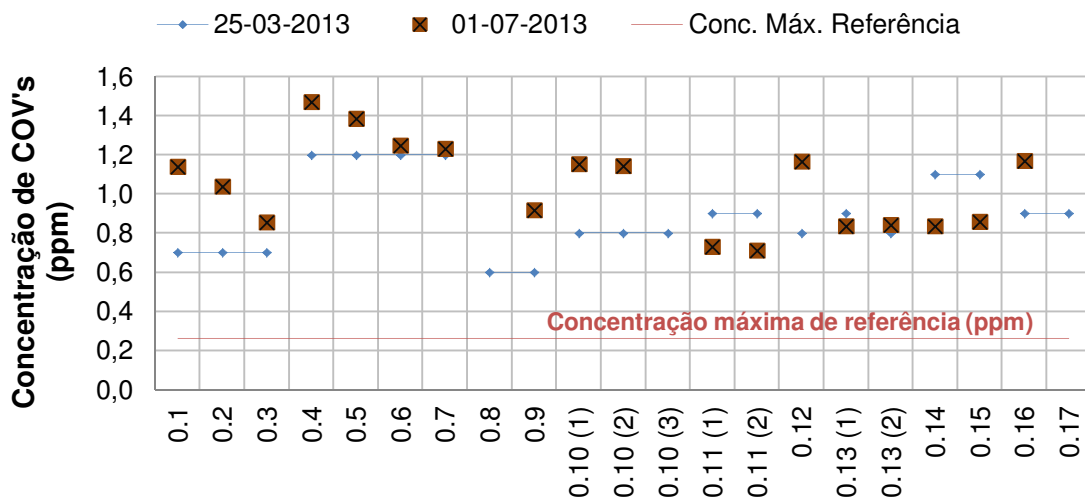


Figura 4.14 - Concentrações de COV_{Totais} registados nos pontos de medição do Piso Superior, nos dias 25 de Março e 01 de Julho de 2013.

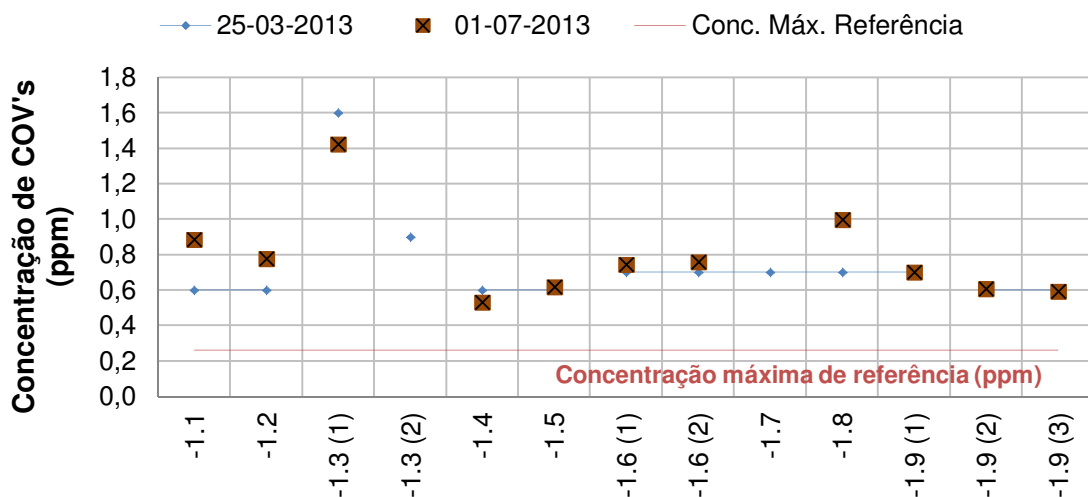


Figura 4.15 - Concentrações de COV_{Totais} registados nos pontos de medição do Piso Inferior, nos dias 25 de Março e 01 de Julho de 2013.

Da análise às figuras 4.14 e 4.15 verifica-se que em todos os pontos de medições realizados no edifício principal do PBG a concentração de COV_{Totais} é significativamente superior, chegando em alguns casos a ser 6 vezes superior ao limite máximo de referência imposto nos regulamentos. Devido aos elevados valores de concentração registados neste parâmetro, teve-se em consideração que o equipamento pudesse não estar devidamente calibrado. No entanto, após o equipamento ter sido calibrado pelo fabricante, voltou-se a repetir as medições de modo a confirmar a discrepância das concentrações medidas

inicialmente. Pelo que também é perceptível nas referidas figuras que os valores se mantêm extremamente elevados. O facto dos valores da concentração de COV_{Totais} serem tão elevados, pode ficar a dever-se ao material de revestimento dos pisos deste edifício, constituído essencialmente por linóleo, elemento que foi considerado na tabela 4.3 como potencial fonte de emissão de COV. Apesar de todas estas considerações verificou-se também, que os valores da concentração de COV_{Totais} no exterior do edifício em estudo, iguais a 0,7 e 1,1 ppm para os dias 25 de Março e 01 de Julho, respetivamente, são bastante superiores ao valor de referência. Deste modo, as causas para estas elevadas concentrações no interior do edifício podem não estar apenas relacionadas com o material de revestimento dos pisos, mas também com alguma fonte emissora da periferia do edifício. O critério de conformidade no caso dos COV_{Totais} dado pelo NT-SCE-02 corresponde ao definido na expressão (16):

$$[COV_{Totais}]_{MaxT} \leq [COV_{Totais}]_{MR} \quad (16)$$

Uma vez que em nenhum ponto de medição se verifica a critério de conformidade, deverá ser feita uma nova série de medições, desta vez mais específica de forma a identificar e quantificar individualmente os COV por métodos cromatográficos. Esta análise será importante para definir uma estratégia no controlo do poluente no interior do edifício.

4.4.6 Formaldeído (HCHO)

O formaldeído é um gás incolor, caracterizado por ser um dos principais poluentes do ar interior. As principais fontes de emissão deste composto estão relacionadas com os materiais de construção nos edifícios, em especial em contraplacados de madeira, tecidos decorativos, resinas, adesivos, podendo estar relacionado também com produtos de limpeza. As concentrações de HCHO nos espaços interiores dependem das fontes existentes nos espaços, da ventilação, da temperatura interior e exterior, e da humidade relativa. Podendo, também, variar ao longo do dia e da estação do ano.

Na medição deste parâmetro foi utilizado um equipamento de portátil de leitura direta, da marca PPM Technology, modelo HTV-M, indicado na figura 4.16. Este equipamento após ser acionado, promove uma aspiração do ar ambiente para seu interior durante um período de 1 minuto e apresenta o valor quantificado, no mostrador do mesmo.



Figura 4.16 - Equipamento utilizado na medição das concentrações de Formaldeído. [Fonte:itise.pt]

Nas figuras 4.17 e 4.18 são apresentados os registos das concentrações de HCHO para cada ponto de medição realizado no piso superior e inferior, respetivamente. Nestes é incluída a linha referente ao valor da concentração máxima de referência exigida nos regulamentos para o HCHO, cujo valor é 0,08 ppm.

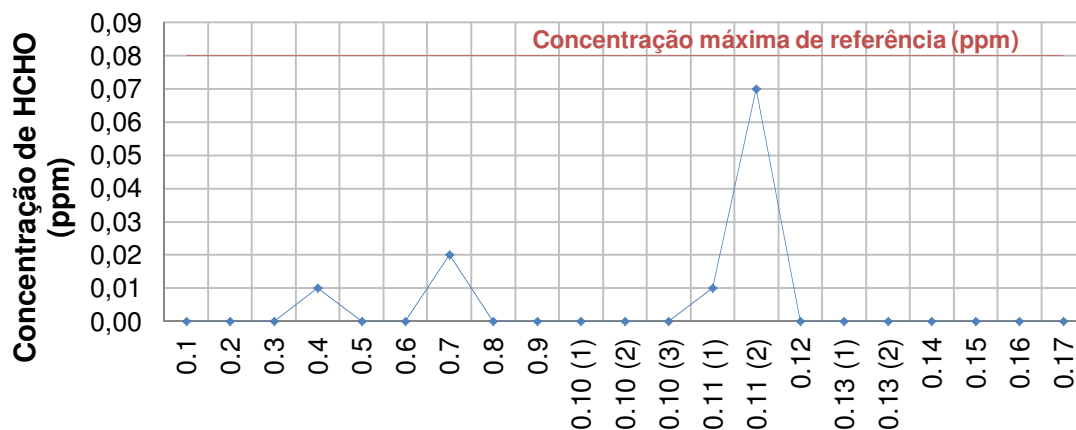


Figura 4.17 - Concentrações de HCHO registados nos pontos de medição do Piso Superior.



Figura 4.18 - Concentrações de HCHO registados nos pontos de medição do Piso Inferior.

Da análise aos resultados obtidos é possível verificar que os valores são em todos os casos inferiores ao valor limite de exposição ao poluente definido nos regulamentos. Contudo, é visível na figura 4.17, que o ponto referente ao auditório (0.11(2)) apresenta um valor relativamente elevado, uma vez que a medição foi efetuada no palco do mesmo, o qual é revestido essencialmente por madeira. No caso da figura 4.18, os únicos valores elevados foram medidos no armazém do edifício, que se trata de um espaço pouco frequentado e mal ventilado, favorecendo a acumulação de contaminantes no seu interior.

4.4.7 Partículas em Suspensão no Ar (PM₁₀)

As partículas aqui analisadas dizem respeito à matéria sólida ou líquida que se encontra suspensa no ar. A matéria sólida caracteriza-se por poeiras, fumos, vírus, bactérias, esporos de fungos, entre outros, enquanto a matéria líquida caracteriza-se por substâncias no estado vapor. As fontes de emissão podem ser provenientes do espaço interior ou exterior do edifício, que podem entrar no sistema interno por infiltração natural através das entradas de ar exterior, pelo próprio sistema de ventilação mecânico, etc.

Na medição das PM₁₀ utilizou-se um equipamento portátil de marca Lighthouse handheld e modelo 3016-IAQ, apresentado na figura 4.19. Neste caso, o equipamento foi programado para realizar a medição durante um período de 6 minutos.

Nas figuras 4.20 e 4.21 são apresentados os registos das concentrações das PM₁₀ para cada ponto de medição realizado no piso superior e inferior, respetivamente. Nestes é incluída a linha referente ao valor da concentração máxima de referência exigida nos regulamentos para as PM₁₀, cujo valor é 0,10 mg/m³.



Figura 4.19 - Equipamento utilizado para efetuar as medições das PM₁₀ [Fonte:golighthouse.com].

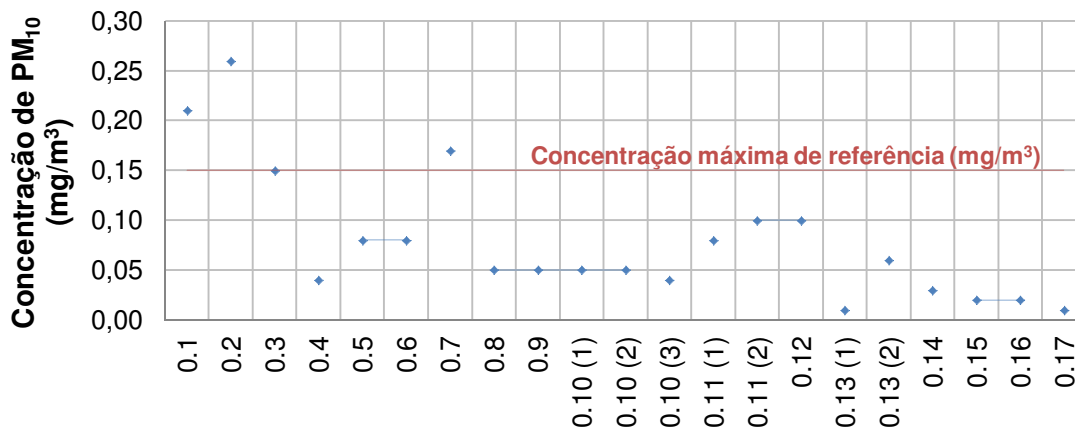


Figura 4.20 - Concentrações das PM₁₀ registados nos pontos de medição do Piso Superior.

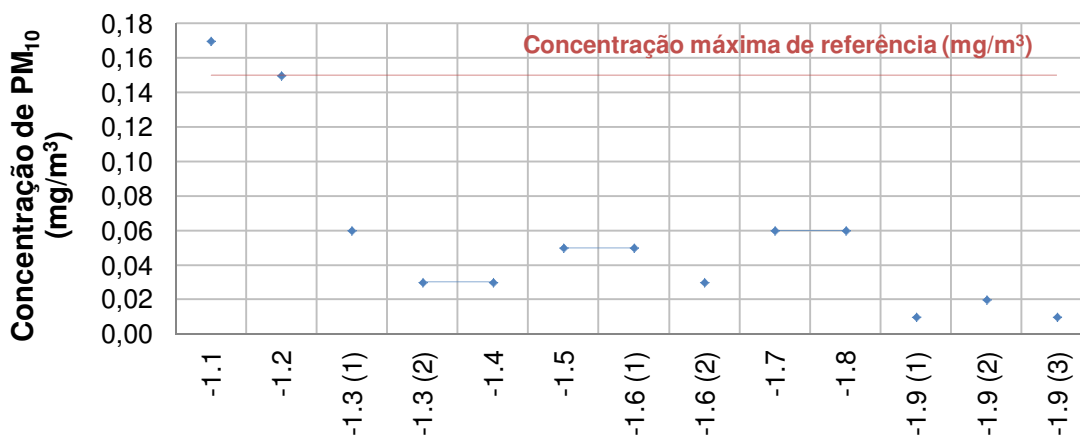


Figura 4.21 - Concentrações das PM₁₀ registados nos pontos de medição do Piso Inferior.

Analisando os valores obtidos para este parâmetro verifica-se que de um modo geral os valores são inferiores aos valores de referência no regulamento. No entanto, os pontos de medição relativos à hospedaria (0.1, 0.2, 0.3, -1.1 e -1.2) apresentaram valores acima do valor limite, devido ao facto das funcionárias do Parque se encontrarem a realizar tarefas de limpeza, na altura em que foram feitas as medições nesses locais, influenciando deste modo a análise neste locais.

4.4.8 Radão

O radão é um gás de origem natural e radioativo, que é continuamente produzido pelo decaimento natural do urânio presente em quase todos os tipos de solos e rochas. A distribuição do urânio e rádio não é uniforme nos solos e rochas, surgindo em maiores concentrações em rochas graníticas. A libertação de radão para a atmosfera depende da permeabilidade e porosidade dos solos e rochas e de parâmetros meteorológicos, como a pressão atmosférica, humidade e temperatura.

Este gás é inodoro e insípido, não sendo por este motivo detetável pelos sentidos humanos. Por outro lado, este gás é o principal contribuinte para a exposição da população às radiações ionizantes, que advém sobretudo dos descendentes sólidos do radão, tais como polónio, bismuto, chumbo, etc. Estes quando inalados pelo homem, irradiam os tecidos do pulmão, podendo induzir o desenvolvimento de cancro.

A entrada do radão num edifício dá-se preferencialmente pelas zonas de contacto com a superfície do terreno, como fissuras na laje do chão ou juntas de canalizações mal vedadas.

O radão foi medido no edifício principal do PBG com recurso a um equipamento de marca Sarad, modelo Radon Scout Plus, apresentado pela figura 4.22.



Figura 4.22 - Equipamento utilizado para as medições de radão [Fonte: Manual de instruções do equipamento].

As medições foram efetuadas apenas em locais pertencentes ao piso habitado de menor cota, ou seja, no piso inferior. Para esta análise foram selecionados espaços em que a ocorrência deste parâmetro fosse mais previsível. Assim, escolheram-se quatro zonas, a arrecadação junto da exposição permanente (gabinete de exposições), a exposição permanente, a sala de servidores (sala IP) e no armazém. Estas medições foram realizadas em períodos de dois dias, no qual o equipamento efetuava registos horários.

Nas figuras 4.23 à 4.26 são apresentados os registos das concentrações de Radão para os pontos de medição realizados no piso inferior do edifício. Nestes inclui-se a linha referente ao valor da concentração máxima de referência exigida nos regulamentos para o Radão, cujo valor é 400 Bq/m³.

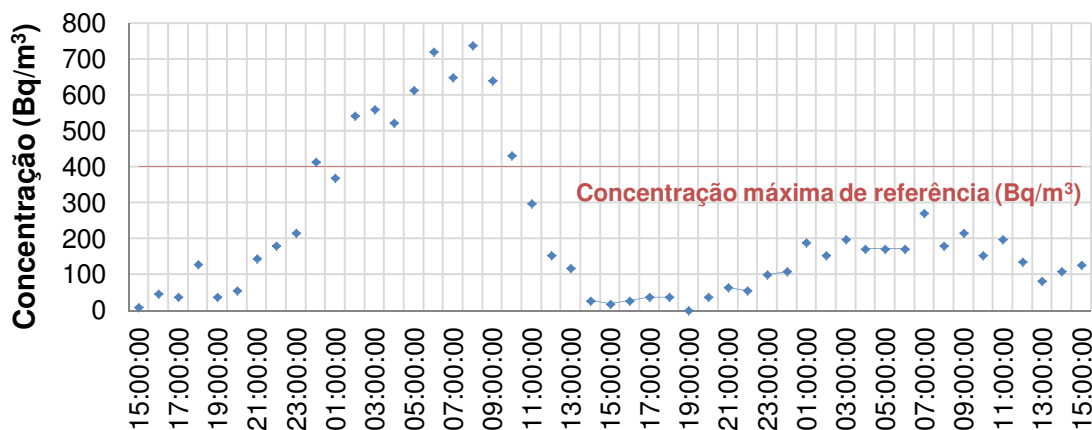


Figura 4.23 - Concentrações de Radão registados no Gabinete de Exposições.

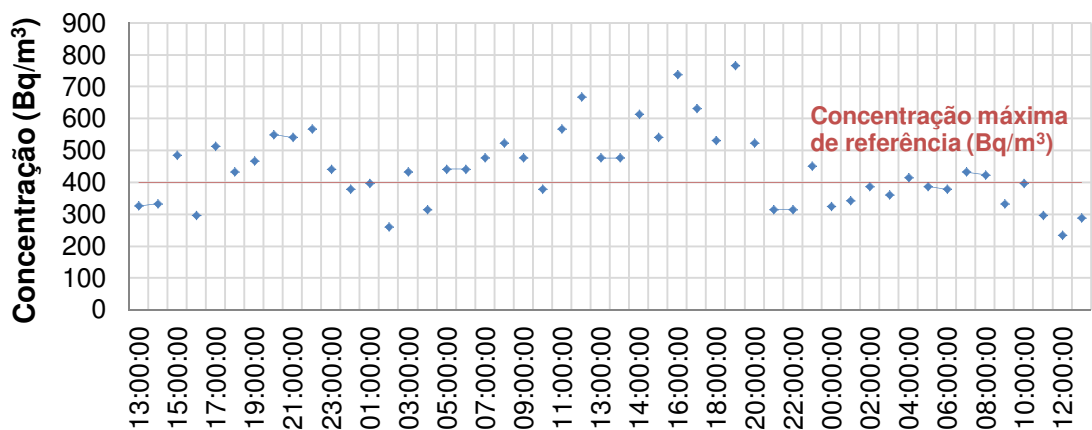


Figura 4.24 - Concentrações de Radão registados na sala IP.

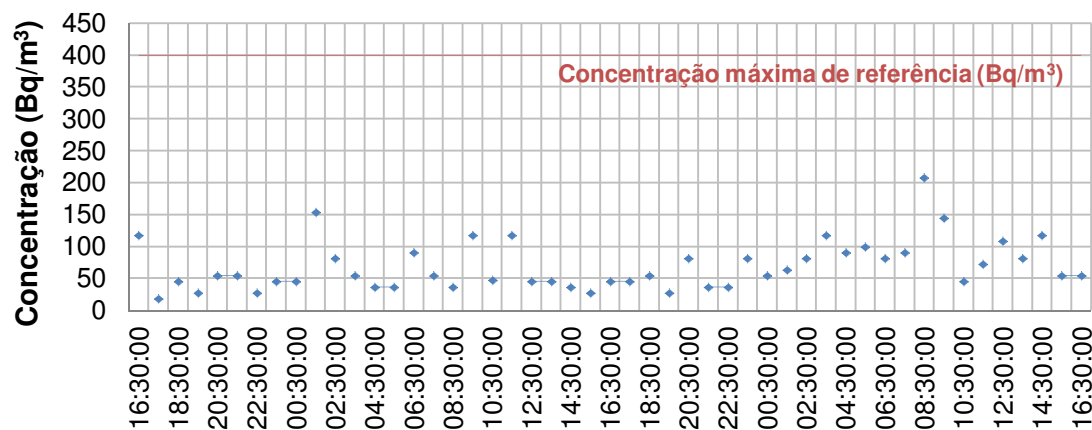


Figura 4.25 - Concentrações de Radão registados no Armazém.

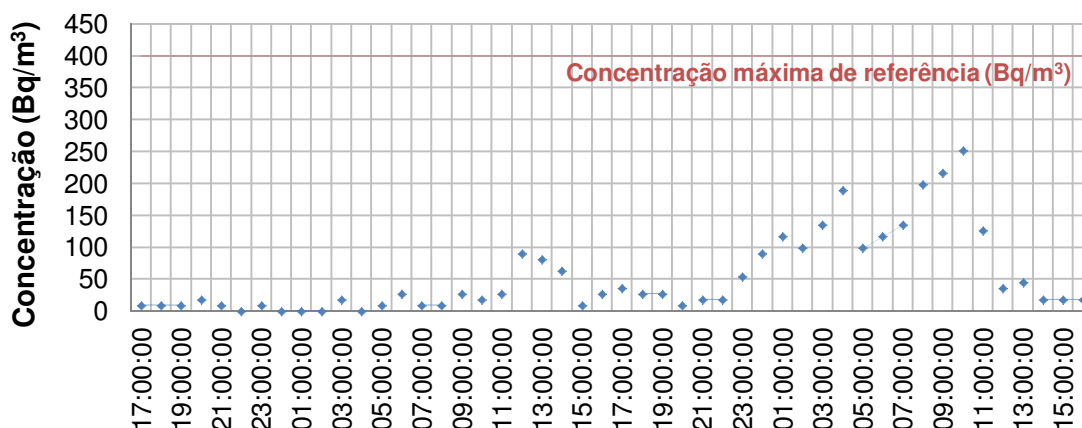


Figura 4.26 - Concentrações de Radão registados na zona de exposição permanente.

Na análise dos resultados obtidos, verifica-se no caso do armazém e da exposição permanente que os valores nunca ultrapassaram os valores de referência impostos no regulamento ao longo da medição. Contudo, nos espaços relativos ao gabinete de exposições e na sala IP constatou-se que alguns valores registados foram superiores ao limite máximo estipulado, devido ao facto de estes dois espaços apresentarem, em especial na sala IP, fissuras significativas no chão, criando condições favoráveis à libertação deste gás.

Pela observação dos gráficos é possível verificar que os picos de maior concentração de radão, na maioria dos casos analisados, são registados em horários noturnos. Este acontecimento associa-se ao facto de os sistemas de aquecimento estarem desativados e o ar quente existente no espaço/edifício tender a subir, criando um fenómeno de pressão negativa nos espaços inferiores, que resultam na sucção do radão do solo para o interior do edifício.

Na tabela 4.4 estão descritos, entre outros, os valores médios da concentração de radão registados nos espaços acima mencionados.

Tabela 4.4 - Valores médios das concentrações de radão, pressão, temperatura e humidade relativa registados nos espaços analisados.

Parâmetro	Gabinete de Exposições	Sala IP	Armazém	Exposição Permanente
Radão (Bq/m ³)	217	442	69	54
Pressão (mbar)	994	995	999	1006
Temperatura (°C)	16,9	15,6	19,7	18,6
Humidade Relativa (%)	60	55	62	68

Da tabela e figuras apresentadas neste ponto, foi possível perceber que existem locais no edifício onde a concentração de radão é significativamente elevada e tendo em consideração que se trata de um gás radioativo e potencialmente perigoso para a saúde dos ocupantes do edifício, a estratégia de controlo a adotar neste caso deve ser principalmente na fonte emissora. Assim, sugere-se um tratamento de estanqueidade cuidadoso às lajes do chão, que apresentem fissuras. É possível ainda, reforçar a ventilação desses locais e dos contíguos que sejam frequentemente ocupados.

4.4.9 Análise dos Parâmetros da QAI no Exterior do Edifício

A análise dos parâmetros da QAI no exterior do edifício deve ser feita para comparar com os valores registados no interior do edifício. Isto permite avaliar a influência de fatores externos que possam estar a influenciar negativamente a qualidade do ar interior no edifício. Por outro lado, pode dar uma perspetiva do funcionamento dos sistemas de climatização, uma vez que este fator, como já foi referido anteriormente, é importante na determinação do conforto térmico dos ocupantes do edifício. Nesta análise foram realizadas medições a todos os parâmetros quantificados no interior do edifício, com a exceção do radão, utilizando os mesmos equipamentos e procedimentos referidos para cada parâmetro. Assim, nas tabelas 4.5 e 4.6 são descritas as concentrações registadas relativamente aos parâmetros referidos.

Tabela 4.5 - Valores das concentrações dos parâmetros da QAI no exterior do edifício - Entrada Principal.

Parâmetro	Concentração	
	mg/m ³	ppm
Dióxido de Carbono (CO ₂)	----	349
Monóxido de Carbono (CO)	----	0
Ozono (O ₃)	----	0,02
COV _{TOTAL}	----	0,7
Formaldeído (HCHO)	----	0,00
Partículas suspensas (PM ₁₀)	0,18	----
Temperatura (°C)		13,5
Humidade Relativa (%)		92,2
Radão (Bq / m ³)		n.d.

Tabela 4.6 - Valores das concentrações dos parâmetros da QAI no exterior do edifício – Fachada Posterior.

Parâmetro	Concentração	
	mg/m ³	ppm
Dióxido de Carbono (CO ₂)	----	345
Monóxido de Carbono (CO)	----	0
Ozono (O ₃)	----	0,02
COV _{TOTAL}	----	0,8
Formaldeído (HCHO)	----	0,00
Partículas suspensas (PM 10)	0,15	----
Temperatura (°C)		13,7
Humidade Relativa (%)		93,4
Radão (Bq / m ³)		n.d.

Como seria de esperar, os valores registados para ambos os casos (tabelas 4.5 e 4.6) são muito semelhantes, devido à proximidade dos locais de medição. Tal como já tinha sido referido anteriormente, também os valores registados para a concentração de COV_{Totais} no exterior do edifício se encontravam acima dos valores de referência definidos nos regulamentos da QAI, pelo que se recomendada uma análise mais detalhada, de modo a compreender qual(ais) o(s) tipo(s) de COV existentes no local, para numa fase posterior, perceber se a fonte emissora do poluente é interna ou externa ao edifício, permitindo selecionar uma estratégia de controlo adequada para o mesmo. Por outro lado, também foi verificado que os valores de PM₁₀ se encontravam acima dos valores máximos de referência, no entanto como a medição foi realizada num dia chuvoso e com elevada humidade relativa, o vapor de água existente no ar pode estar na origem destes registos.

5. Análise das Medidas de Melhoria Propostas

5.1 Iluminação

5.1.1 Iluminação Interior

A iluminação interior do edifício principal do PBG deverá ser compreendida como um alvo importante na ponderação da racionalização energética do mesmo, não só porque representa uma parcela significativa no consumo de eletricidade (cerca de 25% do consumo total), mas também porque o sistema de iluminação apresenta algumas deficiências em termos dos níveis de luminância, má distribuição da luz e opções de gestão energéticas ineficientes. A análise das deficiências apontadas foi feita durante o processo de avaliação do sistema de iluminação realizado no edifício, com o apoio de dois elementos de uma empresa externa (Âmbito Conceito, Lda.) e o recurso a um luxímetro, não de uma forma extensiva, mas apenas em determinadas zonas administrativas e de exposições, de modo a compreender a adequação do sistema instalado às funções a que se destinam. Neste contexto, foi possível verificar que no gabinete de atendimento, por exemplo, as funcionárias dispunham de cerca de 100 lux na secretária de trabalho, quando o valor de referência para este tipo de atividade é de 500 lux. Nas zonas de exposição, constatou-se que muitos dos projetores instalados com a função de direcionar a luz para determinados quadros e cartazes, não estavam devidamente dimensionados para os locais, isto porque a luz incidente nesse objetos não cobria a totalidade dos mesmos, dificultando a sua perceção e/ou a leitura. Por outro lado, foi também possível verificar em alguns locais, como corredores e escritórios, e nas armações ferromagnéticas constituídas por duas lâmpadas fluorescentes compactas não integradas, que a iluminação era realizada apenas por uma das lâmpadas de modo a economizar eletricidade, porém este método é considerado ineficaz devido ao consumo dos balastos ferromagnéticos.

Face ao exposto e dado que o edifício tem uma dimensão considerável, a presente proposta de melhoria considera apenas a alteração dos sistemas de iluminação e/ou o tipo de lâmpadas para as zonas com maior taxa de ocupação ou maior número de horas de utilização. Assim, exclui-se desta lista os espaços relativos à hospedaria (exceto a lavandaria) e as áreas técnicas do edifício, como armazém, central térmica, etc., pois o número de horas de utilização é variável e/ou pouco significativo.

Tal como já foi descrito no ponto 2.4.1 deste trabalho, a iluminação do edifício é composta essencialmente por lâmpadas de halogénio, fluorescentes compactas lineares não integradas (FC-NI) e fluorescentes tubulares (FT). Porém, associado à maioria das lâmpadas acima referidas, há o consumo elétrico de equipamentos auxiliares para o seu funcionamento como os balastos eletromagnéticos, que em regra representam cerca de 20% do consumo nominal da lâmpada utilizada.

Assim considerou-se para este estudo a substituição das lâmpadas FT com tecnologia T8, balastos ferromagnéticos e arrancadores associados, por um adaptador que possui balastro eletrónico e lâmpada FT de tecnologia T5, sem haver a necessidade de substituir as armaduras existentes no local. Este sistema apresenta inúmeras vantagens, a começar pelas lâmpadas com tecnologia T5, que conferem melhor qualidade da luz emitida e da reprodução cromática, redução no consumo elétrico, entre outras. Relativamente ao balastro eletrónico, este permite aumentar o tempo de vida útil das lâmpadas em cerca de 50%, tem elevados fatores de potência, permite um acendimento instantâneo da lâmpada, elimina a cintilação da luz e reduz o ruído.

Para a substituição da restante iluminação propõe-se a aplicação de lâmpadas associadas à tecnologia LED (díodos emissores de luz). Estas caracterizam-se essencialmente pelo baixo consumo energético, boa eficiência luminosa, elevado tempo de vida útil, robustez, fraca emissão de calor e ecológicas porque não contêm mercúrio.

Na tabela 5.1 é apresentada a comparação dos consumos de eletricidade dos sistemas de iluminação (o instalado atualmente e o sistema proposto), os custos anuais, as poupanças energéticas e financeiras associadas à alteração e por fim o valor do investimento necessário para realizar as referidas alterações ao sistema de iluminação. Para obtenção de alguns valores apresentados na tabela utilizou-se uma tarifa de referência, que por sua vez foi determinada com base na tabela de preços atual de energia elétrica aplicados ao PBG por parte do fornecedor EDP Serviço Universal, S.A..

As listagens das Características do sistema de iluminação atualmente instalado e do sistema proposto estão descritos no Anexo VI deste trabalho. Estes são essenciais para a compreensão dos valores aqui mencionados.

Tabela 5.1 – Indicadores de consumo e custos associados à solução atual e à proposta de melhoria. Custo do investimento inicial para o sistema de iluminação interior proposto.

Consumo anual do sistema atual (kWh)	64.919
Consumo anual do sistema proposto (kWh)	20.716
Poupança anual no consumo energético	68%
Tarifa de Referência	0,12 €
Custo energético anual do sistema atual	7.790,23 €
Custo energético anual do sistema proposto	2.485,93 €
Poupança anual	5.304,30 €
Investimento Total	23.933,26 €

A análise do período de retorno de investimento foi efetuada com base numa previsão dos custos acumulados em dez anos para as duas situações (atual e proposta). Para tal, é considerado como custo global de um sistema o somatório do custo inicial (investimento na aplicação da medida de melhoria) com o custo de exploração (consumo energético), optando-se por excluir neste caso custos associados a manutenção e substituição de lâmpadas.

Os custos de exploração neste caso apenas poderão variar com os preços da energia elétrica paga pelo utilizador. De qualquer modo, o custo de exploração diminui com o aumento da eficiência energética, pelo que o seu valor, determinado para um ano n , remetido para o ano zero, pode ser calculado com base na expressão (17).

$$C_{\text{exploração},n} = Q \times \frac{C_{\text{energia inicial}} (1 + \alpha')^n}{(1 + \alpha)^n} \quad (17)$$

Correspondendo:

Q – Consumo de energia (kWh/ano);

α' – Inflação do preço de energia;

α - Taxa de juro.

Para efetuar os cálculos dos custos acumulados, admitiu-se que a inflação no preço de energia elétrica de 3% ao ano e uma taxa de juro de 5%. A taxa de juro, é necessária para remeter o capital ao ano zero e representa basicamente o custo do capital para o investidor, ou seja, o valor que o investidor poderia ganhar se investisse o dinheiro numa aplicação financeira, por exemplo.

Os resultados desta análise poderão ser facilmente compreendidos através da figura 5.1.

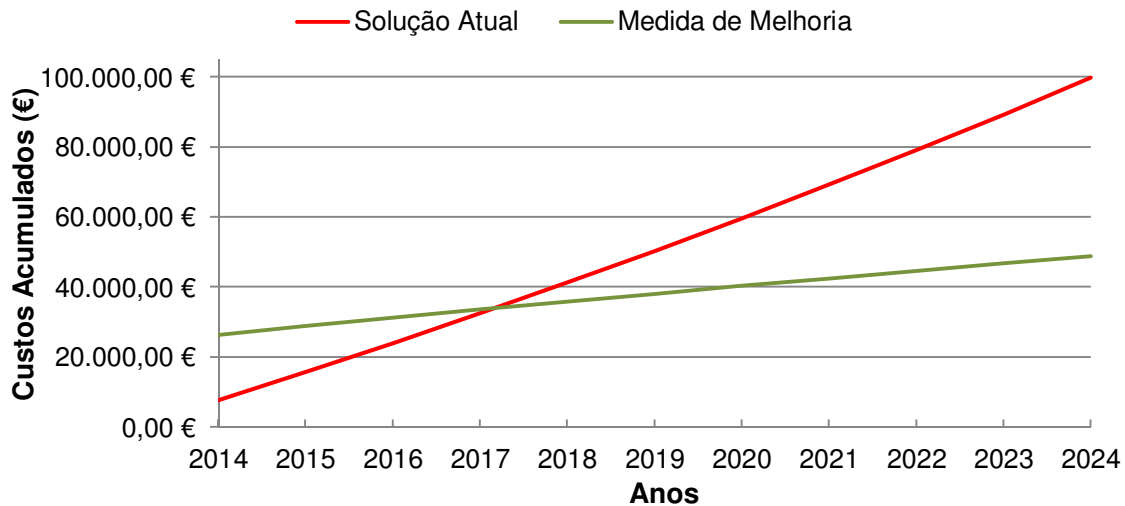


Figura 5.1 - Determinação do período de retorno de investimento em iluminação interior.

Pela observação da figura é possível verificar que o período de retorno do investimento é de 3,1 anos, demonstrando ser um período bastante aceitável e atrativo para a solução apresentada.

5.1.2 Iluminação Exterior

A iluminação exterior, tal como já tinha sido anteriormente referido é constituída por lâmpadas de descarga de vapor de sódio, iodetos metálicos e fluorescentes compactas. Contudo, estudou-se a hipótese de alterar este sistema de iluminação para um outro constituído unicamente por lâmpadas da tecnologia LED.

A tabela 5.2 compara os consumos de eletricidade dos sistemas de iluminação (atual e o sistema proposto), os custos anuais, as poupanças energéticas e financeiras associadas à alteração e o investimento total para implementar o sistema proposto. A tarifa de referência utilizada é determinada com base no descrito para a iluminação interior.

As listagens das Características do sistema de iluminação atualmente instalado e do sistema proposto estão descritos no Anexo VI deste trabalho.

Tabela 5.2 Indicadores de consumo e custos associados à solução atual e à proposta de melhoria. Custo do investimento inicial para o sistema de iluminação exterior proposto.

Consumo anual do sistema atual (kWh)	5.740
Consumo anual do sistema proposto (kWh)	2.426
Poupança anual no consumo energético	58%
Tarifa de Referência	0,12 €
Custo energético anual do sistema atual	688,75 €
Custo energético anual do sistema proposto	291,08 €
Poupança anual	397,66 €
Investimento Total	3.297,54 €

A verificação do período de retorno do investimento foi feita com base no princípio dos custos acumulados descrito anteriormente para a iluminação interior, admitindo a mesma inflação nos preços e taxa de juro aplicada. A figura 5.2 mostra graficamente os resultados dos cálculos efetuados.

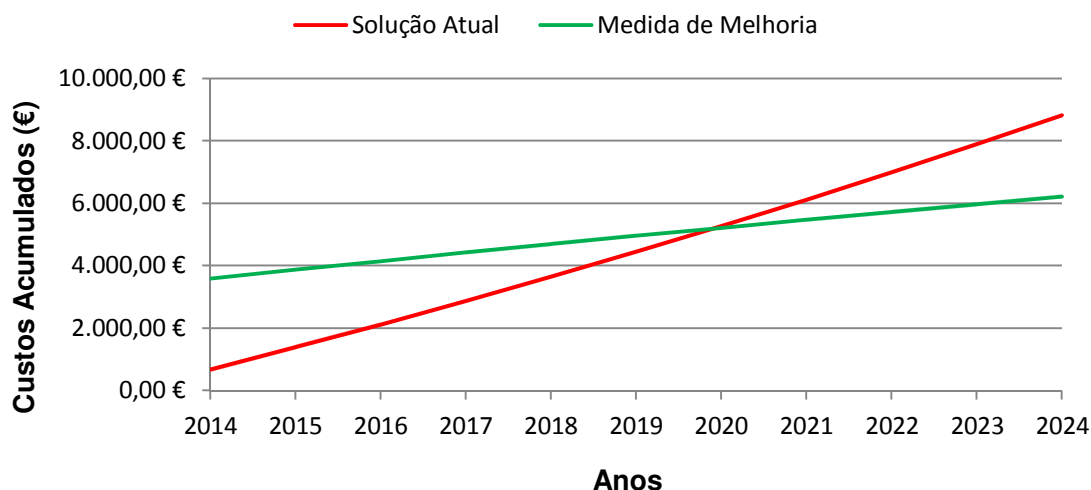


Figura 5.2 - Determinação do período de retorno de investimento em iluminação exterior.

Pela observação do gráfico da figura 5.2 é possível constatar que neste caso, o período de retorno de investimento é feito no final do sexto ano, tornando esta medida de melhoria inviável a curto prazo e pouco atraente para o investidor. Contudo, através da análise ao investimento simultâneo das propostas apresentadas para a iluminação interior e exterior, o período de retorno seria de três anos e meio, tal como se pode comprovar na figura 5.3.

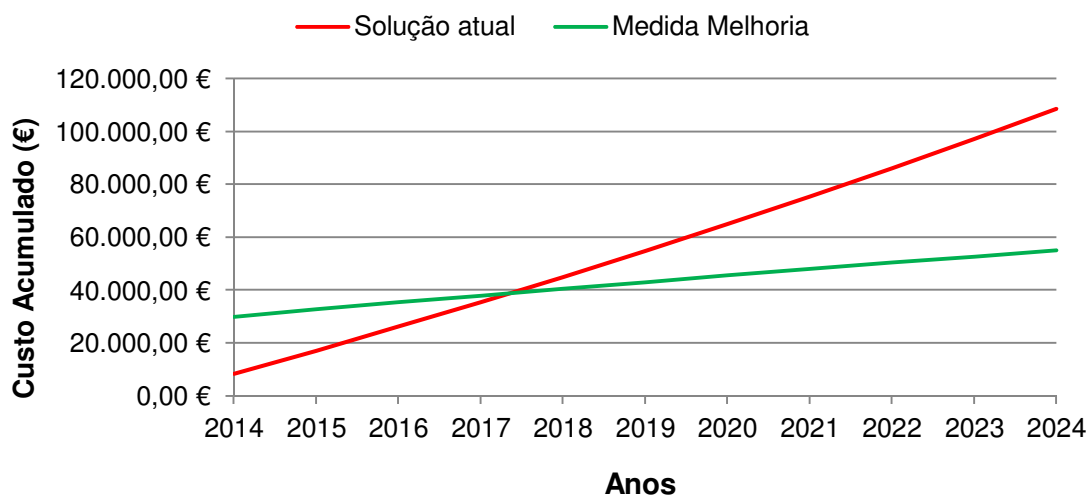


Figura 5.3 - Determinação do período de retorno do investimento conjunto em iluminação interior e exterior.

Considera-se esta hipótese muito vantajosa para o PBG, pois permite torná-lo mais eficiente energeticamente, reduzindo significativamente a fatura energética, tal como é perceptível nas figuras apresentadas.

5.2 Implementação de uma Caldeira a Biomassa

No seguimento deste trabalho prático, constatou-se que nos valores obtidos na simulação dinâmica o consumo de Gás Natural utilizado para produção de água quente no edifício correspondia a cerca de 255 MWh/ano, dos quais 200 MWh/ano dizem respeito ao consumo para o aquecimento central do edifício e o restante é utilizado na produção de AQS (55,7 MWh/ano). Neste contexto, de modo a reduzir os consumos globais e a fatura de gás natural, é apresentada uma proposta para a instalação de uma caldeira a biomassa, servindo de complemento às caldeiras existentes no PBG.

Esta ideia surge pelo facto de se saber que os responsáveis do Parque Biológico não são muito apoiantes dos sistemas de coletores solares, devido ao impacto visual negativo que podem causar aos seus visitantes. Por outro lado, seria interessante potenciar os 35 hectares de espaços verdes que o Parque dispõe, de modo a utilizar o combustível gerado e disponível no mesmo, a lenha e restos florestais.

A utilização da biomassa na produção de energia a partir de processos de combustão também provoca emissão de CO₂ na atmosfera, mas como este composto é absorvido pelas plantas que dão origem ao combustível, o balanço das emissões de CO₂ resultante da queima é considerado neutro.

O funcionamento da caldeira selecionada para este trabalho baseia-se no princípio de combustão por gasificação da lenha. O combustível sólido colocado num compartimento superior da caldeira, após a sua ignição, vai libertando gases que combinados com o ar primário resultam numa mistura combustível. Esta mistura é aspirada para um outro compartimento através das ranhuras existentes na grelha da câmara de combustão, originando a designada “chama invertida”, transpondo então a energia calorífica para a zona de transferência de calor. Assim, ao contrário dos processos de queima de lenha tradicionais (atmosféricos), o processo de gaseificação não atua diretamente na lenha, recorrendo apenas aos gases resultantes da queima, possibilitando uma combustão praticamente completa, aumentando assim o rendimento do equipamento e diminuindo a emissão de poluentes resultantes da queima incompleta de combustíveis, como por exemplo o monóxido de carbono (CO).

A figura 5.4 representa esquematicamente o processo de combustão por gaseificação e as transferências de calor numa caldeira a lenha.

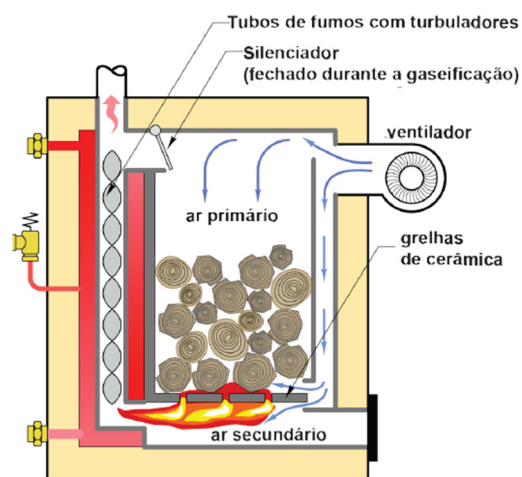


Figura 5.4 - Representação esquemática do processo de gaseificação na caldeira a lenha, de chama invertida. [Fonte: www.enrepo.pt - catálogo técnico da caldeira]

Na tabela 5.3, são descritas as Características técnicas da caldeira proposta

Tabela 5.3 – Características técnicas da caldeira a lenha.

Marca e Modelo	Regovent – RV 150 R/SA
Tipo	Gaseificação a lenha - Chama invertida
Tipo de combustível	Lenha
Potência máxima	174 kW (150.000 kCal/h)
Potência útil	142 kW (122.000 kCal/h)
Rendimento Combustão	85 - 95 %
Pressão máxima	4 bar
Capacidade de água	260 L
Volume da câmara de combustão	770 L
Abertura para a carga de lenha	400 x 700 mm
Largura máxima dos troncos de lenha	1,25 m

O rendimento da caldeira está obviamente dependente do poder calorífico da madeira utilizada na combustão, podendo estar compreendida entre os 13,8 e 15,6 MJ/kg, segundo o despacho nº 17313/2008 da legislação nacional.

A caldeira possui inúmeras vantagens construtivas, que permitem otimizar o rendimento térmico, bem como a durabilidade e manutenção do equipamento. Porém, destaca-se o sistema de modulação contínua que permite ajustar naturalmente a potência da caldeira às necessidades reais da instalação, graças ao sensor termostático imerso na água. Ainda, graças ao princípio mecânico de funcionamento termostático, a modulação atua também na ausência de alimentação elétrica, atuando como segurança contra os excessos de temperatura. O controlador eletrónico possibilita a gestão do funcionamento da caldeira e está também preparado para gerir e regular o funcionamento conjunto da caldeira com um sistema solar de apoio que possa ser instalado no PBG.

A principal desvantagem deste sistema reside no facto de o carregamento de combustível ser feito de forma manual, existindo a necessidade de criar novas rotinas. Contudo a caldeira apresentada dispõe de uma câmara de combustão que permitiria efetuar apenas um carregamento por dia de modo a garantir o seu funcionamento durante 6 a 10 horas, abrangendo praticamente a totalidade do horário de atividade do edifício do PBG.

Na utilização deste tipo de caldeiras é recomendado um depósito de inércia ligado ao circuito da caldeira, de forma a permitir uma acumulação de energia térmica nos períodos de reduzida necessidade para fornecer nos momentos de maior necessidade. Assim, para além de favorecer o rendimento do sistema, garante-se o funcionamento em contínuo através da modulação da caldeira sem ter de repetir estágios de acendimento.

Pese embora as vantagens deste equipamento, existem inúmeras variáveis para a determinação com exatidão da viabilidade económica deste equipamento. Por um lado, seria necessário conhecer a disponibilidade efetiva de combustível (lenha) no PBG e o tipo de lenha disponível, por outro lado o modo como se efetuam os cálculos de previsão dos consumos de lenha e conseqüente redução no consumo de gás natural. Este último ponto refere-se às limitações na alteração e implementação do modelo estudado para este edifício no simulador dinâmico, dado que apenas permite que seja utilizado um tipo de equipamento para produção de água quente. Nestas condições, estudou-se o modelo que contivesse a caldeira a biomassa como único equipamento de aquecimento e admitiu-se parâmetros muito conservadores, tal como o rendimento térmico mínimo para esta caldeira de 85%, a utilização do mesmo durante 6 horas diárias apenas nos 5 dias da semana ao longo do período de aquecimento (Setembro a Março). Deste modo, os resultados obtidos no simulador para esta alteração permitiram constatar que este equipamento seria capaz de reduzir 150.000 kWh/ano no consumo de gás natural. Todavia, esta redução no consumo de gás natural só seria possível se o PBG conseguisse dispor de cerca de 32 toneladas de lenha por ano. Admitindo que conseguiria produzir 10 toneladas anuais de lenha, a redução nos consumos passaria a ser cerca de um terço do valor referido, isto é, aproximadamente 50.000 kWh/ano. Assim, na tabela 5.4 são apresentados os dados necessários para a análise do período de retorno do equipamento, bem como os preços dos equipamentos propostos, obtidos nos catálogos disponibilizados no sítio de internet do fornecedor (www.enrepo.pt) para os anos de 2012-2013, cuja consulta pode ser feita no Anexo VI deste trabalho.

Tabela 5.4 - Indicadores de consumo e custos associados à solução atual e à proposta de melhoria. Custo do investimento inicial para o sistema proposto.

Consumo anual GN na solução atual (kWh)	244.419
Consumo anual GN medida melhoria (kWh)	194.419
Poupança anual no consumo de GN (kWh)	50.000
Poupança anual no consumo de GN	20,5%
Tarifa de Referência para GN (€/kWh)	0,0717 €
Custo anual do sistema atual	17.530,42 €
Custo anual do sistema proposto	13.944,27 €
Caldeira a lenha	23.302,00 €
Depósito de Inércia (1.500 L)	1.733,00 €
Outros equipamentos necessários	1.251,75 €
Investimento Total	26.286,75 €

A verificação do período de retorno do investimento foi feita com base no princípio dos custos acumulados descritos anteriormente para a iluminação interior, admitindo uma inflação de 2,5% nos preços do gás natural e uma taxa de juro de 5%. Nesta tabela é considerado que possam existir outros equipamentos necessários para o correto funcionamento da caldeira, como por exemplo sondas de temperaturas e válvulas especiais, e como em tempo útil não foi possível obter por parte dos fornecedores uma proposta concreta para este caso, considerou-se que estes equipamentos correspondiam a 5% do somatório dos custos associados à caldeira e ao depósito. A figura 5.5 mostra graficamente os resultados dos cálculos efetuados.

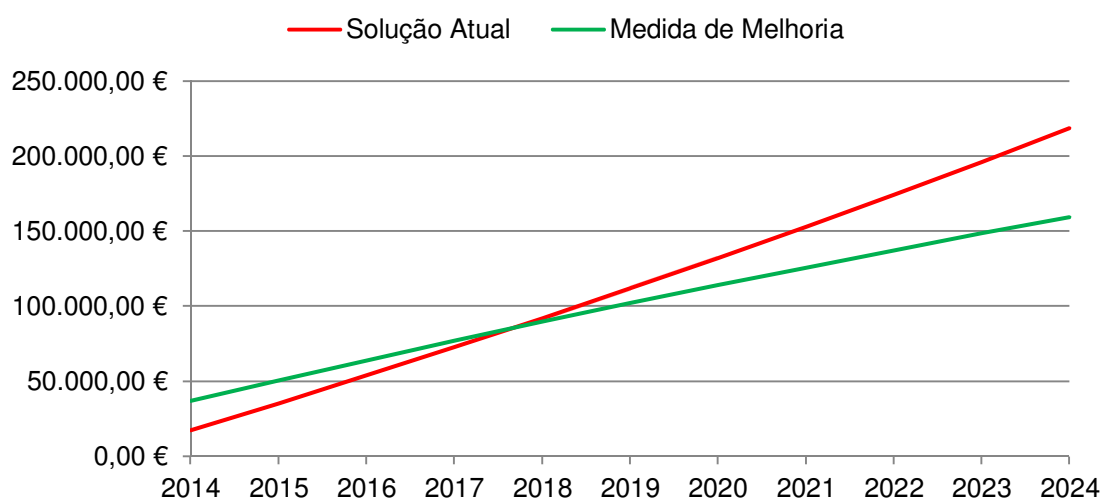


Figura 5.5 - Determinação do período de retorno de investimento no sistema de produção de água quente para o aquecimento central no edifício principal do PBG.

Pela análise do gráfico é possível verificar que o retorno do investimento neste sistema seria efetuado em menos de 4 anos. Contudo, houve a necessidade de fazer muitas considerações para determinar o valor obtido, pelo que se houver interesse por parte do PBG na adoção deste sistema, deve ser feito primeiro um levantamento da quantidade de combustível (madeira/árvores) que consegue gerar nas áreas agroflorestais do Parque, para poder realizar uma análise mais precisa do equipamento.

Importa referir que existem outras soluções no mercado que possibilitam a combustão simultânea de lenha e péletes de madeira. Esta possibilitaria tornar o sistema mais autónomo, uma vez que já existem mecanismos de alimentação automática deste combustível (péletes) e permitiria que o utilizador adquirisse o combustível a um preço bem inferior ao preço do gás natural (€/kWh).

6. Conclusões

A avaliação energética ao edifício principal do PBG realizada neste trabalho visou a desagregação do consumo energético pelos diferentes tipos de utilizações. Para atingir este objetivo e como se tratava de um edifício complexo e com diversas tipologias, foi utilizado como instrumento de análise o simulador dinâmico, *DesignBuilder*. A partir das simulações em condições de funcionamento real do edifício, foi possível concluir que a distribuição dos consumos elétricos corresponde a 29% em iluminação, 59% em equipamentos elétricos (informáticos e outros relacionados essencialmente com o Bar-Restaurante) e os restantes 12% no sistema de climatização, representado pelo chiller e equipamentos auxiliares do sistema AVAC. Relativamente à distribuição dos consumos de gás natural, constatou-se que 67% seria utilizado no aquecimento dos espaços, 19% na produção de AQS e 14% na cozinha do restaurante, na preparação de refeições.

Com base nos consumos de energia das faturas/contagens disponibilizadas para a realização deste estudo e nos valores obtidos na simulação, determinou-se o índice de eficiência energética (IEE) com o valor de 29,5 e 29,9 kgep/m².ano, respetivamente, valores inferiores ao limite indicado no RSECE (45,2 kgep/m².ano), dispensando a obrigatoriedade na elaboração e implementação de um plano de racionalização energética (PRE). Por outro lado, esta análise permitiu, também concluir a atribuição da classe energética C ao edifício, tendo em conta o valor do IEE obtido com base na simulação nominal que foi igual a 41,3 kgep/m².ano.

Apesar de o edifício não necessitar de realizar um PRE foram estudadas algumas medidas de melhoria, com o intuito de melhorar a eficiência energética e consequentemente reduzir a fatura associada.

A iluminação mostrou ser um dos alvos com maior potencial de melhoria, não só pela redução dos consumos energéticos, mas também para resolver algumas deficiências verificadas no sistema atual. Neste contexto, foi apresentada uma proposta para a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e seus balastos eletromagnéticos por adaptadores constituídos por lâmpadas com tecnologia T5 e balastro eletrónicos. Nesta proposta considerou-se também que os restantes sistemas de iluminação seriam substituídos por sistemas associados à tecnologia LED, originando num investimento de 23.933,26 €, com um período de retorno de 3,1 anos. Relativamente à iluminação exterior a sugestão apresentada consistia na substituição das lâmpadas de vapor de sódio, iodetos metálicos e fluorescentes compactas por lâmpadas LED, prevendo-se um investimento

inicial de 3.297,54€ e um período de retorno de cerca de 6 anos, sendo este último valor elevado e desencorajador para o investidor. No entanto, fazendo a análise global ao sistema de iluminação interior e exterior, o investimento inicial seria de 27.230,80€ e o período de retorno deste investimento seria feito em 3,5 anos, conferindo esta possibilidade uma excelente oportunidade de otimizar os consumos e sistemas de iluminação atuais.

Os consumos energéticos anuais relacionados com aquecimento do edifício são muito significativos, por isso, estudou-se a hipótese de complementar o sistema atual de produção de água quente, com uma caldeira a biomassa (lenha), aproveitando o potencial que o PBG tem nos seus 35 hectares de áreas agroflorestais, para gerar o seu próprio combustível, lenha e restos florestais. Contudo foi difícil prever a quantidade de combustível disponível anualmente, por este motivo admitiu-se que o PBG dispunha de cerca de 10 toneladas por ano, possibilitando uma redução no consumo de gás natural de 50 MWh/ano. O investimento neste equipamento seria de 26.286,75€ e o período de retorno do investimento de aproximadamente 4 anos, assumindo os pressupostos descritos acima.

A avaliação da QAI ao edifício principal do PBG consistiu na comparação dos parâmetros medidos com os valores máximos de referência definidos no regulamento legal desta área (RSECE-QAI), com a exceção dos parâmetros microbiológicos. Assim, relativamente aos parâmetros físicos, temperatura e humidade relativa, os valores médios registados foram iguais a 19,7°C, e 66,9%, respetivamente, estando por isso ligeiramente abaixo do valor de referência, que corresponde apenas à temperatura de 20°C para o período de inverno, não existindo nenhum valor de referência para a humidade relativa para este período.

No que diz respeito aos parâmetros químicos, os resultados obtidos e os valores máximos de referência definidos no regulamento para os parâmetros analisados foram para:

- Dióxido de carbono (CO₂) igual a 580 ppm face ao regulamentar 984 ppm;
- Monóxido de carbono (CO) igual a 0,2 ppm face ao regulamentar 10,7 ppm;
- Ozono (O₃) igual a 0,06 ppm face ao regulamentar 0,10 ppm;
- Formaldeído (HCHO) igual a 0,01 ppm face ao regulamentar 0,08 ppm;
- Partículas em suspensão (PM₁₀) 0,07 mg/m³ face ao regulamentar 0,15 mg/m³;
- COV igual a 0,84 ppm face ao regulamentar 0,26 ppm;
- Radão igual a 196 Bq/m³ face ao regulamentar 400 Bq/m³.

Assim, em relação aos valores obtidos para o COV concluiu-se que todos os pontos de medição analisados foram superiores aos valores máximos de referência, sugerindo-se a realização de uma nova série de medições, mas desta vez mais específica, recorrendo a

meios cromatográficos, para avaliar qual (ais) os COV presentes no edifício de modo a eliminar ou atenuar as fontes de emissão deste (s) poluente (s).

Por outro lado, apesar de o valor médio de dióxido de carbono ser inferior ao valor de referência, conclui-se que este parâmetro iria representar uma não conformidade se o edifício fosse sujeito a uma auditoria real à QAI, no âmbito do RSECE-QAI, dado que o valor da concentração de CO₂ no ponto de medição relativo ao gabinete de atendimento é bastante elevado (1551 ppm em relação aos 984 ppm previstos na lei). Neste caso, como medida de melhoria, seria proporcionar condições de ventilação adequadas ao local.

Analogamente ao descrito para o CO₂, teríamos outra não conformidade relacionada com o parâmetro Radão, dado que este apresentou uma concentração superior ao valor máximo permitido (400 Bq/m³), no ponto de medição relativo à sala IP do edifício, no qual foi registado um valor médio de 442 Bq/m³ e valores máximos próximos dos 800 Bq/m³. Dado que se trata de um gás radioativo e potencialmente perigoso para os ocupantes do edifício, é sugerido um tratamento de estanquicidade cuidado à laje do chão, que apresenta fissuras significativas e eventualmente reforçar a ventilação desse local e dos contíguos que sejam frequentemente ocupados.

Referências Bibliográficas

- [1] A. T. Almeida, C. Patrão, P. Fonseca e P. Moura, “Manual de boas práticas de eficiência energética,” Novembro 2005. [Online]. Available: <http://www.bcsdportugal.org/manual-eficiencia-energetica/465.htm>. [Acedido em Março 2013].
- [2] ADENE - Agencia para a Energia, “Guia da Eficiência Energética,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/pt-pt/Publicacoes/Paginas/GuiaEE2012.aspx>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [3] P. Isolani, “A Utilização Racional de Energia nos Edifícios Públicos,” Maio 2008. [Online]. Available: http://www.adene.pt/pt-pt/Actividades/Documents/URE_EdP%C3%BAblic_enerbuilding.pdf. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [4] C. Rocha, “Auditorias Energética - Eficiencia, Redução de Custos e Competitividade nas Empresas,” *Revista Indústria e Ambiente*, p. 29, Nº 75 - Julho/Agosto 2012.
- [5] J. N. Mendes, “A importância do desenvolvimento da eficiência energética e das energias renováveis no contexto da procura mundial de energia,” *Revista Indústria e Ambiente*, p. 16, Nº 67 - Março/Abril 2011.
- [6] EDP, “Revolução Energética,” [Online]. Available: http://www.a-nossa-energia.edp.pt/mais_melhor_energia/revolucao_energetica.php. [Acedido em Março 2013].
- [7] Comissão Europeia, “O novo Plano de Eficiência Energética da Comissão,” Março 2011. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/portugal/pdf/comissao/destaques/eficiencia_energetica_22junho2011/20110308_memo11149_pt.pdf. [Acedido em Março 2013].
- [8] Comissão Europeia, “Plano de Acção para a Eficiência Energética (2007 – 2012),” Setembro 2008. [Online]. Available: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27064_pt.htm. [Acedido em Março 2013].

- [9] Comissão Europeia, “Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à eficiência energética e que revoga as Directivas 2004/8/CE e 2006/32/CE,” Junho 2011. [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0370:FIN:PT:PDF>. [Acedido em Março 2013].
- [10] Instituto Nacional de Estatística, I.P., “Estatísticas do Ambiente 2011,” 2012. [Online]. Available: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=150027088&PUBLICACOESmodo=2. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [11] International Energy Agency, [Online]. Available: http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/PTTPES.pdf. [Acedido em Março 2013].
- [12] Adene - Agência para a energia, “Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria Portuguesa: Um enquadramento tecnológico sucinto,” Julho 2010. [Online]. Available: <http://efinerg.aeportugal.pt/Areas/Projecto/Documentos/Publica%C3%A7%C3%A3oMedidasEfici%C3%AAnciaEnerg%C3%A9ticaInd%C3%BAstria-SGCIE.pdf>. [Acedido em Março 2013].
- [13] Agência Portuguesa do Ambiente, Outubro 2012. [Online]. Available: <http://sniamb.apambiente.pt/portalids/Indicadores/FichaIndicador.aspx?IndID=28>. [Acedido em Março 2013].
- [14] Agência Portuguesa do Ambiente, “Avaliação do Cumprimento do Protocolo de Quioto,” Maio 2012. [Online]. Available: <http://www.cumprirquioto.pt/documents/List.action>. [Acedido em Março 2013].
- [15] Presidência do Conselho de Ministros, “Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008,” Abril 2008. [Online]. Available: <http://dre.pt/pdf1sdip/2008/05/09700/0282402865.PDF>. [Acedido em Março 2013].
- [16] DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia, [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/>. [Acedido em Março 2013].
- [17] Ministério da Economia e da Inovação, “Decreto-Lei nº 78/2006,” Março 2006. [Online]. Available: <http://dre.pt/pdf1s/2006/04/067A00/24112415.pdf>. [Acedido em

Janeiro 2013].

- [18] Adene - Agência para a energia, "Seminário Fachadas Energéticamente Eficientes: Contribuição dos ETICS/Argamassas Térmicas," Maio 2012. [Online]. Available: http://www.apfac.pt/eventos/seminario_fachadas_energeticamente_eficientes_2012/1%20Orador%20Francisco%20Passos.pdf. [Acedido em Março 2013].
- [19] P. Santos, M. Casquiço, P. C. Ricardo, N. Simões, V. Gil e L. Aelenei, "Edifícios Existentes - Método de cálculo simplificado para a certificação energética", Adene - Agência para a Energia, 2009.
- [20] A. T. Almeida, Á. Gomes, C. Patrão, F. Ferreira, L. Marques e P. Fonseca, "Manual Técnico de Gestão de Energia - Produzido no âmbito do projecto "Energy Efficiency Training of Trainers (EETT)", apoiado pelo programa "Intelligent Energy Europe Programme", Setembro 2007. [Online]. [Acedido em Janeiro 2013].
- [21] Agência Portuguesa do Ambiente, [Online]. Available: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=319&sub3ref=341>. [Acedido em Março 2013].
- [22] Adene - Agência para a Energia, "Perguntas & Respostas sobre RSECE-QAI," Maio 2011. [Online]. Available: http://www.adene.pt/pt-pt/form/RCCTE/Documents/Documentacao/PRRSECE_QAI_20052011.pdf. [Acedido em Janeiro 2013].
- [23] "EDP - Gás Serviço Universal," [Online]. Available: <http://www.edpgassu.pt/index.php?id=259>. [Acedido em Setembro 2013].
- [24] ASHRAE, ASHRAE Handbook, Fundamentals - SI Edition, Atlanta, 2009.
- [25] "Energy Star," Setembro 2013. [Online]. Available: www.energystar.gov.
- [26] Adene, "Perguntas & Respostas sobre RCCTE," [Online]. Available: http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/PerguntasRespostas/Documents/PR_RCCTE_20.pdf. [Acedido em Abril 2013].
- [27] *Decreto-Lei n.º 79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RSECE).*

- [28] ADENE - Agência para a energia, “Perguntas & Respostas sobre o RSECE - Energia,” 2012. [Online]. Available: http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/PerguntasRespostas/Documents/PRRSECE_Energia_20.pdf. [Acedido em Abril 2013].
- [29] *Despacho n.º 10250/2008 - Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior..*
- [30] “LQAI - Laboratório da Qualidade do Ar Interior,” [Online]. Available: http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai_laboratorio.html. [Acedido em 26 Setembro 2013].
- [31] P. N. K. Ibrahim, “Gas Technology Lectures - University of Technology (Chemical Eng. Department),” n.d. [Online]. Available: <http://www.uotechnology.edu.iq/dep-chem-eng/fourth%20year%20refining/gas%20technology%20lectures%20Internet%20neran.pdf>. [Acedido em 08 Julho 2013].

Anexos

Anexo I. Diagramas de carga semanal e diários obtidos no quadro parcial QP (Bar-Restaurante)

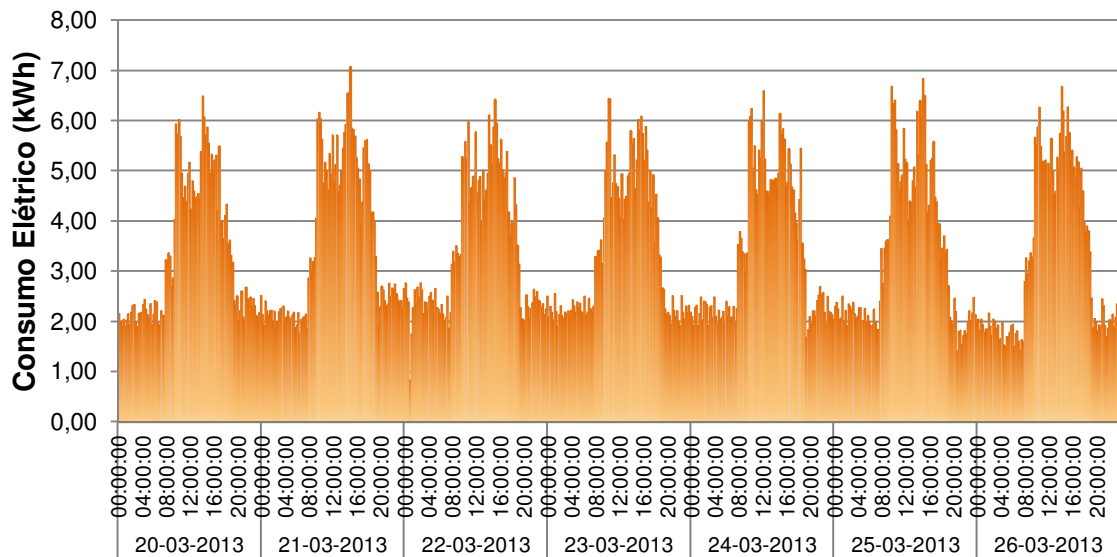


Figura I.1 - Diagrama de carga semanal obtido no quadro elétrico parcial QP (Bar-Restaurante).

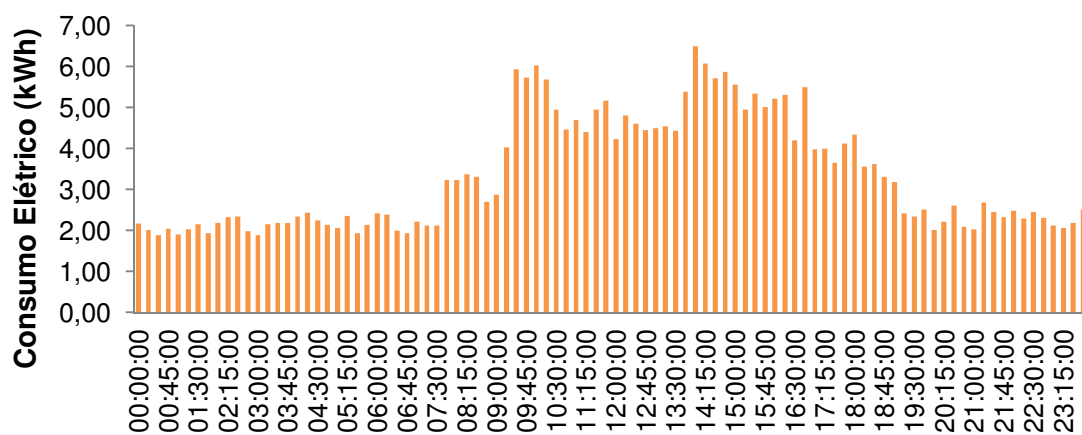


Figura I.2 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (4ª Feira: 20-03-2013).

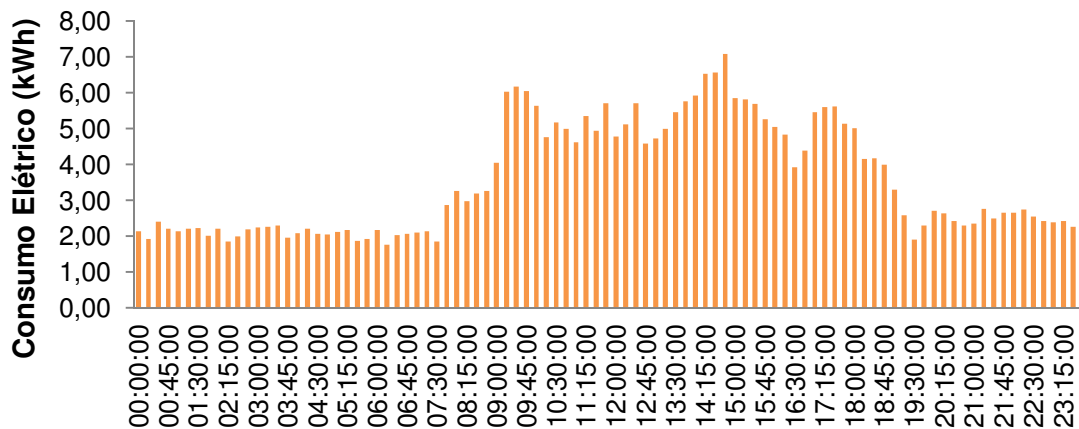


Figura I.3 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (5ª Feira: 21-03-2013).

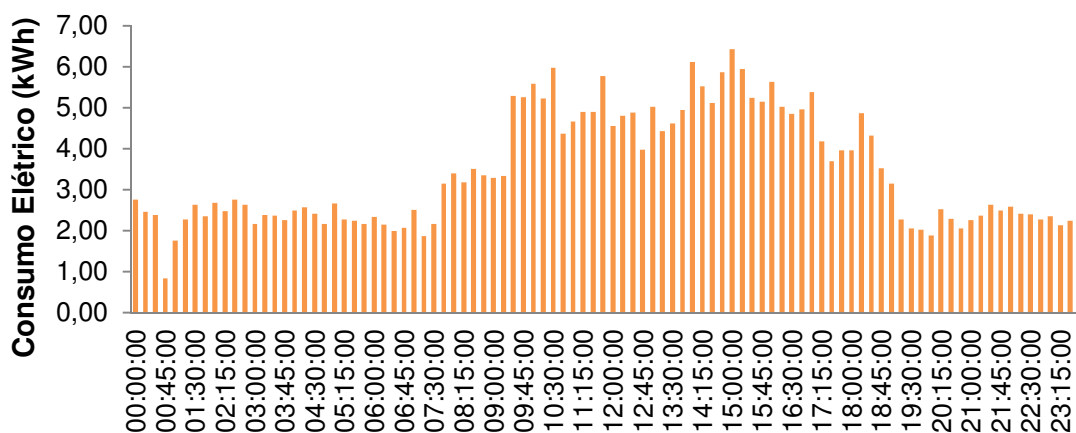


Figura I.4 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (6ª Feira: 22-03-2013).

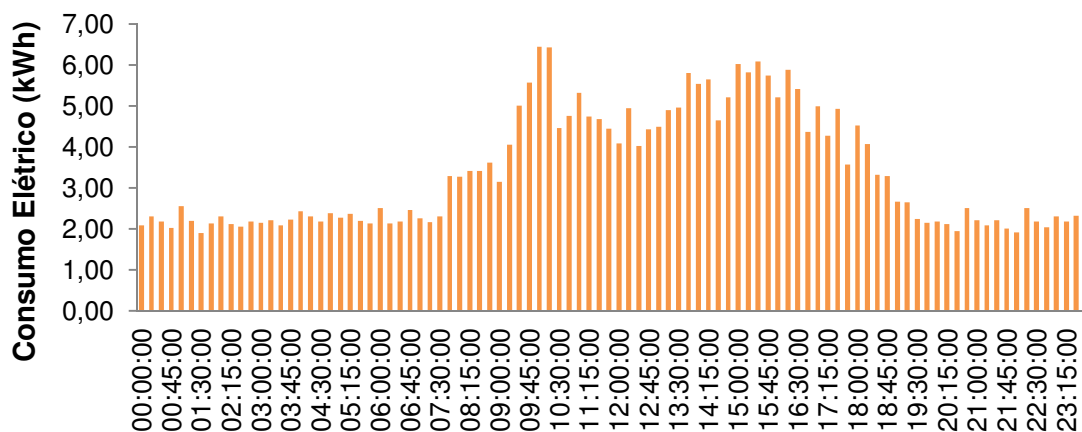


Figura I.5 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (Sábado: 23-03-2013).

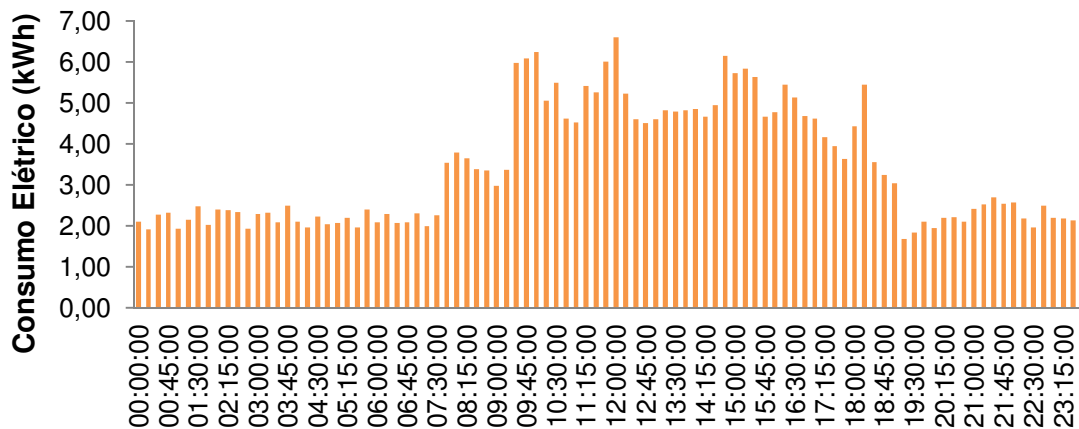


Figura I.6 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (Domingo: 24-03-2013).

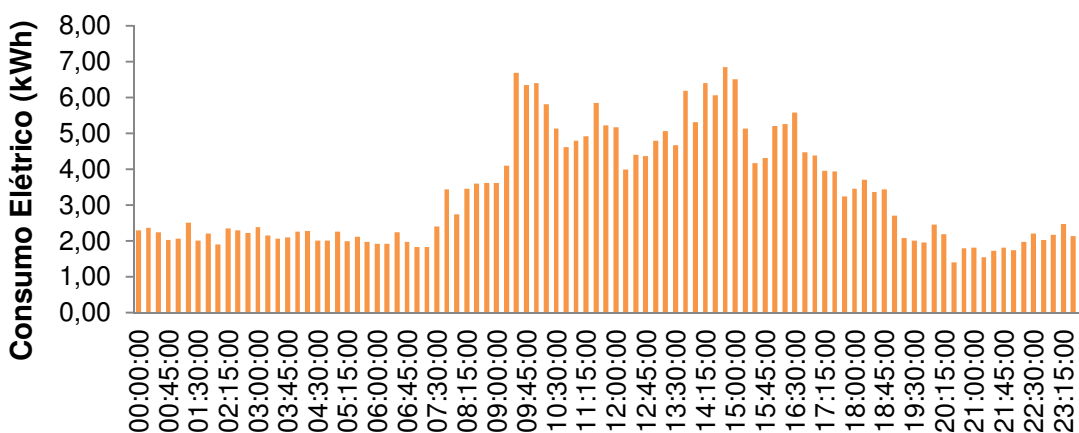


Figura I.7 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (2ª Feira: 25-03-2013).

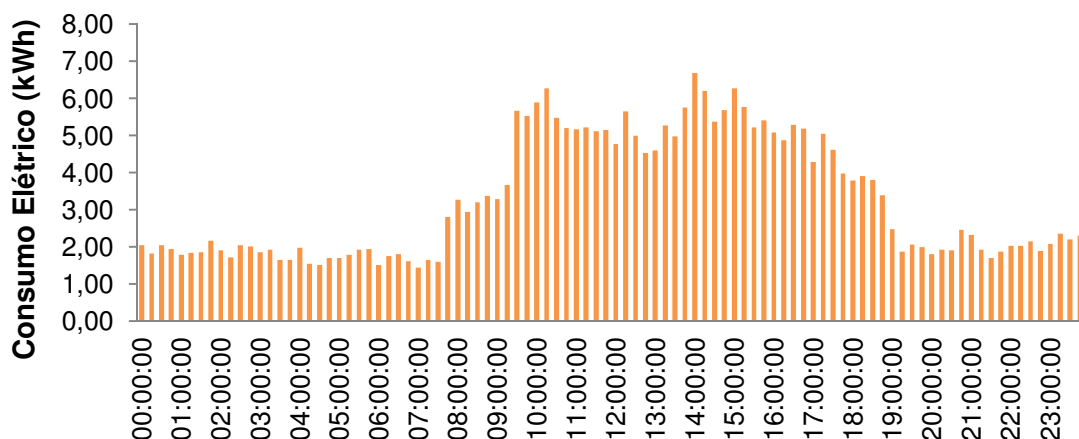


Figura I.8 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QP (3ª Feira: 26-03-2013).

Anexo II. Diagrama de carga semanal e diários obtidos no quadro parcial QSP (Laboratório de Atividades)

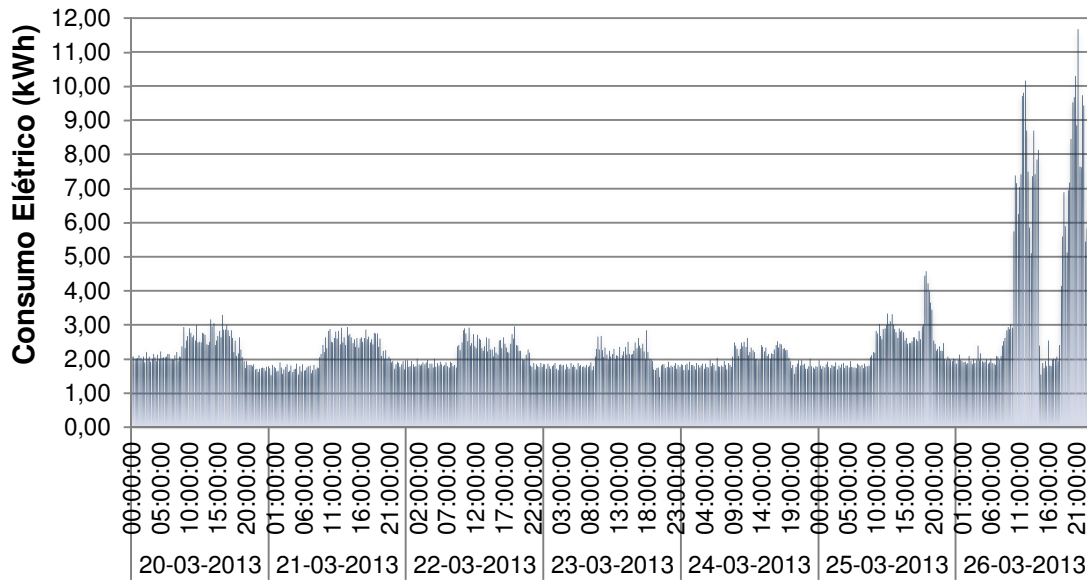


Figura II.1 - Diagrama de carga semanal obtido no quadro elétrico parcial QSP (Laboratório Atividades).

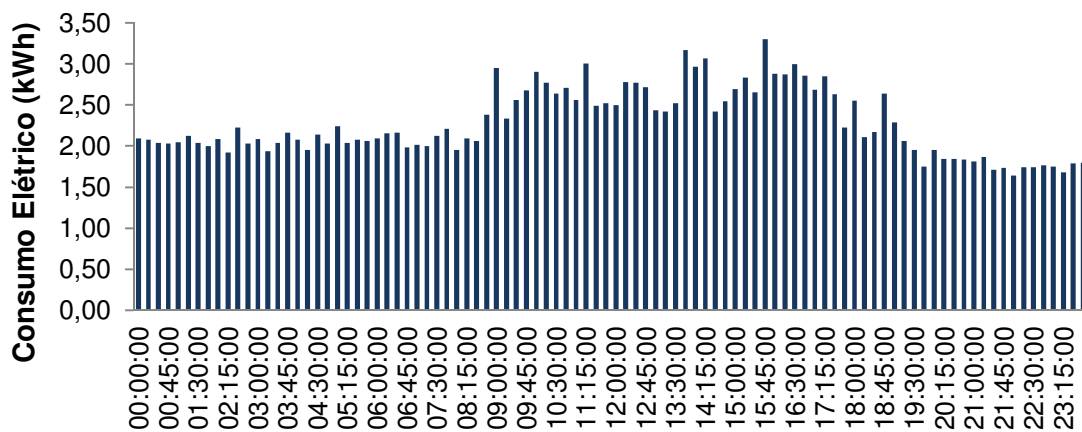


Figura II.2 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (4ª Feira: 20-03-2013).

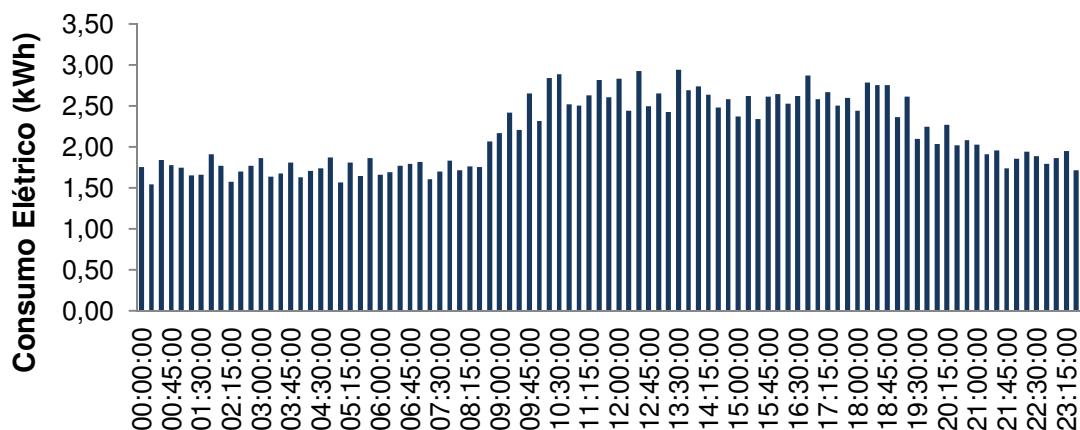


Figura II.3 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (5ª Feira: 21-03-2013).

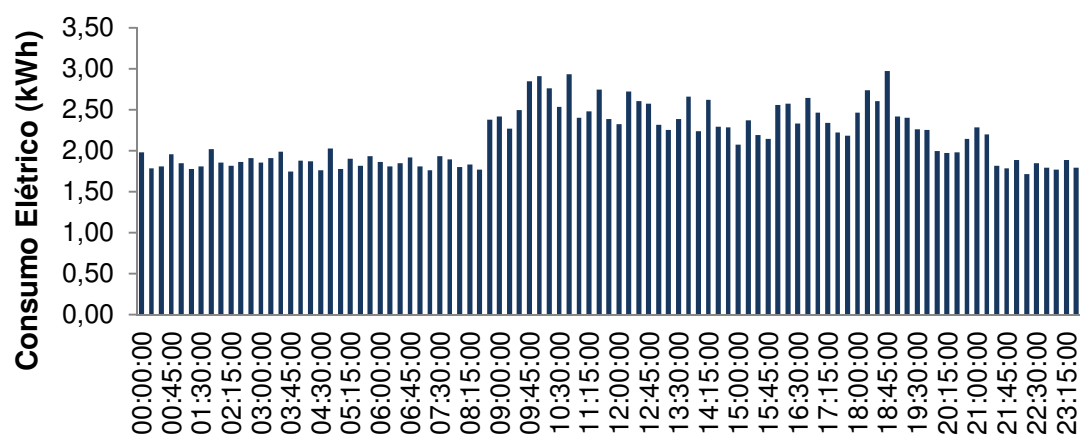


Figura II.4 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (6ª Feira: 22-03-2013).

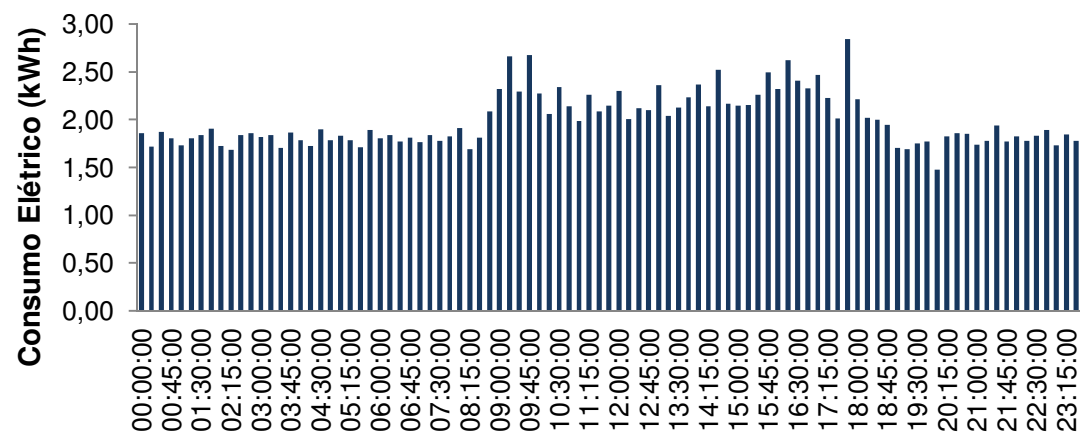


Figura II.5 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (Sábado: 23-03-2013).

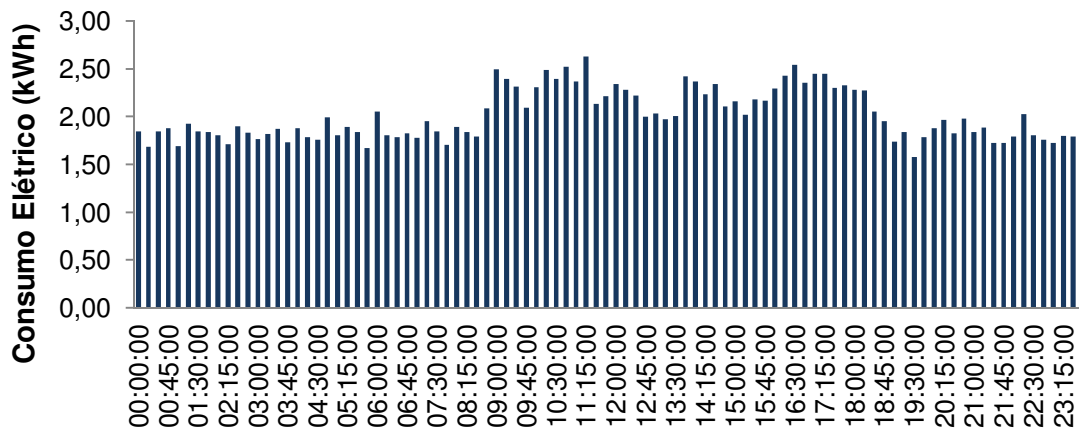


Figura II.6 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (Domingo: 24-03-2013).

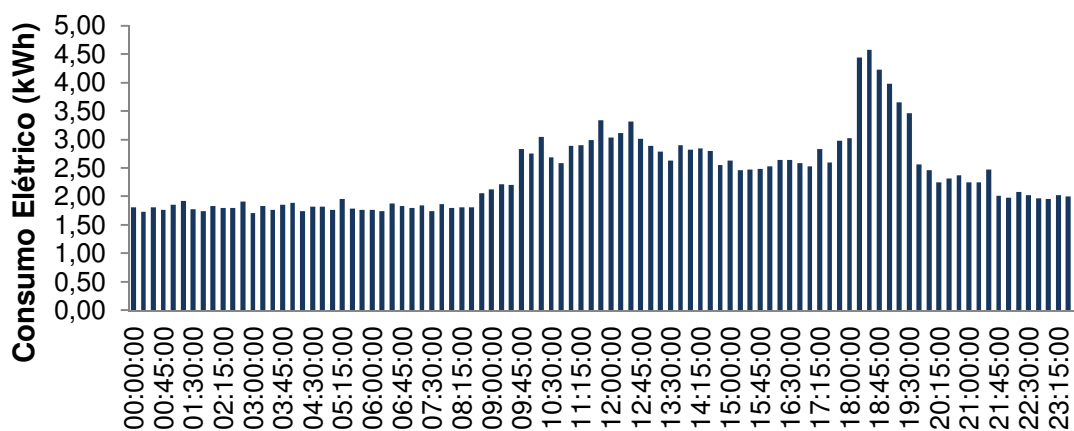


Figura II.7 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (2ª Feira: 25-03-2013).

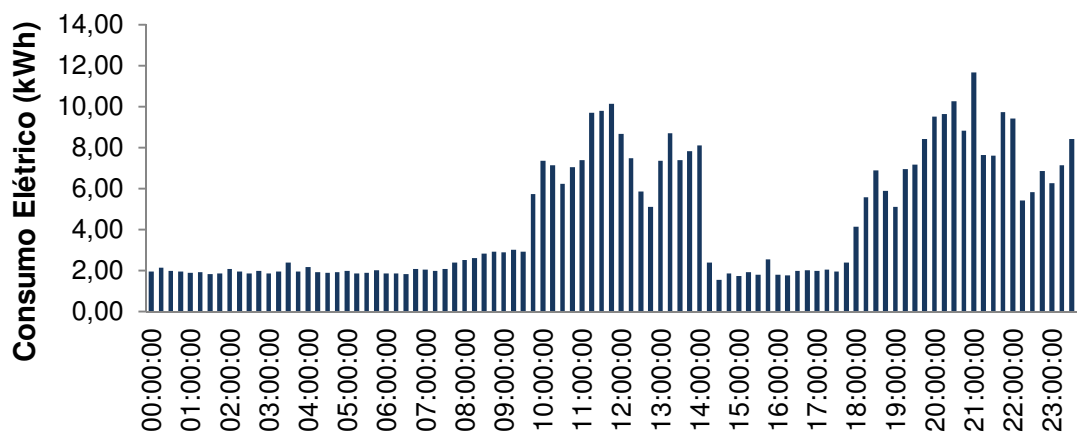


Figura II.8 - Diagrama de carga diário obtido no quadro elétrico parcial QSP (3ª Feira: 26-03-2013).

Anexo III. Diagramas de carga diários para o quadro geral do edifício do PBG (QG)

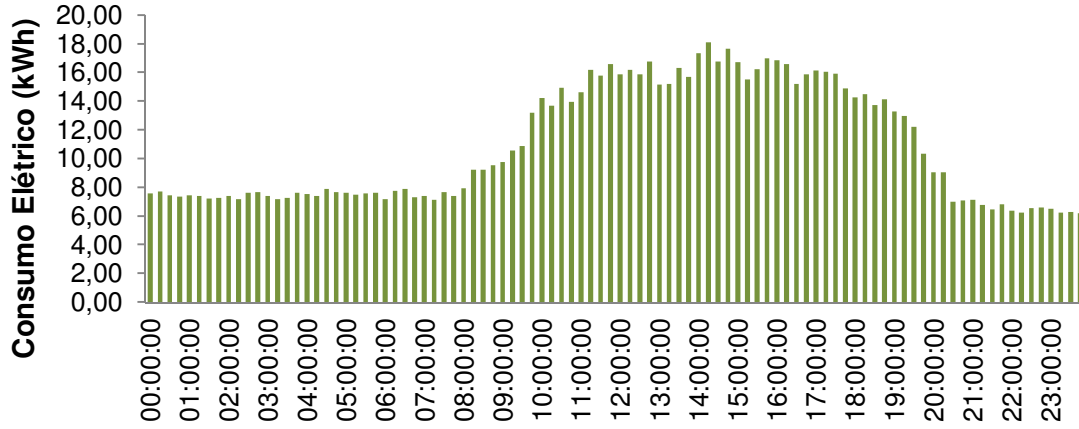


Figura III.1 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (4ª Feira: 20-03-2013).

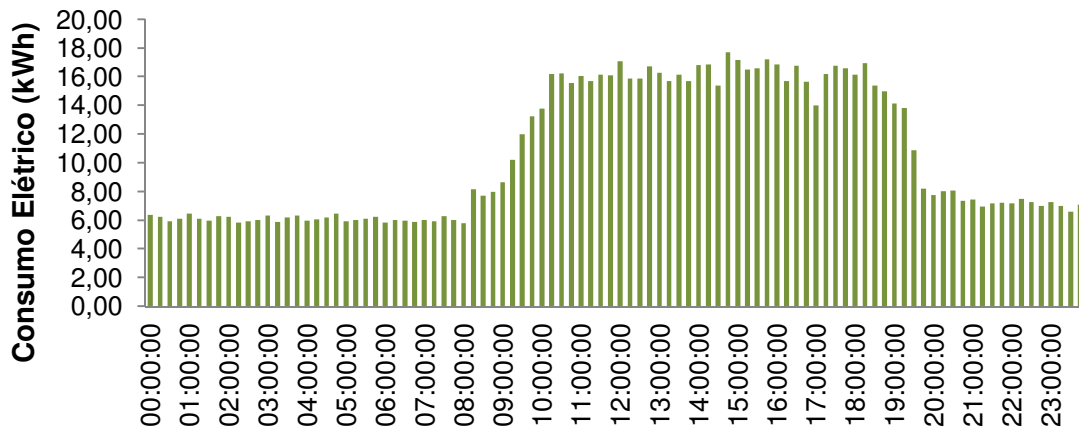


Figura III.2 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (5ª Feira: 21-03-2013).

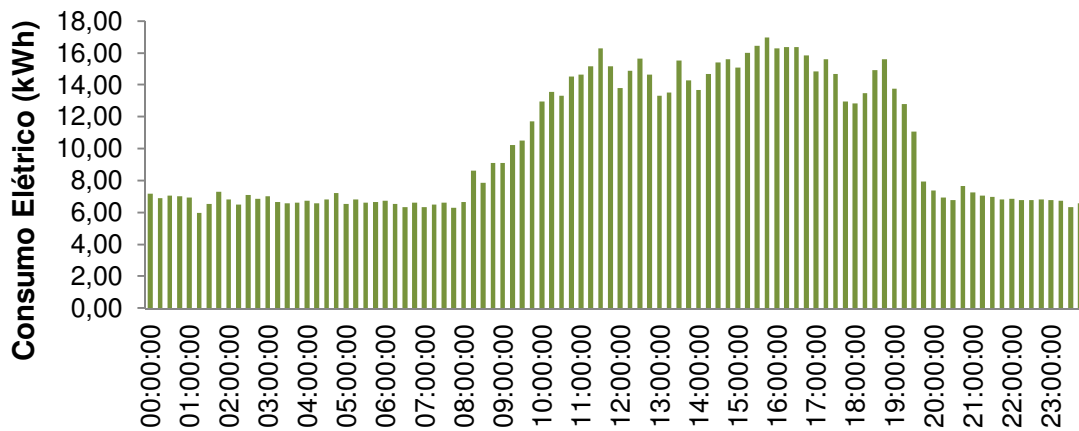


Figura III.3 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (6ª Feira: 22-03-2013).

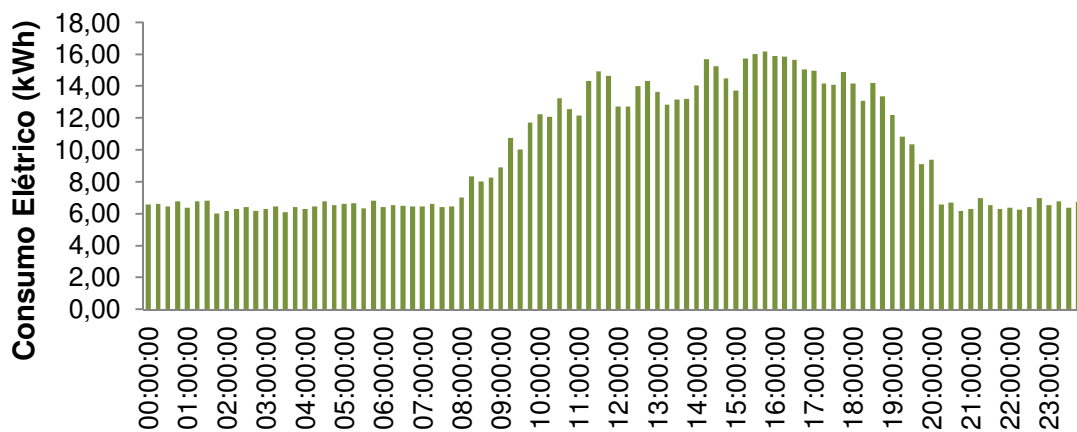


Figura III.4 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (Sábado: 23-03-2013).

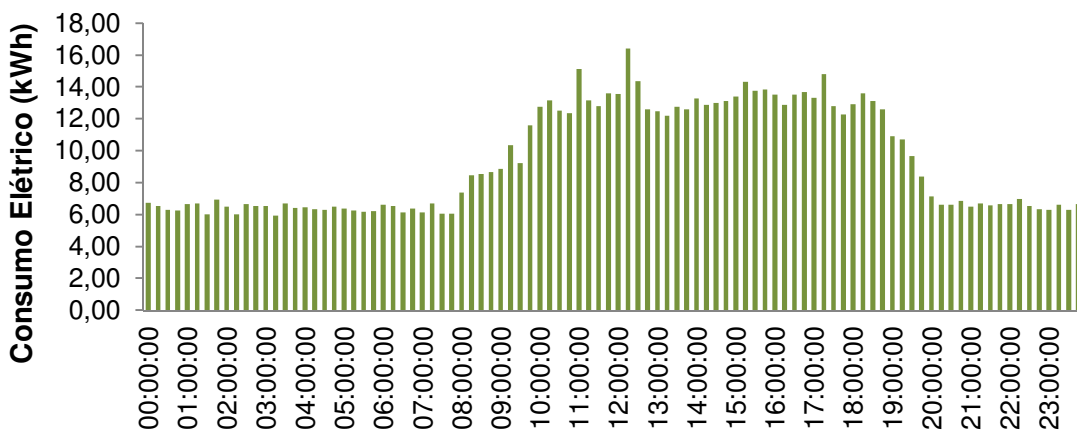


Figura III.5 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (Domingo: 24-03-2013).

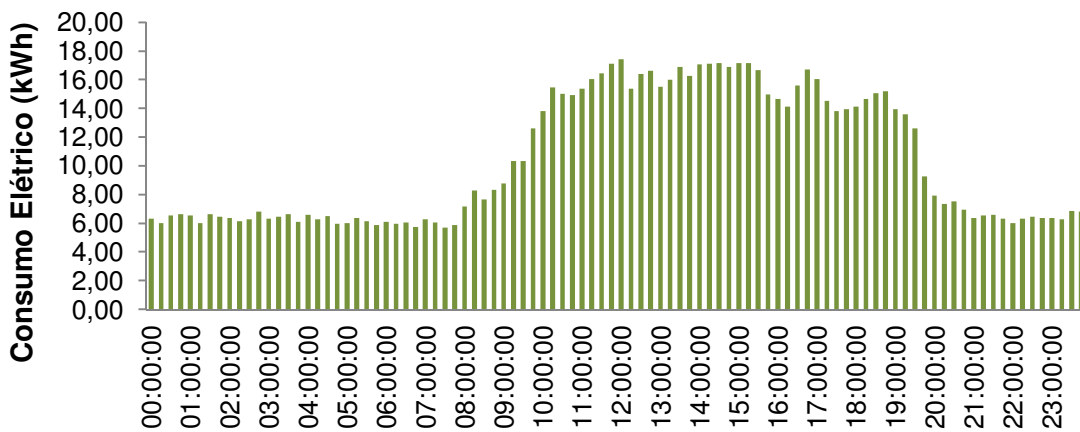


Figura III.6 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (2ª Feira: 25-03-2013).

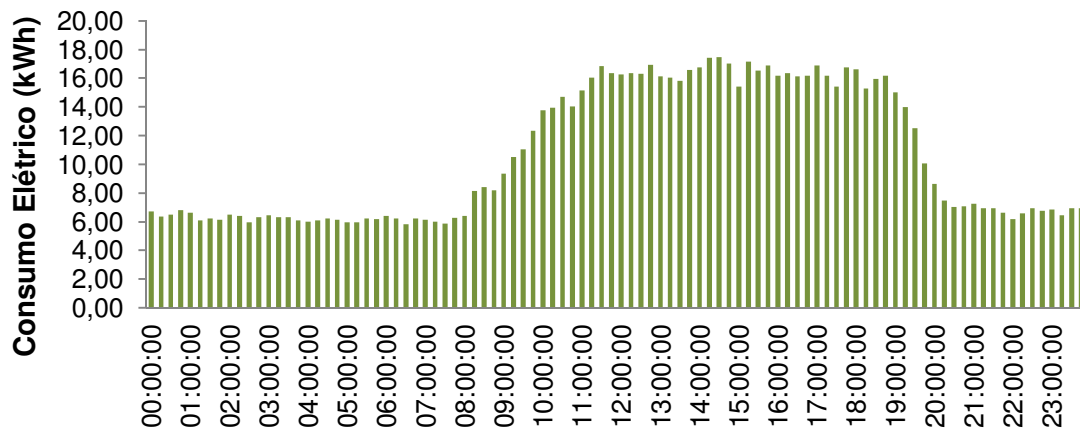


Figura III.7 - Diagrama de carga diário obtido no quadro geral do edifício QG (3ª Feira: 26-03-2013).

Anexo IV. Determinação do Rendimento Térmico das Caldeiras Instaladas no PBG

Para efetuar o cálculo do rendimento térmico das caldeiras procedeu-se ao levantamento das Características técnicas das mesmas, examinou-se as condições operatórias e efetuou-se medições aos gases de combustão. Neste contexto, são apresentados os dados mais relevantes nas tabelas IV.1 e IV.2.

Tabela IV.1 - Características da caldeira. Condições Nominais (catálogo do fornecedor) e condições operatórias (observadas no local).

Marca	Roca G 100/110 IE
Tipo	Fundição de baixa temperatura
Tipo de combustível	Gás Natural
Potência útil	126 kW (108.300 kCal/h)
Rendimento Combustão	93,6%
Temperatura máxima	95 °C
Pressão máxima	4bar
Capacidade de água	43,2L
Nº elementos em ferro fundido	12
Nº queimadores	3 atmosféricos
Condições Operatórias:	
Temperatura de funcionamento	60 °C
Pressão de funcionamento	2,6 bar
Pressão de admissão do combustível	0,45 bar
Período de tempo por partida	
Consumo de combustível (estimativa p/ partida)	0,19 m ³

Tabela IV.2 - Resultados obtidos na análise realizada aos gases de combustão das caldeiras instaladas no PBG.

Temperatura ambiente (Ta)	32 °C
Temperatura dos gases de combustão (Tg)	173 °C
Percentagem de oxigénio nos Gases Comb. (O ₂)	16,10%
Excesso de ar utilizado na combustão (e)	4,29
Percentagem de Dióxido de Carbono (CO ₂)	2,80%
Concentração de Monóxido de Carbono (CO)	5 mg/m ³
Concentração de Dióxido de Azoto (NO ₂)	0 mg/m ³
Concentração de Monóxido de Azoto (NO)	30 mg/m ³
Concentração de NOx	47 mg/m ³
Concentração de Dióxido de Enxofre (SO ₂)	0 mg/m ³

O rendimento térmico das caldeiras instaladas no PBG foi calculado pelo método das perdas, descrito nos apontamentos da disciplina de Fontes e Conversão de Energia (ISEP – 2010/2011) e representado pela seguinte expressão:

$$\eta = 100 - \sum(\text{perdas})$$

No entanto, o cálculo do rendimento térmico utilizando o método apresentado, exige o conhecimento de outros dados, representativos do combustível utilizado na caldeira, nomeadamente o seu poder calorífico inferior (PCI) e algumas propriedades físico-químicas apresentadas na figura IV.1.

- PCI (Gás Natural) = 45,1 MJ/kg = 45100 kJ/kg [Fonte: Despacho n.º 17313/2008]

Properties	Value
Relative molar mass	17–20
Carbon content, weight %	73.3
Hydrogen content, weight %	23.9
Oxygen content, weight %	0.4
Hydrogen/carbon atomic ratio	3.0–4.0
Relative density, 15°C	0.72–0.81
Boiling point, °C	–162
Autoignition temperature, °C	540–560
Octane number	120–130
Methane number	69–99
Stoichiometric air/fuel ratio, weight	17.2
Vapour flammability limits, volume %	5–15
Flammability limits	0.7–2.1
Lower heating/calorific value, MJ/kg	38–50
Stoichiometric lower heating value, MJ/kg	2.75
Methane concentration, volume %	80–99
Ethane concentration, volume %	2.7–4.6
Nitrogen concentration, volume %	0.1–15
Carbon dioxide concentration, volume %	1–5
Sulfur concentration, weight % ppm	<5
Specific CO ₂ formation, g/MJ	38–50

Figura IV.1 - Propriedades físico-químicas do Gás Natural (valores utilizados como referência). [31]

O método de cálculo descrito é usado para os várias tipologias de caldeiras, quer sejam para produção de vapor, como para a produção de água quente. Assim, com vista na simplificação da apresentação dos cálculos, apenas serão utilizadas as expressões relativas ao tipo de caldeira utilizado no PBG (produção de água quente). Isso significa que não são determinadas as perdas associadas ao combustível nas cinzas volantes e nas cinzas de

fundo (P_{CV} e P_{CF}), pois este tipo de perdas só se aplica a combustíveis sólidos, assim como não se determina as perdas associadas ao calor perdido nas purgas, porque a determinação deste tipo de perdas só faz sentido quando se está a abordar caldeiras para produção de vapor.

1. Perdas associadas ao calor sensível nos gases secos de combustão (P_{gc}).

$$P_{gc} = \frac{K \times (T_g - T_a) \times \left(1 - \frac{P_{cv} + P_{cf}}{100}\right)}{CO_2}$$

T_g – Temperatura dos gases de combustão à saída da caldeira;

T_a – Temperatura do ar de combustão à entrada da caldeira;

$P_{cv} + P_{cf}$ – Perdas associadas ao combustível nas cinzas volantes e nas cinzas de fundo (Combustíveis sólidos).

CO_2 – Percentagem em volume de dióxido de carbono presente nos gases de combustão;

K – constante que depende do combustível utilizado.

Os valores da constante K podem ser calculados para qualquer hidrocarboneto, usando a seguinte expressão:

$$K = \frac{255 \times C}{PCI}$$

C – Percentagem em peso do carbono presente no combustível (ver figura IV.1).

$$K = \frac{255 \times 73,3}{45100} = 0,41$$

$$P_{gc} = \frac{0,41 \times (173 - 32) \times \left(1 - \frac{0}{100}\right)}{2,8} = 20,6\%$$

2. Perdas associadas à entalpia do vapor de água nos gases de combustão (P_{H_2O}).

$$P_{H_2O} = \frac{(m_{H_2O} + 9 \times H) \times (210 - 4,2 \times T_a + 2,1 \times T_g)}{PCI}$$

mH₂O – Percentagem em peso da humidade no combustível.

H – Percentagem em peso de hidrogénio no combustível (ver figura IV.1).

$$P_{H_2O} = \frac{(0 + 9 \times 23,9) \times (210 - 4,2 \times 32 + 2,1 \times 173)}{45100} = 2,1\%$$

3. Perdas associadas a inqueimados nos gases secos de combustão (P_{CO}).

$$P_{CO} = \frac{K_1 \times CO \times (1 - 0,1 \times (P_{cv} + P_{cf}))}{CO + CO_2}$$

CO – Percentagem em volume de monóxido de carbono nos gases de combustão;

CO₂ – Percentagem em volume de dióxido de carbono nos gases de combustão;

K₁ – Constante que depende do combustível utilizado.

C (CO) = 5 mg/m³ (Tabela IV.2).

$$\%CO = \frac{5 \times 10^{-6} (\text{kg} / \text{m}^3)}{1,25 (\text{kg} / \text{m}^3)} \times 100 = 0,0004 \approx 0$$

Assim sendo, como a quantidade de monóxido de carbono nos gases de combustão é praticamente nula, as perdas associadas a inqueimados nos gases secos de combustão são consideradas desprezáveis.

4. Perdas por radiação e convecção.

O Valor das perdas por radiação e convecção aqui apresentado foi obtido nos apontamentos da disciplina de Fontes e Conversão de Energia (ISEP – 2010/2011).

$$P_{RC} \text{ (caldeiras água quente em ferro fundido)} = 4,5\% \text{ (Capacidade Nominal)}$$

No entanto, nos casos em que a caldeira funcione em regimes inferiores, pode-se considerar que as perdas por radiação e convecção da caldeira variam na proporção inversa da razão entre o consumo atual de combustível e o que se verifica à capacidade máxima.

$$P_{RC} = \% \text{ Perdas da caldeira} \times \left(\frac{\text{consumo combustível à capacidade nominal}}{\text{consumo combustível nas condições operatórias}} \right)$$

Nesta situação, existe a necessidade de efetuar alguns cálculos auxiliares para a determinação dos consumos de combustível.

- Consumo de combustível à capacidade nominal:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}} (\text{caldeira})}{P_{\text{fornecida p/Combustível}}} \times 100 \Leftrightarrow 93,6 = \frac{126}{P_{\text{fornecida p/Combustível}}} \times 100$$

$$\Leftrightarrow P_{\text{fornecida p/Combustível}} = 134,6 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_{\text{comb(Cap.Nominal)}} = \frac{P_{\text{fornecida p/ combustível}}}{\text{PCI}_{\text{combustível}}} = \frac{134,6 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{s}} \right)}{45100 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)} = 3,05 \times 10^{-3} \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)$$

- Consumo de combustível nas condições atuais de funcionamento da caldeira:

$$\dot{Q}_{\text{Comb.}} = \frac{V_{\text{combustível}}}{t_{\text{partida}}} = \frac{0,19 (\text{m}^3)}{143 (\text{s})} = 1,33 \times 10^{-3} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$$\dot{m}_{\text{Comb.}} = \dot{Q} \times \rho \Leftrightarrow \dot{m}_{\text{Comb.}} = 1,33 \times 10^{-3} \times 0,81 = 1,08 \times 10^{-3} \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{RC} = 4,5 \times \left(\frac{3,05 \times 10^{-3}}{1,08 \times 10^{-3}} \right) = 12,7\%$$

Finalmente o valor do rendimento térmico de cada caldeira pelo método apresentado será dado pela expressão:

$$\eta = 100 - (20,6 + 2,1 + 12,7) = 64,6\% \approx 65\%$$

Anexo V. Resultados da Simulação Dinâmica em Condições de Funcionamento Real (*DesignBuilder*)

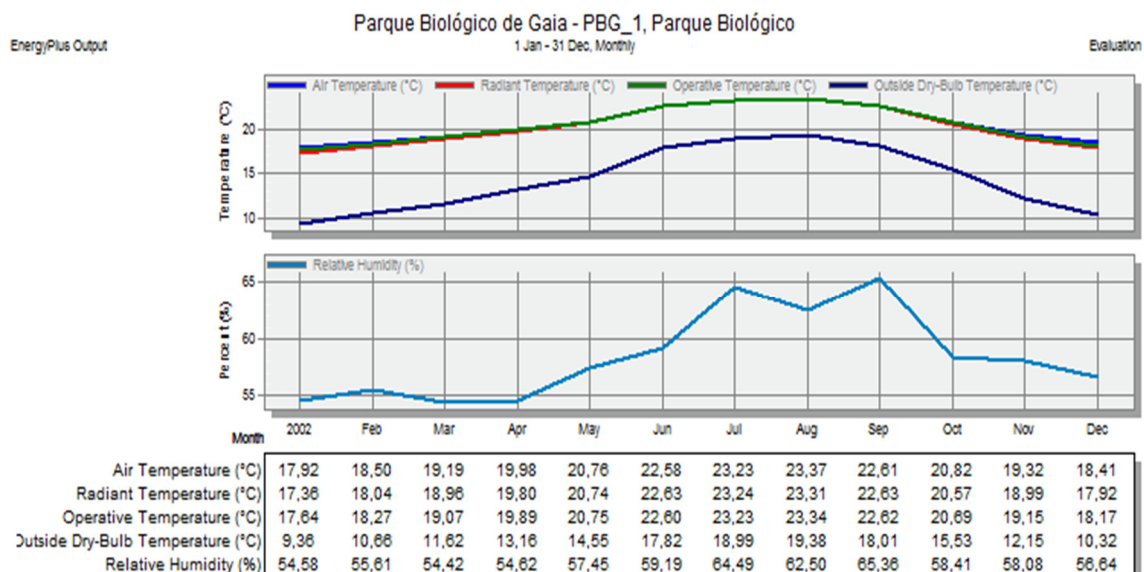


Ilustração V.1 - Perfil da temperatura e humidade relativa do ar no interior do edifício (mensal).

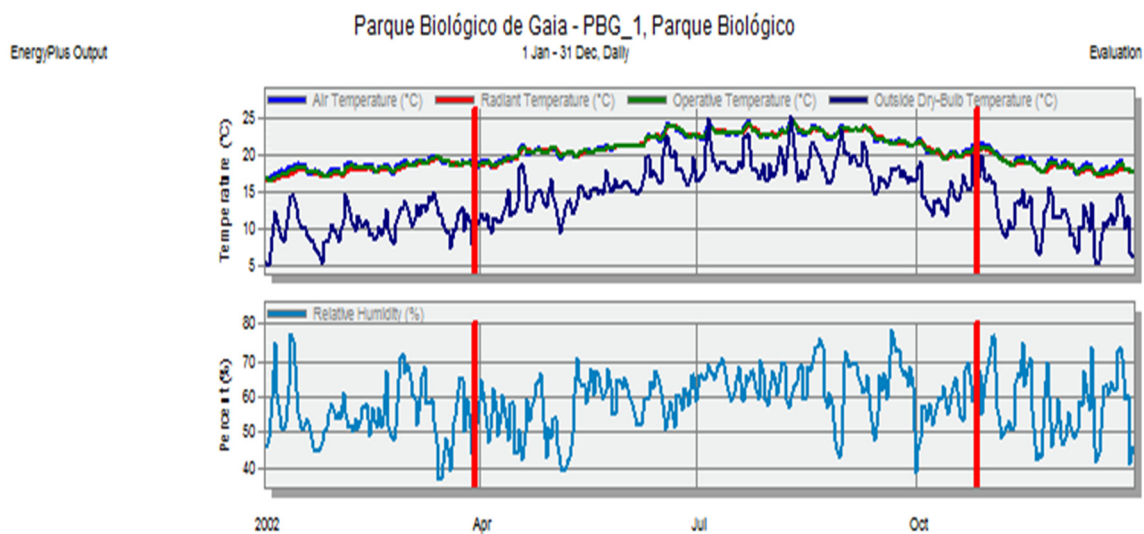


Ilustração V.2 - Perfil da temperatura e humidade relativa do ar no interior do edifício (diário).

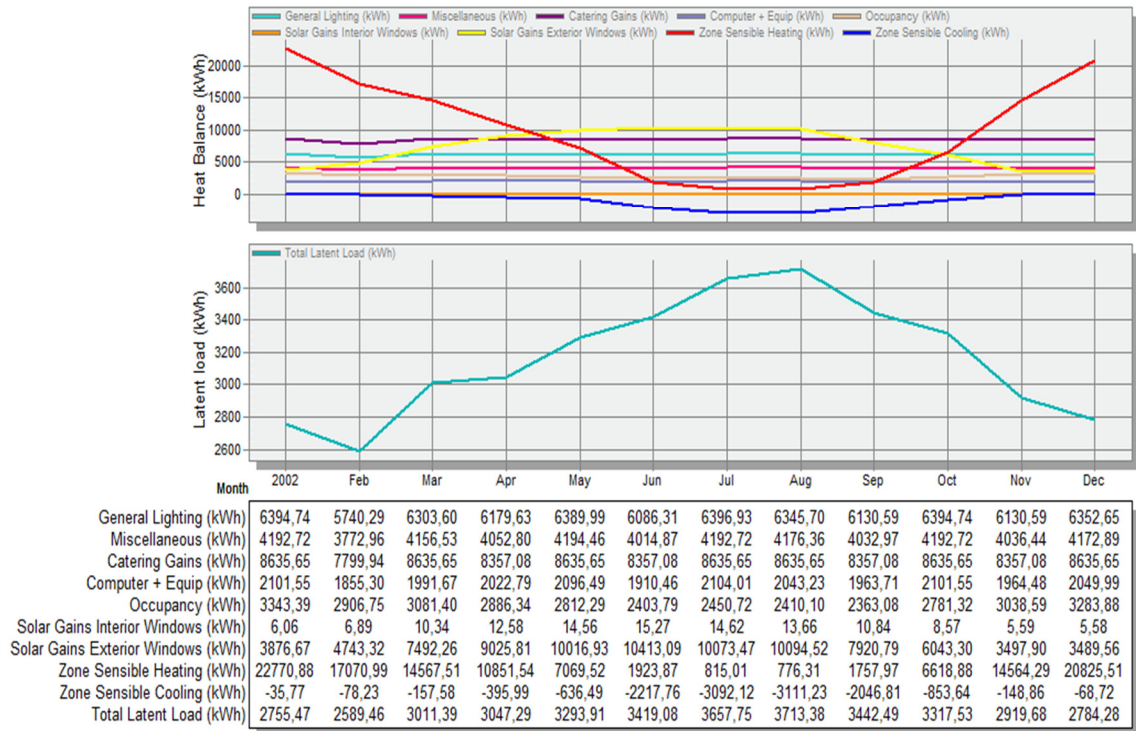


Ilustração V.3 - Ganhos energéticos internos (mensal).

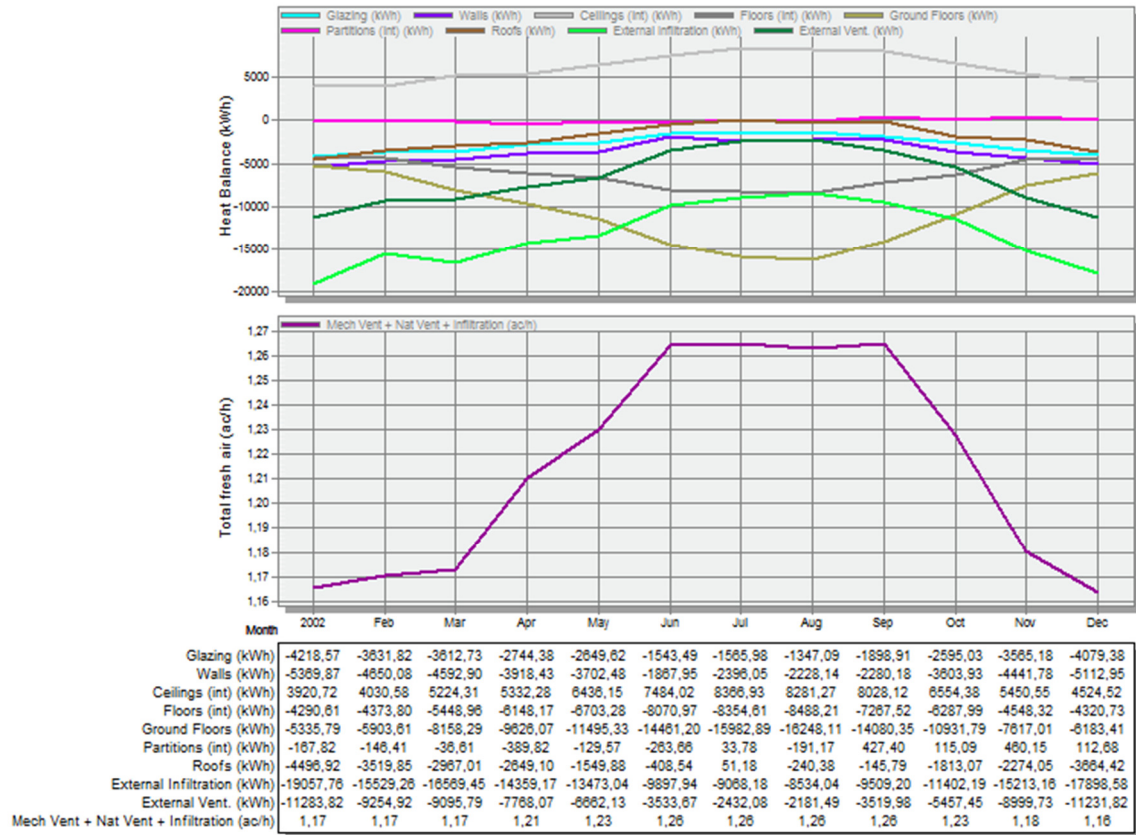


Ilustração V.4 - Perdas energéticas internas (mensal).

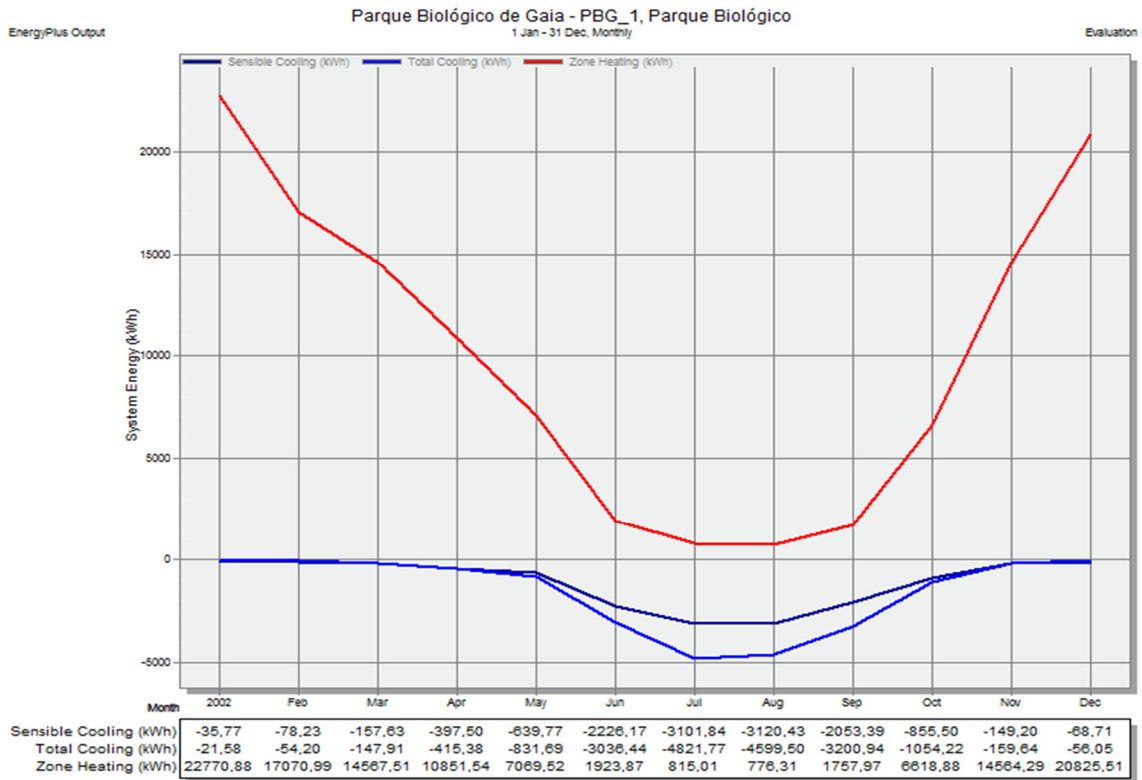


Ilustração V.5 - Necessidades de arrefecimento e aquecimento (mensal).

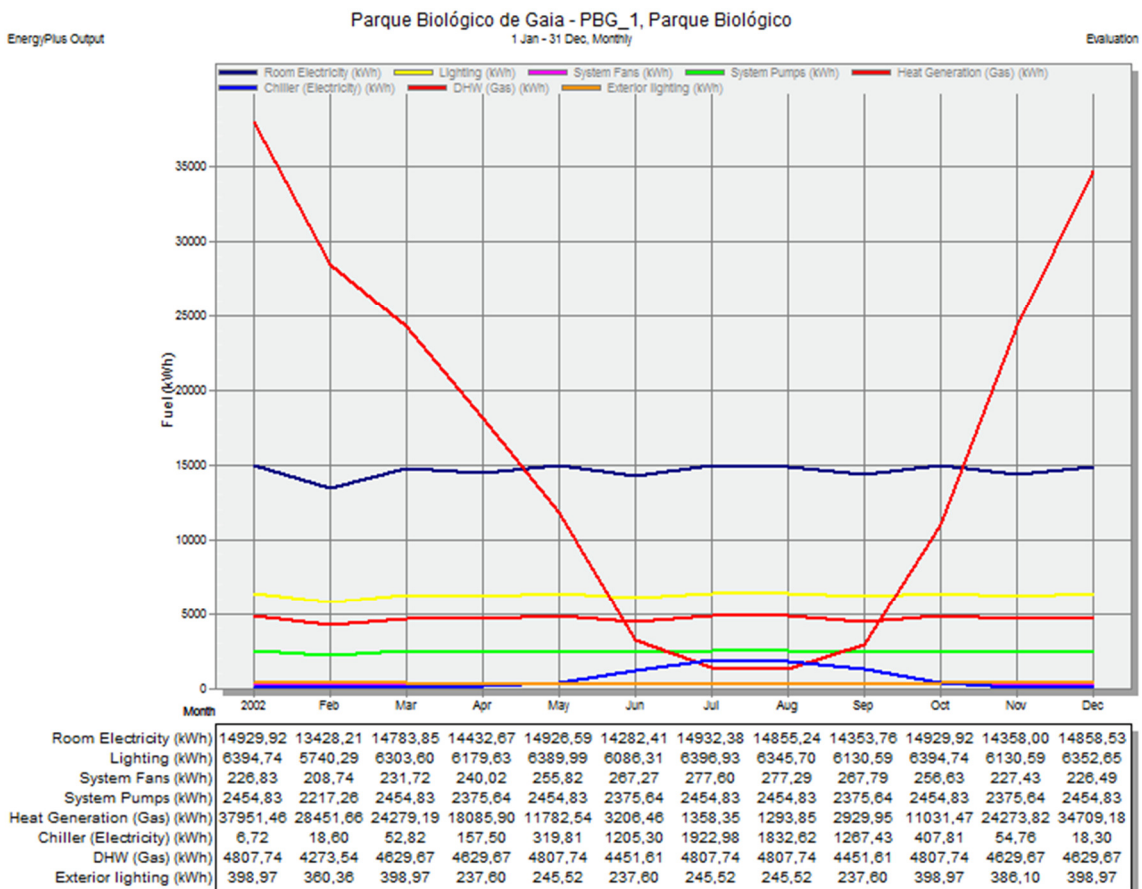


Ilustração V.6 - Discriminação dos consumos energéticos pelas diferentes utilizações.

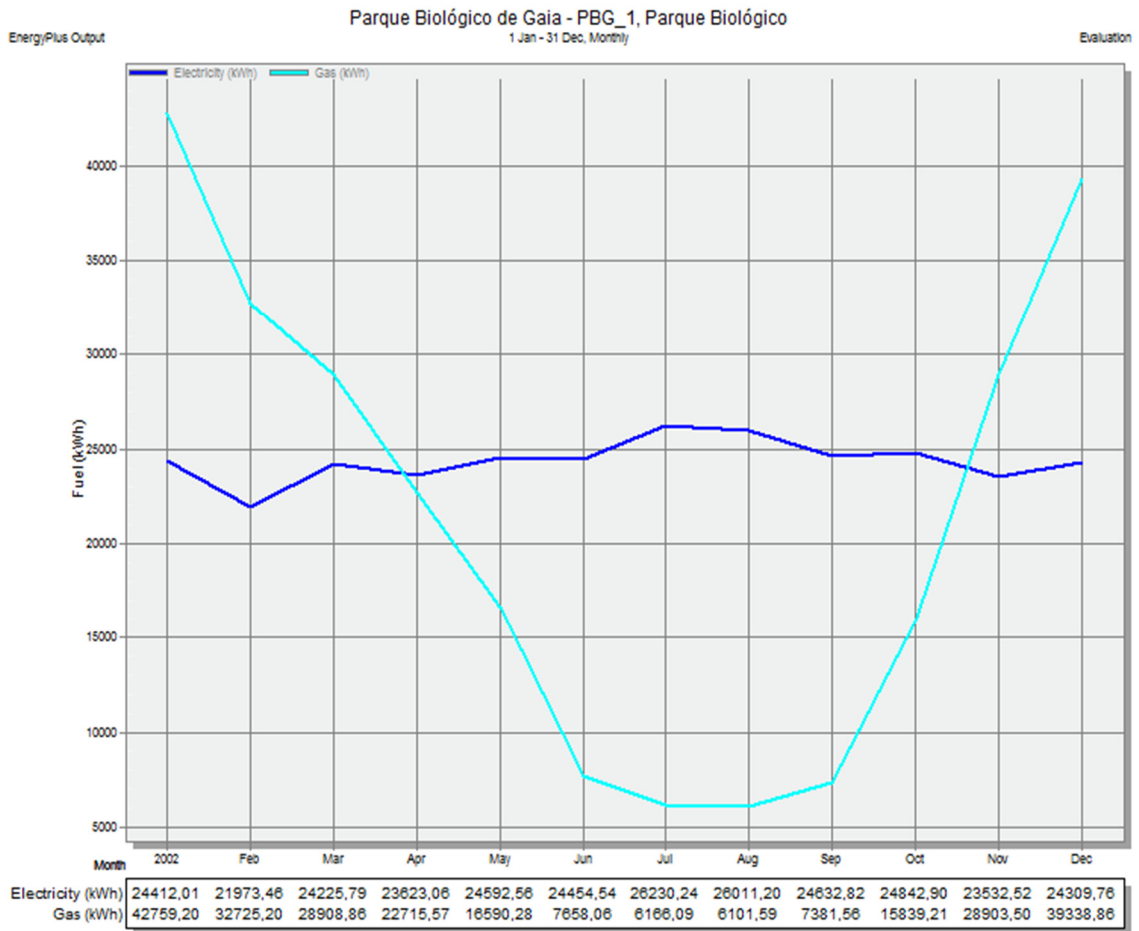


Ilustração V.7 - Consumos mensais de eletricidade e gás natural.

Anexo VI. Medidas de Melhoria

- **Iluminação Interior**

Tabela VI.1 - Descrição do sistema de iluminação atual no Piso Superior do edifício principal do PBG.

Espaço	Tipo de Luminária	Tipo de Lâmpada	Pot. Unitária (W)	Nº Lâmp.	Pot. Total c/balastro (W)	Funcionamento por semana (horas)	Consumo elétrico (kWh/ano)
Átrio Principal	Fluorescente Tubular (1x58W)	Fluorescente Tubular	58	16	1.114	84	4.866
	Projetores	Iodetos Metálicos	150	6	1.080	70	3.931
WC (Átrio Principal)	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	9	389	49	991
Posto de Segurança	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	4	173	84	756
Gab. Atendimento	Downlights (2x26W)	F. Compacta Não-Integrada	26	8	250	84	1.092
Auditório	Downlights (2x42W)	F. Compacta Não-Integrada	42	56	2.823	10	1.468
Exposição (Biblioteca)	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	16	692	56	2.015
	Halopar 30º 75W	Halogéneo Refletores	75	19	1.710	28	2.490
Biblioteca	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	8	346	56	1.008
Sala de Formação	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	12	519	16	432
Gab. Ed. Ambiental	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	8	346	45	810
Sala de Reuniões	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	6	260	45	608
Recursos Humanos	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	4	173	45	405
Gab. Advogada	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	4	173	45	405
Gab. Contabilidade	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	4	173	45	405
Gab. Secretariado	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	4	173	45	405
Gab. Administração	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	8	346	60	1.080
Corredor Escritórios	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	20	864	60	2.696
	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	24	1.037	28	1.510
	Downlights (2x18W)	F. Compacta Não-Integrada	18	18	389	56	1.133
Bar / Restaurante	Downlights (2x26W)	F. Compacta Não-Integrada	26	20	624	56	1.817
	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	6	260	49	662
WC (Bar/Rest.)	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	4	173	70	630
Cozinha	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	12	519	70	1.889
	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	4	173	70	630
Corredores (cozinha)	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	2	87	28	127
	Downlights (2x18W)	F. Compacta Não-Integrada	26	4	125	28	182
Balneários (cozinha)	Fluorescente Tubular (1x58W)	Fluorescente Tubular	58	4	279	14	203
Armazém de Alimentos	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	2	87	70	317
Total					15.184		34.330

Tabela VI.2 - Descrição do sistema de iluminação proposto para o Piso Superior do edifício principal do PBG e respetivo custo de investimento.

Espaço	Equipamento eficiente proposto	Lâmpadas por armadura	N.º Lâmp.	Pot. Unitária (W)	Potência c/balastro (W)	Pot. Total c/balastro (W)	Consumo elétrico (kWh/ano)	Custo un. s/IVA	Custo Total s/IVA
Átrio Principal	Eco-Tubo® EBM-135 (FT)	1	16	35	36	576	2.516	25,00 €	400,00 €
	Threeline PR50W (LED)	1	6	51	51	306	1.114	63,16 €	378,96 €
WC (Átrio Principal)	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	9	28	29	261	665	22,50 €	202,50 €
Posto de Segurança	Threeline P60x60 (LED)	2	2	36	36	72	314	126,31 €	252,62 €
Gab. Atendimento	Threeline DLF23 (LED)	2	4	20	20	80	349	38,39 €	153,56 €
Auditório	Threeline DL1X30W (LED)	2	28	30	30	840	437	96,23 €	2.694,44 €
Exposição (Biblioteca)	Threeline P60x60 (LED)	2	8	36	36	288	839	126,31 €	1.010,48 €
	Threeline PAR38-12X1W	1	19	12	12	228	332	54,13 €	1.028,47 €
Biblioteca	Threeline P60x60 (LED)	2	4	36	36	144	419	126,31 €	505,24 €
Sala de Formação	Threeline P60x60 (LED)	2	6	36	36	216	180	126,31 €	757,86 €
Gab. Ed. Ambiental	Threeline P60x60 (LED)	2	4	36	36	144	337	126,31 €	505,24 €
Sala de Reuniões	Threeline P60x60 (LED)	2	3	36	36	108	253	126,31 €	378,93 €
Recursos Humanos	Threeline P60x60 (LED)	2	2	36	36	72	168	126,31 €	252,62 €
Gab. Advogada	Threeline P60x60 (LED)	2	2	36	36	72	168	126,31 €	252,62 €
Gab. Contabilidade	Threeline P60x60 (LED)	2	2	36	36	72	168	126,31 €	252,62 €
Gab. Secretariado	Threeline P60x60 (LED)	2	2	36	36	72	168	126,31 €	252,62 €
Gab. Administração	Threeline P60x60 (LED)	2	4	36	36	144	449	126,31 €	505,24 €
Corredor Escritórios	Threeline P60x60 (LED)	2	10	36	36	360	1.123	126,31 €	1.263,10 €
Bar / Restaurante	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	24	28	29	696	1.013	22,50 €	540,00 €
	Threeline DLF23 (LED)	2	9	20	20	180	524	38,39 €	345,51 €
	Threeline DLF23 (LED)	2	10	20	20	200	582	38,39 €	383,90 €
WC (Bar/Rest.)	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	6	28	29	174	443	22,50 €	135,00 €
Cozinha	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	4	28	29	116	422	22,50 €	90,00 €
	Threeline P60x60 (LED)	2	6	36	36	216	786	126,31 €	757,86 €
Corredores (cozinha)	Threeline P60x60 (LED)	2	1	36	36	36	52	126,31 €	126,31 €
	Threeline DLF23 (LED)	2	2	20	20	40	58	38,39 €	76,78 €
Balneários (cozinha)	Eco-Tubo® EBM-135 (FT)	1	4	35	36	144	105	22,50 €	90,00 €
Armazém de Alimentos	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	2	28	29	58	211	22,50 €	45,00 €
Total						5.915	14.200		13.637,48 €

Tabela VI.3- Descrição do sistema de iluminação atual do Piso Inferior do edifício principal do PBG.

Espaço	Tipo de Luminária	Tipo de Lâmpada	Pot. Unitária (W)	Nº Lâmp.	Pot. Total c/balastro (W)	Funcionamento por semana (horas)	Consumo elétrico (kWh/ano)
Exposição Permanente	L. Halogéneo 12V	Halogéneo GU3.5	35	71	2.982	42	6.513
	L. Halopar 30º 230V	Halogéneo Refletora	75	79	7.110	42	15.528
	PAR 38º 230W	Incandescente Refletora	80	2	192	42	419
	Projetores	L. Descarga Vapor de Sódio	100	5	600	42	1.310
	Fluorescente Tubular (2x36W)	Fluorescente Tubular	36	18	778	42	1.699
Sala de Formação	Halopar 30º 75W	Halogéneo Refletora	75	13	1.170	12	730
	Fluorescente Tubular (2x36W)	Fluorescente Tubular	36	16	692	12	432
Sala Polivalente	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	12	519	50	1.349
WC (S. Polivalente)	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	10	432	15	337
Corredores	Arm. bal. Ferromagnético (2x36W)	F. Compacta Não-Integrada	36	26	1.124	25	1.461
Vestiário Pessoal	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	6	260	10	135
Lavandaria (Hospedaria)	Fluorescente Tubular (1x36W)	Fluorescente Tubular	36	10	432	30	674
Total					16.291		30.588

Tabela VI.4 - Descrição do sistema de iluminação proposto para o Piso Inferior do edifício principal do PBG e respetivo custo de investimento.

Espaço	Equipamento eficiente proposto	Lâmpadas por armadura	N.º Lâmp.	Pot. Unitária (W)	Potência c/balastro (W)	Pot. Total c/balastro (W)	Consumo elétrico (kWh/ano)	Custo un. s/IVA	Custo Total s/IVA
Exposição Permanente	Threeline LL3X3W (LED)	1	71	7	7	497	1.085	21,47 €	1.524,37 €
	Threeline PAR38-12X1W (LED)	1	79	12	12	948	2.070	54,13 €	4.276,27 €
	Threeline PAR38-12X1W (LED)	1	2	12	12	24	52	54,13 €	108,26 €
	Threeline PR50W (LED)	1	5	51	51	255	557	63,16 €	315,80 €
	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	2	9	28	29	261	570	22,50 €	202,50 €
Sala de Formação	Threeline PAR38-12X1W (LED)	1	13	12	12	156	97	54,13 €	703,69 €
	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	2	8	28	29	232	145	22,50 €	180,00 €
Sala Polivalente	Threeline P60x60 (LED)	2	6	36	36	216	562	126,31 €	757,86 €
WC (S. Polivalente)	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	10	28	29	290	226	22,50 €	225,00 €
Corredores	Threeline P60x60 (LED)	2	13	36	36	468	608	126,31 €	1.642,03 €
Vestiário Pessoal	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	6	28	29	174	90	22,50 €	135,00 €
Lavandaria (Hospedaria)	Eco-Tubo® EBM-128 (FT)	1	10	28	29	290	452	22,50 €	225,00 €
Total						3.811	6.516		10.295,78 €

- **Iluminação Exterior**

Tabela VI.5 - Descrição do sistema de iluminação exterior atual do PBG.

Descrição	Tipo de Lâmpada	Pot. Unitária (W)	Nº Lâmp.	Pot. Total (W)	Pot. Total c/balastro (W)	Funcionamento por Semana (h)	Consumo elétrico (kWh/ano)
Iluminação Estacionamento	Descarga Vapor de Sódio	70	24	1.680	2.016	42	4.403
Focos exterior (Projetores Portaria)	Iodetos metálicos	150	2	300	360	42	786
Focos exterior (Entrada do edifício)	Iodetos metálicos	70	4	280	336	14	245
Iluminação jardins	Fluorescente compacta	35	10	350	420	14	306
Total					3.132		5.740

Tabela VI.6 - Descrição do sistema de iluminação exterior proposto para o PBG e respetivo custo de investimento.

Espaço	Equipamento eficiente proposto	Lâmpadas por armadura	N.º Lâmp.	Pot. Unitária (W)	Potência c/balast. (W)	Pot. Total c/balastro (W)	Consumo elétrico (kWh/ano)	Custo un. s/IVA	Custo Total s/IVA
Iluminação Estacionamento	Threeline LFC36X1 (LED)	1	24	40	40	960	2.097	115,79 €	2.778,96 €
Focos exterior (Projetores Portaria)	Threeline PR50W (LED)	1	2	51	51	102	223	63,16 €	126,32 €
Focos exterior (Entrada do edifício)	Threeline R7S14W (LED)	1	4	14	14	56	41	41,14 €	164,56 €
Iluminação jardins	Threeline PL40 / E27 (LED)	1	10	9	9	90	66	22,77 €	227,70 €
Total						1.208	2.426		3.297,54 €

- Caldeira a Biomassa (Lenha)

TABELA DE PREÇOS 2012-2013 PVP*

* Preço recomendado de venda ao público. Aos preços apresentados, acresce IVA à taxa legal em vigor, de 23%.

GAMA COMPLETA

CALDEIRAS A PELLET

MODELO	REFERÊNCIA	POTÊNCIA TÉRMICA (kW)	INCLUI	VERSÃO	PVP*/EUROS
GRANOLA AUTOMÁTICA 14 kW	GRA14RO	14		aquecimento	5.307,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 20 kW	GRA20RO	20		aquecimento	5.395,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 30 kW	GRA30RO	30		aquecimento	6.300,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 40 kW	GRA40RO	40		aquecimento	8.097,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 50 kW	GRA50RO	50		aquecimento	8.387,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 80 kW	GRA80RO	80		aquecimento	11.882,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 115 kW	GRA115RO	115		aquecimento	16.072,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 150 kW	GRA150RO	150		aquecimento	19.737,00 €
GRANOLA AUTOMÁTICA 250 kW	GRA250RO	250		aquecimento	23.150,00 €
ATTACK PELLET 30	AT30PEL	30	queimador, depósito de pellets e alimentador sem-fim	aquecimento	6.110,00 €
ATTACK PELLET 30 AUTOMÁTICO	AT30PELA	30		aquecimento	6.847,00 €

CALDEIRAS A LENHA

MODELO	REFERÊNCIA	POTÊNCIA TÉRMICA (kW)	VERSÃO	PVP*/EUROS
ASPIRO 34 kW	A29R	34	aquecimento	5.082,00 €
ASPIRO 50 kW	A43R	50	aquecimento	5.595,00 €
ASPIRO 60 kW	A52R	60	aquecimento	6.655,00 €
ASPIRO 81 kW	A70R	81	aquecimento	9.195,00 €
ASPIRO 105 kW	A90R	105	aquecimento	10.142,00 €
ASPIRO ENTRY 34 kW	A29RE	34	aquecimento	4.242,00 €
REGOVENT 34 kW	RV29R	34	aquecimento	5.782,00 €
REGOVENT 50 kW	RV43R	50	aquecimento	6.375,00 €
REGOVENT 60 kW	RV52R	60	aquecimento	7.577,00 €
REGOVENT 81 kW	RV70R	81	aquecimento	10.312,00 €
REGOVENT 105 kW	RV90R	105	aquecimento	11.540,00 €
REGOVENT 140 kW	RV120R	140	aquecimento	14.792,00 €
REGOVENT 174 kW	RV150R	174	aquecimento	23.302,00 €
TURBOGEN ENTRY 34 kW	T29RE	34	aquecimento	3.427,00 €
ATTACK DP PROFÍ 25 kW	AT25DPNP	25	aquecimento	2.522,00 €
ATTACK DP PROFÍ 35 kW	AT35DPNP	35	aquecimento	2.940,00 €
ATTACK DP PROFÍ 45 kW	AT45DPNP	45	aquecimento	3.385,00 €
ATTACK DP PROFÍ 75 kW	AT75DPNP	75	aquecimento	5.506,00 €
ATTACK DP PROFÍ 95 kW	AT95DPNP	95	aquecimento	8.717,00 €
ATTACK FD ATMOSFÉRICA 20 kW	AT20FD	20	aquecimento	1.512,00 €
ATTACK FD ATMOSFÉRICA 26 kW	AT26FD	26	aquecimento	1.674,00 €
ATTACK FD ATMOSFÉRICA 32 kW	AT32FD	32	aquecimento	1.860,00 €
ATTACK FD ATMOSFÉRICA 36 kW	AT36FD	36	aquecimento	2.031,00 €
ATTACK FD ATMOSFÉRICA 42 kW	AT42FD	42	aquecimento	2.208,00 €

CALDEIRAS MISTAS

MODELO	REFERÊNCIA	POTÊNCIA TÉRMICA (kW)	INCLUI	VERSÃO	PVP*/EUROS
LPA DUO MATIC 33 kW	LPA29R	33	depósito de pellets e alimentador sem-fim	aquecimento	8.965,00 €
LPA DUO MATIC 54 kW	LPA45R	54		aquecimento	9.492,00 €
LPA DUO MATIC 67 kW	LPA56R	67		aquecimento	11.050,00 €
LPA DUO MATIC 82 kW	LPA70R	82		aquecimento	13.985,00 €
LPA DUO MATIC 90 kW	LPA90R	90		aquecimento	15.477,00 €
ATTACK FD COMBINADO 20 kW	AT20FDPEL	20	queimador com porta: depósito de pellets e alimentador sem-fim	aquecimento	4.162,00 €
ATTACK FD COMBINADO 26 kW	AT26FDPEL	26		aquecimento	4.303,00 €
ATTACK FD COMBINADO 32 kW	AT32FDPEL	32		aquecimento	4.464,00 €
ATTACK FD COMBINADO 36 kW	AT36FDPEL	36		aquecimento	4.612,00 €
ATTACK FD COMBINADO 42 kW	AT42FDPEL	42		aquecimento	4.765,00 €

E-MAIL
comercial@enrepo.com
marketing@enrepo.com

CONTACTOS TELEFÓNICOS
T. (+351) 265 891 564 (5)
F. (+351) 265 891 566
M. (+351) 935 513 861

MORADA
PARQUE INDUSTRIAL
VENDAS NOVAS, LOTE 33
7080- 341 VENDAS NOVAS- PORTUGAL

enrepo  **FONTES GERADORAS DE CALOR**
ENERGIAS RENOVÁVEIS PORTUGAL  PME lider

Figura VI.1 - Preço da caldeira a lenha utilizado na apresentação da proposta. [Fonte: www.enrepo.pt]

Acumulador WPH 300 Lts - 2000 Lts



Acumulador para Aquecimento Central

WPH 300 - WPH 2000

Acumulador de água para aquecimento central de montagem vertical sem montagens interiores, fabricado em chapa de aço com certificado de qualidade. Interior sem tratamento, exterior protegido com pintura anti-corrosivo.

[+ Download dados técnicos](#)

O preço base:* desde **668,00 EUR**

Opções do Produto:

O Nome:	O Preço:*	Opções do Produto:
Acumulador WPH 300 Referência: 41310	668,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 400 Referência: 41450	735,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 500 Referência: 41520	774,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 750 Referência: 41750	870,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 825 Referência: 41825	966,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 980 Referência: 41980	1.108,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 1000 Referência: 41950	1.118,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 1500 Referência: 41500	1.733,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>
Acumulador WPH 2000 Referência: 41200	2.338,00 EUR	<input type="text"/> ▼ <input type="button" value="ver consulta"/>

*Preços sem IVA

Características do produto:

Acumulador de água para aquecimento central de montagem vertical sem montagens interiores, fabricado em chapa de aço com certificado de qualidade. Interior sem tratamento, exterior protegido com pintura anti-corrosivo. O aquecimento da água de calefação efectua-se em ligação a um permutador térmico exterior (contracorrente ou permutador térmico de placas através de circuito fechado de água de calefação, instalações solares, etc.) ou directamente através de caldeira de aquecimento.

Isolamento térmico: com camada de 80 mm de espuma flexível e forro de película protectora de PVC; fornecimento em separado para colocação no local de montagem. Cores standard das películas: branco (RAL 9010), azul (RAL 5015), cor de laranja (RAL 2004), prateado (RAL 9220), outras cores disponíveis contra suplemento de preço. Modelo com mangas para termómetro e casquilhos submersos dos sensores.

Figura VI.2 - Preço do depósito de inércia utilizado na apresentação da proposta. [Fonte: www.enrepo.pt]