

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

AUDITORIA ENERGÉTICA E DA QAI NO ÂMBITO DO SCE DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

LUÍS CASIMIRO AFONSO MORAIS

Mestrado em Engenharia Química
Ramo Optimização Energética na Indústria Química
Outubro de 2011



Departamento de Engenharia Química
Rua António Bernardino de Almeida, 431
4200 - 072 Porto

GreenWatt – Certificação Energética de edifícios e Energias renováveis
Rua Eng. Frederico Ulrich, 2650
4470 - 605 Maia

AUDITORIA ENERGÉTICA E DA QAI NO ÂMBITO DO SCE DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Orientador: Doutora Rosa Pilão

Co-Orientador: Engenheira Petra Vaquero

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero expressar o meu agradecimento aos meus familiares por todo o apoio prestado no desenvolvimento quer, da minha formação pessoal, quer da minha formação académica ao longo de todos estes anos.

Um agradecimento muito especial às minhas orientadoras, Doutora Rosa Pilão e Engenheira Petra Vaquero, pela paciência, apoio, acompanhamento e disponibilidade demonstradas no decorrer da realização deste trabalho mas também após a sua realização, pela insistência de ambas no término da escrita do mesmo, do qual não surtiria nenhum efeito caso não fosse escrito e entregue.

Um agradecimento também muito especial a todos os colaboradores da GreenWatt, e o meu obrigado pelo apoio prestado e partilha de conhecimentos da qual a realização deste trabalho também não seria possível.

Finalmente a todos os meus amigos, que de alguma forma me influenciaram quer na minha vida pessoal, quer académica...

RESUMO

Este trabalho foi realizado no âmbito da disciplina de Dissertação/Estágio do ramo de Optimização Energética na Indústria Química, do Mestrado em Engenharia Química do Instituto Superior de Engenharia do Porto e foi desenvolvido na empresa GreenWatt.

O principal objectivo é efectuar uma auditoria energética e uma auditoria QAI a uma clínica de fisioterapia de forma a preparar as ferramentas necessárias para a Certificação Energética e da QAI no enquadramento do Sistema de Certificação Energética.

Na auditoria QAI foram analisados parâmetros físicos - temperatura, humidade relativa e partículas respiráveis PM10, parâmetros químicos - CO₂, CO, O₃, COVs, HCOH e o radão, e ainda parâmetros microbiológicos - bactérias, fungos e legionella.

Na auditoria energética foi feita a caracterização dos vectores de energia utilizados no edifício, nomeadamente, gás natural e electricidade. Para esta caracterização efectuou-se um levantamento de toda a informação disponível relativa aos combustíveis utilizados, iluminação instalada, outros equipamentos consumidores de energia e perfis de utilização. Com recurso a analisadores de energia foram ainda medidos os consumos eléctricos do edifício.

Com suporte nos dados provenientes da auditoria energética e das facturas anuais efectuou-se a validação da simulação dinâmica do edifício. Esta simulação é a base do cálculo do IEE_{nominal} do edifício.

Os resultados da auditoria QAI, permitiram verificar que existem valores não-regulamentares em relação aos compostos orgânicos voláteis, fungos e bactérias.

Da auditoria energética concluiu-se que o principal consumo de energia é o gás natural utilizado pelas caldeiras existentes. Este valor representa cerca de 81% do consumo total de energia, reproduzindo os mesmos resultados obtidos pela desagregação das facturas energéticas. No que respeita à electricidade concluiu-se que as bombas de água e os equipamentos eléctricos são os maiores consumidores deste vector, com, respectivamente, 53% e 23% do consumo total de energia eléctrica.

Após a realização da simulação dinâmica, com base nos levantamentos realizados no edifício e na auditoria energética efectuada, obteve-se uma fotografia do edifício no que respeita ao seu desempenho energético, e calculou-se um IEE_{nominal} de 40,54 kgep/m².ano o que qualifica o edifício com uma Classe Energética E. O valor de CO₂ emitido por este edifício em termos nominais, anualmente, é de 76,39 toneladas.

Palavras-chave: Certificação Energética, Auditoria Energética, Auditoria à Qualidade do Ar Interior, Simulação Dinâmica

ABSTRACT

This work was performed as the Thesis/Internship for the Masters Degree in Energy Optimization in Industrial Chemistry at the Superior Institute of Engineering of Oporto and was developed at GreenWatt company.

The main objective of this work is to perform an energy audit and an Indoor Air Quality audit to a physiatry clinic in order to prepare the necessary tools for the Energy Certification and Indoor Air Quality in the framework of the Energy Certification System.

In the Indoor Air Quality audit were analyzed physical parameters - temperature, humidity and respirable particulate PM10, chemical parameters - CO₂, CO, O₃, VOCs, HCOH and radon, and also microbiological parameters - bacteria, fungi and legionella.

An energy audit was made to achieve characterization of energy vectors used in the building, including natural gas and electricity. To do this characterization was carried out a survey of all available information on used fuels, installed lighting, other energy-using equipment and user profiles. Using energy analyzers were also measured the electrical consumption of the building.

With support from the data of the energy audit and annual bills was carried out to validate the dynamic simulation of the building. The dynamic simulation is based on the calculation of Energy efficiency index of the building.

The conclusion of the Indoor Air Quality audit suggests that there is a strong contamination of indoor air, volatile organic compounds, fungi and bacteria.

The energy audit concluded that the primary energy consumption is natural gas used by the existing boilers. This represents about 81% of total energy consumption, reproducing the same results obtained by the breakdown of energy bills. On electricity it was concluded that the water pumps and electrical equipment are the biggest consumers with respectively 53% and 23% of total electricity consumption.

Upon completion of the dynamic simulation, based on surveys conducted in the building and energy audit performed, was obtained a photograph of the building with regard to energy performance, and it was calculated the energy efficiency index with the value 40,54 kgep/m².year which qualifies the building with an Energy Class E. The amount of CO₂ emitted by this building in nominal terms is annually 76.39 tons.

Key-words: Energetic certification, energetic auditing, indoor air quality analysis, dynamic simulation

ÍNDICE

1	ENQUADRAMENTO	1
2	INTRODUÇÃO	3
2.1	<i>SCE</i>	4
2.2	<i>RSECE</i>	6
2.2.1	AUDITORIA DA QUALIDADE DO AR INTERIOR.....	9
2.3	<i>RCCTE</i>	11
3	CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	15
3.1	<i>LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO</i>	15
3.2	<i>CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS</i>	20
3.3	<i>SISTEMA AVAC</i>	27
3.4	<i>SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE</i>	28
3.5	<i>SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO</i>	29
4.	AUDITORIA QUALIDADE DO AR INTERIOR	31
4.1.	RESULTADOS DA AUDITORIA QAI	38
4.1.1	MEDIÇÕES NO EXTERIOR.....	41
4.1.2	MEDIÇÕES NO INTERIOR – PARÂMETROS FÍSICOS	43
4.1.3	MEDIÇÕES NO INTERIOR – PARÂMETROS QUÍMICOS	45
4.1.4	MEDIÇÕES NO INTERIOR – PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	48
4.1.5	MELHORIAS PROPOSTAS PARA CORRECÇÃO DA QAI.....	53
5.	AUDITORIA ENERGÉTICA	55
5.1	ILUMINAÇÃO.....	55
5.2	EQUIPAMENTOS	57
5.3	VECTORES DE ENERGIA	59
5.3.1	MEDIÇÕES DE CONSUMOS ELÉCTRICOS	59
5.3.2	MEDIÇÕES DE CONSUMOS DE GÁS NATURAL	64
5.3.3	DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS DA AUDITORIA ENERGÉTICA	65
5.4	FACTURAS DE ENERGIA	66
5.5	<i>MONITORIZAÇÃO DA TEMPERATURA</i>	68
6.	SIMULAÇÃO DINÂMICA	71
6.1	TRNSYS - TRANSIENT SYSTEM SIMULATION PROGRAM.....	72
6.2	MODELO DE SIMULAÇÃO.....	76

6.2.1.	ENVOLVENTE	77
6.2.2.	OCUPAÇÃO.....	79
6.2.3.	CAUDAIS DE AR.....	80
6.2.4.	AQUECIMENTO DA ÁGUA DA PISCINA.....	81
6.2.5.	ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	83
6.3	VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA	84
7.	CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	87
7.1	CÁLCULO DO $IEE_{NOMINAL}$	89
7.2	CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA	93
7.3	VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE PRE.....	96
8	MEDIDAS DE MELHORIA	99
8.1	MEDIDA DE MELHORIA I - <i>INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR PARA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS E APOIO AO AQUECIMENTO DA ÁGUA DOS TANQUES</i>	99
8.1.1	ANÁLISE ENERGÉTICA E ECONÓMICA	100
8.2	MEDIDA DE MELHORIA II - <i>INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE MICROGERAÇÃO</i>	102
8.2.1	ANÁLISE ENERGÉTICA E ECONÓMICA	103
8.3	CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE MELHORIA.....	105
9.	CONCLUSÃO	107

ÍNDICE TABELAS

Tabela 3. 1 - Dados climáticos de referência para o concelho do Porto	18
Tabela 3. 2 - Caracterização dos espaços e respectivas dimensões	27
Tabela 4. 1 – Parâmetros em análise no edifício segundo o RSECE (DL 79/06)	31
Tabela 4. 2 – Parâmetros exigidos e concentrações máximas permitidas pelo RSECE (DL 79/06).....	31
Tabela 4. 3 – Número de pontos mínimos e máximos de análise da QAI a medir no edifício	32
Tabela 4. 4 – Número de pontos de amostragem e localização dos mesmos.....	37
Tabela 4. 5 – Medição do radão e sua localização	38
Tabela 4. 6 – Número de pontos de amostragem para a legionella e localização dos mesmos	38
Tabela 4. 7 – Valores de concentração de alguns poluentes químicos e físicos medidos no exterior no dia 22/04/2010	41
Tabela 4. 8 – Valores de concentração de alguns poluentes microbiológicos medidos no exterior no dia 22/04/2010	42
Tabela 4. 9 – Valores de concentração dos poluentes físicos medidos no interior no dia 22/04/2010.....	43
Tabela 4. 10 – Valores de concentração do CO ₂ medido no dia 22/04/2010 e respectiva extrapolação	45
Tabela 4. 11 – Valores de concentração de COV's medidos no dia 22/04/2010	46
Tabela 4. 12 – Valores de concentração do ozono, CO e formaldeído medidos no dia 22/04/2010.....	47
Tabela 4. 13 – Resultados obtidos a partir da contagem nas caixas de Petri para as bactérias	50
Tabela 4. 14 – Resultados obtidos a partir da contagem nas caixas de Petri para os fungos.....	51
Tabela 5. 1 – Descrição do tipo de iluminação e potência instalada, por zona do interior do edifício	55
Tabela 5. 2 – Descrição dos equipamentos presentes em cada zona e potência estimada associada	58
Tabela 5. 3 – Consumo de gás no período da auditoria.....	65
Tabela 6. 1 – Características dos elementos da envolvente opaca.....	77
Tabela 6. 2 – Características dos elementos da envolvente envidraçada	79
Tabela 6. 3 – Ocupação máxima para cada zona de simulação	79

Tabela 6. 4 – Comparação entre a simulação e a auditoria energética.....	85
Tabela 6. 5 – Comparação entre a simulação anual e as facturas de energia	85
Tabela 7. 1 – Valores dos factores de correcção F_{CI} e F_{CV}	89
Tabela 7. 2 – Caudal mínimo de ar novo nominal	90
Tabela 7. 3 – Densidade de ocupação, equipamentos e ventilação nominais e iluminação real para as diferentes tipologias	92
Tabela 7. 4 - Resultados do cálculo do $IEE_{nominal}$	93
Tabela 7. 5 - $IEE_{referência}$ para as diferentes tipologias do edifício	94
Tabela 7. 6 - Modo de cálculo da etiqueta energética.....	94
Tabela 7. 7 - Etiqueta energética	95
Tabela 7. 8 - Desagregação dos consumos obtidos na simulação nominal do edifício	95
Tabela 7. 9 - Determinação do $IEE_{referência}$, existentes	98
Tabela 7. 10 - Determinação do $IEE_{real, facturas}$	98
Tabela 8. 1 - Análise energética Económica para a Medida de Melhoria I	101
Tabela 8. 2 - Análise energética Económica para a Medida de Melhoria II	105
Tabela 8. 3 - Etiqueta energética do edifício após implementação da Medida de Melhoria I.....	106
Tabela 8. 4 - Etiqueta energética do edifício após implementação da Medida de Melhoria II.....	106

ÍNDICE FIGURAS

Figura 3. 1 – Identificação dos pisos considerados e os diferentes corpos do edifício	15
Figura 3. 2 – Localização do imóvel.....	17
Figura 3. 3 – Distância à Costa Atlântica	17
Figura 3. 4 – Fachadas orientadas a Noroeste e Sudeste	18
Figura 3. 5 – Fachada orientada a Sudeste	19
Figura 3. 6 – Fachada orientada a Nordeste.....	19
Figura 3. 7 – Planta da fracção autónoma do piso 0	21
Figura 3. 8 – Planta da fracção autónoma do piso 1	22
Figura 3. 9 – Plantas da fracção autónoma do piso 2	23
Figura 3. 10 – Identificação dos diversos espaços (zoneamento) do piso 0.....	24
Figura 3. 11 – Identificação dos diversos espaços (zoneamento) do piso 1	25
Figura 3. 12 – Identificação dos diversos espaços (zoneamento) do piso 2.....	26
Figura 3. 13 – Caldeiras a gás natural	28
Figura 3. 14 – Depósito de acumulação de água quente sanitária.....	29
Figura 3. 15 – Termoacumulador desactivado das águas furtadas	29
Figura 4. 1 – Planta esquemática do Piso 0 com marcação dos pontos de análise da QAI - CAVE	34
Figura 4. 2 – Planta esquemática do Piso 1 com marcação dos pontos de análise da QAI – R/C	35
Figura 4. 3 – Planta esquemática do Piso 2 com marcação dos pontos de análise da QAI – PISO 1	36
Figura 4. 4 – Medição no exterior da clínica.....	39
Figura 4. 5 – Fotografia da medição de formaldeído	39
Figura 4. 6 – Fotografia de uma medição com o equipamento MIE pDR 1500.....	40
Figura 4. 7 – Medição com o equipamento RAMON 2.2	40
Figura 4. 8 – Fotografias do equipamento PBI – SAS IAQ durante a amostragem de microrganismos	41
Figura 4. 9 – Distância da empresa de componentes de borracha à Clínica de fisioterapia (fonte: Google Earth)	42
Figura 4. 10 – Temperatura e Humidade nos pontos em análise	44
Figura 4. 11 – Problemas de humidade por infiltração no Vestiário das Senhoras.....	52
Figura 4. 12 – Relatório de ensaio do laboratório para a análise da legionella.....	53
Figura 5. 1 – Exemplos de iluminação encontrada no edifício.....	56
Figura 5. 2 – Consumo horário estimado para a iluminação diária.....	57

Figura 5. 3 – Distribuição da potência nominal dos equipamentos existentes no edifício	59
Figura 5. 4 – Esquema de medições eléctricas efectuadas.....	60
Figura 5. 5 – Medidores de energia colocados em medição nos quadros eléctricos ...	60
Figura 5. 6 – Evolução do consumo eléctrico em kWh do quadro geral de 18-06-2010 a 24-06-2010	61
Figura 5. 7 – Evolução do consumo eléctrico em kWh do desumidificador de 18-06-2010 a 24-06-2010	62
Figura 5. 8 – Evolução do consumo eléctrico em kWh das bombas de 18-06-2010 a 24-06-2010	62
Figura 5. 9 – Evolução do consumo eléctrico em kWh do quadro AVAC de 18-06-2010 a 24-06-2010	63
Figura 5. 10 – Evolução dos consumos eléctricos do edifício de 18 de Junho a 24 de Junho de 2010.....	64
Figura 5. 11 – Desagregação ponderal dos consumos de 18 de Junho a 24 de Junho de 2010.....	65
Figura 5. 12 – Desagregação dos consumos eléctricos do edifício de 18 de Junho a 24 de Junho de 2010	66
Figura 5. 13 – Consumo mensal de energia eléctrica no edifício (2009)	67
Figura 5. 14 – Consumo mensal de gás natural no edifício (2009).....	67
Figura 5. 15 – Consumo e custos da electricidade e do gás natural	68
Figura 5. 16 – Evolução das temperaturas no exterior e no interior do edifício	69
Figura 5. 17 – Evolução da humidade relativa no exterior e no interior do edifício	70
Figura 6. 1 – TRNSYS – Ligação entre aplicações	73
Figura 6. 2 – TRNSYS – Extracto de um ficheiro de entrada em código ASCII.....	73
Figura 6. 3 – TRNSYS – Interface gráfica - IISibat.....	74
Figura 6. 4 – TRNSYS – Aplicação para definição do edifício - PREBID.....	75
Figura 6. 5 – TRNSYS – Ligação entre os diferentes types	75
Figura 6. 6 – Interface do IISibat para modelação da Clínica de Fisioterapia.....	77
Figura 6. 7 – Número mensal de banhos	83
Figura 6. 8 – Consumo energético para a preparação de águas quentes sanitárias ...	84
Figura 6. 9 – Desagregação dos consumos – Simulação vs Auditoria	85
Figura 6. 10 – Desagregação dos consumos – Simulação vs Facturas	86
Figura 7. 1 – Desagregação dos consumos obtidos na simulação nominal	96
Figura 7. 2 – Verificação do cumprimento do IEE e necessidade de PRE	97
Figura 8. 1 – Interface do programa Solterm5.....	100
Figura 8. 2 – Distribuição anual de energia produzida pelo sistema solar térmico	101

Figura 8. 3 – Interface do programa PVSYST v4.37	103
Figura 8. 4 – Distribuição anual de energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico	104
Figura 8. 5 – Distribuição anual de energia produzida pelo sistema solar térmico	104

NOMENCLATURA

A	Área
AVAC	Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
CMAN	Caudal mínimo de ar novo
CAMNN	Caudal mínimo de ar novo nominal
CO	Monóxido de Carbono
COV's	Compostos Orgânicos Voláteis
CO ₂	Dióxido de Carbono
Cp	Capacidade Calorífica
DL	Decreto-Lei
GES	Grande Edifício de Serviços
HcC	Habitação com Climatização
HCOH	Formaldeído
HsC	Habitação sem Climatização
IEE	Índice de Eficiência Energética
MNEL	Materiais Não Ecologicamente Limpos
O ₃	Ozono
PEScC	Pequeno Edifício de serviços com Climatização
PESsC	Pequeno Edifício de serviços sem Climatização
PM10	Partículas respiráveis em que o diâmetro médio é inferior a 10 µm
QAI	Qualidade do Ar Interior
RSECE	Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios
RCCTE	Regulamento das características do comportamento térmico de edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética e da qualidade do ar interior nos edifícios
T	Temperatura
TRNSYS	Transient System Simulation Program
U	Coeficiente Global de Transferência de Calor
UFC	Unidade formadora de colónias
V	Volume
ΔT	Gradiente de Temperaturas

1 ENQUADRAMENTO

A GreenWatt pretende ser a referência nacional em consultoria para a eficiência energética dos edifícios, liderando o mercado de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior em Portugal.

Garantir a qualidade dos projectos, contribuindo para o bom desempenho energético-ambiental dos edifícios e, ao mesmo tempo, auxiliar o processo de decisão na implementação de medidas de eficiência energética e de acções correctivas da qualidade do ar interior, são também objectivos da GreenWatt.

Com a sua actuação, a GreenWatt estuda o desempenho energético-ambiental dos edifícios, caracterizando os fluxos energéticos contribuindo para a sustentabilidade nos edifícios, diminuindo a dependência energética nacional e assegurando as melhores condições de conforto dos espaços interiores.

A Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (QAI) surge da transposição de uma directiva europeia e tem como principal objectivo dotar os proprietários e gestores dos edifícios de uma ferramenta que permite conhecer o comportamento energético do seu edifício e avaliar facilmente o seu desempenho energético quando comparado com outros da mesma tipologia.

O estágio realizado na empresa GreenWatt teve como objectivo efectuar uma auditoria energética e uma auditoria QAI a uma clínica de fisioterapia de forma a preparar as ferramentas necessárias para a Certificação Energética e da QAI no enquadramento do Sistema de Certificação Energética.

O trabalho está, essencialmente, dividido em quatro fases:

1ª Fase – Auditoria QAI – Análise física, química e microbiológica do ar interior.

2ª Fase – Auditoria Energética – Caracterização dos vectores de energia e quantificação dos consumos energéticos do edifício.

3ª Fase – Simulação Dinâmica - Análise do desempenho energético que permite avaliar, de uma forma quantitativa, os consumos potenciais de energia do edifício e dos seus sistemas para determinadas condições de utilização e funcionamento dos mesmos.

4ª Fase – Certificação Energética – Calculo do IEE nominal e posterior classificação energética.

O presente documento está dividido em nove capítulos: Enquadramento, Introdução, Caracterização do Edifício, Auditoria à Qualidade do Ar Interior, Auditoria

Energética, Simulação Dinâmica, Certificação Energética, Medidas de Melhoria e Conclusão.

No capítulo 2, Introdução, faz-se uma breve apresentação da Certificação Energética em Portugal, dando-se ênfase ao enquadramento legal desta. São também descritos alguns aspectos sobre a qualidade do ar interior neste capítulo.

No capítulo 3, Caracterização do Edifício, apresenta-se a localização do edifício e sua caracterização no que diz respeito a identificação dos espaços, áreas, pé direito e sistema AVAC.

No capítulo 4, Auditoria da Qualidade do Ar Interior são apresentados os valores dos parâmetros analisados, nomeadamente, físicos (temperatura, humidade e partículas respiráveis), químicos (COV's, CO₂, CO, O₃, HCOH e radão) e microbiológicos (bactérias, fungos e legionella).

No capítulo 5, Auditoria Energética, são caracterizados todos os consumos dos vectores energéticos presentes no edifício, nomeadamente, energia eléctrica e gás natural.

No capítulo 6, Simulação Dinâmica, apresenta-se o desempenho energético e avaliação quantitativa dos consumos de energia do edifício e dos seus sistemas obtidos com base na simulação dinâmica do mesmo.

No capítulo 7, Certificação Energética, são apresentados os Índices de Eficiência Energética e a classificação obtida pelo edifício.

No capítulo 8, Medidas de Melhoria, estão em destaque algumas medidas de melhoria para o aumento da eficiência energética do edifício, de forma a que o edifício tenha um menor consumo de energia.

Por fim, no capítulo 9, capítulo da Conclusão apresentam-se as considerações acerca dos resultados obtidos na Auditoria da Qualidade do Ar Interior, Auditoria Energética, Simulação Dinâmica e ainda da Certificação Energética.

2 INTRODUÇÃO

No contexto internacional, é consensual a necessidade de melhorar a qualidade dos edifícios e reduzir os seus consumos de energia e as correspondentes emissões de gases que contribuem para o aquecimento global ou efeito de estufa. Portugal obrigou-se a satisfazer compromissos neste sentido quando subscreveu o Protocolo de Quioto, tendo o correspondente esforço de redução das emissões de ser feito por todos os sectores consumidores de energia, nomeadamente pelo dos edifícios. Nesse quadro, há um consenso sobre a importância de melhorar a eficiência energética dos edifícios e de reduzir o consumo de energia e as correspondentes emissões de CO₂ do sector dos edifícios como parte do esforço de redução das emissões a envolver todos os sectores consumidores de energia.

A União Europeia, com objectivos semelhantes, publicou em 4 de Janeiro de 2003 a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, que, entre outros requisitos, impõe aos Estados membros o estabelecimento e actualização periódica de regulamentos para melhorar o comportamento térmico dos edifícios novos e reabilitados, obrigando-os a exigir, nestes casos, com poucas excepções, a implementação de todas as medidas pertinentes com viabilidade técnica e económica. A directiva adopta ainda a obrigatoriedade da contabilização das necessidades de energia para preparação das águas quentes sanitárias, numa óptica de consideração de todos os consumos de energia importantes, com um objectivo específico de favorecimento da penetração dos sistemas de colectores solares ou outras alternativas renováveis. A directiva adopta, também, a obrigatoriedade de uma verificação periódica dos consumos reais nos edifícios de maior dimensão e a disponibilização desta informação ao público que os utilizar, mediante afixação de um certificado apropriado em local bem visível junto da entrada do edifício.

A transposição, parcial, desta directiva para a ordem jurídica nacional foi efectuada a 4 de Abril de 2006 com a publicação em, Diário da República, de três diplomas:

- 1) DL nº 78/2006 – Sistema de Certificação Energética e da qualidade do ar interior nos edifícios (SCE)
- 2) DL nº 79/2006 – Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios (RSECE)
- 3) DL nº 80/2006 – Regulamento das características do comportamento térmico de edifícios (RCCTE)

2.1 SCE

O Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (DL nº 78/2006) tem como objectivo implementar um método de informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público.

A Certificação Energética e da Qualidade do Ar interior dos edifícios (QAI) permite aos futuros utentes obter informação sobre os consumos de energia potenciais, no caso dos novos edifícios ou no caso de edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, dos seus consumos reais ou aferidos para padrões de utilização típicos, passando o critério dos custos energéticos, durante o funcionamento normal do edifício, a integrar o conjunto dos demais aspectos importantes para a caracterização do edifício.

Nos edifícios existentes, a Certificação Energética e da QAI destina-se a proporcionar informação sobre as medidas de melhoria de desempenho, com viabilidade económica, que o proprietário pode implementar para reduzir as suas despesas energéticas e, simultaneamente, melhorar a eficiência energética do edifício.

Nos edifícios novos e nos edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, a Certificação Energética e da QAI permite comprovar a correcta aplicação da regulamentação térmica em vigor para o edifício e para os seus sistemas energéticos, nomeadamente a obrigatoriedade de aplicação de sistemas de energias renováveis de elevada eficiência energética, dando, assim, cumprimento ao disposto nos artigos 5 e 6º da referida Directiva nº 2002/91/CE, que obriga os Estados membros a garantir a efectiva implementação dos requisitos mínimos regulamentares de desempenho energético por forma a assegurar a respectiva eficiência energética.

As inspecções no âmbito da certificação não se devem, contudo, resumir ao desempenho energético de caldeiras e instalações de ar condicionado. Os sistemas de climatização devem, também, assegurar uma boa qualidade do ar interior, isento de riscos para a saúde pública e potenciador do conforto e da produtividade.

Assim sendo, as inspecções a realizar no âmbito da certificação devem integrar, também, esta componente e, deste modo, contribuir para assegurar a adequada manutenção da qualidade do ar interior, minimizando os riscos de problemas e devolvendo ao público utilizador a confiança nos ambientes interiores tratados com sistemas de climatização.

Deve no entanto referir-se que apesar de existir uma necessidade óbvia de reduzir os consumos energéticos dos edifícios melhorando a sua eficiência, isto não deve nunca ser conseguido à custa de uma deficiente Qualidade do Ar Interior no interior.

O Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) consubstanciam a actual legislação existente, que enquadra os critérios de conformidade a serem observados nas inspecções a realizar no âmbito deste sistema de certificação, estabelecendo, para o efeito, os requisitos que devem ser aferidos relativamente aos seguintes aspectos: eficiência energética, qualidade do ar interior, ensaios de recepção de sistemas após a conclusão da sua construção, manutenção e monitorização do funcionamento dos sistemas de climatização, inspecção periódica de caldeiras e equipamentos de ar condicionado e responsabilidade pela condução dos sistemas.

Este modelo de Certificação Energética é uma iniciativa muito relevante no combate às alterações climáticas, contribuindo para uma maior racionalização dos consumos energéticos nos edifícios e para a prossecução de uma das medidas do Programa Nacional para as Alterações Climáticas, eficiência energética nos edifícios, pelo impulso que é dado ao cumprimento dos regulamentos relativos aos sistemas energéticos e de climatização dos edifícios e às características de comportamento térmico dos edifícios.

Estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) os seguintes edifícios:

- 1) Os novos edifícios, bem como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, ou seja uma intervenção na envolvente ou nas instalações, energéticas ou outras, do edifício, cujo custo seja superior a 25 % do valor do edifício, nas condições definidas no RCCTE, independentemente de estarem ou não sujeitos a licenciamento ou a autorização, e da entidade competente para o licenciamento ou autorização, se for o caso.
- 2) Os edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificado no RSECE.
- 3) Os edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.

Estão excluídos do âmbito de aplicação do SCE as infra-estruturas militares e os imóveis afectos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade.

2.2 RSECE

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (DL nº 79/2006) veio substituir o Decreto-Lei n.º 156/92, de 29 de Julho, que não chegou a ser aplicado e que visava regulamentar a instalação de sistemas de climatização em edifícios. O RSECE procurava introduzir algumas medidas de racionalização, fixando limites à potência máxima dos sistemas a instalar num edifício para, sobretudo, evitar o seu sobredimensionamento, conforme a prática do mercado mostrava ser comum, contribuindo assim para a sua eficiência energética, evitando investimentos desnecessários.

O RSECE exigia também a adopção de algumas medidas de racionalização energética, em função da dimensão (potência) dos sistemas, e considerava a necessidade da prática de certos procedimentos de recepção após a instalação dos sistemas e de manutenção durante o seu funcionamento normal.

A prática da aplicação do RSECE veio a demonstrar alguma indiferença por parte da maioria dos intervenientes no processo. Assim, a instalação de sistemas de climatização foi sendo tratada, maioritariamente, directamente entre fornecedores e clientes, remetendo-se, na prática, a aplicação do Regulamento exclusivamente para o nível da responsabilidade técnica dos projectistas ou dos instaladores ou, simplesmente, dos fornecedores dos equipamentos.

Entretanto, na última década, acentuou-se significativamente a tendência de crescimento da procura de sistemas de climatização no nosso país, desde os mais simples e de pequena dimensão, no sector residencial e dos pequenos serviços, aos sistemas complexos de grandes dimensões, sobretudo em edifícios do sector terciário. Isto surge em resposta à melhoria do nível de vida das populações e do seu maior grau de exigência em termos de conforto, mas, também, como consequência da elevada taxa de crescimento do parque construído.

Da evolução referida resultou para o sector dos edifícios a mais elevada taxa de crescimento dos consumos de energia de entre todos os sectores da economia nacional, nomeadamente para o subsector dos serviços, traduzida em valores médios da ordem dos 12 % por ano.

Por sua vez, a não existência de requisitos quanto a valores mínimos de renovação do ar, o pouco controlo da conformidade do desempenho das instalações com o respectivo projecto aquando da sua recepção e a continuada falta de uma prática efectiva de manutenção adequada das instalações durante o seu funcionamento normal, têm levado ao aparecimento de problemas de qualidade do ar interior, alguns dos quais com impacte significativo ao nível da saúde pública.

É neste enquadramento que se impõe a revisão do RSECE com um quádruplo objectivo:

1) Definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas (requisitos exigenciais) nos diferentes espaços dos edifícios, em consonância com as respectivas funções;

2) Melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos para climatização mas em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efectiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes;

3) Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efectivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projecto, quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada;

4) Monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

O primeiro dos objectivos deve recorrer às orientações e à prática da comunidade internacional, de acordo com o estado da arte dos conhecimentos sobre o conforto térmico e a qualidade do ar interior, na sequência dos valores guia da Organização Mundial de Saúde (OMS) e das normas nacionais e internacionais [International Organization for Standardization (ISO), Comité Européen de Normalisation (CEN)].

O segundo dos objectivos indicados impõe a adopção de métodos detalhados de previsão de consumos energéticos na fase de projecto, o que constitui uma alteração importante na forma como vêm sendo elaborados os respectivos projectos. Tem de ser promovida a formação específica das equipas projectistas como condição da sua competência especializada, reconhecida pelos seus pares, no quadro das respectivas associações profissionais.

A responsabilização profissional é necessariamente um dos suportes essenciais à boa introdução das alterações subjacentes aos restantes dois objectivos, para além da integração da monitorização dos desempenhos dos edifícios e sistemas de climatização num esquema de inspecção definido no Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).

O terceiro conjunto de objectivos implica que se ampliem, ao nível do projecto, os requisitos técnicos aplicáveis aos sistemas a conceber. Os projectistas devem favorecer sistemas centralizados como forma de tirar partido de economias de escala, quer a nível de um edifício com várias fracções autónomas, quer a nível de grupos de edifícios, com recurso a redes urbanas de calor e de frio, sempre que possível, e a soluções energeticamente mais eficientes, incluindo as que recorram a sistemas baseados em energias renováveis, mesmo que de custo inicial mais elevado, se tiverem viabilidade económica traduzida por um período de retorno aceitável.

Finalmente, e a nível do próprio projecto, têm de ser previstas as condições e componentes necessárias para uma manutenção e monitorização adequadas, para que se possa concretizar também o quarto e último dos objectivos apontados.

Tal como para a versão anterior, o sucesso do presente Regulamento está sobretudo na sua aplicação na fase de licenciamento, garantindo que os projectos licenciados ou autorizados satisfaçam integralmente os requisitos regulamentares.

Nesta sua reformulação, o RSECE impõe, entretanto, mecanismos mais efectivos de comprovação desta conformidade regulamentar e aumenta as penalizações, sob a forma pecuniária e em termos profissionais, para os casos de incumprimento. Aumenta também o grau de exigência de formação profissional dos técnicos que possam vir a ser responsáveis pela verificação dos requisitos do presente Regulamento, de forma a aumentar o nível da sua competência e a conferir mais credibilidade e probabilidade de sucesso à satisfação dos objectivos pretendidos.

Para além desta intervenção no licenciamento, o RSECE impõe também mecanismos de auditoria periódica dos edifícios.

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) aplica-se a:

1) GES - grandes edifícios ou fracções autónomas de serviços, existentes e novos, com área útil superior a 1000 m², ou no caso de edifícios do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, com área superior a 500 m².

2) PEScC - novos pequenos edifícios ou fracções autónomas de serviços com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW.

3) HcC - novos edifícios de habitação ou cada uma das suas fracções autónomas com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW.

4) novos sistemas de climatização a instalar em edifícios ou fracções autónomas existentes, de serviços ou de habitação, com potência instalada igual ou superior a 25 kW em qualquer tipologia de edifícios.

5) grandes intervenções de reabilitações relacionadas com a envolvente, as instalações mecânicas de climatização ou os demais sistemas energéticos dos edifícios de serviços.

6) ampliações dos edifícios existentes em que a intervenção não atinja o limiar definido para ser considerada uma grande intervenção de reabilitação.

2.2.1 Auditoria da Qualidade do Ar Interior

A qualidade do ar interior (QAI) tem-se tornado um tema ambiental de grande relevância. O número de queixas relacionadas tem crescido nos últimos anos com o aumento da densidade de edifícios, o crescente uso de materiais sintéticos, e as medidas de conservação da energia que reduzem a quantidade de ar exterior fornecido.

Os equipamentos dos edifícios modernos (por exemplo, fotocopiadoras, impressoras laser, computadores), produtos de limpeza, e a poluição do ar exterior, também podem aumentar os níveis de contaminação do ar interior. As reacções a estes agentes podem conduzir ao fenómeno conhecido como Síndrome do Edifício Doente (SED).

As causas das queixas dos ocupantes são multi factoriais e muitas vezes psicológicas. Podem envolver mecanismos químicos, microbiológicos, físicos e psicológicos. No entanto, o controlo das fontes de contaminação é, de um modo geral, o meio mais eficiente a utilizar para melhorar a QAI.

As análises às amostras de ar, podem não revelar concentrações significativas de nenhum dos poluentes presentes, pelo que o problema é muitas vezes devido à combinação dos efeitos de muitos poluentes presentes em baixas concentrações, influenciado por outros factores ambientais. Por exemplo, vários factores influenciam o conforto térmico, tais como o sobre aquecimento ou o sub aquecimento, os valores extremos de humidade, e deficiências na circulação de ar.

Do mesmo modo, a presença de odores, estão muitas vezes associadas a uma deficiente qualidade do ar, quer causem ou não sintomas. Causadores de tensão ambiental (stress), tal como o ruído, vibrações, sobre lotação, locais de trabalho mal

projectados e deficiente iluminação, podem causar sintomas que podem ser confundidos com os efeitos de uma deficiente qualidade de ar.

O ar ambiente interior de um edifício resulta da interação da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do edifício, das fontes de contaminação (mobiliário, fontes de humidade, processos de trabalho e actividades, e poluentes exteriores), e do número de ocupantes do edifício. Na tabela 2.1 estão alguns destes factores e fontes de contaminação.

Tabela 2. 1 – Factores que afectam a qualidade do ar interior e o conforto (APA – Qualidade do ar em espaços interiores)

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

As fontes de poluição mais comuns são frequentemente detectadas pelos indicadores gerais presentes na tabela 2.2.

Tabela 2. 2 – Factores que afectam a qualidade do ar interior e o conforto (APA – Qualidade do ar em espaços interiores)

Indicador	Problema/Fonte	Queixas
Exaustão de produtos de combustão, escape de veículos	Monóxido de carbono	Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens
Odores corporais	Sobrelotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de dióxido de carbono)	Dores de cabeça, cansaço, falta de ar
Cheiro a mofo (bafo)	Material microbiano	Sintomas de alergia
Cheiro a químicos	Formaldeído, pesticidas, outros químicos	Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cheiro a solventes, perfumes, outros	COVs	Odores, sintomas de alergia, vertigens, dores de cabeça
Cheiro a cimento molhado, pó, calcário	Partículas, falha do sistema de humificação do ar	Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros

2.3 RCCTE

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (DL nº 80/2006) foi o primeiro instrumento legal que em Portugal impôs requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações de forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia quer no Inverno quer no Verão.

Em paralelo, o RCCTE visa também garantir a minimização de efeitos patológicos na construção derivados das condensações superficiais e no interior dos elementos da envolvente.

Mais de uma dezena de anos passados, verifica-se que o RCCTE constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade da construção em Portugal, havendo hoje uma prática quase generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios, incluindo nas zonas de clima mais ameno, mesmo para além do que o RCCTE exige, numa prova de que o referido Regulamento conseguiu atingir e mesmo superar os objectivos a que se propunha.

Entretanto, alguns dos pressupostos do RCCTE, tal como definido em 1990, têm vindo a alterar-se.

Enquanto no final da década de 1980 eram poucos os edifícios que dispunham de meios activos de controlo das condições ambientes interiores, verifica-se actualmente uma penetração muito significativa de equipamentos de climatização, com um número significativo de edifícios novos a preverem equipamentos de aquecimento, mesmo no sector residencial e com um cada vez maior recurso a equipamentos de ar condicionado, sobretudo os de pequena dimensão, quer no sector residencial quer nos edifícios de serviços, dando portanto lugar a consumos reais para controlo do ambiente interior dos edifícios, o que se tem traduzido num crescimento dos consumos de energia no sector dos edifícios bastante acima da média nacional.

Enquanto a primeira versão do RCCTE pretendia limitar potenciais consumos e era, portanto, relativamente pouco exigente nos seus objectivos concretos devido às questões de viabilidade económica face a potenciais consumos baixos, justifica-se agora uma contabilização mais realista de consumos que com muito maior probabilidade possam ocorrer, evoluindo portanto na direcção de maiores exigências de qualidade térmica da envolvente dos edifícios.

A nova versão do RCCTE assenta, portanto, no pressuposto de que uma parte significativa dos edifícios vêm a ter meios de promoção das condições ambientais nos espaços interiores, quer no Inverno quer no Verão, e impõe limites aos consumos que decorrem da sua potencial existência e uso. Não se pode, porém, falar em consumos padrão, nomeadamente no subsector residencial, já que a existência de equipamentos ou mesmo de sistemas instalados não significa o seu uso permanente, tendo em conta a frugalidade tradicional no conforto doméstico que o clima naturalmente favorece. Tais valores continuam a ser meras referências estatísticas.

Neste contexto, são claramente fixadas as condições ambientais de referência para cálculo dos consumos energéticos nominais segundo padrões típicos admitidos como os médios prováveis, quer em termos de temperatura ambiente quer em termos

de ventilação para renovação do ar e garantia de uma qualidade do ar interior aceitável, que se tem vindo a degradar com a maior estanquidade das envolventes e o uso de novos materiais e tecnologias na construção que libertam importantes poluentes. Este Regulamento alarga assim as suas exigências ao definir claramente objectivos de provisão de taxas de renovação do ar adequadas que os projectistas devem obrigatoriamente satisfazer.

O RCCTE aplica-se a edifícios de habitação (HsC e HcC), assim como, edifícios de serviços com área útil inferior ou igual a 1000 m² e sem sistemas mecânicos de climatização ou com sistemas de climatização de potência inferior ou igual a 25 kW (PESsC).

3 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo trata-se de um edifício de serviços onde funciona um estabelecimento de saúde sem internamento. A sua estrutura inicial e antiga era de uma habitação unifamiliar, entretanto adaptada e ampliada para a prestação de serviços de clínica médica e de fisioterapia, tendo incluído na remodelação a construção de uma piscina coberta com 2 tanques.

3.1 *Localização e Identificação*

O edifício, localizado no Porto junto a uma via de elevado tráfego automóvel, é composto por 3 corpos distintos, independentes mas ligados entre si: corpo principal, corpo intermédio e terceiro corpo.

Na figura 3.1 encontra-se a identificação dos corpos do edifício, assim como, a identificação dos pisos.

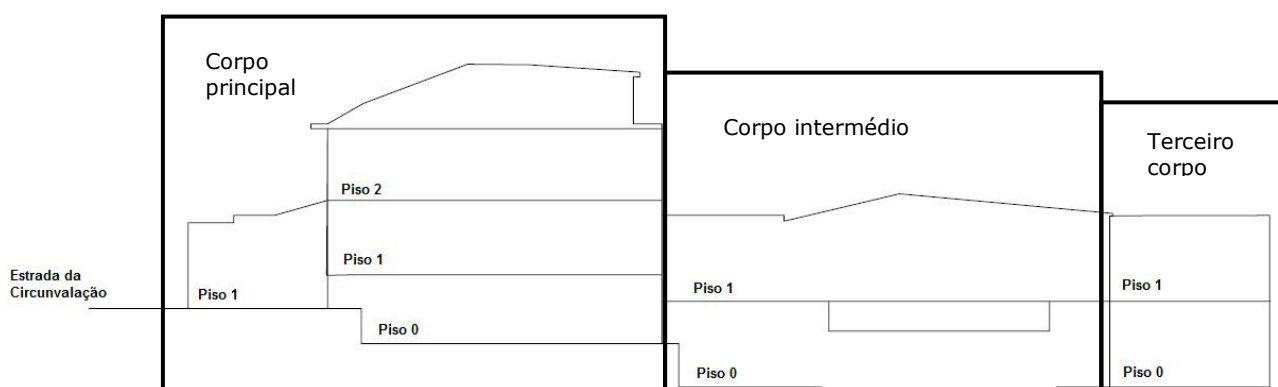


Figura 3. 1 – Identificação dos pisos considerados e os diferentes corpos do edifício

O corpo principal é constituído por 3 pisos, o inferior, Piso 0, é uma cave semienterrada com vãos de janelas para o exterior, destinado a salas de tratamento e instalações para os funcionários (vestiário e instalações sanitárias). O piso intermédio e de entrada principal, Piso 1, é constituído por diversos gabinetes de atendimento médico e salas de tratamento de fisioterapia, bem como espaços de recepção e espera para os utentes. No piso superior, Piso 2, existem gabinetes de trabalho administrativo e gabinetes de atendimento médico. A cobertura é inclinada, existindo um desvão

técnico não ocupado onde estão instalados equipamentos de aquecimento de água sanitária de aquecimento ambiente.

Este corpo principal tem uma área total de 594 m², distribuída pelos 3 pisos.

No corpo intermédio, estão localizadas piscinas, 2 tanques com as medidas de 15 x 6,15 x 1,25 e de 11,8 x 2,8 x 1,25 m, ambos situados à cota do pavimento exterior. Num piso inferior e totalmente enterrado estão instalados os equipamentos técnicos de tratamento das águas da piscina, equipamentos de climatização da nave das piscinas, bem como os tanques de compensação e corredores de circulação.

Este corpo intermédio tem uma estrutura metálica de cobertura com painéis de policarbonato alveolar, semitransparentes. A nave está em contacto com os restantes corpos do edifício.

Este corpo intermédio do edifício tem uma área total de 657 m², sendo a área da nave das piscinas de 298 m².

O terceiro corpo, localizado na parte mais afastada da entrada, tem à cota do pavimento exterior uma garagem automóvel individual bem como os balneários para os utentes da piscina. Numa cota e semienterrado, com vãos de contacto com o exterior, surge um piso onde foi instalado um ginásio e algumas salas para trabalho físico complementar. Este corpo que tem contacto com a nave da piscina, tem 2 portas de acesso ao exterior, uma para a entrada principal e outra para a rua das traseiras do edifício.

Este terceiro corpo tem uma área de 317 m², distribuída pelos 2 pisos.

No total dos 3 corpos, o edifício tem uma área total de sensivelmente 1570 m² dos quais apenas 1124 m² são de área útil.

Em termos de enquadramento regulamentar, este edifício, constituído em propriedade vertical, enquadra-se no RSECE, uma vez que se trata de um grande edifício de serviços (GES).

O edifício, situado no concelho do Porto, na zona climática I2V1N (tabela 3.1), encontra-se a cerca de 4 km da costa atlântica e a uma altitude de 78 m.

Na figura 3.2 e figura 3.3 encontra-se a localização do imóvel e a sua distância à costa atlântica, respectivamente.



Figura 3. 2 – Localização do imóvel

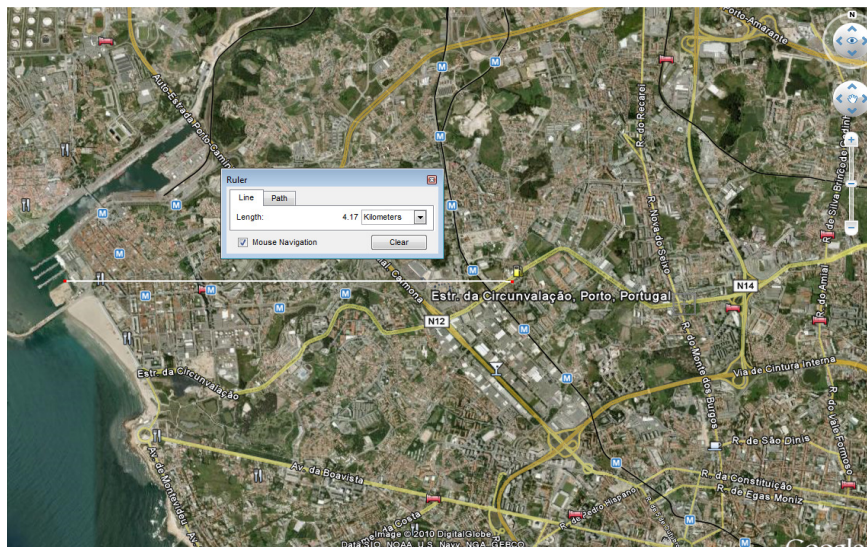


Figura 3. 3 – Distância à Costa Atlântica

Na tabela 3.1 encontram-se os dados climáticos de referência para o conselho do Porto.

Tabela 3. 1 - Dados climáticos de referência para o concelho do Porto

Concelho	Porto
Altitude [m]	78
Distância ao litoral [km]	4,17
Zona Climática de Inverno	I2
Número de graus-dias de aquecimento [°C.dias]	1610
Duração da estação de aquecimento [meses]	6,7
Zona climática de Verão	V1N
Temperatura externa de projecto [°C]	30
Amplitude Térmica [°C]	9

A entrada principal da clínica está orientada a Noroeste (zona de acesso ao público). O edifício tem, na sua envolvente, outros edifícios que, devido ao seu distanciamento, não provocam sombreamento. Os principais alçados do edifício estão apresentados na figura 3.4 à figura 3.6.



Figura 3. 4 – Fachadas orientadas a Noroeste e Sudeste



Figura 3. 5 – Fachada orientada a Sudeste



Figura 3. 6 – Fachada orientada a Nordeste

O horário de funcionamento do edifício é o seguinte:

- 1) Segunda a sexta: 9 às 21 horas
- 2) Sábado e Domingo: Encerrado

Os funcionários frequentam o edifício para actividades de preparação do espaço, antecipando a abertura dos serviços em cerca de 1 hora e 30min e permanecendo mais 15 minutos após o encerramento dos mesmos serviços.

3.2 Caracterização dos espaços

Durante a visita preliminar ao edifício, realizada no dia 7 de Janeiro de 2010, inspeccionaram-se todos os espaços ocupados e áreas técnicas. Esta visita teve como objectivo verificar o rigor e actualizar a informação disponibilizada, assim como, recolher eventuais informações complementares necessárias ao adequado planeamento da auditoria. Com base nesta visita procedeu-se também ao zoneamento do edifício que foi utilizado como base da simulação dinâmica.

Nas figura 3.7 à 3.9 apresentam-se as plantas da fracção autónoma do edifício e da figura 3.10 à 3.12 o respectivo zoneamento, posteriormente utilizado para a simulação dinâmica, do edifício.

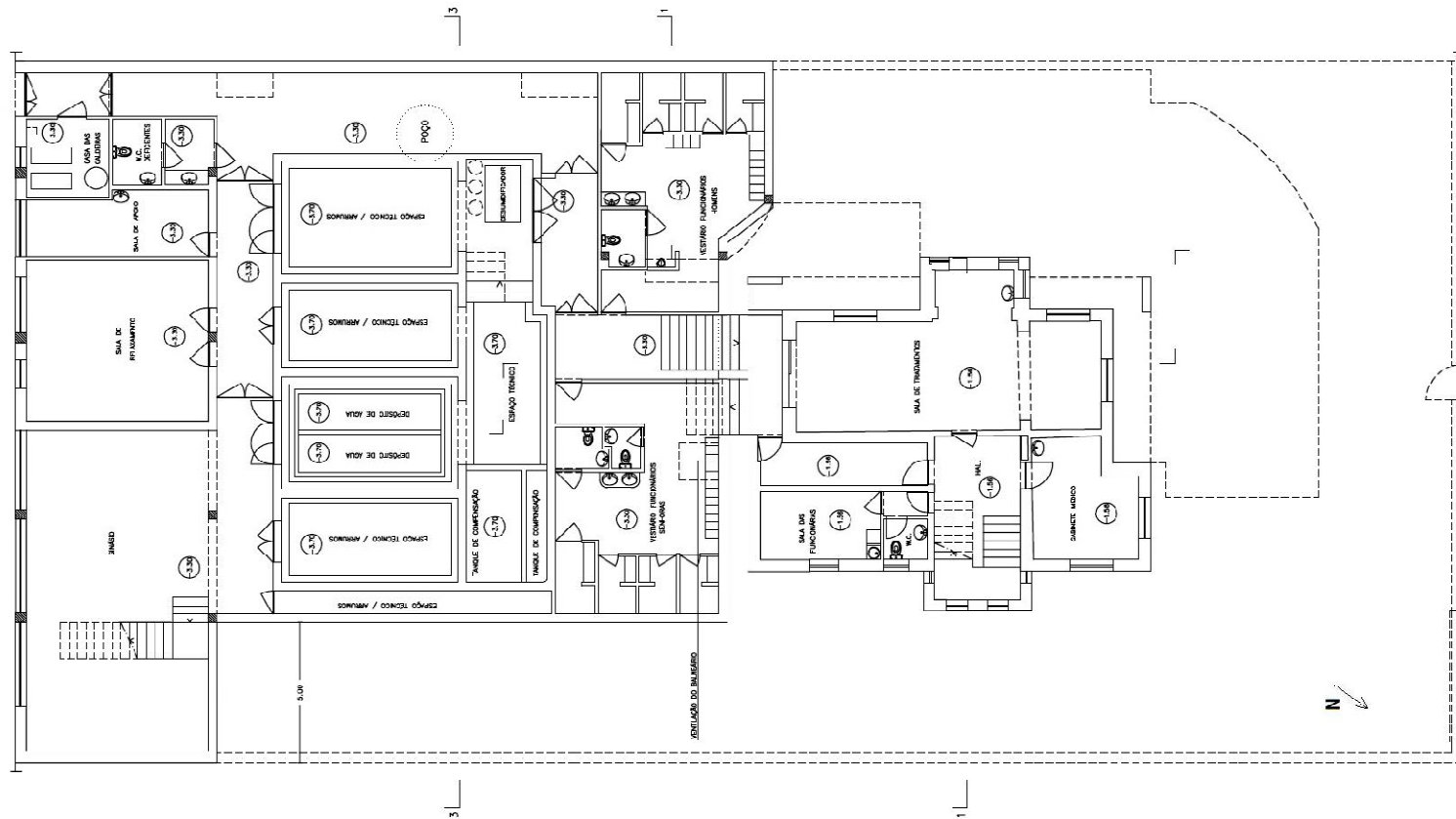


Figura 3. 7 – Planta da fracção autónoma do piso 0

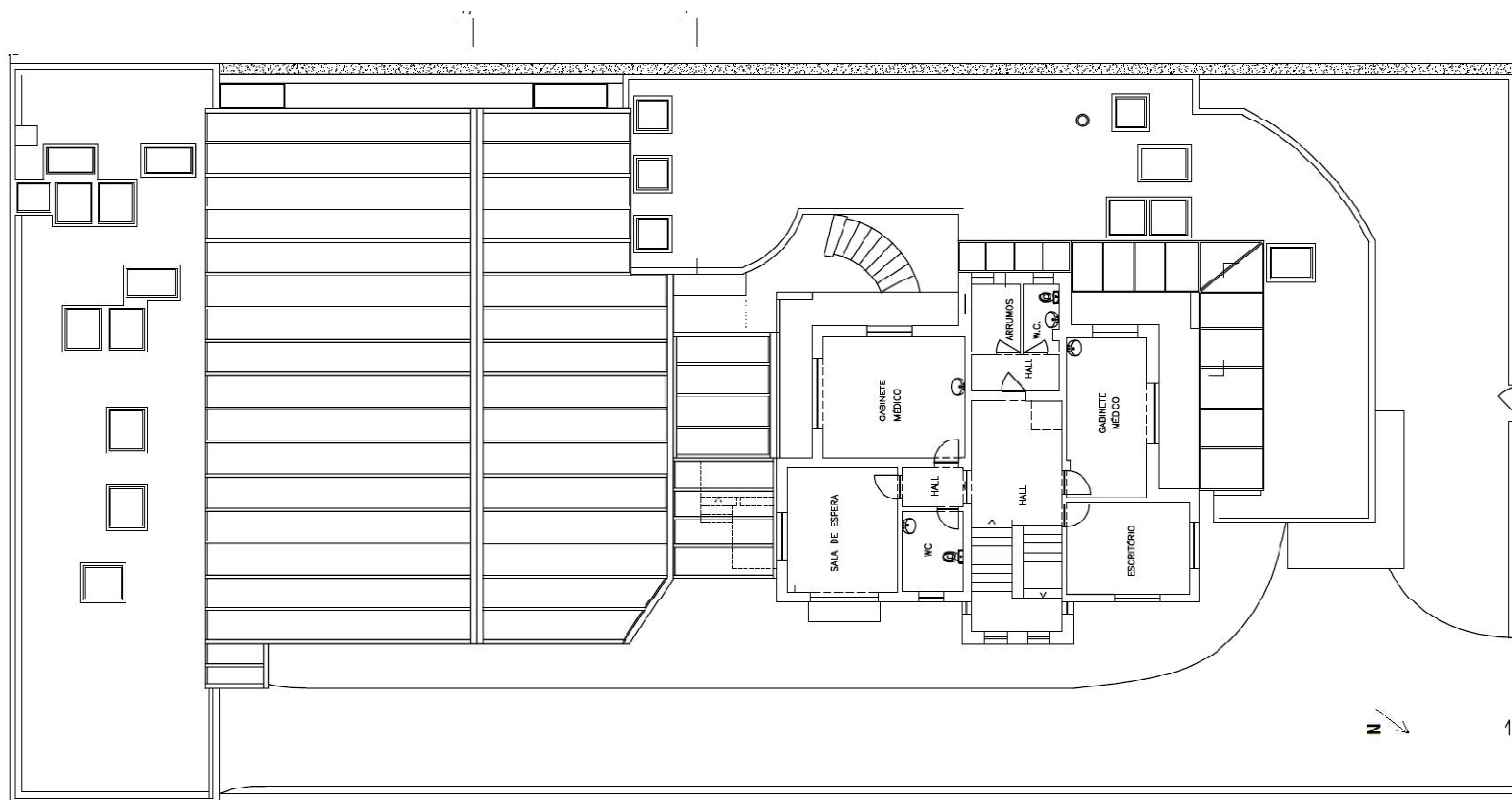


Figura 3. 9 – Plantas da fracção autónoma do piso 2

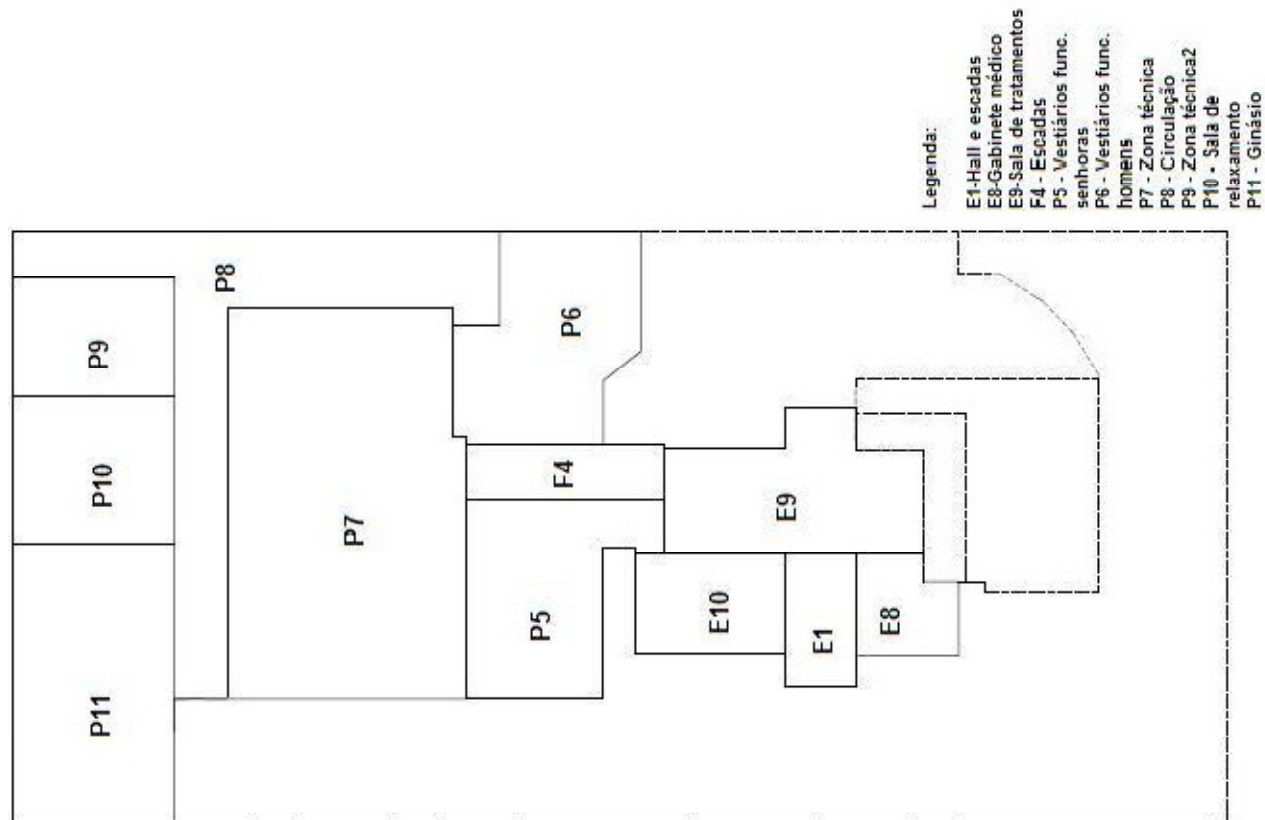


Figura 3. 10 – Identificação dos diversos espaços (zoneamento) do piso 0

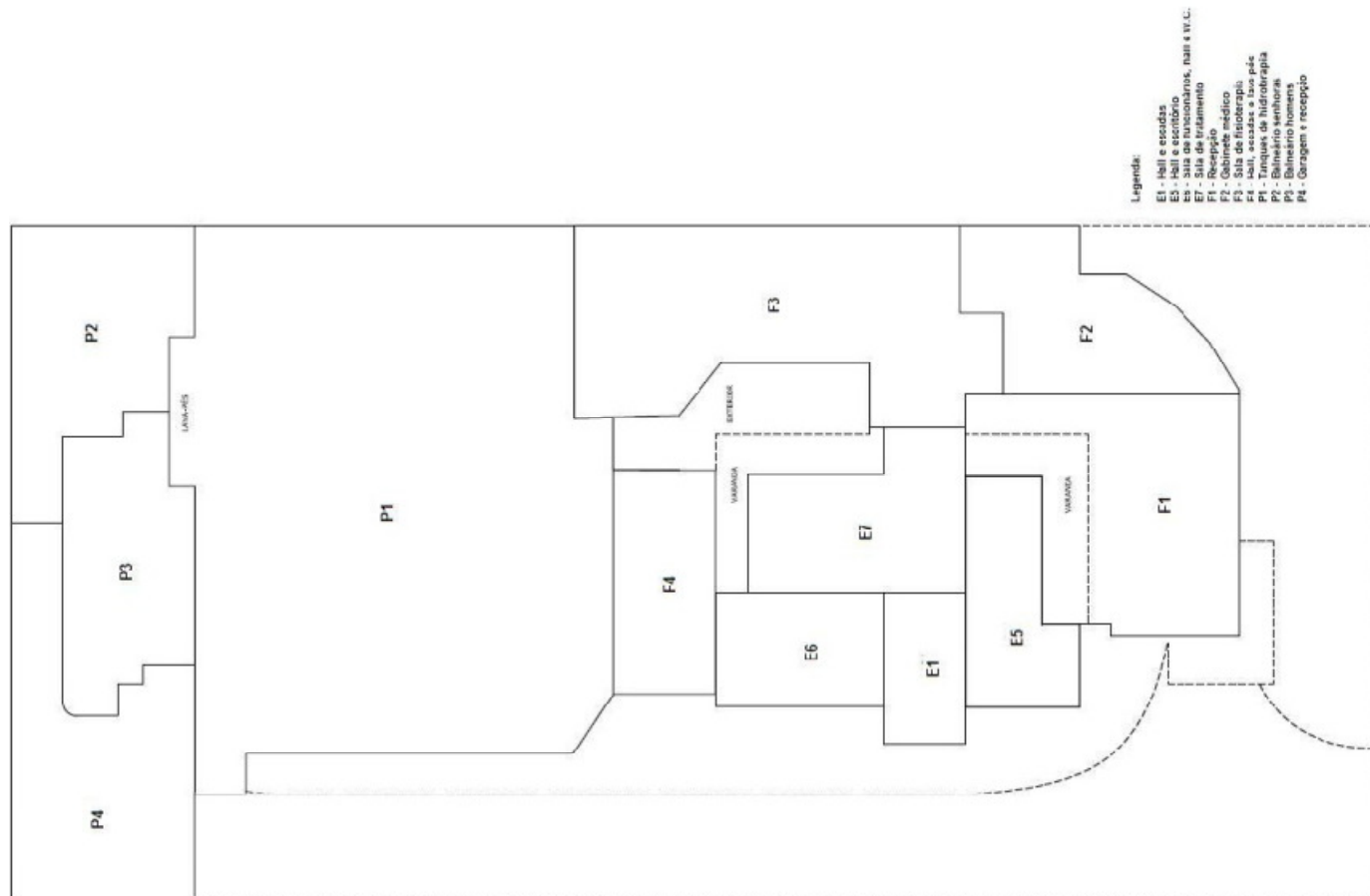


Figura 3. 11 – Identificação dos diversos espaços (zoneamento) do piso 1

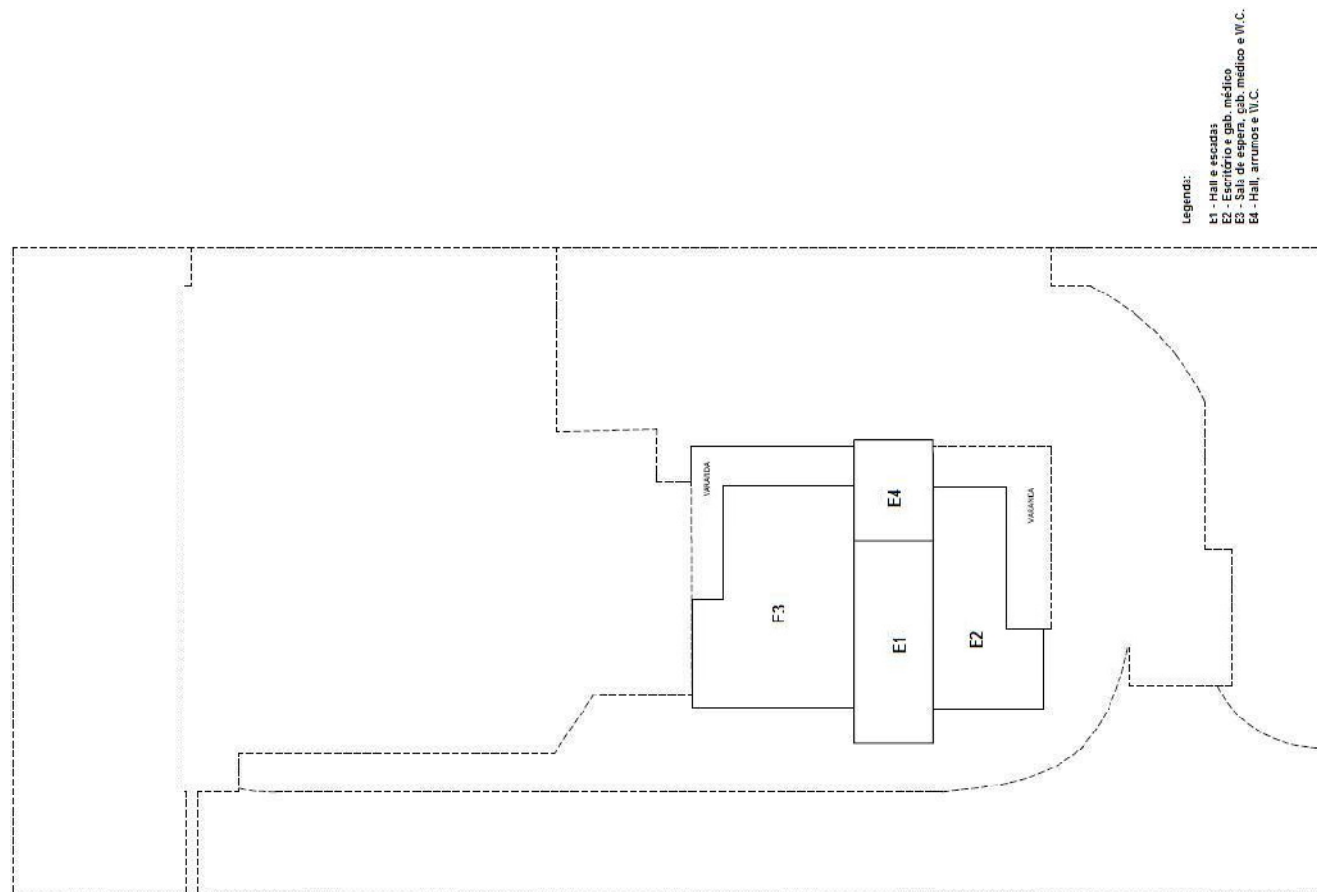


Figura 3. 12 – Identificação dos diversos espaços (zoneamento) do piso 2

O edifício é constituído por escritórios, gabinetes médicos, salas de tratamento, tanques de hidroterapia e zonas técnicas. Na tabela 3.2 identificam-se e apresentam-se as características principais de cada espaço.

Tabela 3. 2 - Caracterização dos espaços e respectivas dimensões

Zona		Área (m ²)	Pé-direito médio (m)	Climatização
E1	Hall e escadas	57,1	2,7	Radiador +1 split mural
E2	Escritórios e gabinete médico	28,6	2,7	Radiador + 2 splits mural
E3	Sala de espera, gabinete médico e W.C.	48,0	2,7	2 Radiadores
E4	Hall, arrumos e W.C.	11,8	2,7	
E5	Hall e escritórios	28,6	2,7	Radiador + 2 splits mural
E6	Sala de funcionários, hall e W.C.	26,0	2,7	Radiador
E7	Sala de tratamento	40,5	2,7	2 Radiadores +1 split mural
E8	Gabinete médico	16,4	2,6	Radiador +1 split mural
E9	Sala de tratamentos	52,7	2,6	2 Radiadores + cassete 4 vias
E10	Sala dos funcionários	26,0	2,6	Radiador
F1	Recepção	72,3	3,1	2 Radiadores
F2	Gabinete médico, W.C, telf. e arrumos	42,0	3,1	Radiador
F3	Sala de fisioterapia	94,3	3,3	6 Radiadores
F4	Hall, escadas e lava-pés	50,3	3,0	Radiador
P1	Tanques de hidroterapia	298,0	4,3	
P2	Balneário senhoras	53,3	3,0	2 Radiadores + 1 split horizontal de tecto
P3	Balneário homens	45,6	3,0	2 Radiadores + 1 split horizontal de tecto
P4	Garagem e recepção	63,9	3,0	Radiador
P5	Vestiário funcionários senhoras	52,5	3,0	
P6	Vestiário funcionários homens	53,6	3,0	
P7	Zona técnica	158,2	2,2	
P8	Circulação	95,3	3,0	
P9	Gabinete, W.C. e Zona técnica	33,9	3,0	Radiador
P10	Sala de relaxamento	41,4	3,0	2 Radiadores
P11	Ginásio	79,8	2,7	2 Radiadores

3.3 Sistema AVAC

Para o tratamento do ar ambiente dos espaços pertencentes ao corpo principal, estão instalados 8 equipamentos de climatização individual do tipo mural em diversas salas, cujas unidades exteriores, 4 ao todo e conjugadas em sistemas multi-split, estão instaladas na cobertura. Existe somente em 2 salas de fisioterapia extracção localizada de ar, sendo os restantes espaços ventilados naturalmente através dos

vãos de portas e janelas (infiltração de ar), ou seja, não existe introdução de ar novo através de ventilação forçada.

A nave das piscinas, presente no corpo intermédio, é climatizada por uma unidade de expansão directa compacta que garante o tratamento da temperatura e da humidade da nave. A unidade referida está instalada no piso inferior e recorre a uma rede de condutas para insuflação e retorno de ar da nave. Não existe qualquer tipo de admissão de ar novo neste espaço.

No que diz respeito ao AVAC do terceiro corpo, os balneários e vestiários são ventilados com recursos a meios mecânicos que garantem a extracção de ar nestes ambientes. Ainda nos balneários estão também instalados 2 sistemas mono split para climatização dos mesmos evitando assim grandes diferenciais de temperatura nas zonas de circulação.

3.4 Sistema de produção de água quente

O sistema de produção de água quente deste edifício dispõe de duas caldeiras a gás natural com uma potência unitária de 32,7 kW associadas a um depósito de 500 litros, não tendo qualquer tipo de apoio eléctrico interno. Estas caldeiras, de marca ROCA G400 com eficiência de 93%, são responsáveis pelo aquecimento das águas quentes sanitárias, da água dos tanques da piscina e do aquecimento ambiente dos espaços que dispõem de radiadores.

Na figura 3.13 e 3.14 estão as imagens das caldeiras e do depósito, respectivamente.



Figura 3. 13 – Caldeiras a gás natural



Figura 3. 14 – Depósito de acumulação de água quente sanitária

Existe ainda um termoacumulador nas águas furtadas do edifício com serpentina interna de 1500 W. Porém este termoacumulador encontra-se desactivado pelo que se assume que este sistema não consome energia eléctrica. Na figura 3.15 apresenta-se o termoacumulador desactivado localizado nas águas furtadas.



Figura 3. 15 – Termoacumulador desactivado das águas furtadas

3.5 *Sistemas de climatização*

A climatização da nave dos tanques de hidroterapia (zona P1) é assegurada através de um sistema independente. Em ambos os espaços, o controlo da temperatura e a humidade é assegurado por uma unidade compacta de desumidificação da marca MULTICLIMA - BEUTOT, com recurso a sistemas de refrigeração e apoio de bateria de água quente proveniente das caldeiras.

Não foi possível encontrar a documentação técnica destes equipamentos pelo que, de acordo com o previsto na Nota Técnica (NT SCE01), se assumiram a eficiência de arrefecimento por defeito, ou seja, $EER = 3$ (máquina frigorífica ciclo de compressão).

4. AUDITORIA QUALIDADE DO AR INTERIOR

A avaliação da qualidade do ar interior decorreu no dia 22 de Abril de 2010 onde foram avaliados os parâmetros químicos e físicos e foi feita a amostragem para a análise microbiológica de acordo com o indicado na tabela 4.1. Na tabela 4.2 são apresentados os limites máximos permitidos pelo RSECE (DL 79/2006), para cada um dos parâmetros em análise.

Tabela 4. 1 – Parâmetros em análise no edifício segundo o RSECE (DL 79/06)

Parâmetros em Análise pelo DL 79/06	
Físicos	Temperatura
	Humidade
	Partículas Respiráveis – PM10
Químicos	Dióxido de Carbono - CO ₂
	Monóxido de Carbono - CO
	Compostos Orgânicos Voláteis - COVTs
	Ozono - O ₃
	Formaldeído - HCOH
	Radão - Rn
Microbiológicos	Bactérias
	Fungos
	Legionella

Tabela 4. 2 – Parâmetros exigidos e concentrações máximas permitidas pelo RSECE (DL 79/06).

Parâmetros	Concentração máxima de referência
Partículas suspensas no ar	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1800 mg/m ³
Monóxido de Carbono	12,5 mg/m ³
Ozono	0,2 mg/m ³
Formaldeído	0,1 mg/m ³
Compostos Orgânicos Voláteis	0,6 mg/m ³
Radão	400 Bq/m ³
Microrganismos - Bactérias	500 UFC/m ³
Microrganismos - Fungos	500 UFC/m ³
Legionella	100 UFC/Litro

No caso da temperatura e da humidade relativa não existem limites impostos pelo RSECE, contudo, a *ASHARE*, apresenta normas que pretendem alcançar condições térmicas que pelo menos 80% dos ocupantes achariam aceitáveis ou confortáveis. Segundo a *ASHARE*, a temperatura normal em condições de conforto situa-se no intervalo entre os 20°C e os 25°C e no que concerne à humidade relativa situa-se no intervalo entre os 30% e os 70%.

O número mínimo de pontos de análise da QAI a medir no edifício foi calculado pela aplicação da expressão 4.1 (NT-SCE02) à área total do edifício, arredondando por excesso para a unidade:

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i} \quad (4.1)$$

em que:

N_i – Número de pontos de medida na zona i ($N_i \geq 1$)

A_i – Área da zona i (m^2)

Para a determinação do número máximo de pontos, os diferentes espaços do edifício foram agrupados em zonas de medição (as mesmas zonas consideradas para a simulação), às quais foi aplicada, individualmente a expressão 4.1.

Na tabela 4.3 apresentam-se o número mínimo e máximo de pontos de análise.

Tabela 4. 3 – Número de pontos mínimos e máximos de análise da QAI a medir no edifício

Zona		Área (m2)	Nº de Pontos QAI máximos	Nº de Pontos QAI mínimos
E1	Hall e escadas	57,1	2	6
E2	Escritórios e gabinete médico	28,6	1	
E3	Sala de espera, gabinete médico e W.C.	48	2	
E4	Hall, arrumos e W.C.	11,8	1	
E5	Hall e escritórios	28,6	1	
E6	Sala de funcionários, hall e W.C.	26	1	
E7	Sala de tratamento	40,5	1	
E8	Gabinete médico	16,4	1	
E9	Sala de tratamentos	52,7	2	
E10	Sala dos funcionários	26	1	
F1	Recepção	72,3	2	
F2	Gabinete médico	42	1	
F3	Sala de fisioterapia	94,3	2	
F4	Hall, escadas e lava-pés	50,3	2	

Zona		Área (m ²)	Nº de Pontos QAI máximos	Nº de Pontos QAI mínimos
P1	Tanques de hidroterapia	298	3	
P2	Balneário senhoras	53.3	2	
P3	Balneário homens	45.6	2	
P4	Garagem e recepção	63.9	2	
P5	Vestiário funcionários senhoras	52.5	2	
P6	Vestiário funcionários homens	53.6	2	
P7	Zona técnica	158.2		
P8	Circulação	95.3	2	
P9	Zona técnica 2	33.9		
P10	Sala de relaxamento	41.4	1	
P11	Ginásio	79.8	2	

O número de pontos de análise da QAI a medir no edifício situa-se entre os 6 e os 38, sendo estes seleccionados em função do tipo de utilização dos espaços.

Na figura 4.1 a 4.3 apresentam-se, assinalados com números, em planta esquemática do espaço, os pontos seleccionados para as medições QAI no edifício.

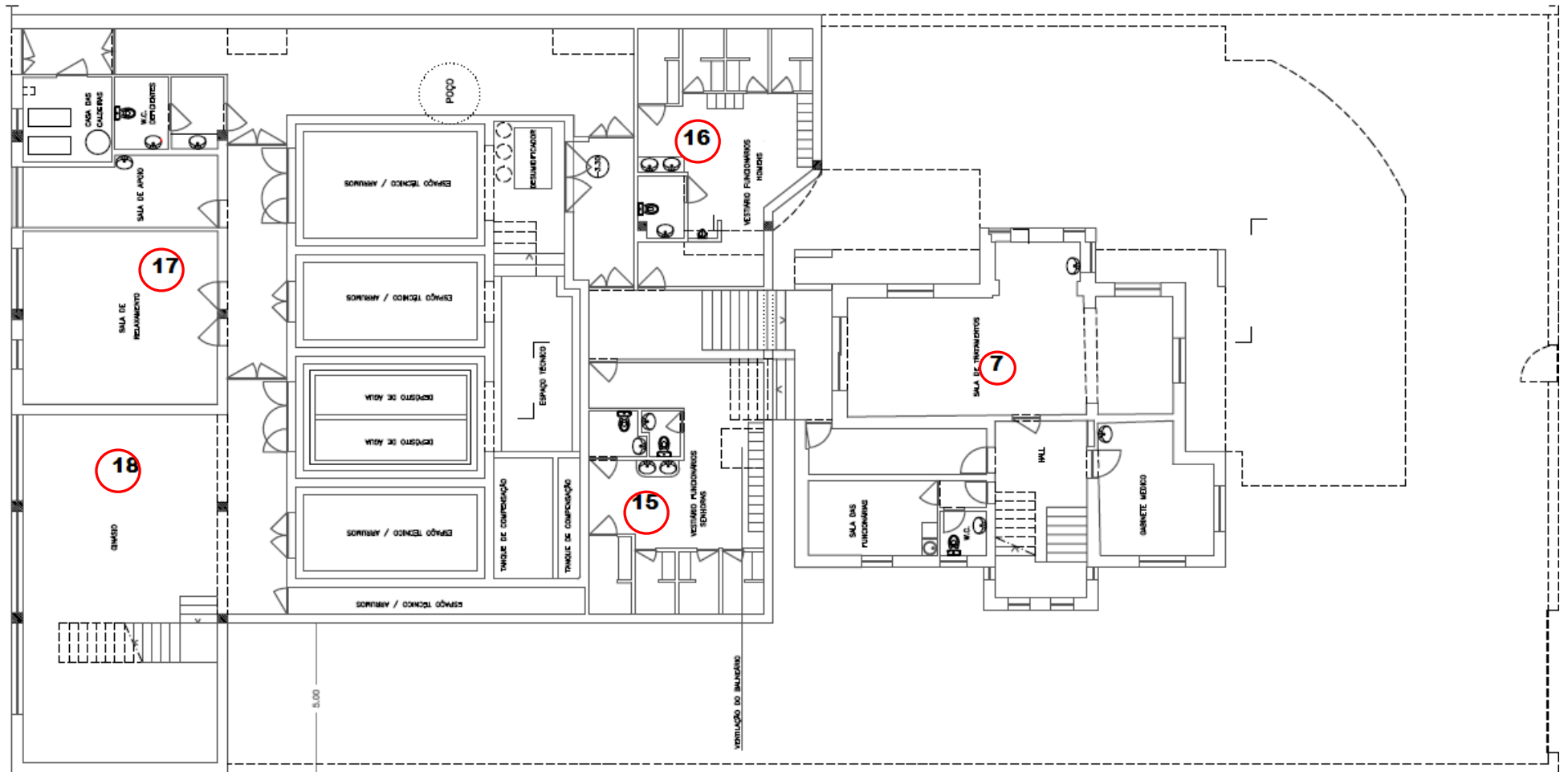


Figura 4. 1 – Planta esquemática do Piso 0 com marcação dos pontos de análise da QAI - CAVE

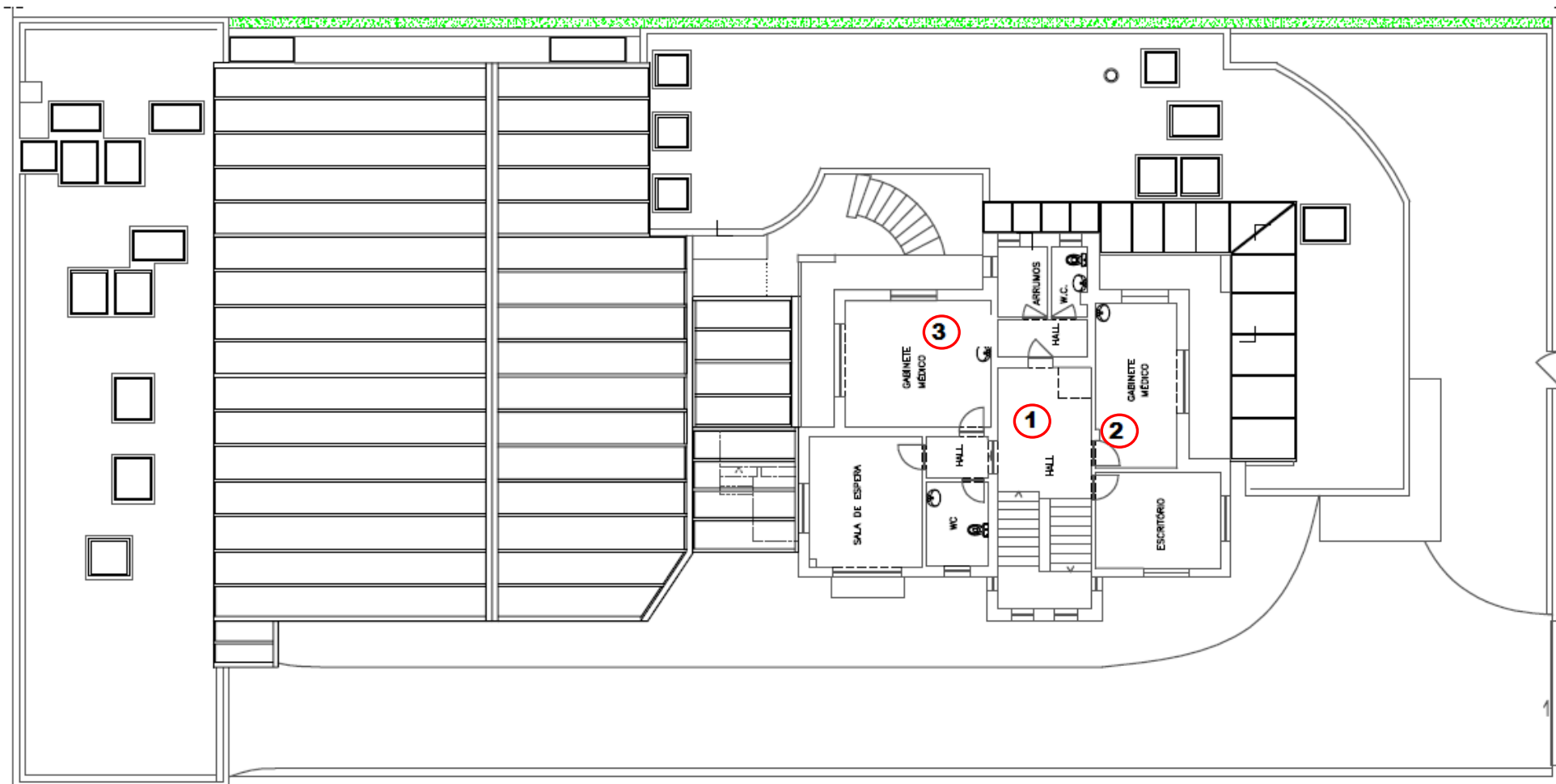


Figura 4. 3 – Planta esquemática do Piso 2 com marcação dos pontos de análise da QAI – PISO 1

Na tabela 4.4, são identificados os espaços e os respectivos pontos de medida e amostragem onde foi realizada a avaliação dos vários parâmetros objecto da avaliação QAI, com excepção da legionella e do radão que foram amostrados em pontos específicos do edifício. Cada ponto de medição compreenderá uma análise dos vários poluentes apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4. 4 – Número de pontos de amostragem e localização dos mesmos

Ponto QAI	Localização
1	Hall
2	Gabinete Médico 1
3	Gabinete Médico 2
4	Gabinete Médico 3
5	Sala de funcionários 1
6	Sala de tratamentos 1
7	Sala de tratamentos 2
8	Recepção 1
9	Gabinete Médico 4
10	Sala de Fisioterapia
11	Tanque de Hidroterapia 1
12	Tanque de Hidroterapia 2
13	Balneário dos Homens
14	Recepção 2
15	Vestiário das Senhoras
16	Vestiário dos Homens
17	Sala de Relaxamento
18	Ginásio

No caso do radão, os pontos de medida devem ser distribuídos pelos três pisos habitados de menor cota, de acordo com a expressão (4.2) e arredondando para a unidade (NTSCE02):

$$N_j = \frac{0,125 \times \sqrt{A_j}}{j^2} \quad (4.2)$$

onde:

N_j - número mínimo de pontos de medida no piso de índice j

A_j - área do piso j , em m^2

j - índice de numeração do piso, desde o piso habitado de menor cota ($j = 1$) até o máximo de $j = 3$.

Contudo, se o piso habitado de menor cota coincidir com o piso térreo, e neste não forem registados valores de concentrações acima do valor de concentração máximo de referência para o radão, não será necessário proceder a medições nos dois pisos seguintes.

Na tabela 4.5 apresenta-se o número de pontos de amostragem do radão e a respectiva localização.

Tabela 4. 5 – Medição do radão e sua localização

Parâmetro	Nº de pontos QAI	Localização
Radão	1	Vestiário das Senhoras

No que respeita à legionella, a determinação do número de terminais, N_i , a seleccionar para recolha de amostras deve ser feita através da expressão (4.3), com arredondamento para a unidade (NTSCE02):

$$N_i = 0,75 \times \sqrt{N_t} \quad (4.3)$$

N_t - número de terminais de rede na zona em apreço.

Na tabela 4.6 apresentam-se o número de pontos de amostragem da legionella e a respectiva localização.

Tabela 4. 6 – Número de pontos de amostragem para a legionella e localização dos mesmos

Parâmetro	Nº de pontos QAI	Localização
Legionella	1	Balneário dos Homens – ponto terminal
	2	Vestiário dos Homens – ponto terminal

4.1. Resultados da Auditoria QAI

Neste estudo foram analisados os parâmetros químicos: COV's, CO₂, CO, O₃, HCOH e radão; e os parâmetros físicos: temperatura, humidade relativa e partículas PM10. Foram amostrados os parâmetros microbiológicos: bactérias, fungos e legionella.

Para a medição dos COV's, CO₂,CO, O₃ e ainda da temperatura e humidade relativa foi utilizada a sonda GrayWolf_IAQ 610. Todos os parâmetros foram monitorizados durante um período de aproximadamente 10 minutos. Na figura 4.4 apresenta-se esta sonda durante a sua utilização na medição no exterior.



Figura 4. 4 – Medição no exterior da clínica

Para a medição do formaldeído foi utilizado o equipamento da marca RKI_FP40. O formaldeído foi monitorizado durante um período de aproximadamente 3 minutos por imposição do equipamento. Na figura 4.5 encontra-se uma fotografia de uma das medições de formaldeído com o equipamento RKI_FP40.



Figura 4. 5 – Fotografia da medição de formaldeído

No que respeita à análise das partículas PM10, estas, são analisadas com recurso ao equipamento MIE pDR 1500. Para esta medição as partículas foram monitorizadas durante um período de aproximadamente 10 minutos (caudal de 2 litros/min).

Na figura 4.6 encontra-se uma fotografia de uma das medições com este equipamento.



Figura 4. 6 – Fotografia de uma medição com o equipamento MIE pDR 1500

Quanto ao radão, este é medido com recurso ao equipamento RAMON 2.2. Este equipamento demora 48 horas a fazer a primeira leitura sendo que a partir desse momento o valor resultante é a média dos valores lidos durante o período de medição. Na figura 4.7 encontra-se uma fotografia do equipamento RAMON 2.2.



Figura 4. 7 – Medição com o equipamento RAMON 2.2

No que respeita aos microrganismos – bactérias e fungos – foram amostrados durante 70 segundos o que corresponde a um volume de amostra de 120L. O equipamento utilizado para a recolha de microrganismos foi o PBI – SAS IAQ. Na figura 4.8 apresenta-se uma fotografia de uma amostragem dos microrganismos.



Figura 4. 8 – Fotografias do equipamento PBI – SAS IAQ durante a amostragem de microrganismos

Os certificados de calibração dos equipamentos utilizados para a auditoria QAI encontram-se no ANEXO A.

4.1.1 Medições no Exterior

Na tabela 4.7 estão contemplados os valores medidos no exterior para os parâmetros em análise no dia de medições.

Tabela 4. 7 – Valores de concentração de alguns poluentes químicos e físicos medidos no exterior no dia 22/04/2010

Identificação do ponto	COV's [mg/m ³]	[CO ₂] [mg/m ³]	Ozono [mg/m ³]	CO [mg/m ³]	HCOH [mg/m ³]	Temperatura [°C]	Humidade [%]	PM10 [mg/m ³]
Exterior	1,77	326	0,04	0,00	0,00	19	58	0,028

Analisando os valores obtidos no exterior podemos verificar que todos os parâmetros se encontram dentro do máximo permitido pelo regulamento em ambientes exteriores, com excepção dos COV's que apresentam uma concentração muito elevada, 6 vezes superior ao máximo permitido no exterior para que se possam efectuar medições (tabela 4.2). Este valor é, no entanto compreensível uma vez que o edifício se situa à face da estrada, numa zona com muito tráfego automóvel e perto (2,7 km) de uma empresa de componentes de borracha (figura 4.9) onde estes

compostos são manuseados e libertados como resíduo gasoso para o exterior tornando esta contaminação do ar exterior inevitável.

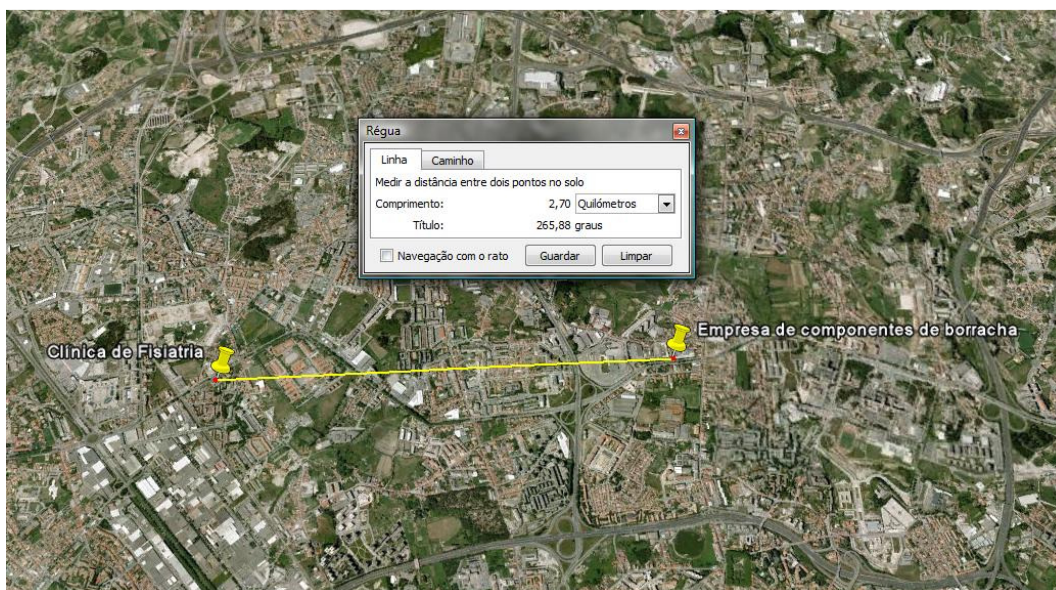


Figura 4. 9 – Distância da empresa de componentes de borracha à Clínica de fisioterapia (fonte: Google Earth)

Na tabela 4.8 estão contemplados os valores medidos no exterior para os parâmetros microbiológicos, em análise no dia de medições.

Tabela 4. 8 – Valores de concentração de alguns poluentes microbiológicos medidos no exterior no dia 22/04/2010

Identificação do ponto	Volume de Amostra (l)	Bactérias [UFC/m ³]	Fungos [UFC/m ³]
Exterior	50	60	340

Relativamente à concentração de microrganismos no exterior, pode concluir-se que a concentração de bactérias estava baixa, no entanto, a concentração de fungos era relativamente elevada.

O ar exterior é a maior fonte de contaminação de fungos, principalmente esporos, que podem eventualmente contaminar o ar interior. A concentração de fungos pode variar muito ao longo de um ano e está directamente relacionada com mudanças sazonais. Provêm essencialmente de plantas e da decomposição das mesmas.

4.1.2 Medições no Interior – Parâmetros físicos

Para medição deste três parâmetros foram utilizados dois equipamentos distintos. A Temperatura e Humidade foram medidas com a sonda GrayWolf_ IAQ 610 e as partículas através do equipamento MIE pDR 1500, como já foi referido no ponto 4.1.

Na tabela 4.9 apresentam-se os valores médios medidos no interior do edifício para os parâmetros físicos em análise – temperatura, humidade relativa e partículas respiráveis (PM10).

Tabela 4. 9 – Valores de concentração dos poluentes físicos medidos no interior no dia 22/04/2010

Ponto	Local	Temperatura [°C]	Humidade [%HR]	PM 10 [mg/m ³]
1	Hall	21,19	55,54	0,022
2	Gabinete Médico 1	21,01	56,91	0,024
3	Gabinete Médico 2	20,65	57,74	0,026
4	Gabinete Médico 3	21,80	52,22	0,015
5	Sala de funcionários 1	21,27	54,56	0,015
6	Sala de tratamentos 1	21,88	53,08	0,016
7	Sala de tratamentos 2	21,80	52,86	0,016
8	Recepção 1	21,49	52,67	0,011
9	Gabinete Médico 4	21,44	51,41	0,011
10	Sala de Fisioterapia	21,66	52,26	0,010
11	Tanque de Hidroterapia 1	24,15	46,81	0,015
12	Tanque de Hidroterapia 2	25,49	92,78	0,069
13	Balneário dos Homens	23,74	54,54	0,021
14	Recepção 2	22,68	49,45	0,017
15	Vestiário das Senhoras	22,67	51,98	0,019
16	Vestiário dos Homens	22,54	52,51	0,019
17	Sala de Relaxamento	23,28	48,39	0,016
18	Ginásio	23,85	46,67	0,014

Relativamente aos valores de PM10 concluiu-se que estes se encontram dentro do intervalo contemplado pelo regulamento, isto é, inferiores a 0,15 mg/m³.

No que respeita à temperatura, verifica-se um aumento na temperatura nas zonas situadas junto aos tanques de hidroterapia.

A sala de relaxamento e o ginásio também verificam um aumento de temperatura que pode ser justificado pela sua proximidade à zona técnica onde estão os depósitos de água de apoio à piscina, uma vez que durante o período de medições estes espaços não estavam ocupados.

Quanto à humidade, verifica-se um valor muito elevado junto ao tanque de hidroterapia 2. Nesta zona a medição foi efectuada durante um período de ocupação e os valores obtidos para temperatura e humidade foram de 25,19 °C e 92,78 %, respectivamente.

Nos restantes espaços medidos do edifício, os valores de temperatura e humidade encontram-se dentro dos valores normais de conforto, uma vez que estão compreendidos entre os 20°C e 25°C no caso da temperatura e os valores de humidade entre os 30% e 70%.

Na figura 4.10 encontra-se um gráfico com os valores de temperatura e humidades medidos nos diferentes espaços. Nesta figura encontram-se assinalados, a tracejado vermelho, os espaços junto aos tanques de hidroterapia.

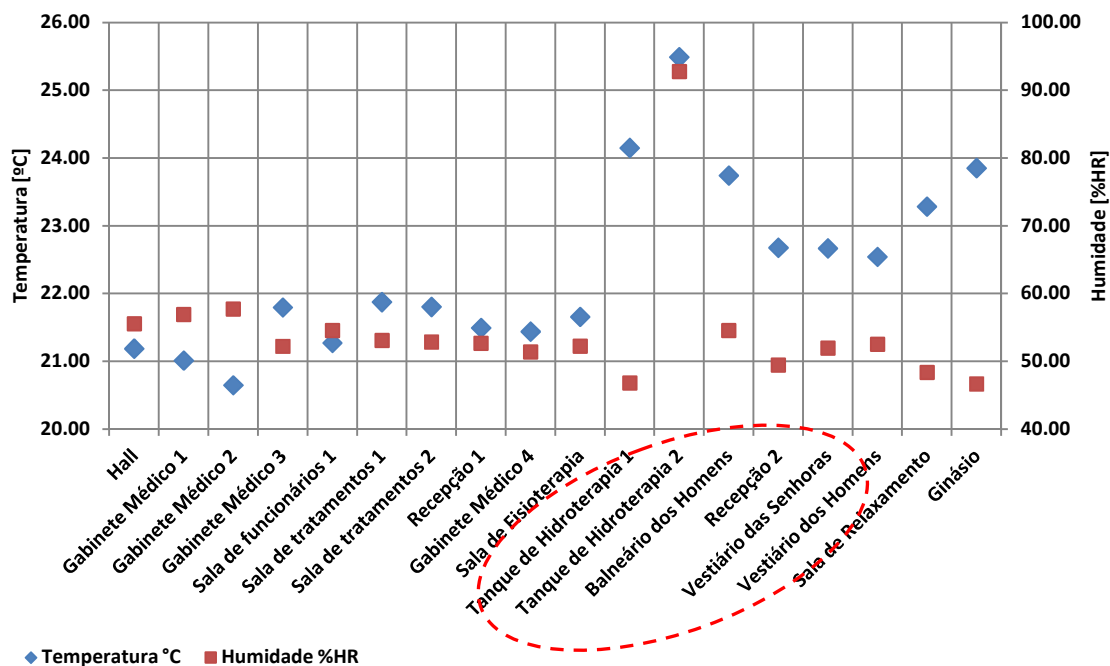


Figura 4. 10 – Temperatura e Humidade nos pontos em análise

4.1.3 Medições no Interior – Parâmetros químicos

Para a medição dos parâmetros químicos foram utilizados, como já foi referido no ponto 4.1, o equipamento RKI_FP40 para a medição do formaldeído, a sonda GrayWolf_ IAQ 610 para medição dos COV's, CO₂,CO,O₃, e o equipamento RAMON 2.2 para a medição do radão.

Dióxido de Carbono

Para os valores de dióxido de carbono serem considerados conformes, deve ser verificada a condição, traduzida pela expressão (4.4), para todos os pontos de medição deste parâmetro no edifício ou fracção autónoma (NTSCE02):

$$([CO_2]_{MedT} - [CO_2]_{Ext}) \times \frac{N_{ocup.max}}{N_{ocup}} + [CO_2]_{Ext} \leq [CO_2]_{MR} \quad (4.4)$$

em que:

[CO₂]_{MedT} - Média temporal de concentração de dióxido de carbono das medições realizadas em cada ponto de amostragem

[CO₂]_{Ext} - Média temporal de concentração de dióxido de carbono em análise medida no exterior do edifício.

[CO₂]_{MR} - Concentração máxima de referência para o dióxido de carbono segundo o DL-79/06 RSECE

Na tabela 4.10 apresentam-se os valores de dióxido de carbono para a ocupação do espaço aquando das medições e a extrapolação dos mesmos valores para a ocupação máxima dos espaços.

Tabela 4. 10 – Valores de concentração do CO₂ medido no dia 22/04/2010 e respectiva extrapolação

Ponto QAI	Localização	Ocupação real	[CO ₂] medido [mg/m ³]	Ocupação máxima	[CO ₂] extrapolado [mg/m ³]
1	Hall	3	498	4	555
2	Gabinete Médico 1	3	635	3	635
3	Gabinete Médico 2	3	611	3	611
4	Gabinete Médico 3	3	515	3	515

Ponto QAI	Localização	Ocupação real	[CO ₂] medido [mg/m ³]	Ocupação máxima	[CO ₂] extrapolado [mg/m ³]
5	Sala de funcionários 1	4	650	4	650
6	Sala de tratamentos 1	4	434	8	542
7	Sala de tratamentos 2	4	441	12	673
8	Recepção 1	5	401	6	416
9	Gabinete Médico 4	2	417	3	463
10	Sala de Fisioterapia	4	372	12	464
11	Tanque de Hidroterapia 1	2	351	10	454
12	Tanque de Hidroterapia 2	8	709	11	853
13	Balneário dos Homens	4	530	5	581
14	Recepção 2	6	408	6	408
15	Vestiário das Senhoras	4	374	5	386
16	Vestiário dos Homens	4	478	5	517
17	Sala de Relaxamento	5	367	10	408
18	Ginásio	4	353	4	353

Analisando a tabela 4.10 verifica-se que em nenhum espaço a concentração de CO₂ excede o máximo permitido pelo regulamento que é de 1800 mg/m³.

Compostos Orgânicos Voláteis

Na tabela 4.11 apresentam-se os valores medidos para os compostos orgânicos voláteis em cada um dos pontos analisados.

Tabela 4. 11 – Valores de concentração de COV's medidos no dia 22/04/2010

Ponto QAI	Localização	COVs [mg/m ³]
1	Hall	1,66
2	Gabinete Médico 1	1,74
3	Gabinete Médico 2	1,86
4	Gabinete Médico 3	1,12
5	Sala de funcionários 1	1,72
6	Sala de tratamentos 1	1,13
7	Sala de tratamentos 2	1,17
8	Recepção 1	1,03
9	Gabinete Médico 4	0,91
10	Sala de Fisioterapia	0,87
11	Tanque de Hidroterapia 1	0,67
12	Tanque de Hidroterapia 2	0,00
13	Balneário dos Homens	1,69
14	Recepção 2	1,44

Ponto QAI	Localização	COVs [mg/m ³]
15	Vestiário das Senhoras	1,23
16	Vestiário dos Homens	1,04
17	Sala de Relaxamento	0,92
18	Ginásio	0,88

Vermelho – Valor Não Regulamentar

Analisando a concentração de COV's, pode verificar-se a sua presença em todos os locais, excepto no tanque de hidroterapia 2, com concentrações muito elevadas e acima do máximo permitido pelo regulamento, no caso do 'gabinete médico 2' com valor 3 vezes superiores ao máximo estipulado no DL 79/06 que é de 0,6 mg/m³.

Estes valores não são no entanto de estranhar, uma vez que a concentração destes compostos no exterior é também muito elevada, e dado a casa não ter sistema de ventilação, o ar infiltra-se no edifício através de janelas e portas, dando origem a concentrações muito elevadas dentro dos espaços.

É de salientar que todos os edifícios contêm uma grande variedade de fontes de compostos orgânicos voláteis, tais como plásticos, cera do chão, produtos de limpeza, substâncias associadas à combustão, impressoras, fotocopiadoras, entre outros. Há, no entanto, que se arranjar soluções para diluir estas concentrações de forma a não serem prejudiciais para os ocupantes do edifício.

Monóxido de Carbono, Ozono e Formaldeído

Na tabela 4.12 apresentam-se os valores medidos nos locais em análise para os restantes poluentes químicos – ozono, monóxido de carbono e formaldeído.

Tabela 4. 12 – Valores de concentração do ozono, CO e formaldeído medidos no dia 22/04/2010

Ponto QAI	Localização	Ozono [mg/m ³]	CO [mg/m ³]	HCOH [mg/m ³]
1	Hall	0,01	0,20	0,00
2	Gabinete Médico 1	0,01	0,26	0,00
3	Gabinete Médico 2	0,02	0,20	0,00
4	Gabinete Médico 3	0,02	0,00	0,00
5	Sala de funcionários 1	0,02	0,00	0,00
6	Sala de tratamentos 1	0,02	0,00	0,00
7	Sala de tratamentos 2	0,02	0,00	0,00

Ponto QAI	Localização	Ozono [mg/m ³]	CO [mg/m ³]	HCOH [mg/m ³]
8	Recepção 1	0,03	0,00	0,00
9	Gabinete Médico 4	0,03	0,00	0,00
10	Sala de Fisioterapia	0,02	0,00	0,00
11	Tanque de Hidroterapia 1	0,04	0,33	0,00
12	Tanque de Hidroterapia 2	0,06	2,99	0,00
13	Balneário dos Homens	0,01	0,40	0,00
14	Recepção 2	0,03	0,21	0,00
15	Vestiário das Senhoras	0,01	0,00	0,00
16	Vestiário dos Homens	0,01	0,00	0,00
17	Sala de Relaxamento	0,02	0,00	0,00
18	Ginásio	0,02	0,00	0,00

Relativamente ao O_3 pode verificar-se que em todos os espaços sob análise este valor era relativamente baixo. Em todos os pontos a concentração do ozono é inferior ao máximo permitido pelo DL 79/06 (tabela 4.2).

O CO está presente em alguns locais, mas apenas em concentrações residuais. Em todos os pontos a concentração do monóxido de carbono é inferior ao máximo permitido pelo DL 79/06 (tabela 4.2).

No que respeita ao formaldeído, este parâmetro é zero em todos os espaços.

Radão

A medição do radão foi efectuada por método passivo, isto é, o equipamento permaneceu no local durante 7 dias, sendo o radão adsorvido por este, caso se encontre presente no espaço.

A análise foi efectuada no piso inferior do edifício no vestiário das senhoras e obteve-se uma concentração de radão de 52 Bq/m³, valor muito inferior ao máximo permitido pelo regulamento (400 Bq/m³).

4.1.4 Medições no Interior – Parâmetros Microbiológicos

Antes do processo de recolha dos microrganismos, houve uma preparação laboratorial prévia das placas de recolha das bactérias e dos fungos. O meio de cultura

utilizado para a recolha das bactérias foi o Plate Count Agar (PCA) e para os fungos o Malt Extract Agar (MEA).

Após colheita dos microrganismos passa-se ao processo de incubação segundo a Nota Técnica (NTSCE02):

Temperaturas e tempos de incubação:

- 1) Bactérias com origem em seres humanos: 35 – 37 °C durante 48 h
- 2) Fungos: 25 – 27 °C num período de 3 a 10 dias

Para determinação das unidades formadoras de colónia por m³ de ar é necessária uma extrapolação do volume de amostra de ar recolhida. Para isso, é também necessário entrar com o erro do equipamento.

Assim, o número de unidades formadoras de colónia por m³ de ar é calculado pela seguinte expressão:

$$X = \frac{P_R \times 1000}{V(L)} \text{ (UFC/m}^3\text{)} \quad (4.1)$$

onde:

V – Volume de amostragem (L)

Pr – Contagem provável (número mais provável de microrganismos em UFC/m³)

X – Número de unidades formadoras de colónia por 1000 L

Bactérias

No que respeita às bactérias, este parâmetro encontra-se abaixo do limite máximo imposto pelo regulamento (500 UFC/m³) em todos os espaços sob estudo, como se pode verificar tabela 4.13. No entanto, segundo a Nota Técnica (NT-SCE-02) é ainda condição específica de não conformidade, a verificação de uma concentração de bactérias no interior superior à concentração de bactérias no exterior em mais do que 300 UFC/m³, nas situações em que a concentração do parâmetro CO₂ verifica no interior a conformidade legal. Assim, têm-se três espaços no interior onde este critério não é cumprido, ou seja, onde a concentração ultrapassa as 360 UFC/m³ – Gabinete Médico 2, Tanque de hidroterapia 2 e Balneário dos Homens, estando estes espaços em não conformidade.

Tabela 4. 13 – Resultados obtidos a partir da contagem nas caixas de Petri para as bactérias

Ponto QAI	Localização	[Bactérias] [UFC/Placa]	Factor de Correção [UFC/Placa]	[Bactérias] [UFC/m ³]
1	Hall	36	39	325
2	Gabinete Médico 1	32	34	283
3	Gabinete Médico 2	42	46	383
4	Gabinete Médico 3	28	30	250
5	Sala de funcionários 1	19	20	167
6	Sala de tratamentos 1	20	21	175
7	Sala de tratamentos 2	21	22	183
8	Recepção 1	32	34	283
9	Gabinete Médico 4	20	21	175
10	Sala de Fisioterapia	11	11	92
11	Tanque de Hidroterapia 1	18	19	158
12	Tanque de Hidroterapia 2	41	45	375
13	Balneário dos Homens	48	54	450
14	Recepção 2	14	14	117
15	Vestiário das Senhoras	30	32	267
16	Vestiário dos Homens	28	30	250
17	Sala de Relaxamento	19	20	167
18	Ginásio	12	12	100

Vermelho – Valor Não Regulamentar

O factor de correção é um dado de calibração do equipamento de medição

No que respeita as bactérias, a concentração excede o valor regulamentar em espaços com temperatura elevada e elevados níveis de ocupação humana. A contaminação por bactérias deve-se, essencialmente à falta de ventilação permanente dos espaços relacionados e à presença de ocupantes.

Com efeito, as fontes mais comuns de bactérias no interior dos edifícios incluem o ar exterior e a ocupação humana, sendo esta última responsável, em média, por concentrações de bactérias na ordem dos 300 UFC/m³. Assim, nos casos em que a concentração de bactérias no interior é superior em mais do que 300 UFC/m³ à do exterior, então há indício da presença de uma fonte adicional de contaminação interior que deve ser investigada. Para controlo desta situação recomenda-se uma limpeza e desinfecção exaustiva do interior dos espaços.

Fungos

Analisando a tabela 4.13 pode verificar-se que a concentração de fungos é superior ao máximo permitido pelo regulamento, 500 UFC/m³, em seis espaços – Gabinete Médico 2, Sala de funcionários, Vestiário das Senhoras, Vestiário dos Homens, Sala de Relaxamento e Ginásio.

No entanto, segundo a Nota Técnica (NT-SCE-02), no caso dos fungos é ainda condição específica de não-conformidade a existência de crescimento visível de fungos em qualquer superfície, e uma concentração de fungos no interior superior à detectada no exterior. Assim, temos mais dois espaços – Gabinete Médico 1 e Balneário dos Homens, em não conformidade, por apresentarem uma concentração no interior superior à verificada no exterior (tabela 4.8).

Tabela 4. 14 – Resultados obtidos a partir da contagem nas caixas de Petri para os fungos

Ponto QAI	Localização	[Fungos] [UFC/Placa]	Factor de Correção [UFC/Placa]	[Fungos] [UFC/m ³]
1	Hall	33	36	300
2	Gabinete Médico 1	38	42	350
3	Gabinete Médico 2	57	66	550
4	Gabinete Médico 3	36	39	325
5	Sala de funcionários 1	53	60	500
6	Sala de tratamentos 1	26	28	233
7	Sala de tratamentos 2	26	28	233
8	Recepção 1	18	19	158
9	Gabinete Médico 4	18	19	158
10	Sala de Fisioterapia	19	20	167
11	Tanque de Hidroterapia 1	16	17	142
12	Tanque de Hidroterapia 2	18	19	158
13	Balneário dos Homens	52	59	492
14	Recepção 2	35	38	317
15	Vestiário das Senhoras	88	112	933
16	Vestiário dos Homens	74	90	750
17	Sala de Relaxamento	54	62	517
18	Ginásio	57	66	550

Vermelho – Valor Não Regulamentar

O factor de correcção é um dado de calibração do equipamento de medição

Analisando a tabela 4.14 pode ainda verificar-se que nos pontos situados junto dos tanques de hidroterapia (vestiário das senhoras e vestiário dos homens) e onde a

temperatura e humidade são, naturalmente, mais elevadas a concentração de fungos é muito mais elevada que nos restantes espaços.

De notar que o crescimento de fungos se dá, normalmente, entre os 22 e os 27 °C e a uma humidade entre os 50% e os 70%, condições verificadas nos espaços que rodeiam os tanques de hidroterapia.

Pode concluir-se também que existem fontes de fungos no interior destes espaços que estão a contaminar o ar ambiente, como se pode verificar na figura 4.11, onde se apresenta um exemplo de humidade por infiltração proveniente dos tanques de compensação dos tanques de hidroterapia, que podem facilmente levar ao aparecimento de fungos.



Figura 4. 11 – Problemas de humidade por infiltração no Vestiário das Senhoras

As elevadas concentrações de fungos detectadas em alguns dos espaços devem-se a contaminação interior, esta situação só se resolverá com uma limpeza e desinfecção exaustiva do interior dos espaços e remoção de todas as fontes de contaminação aí existentes. Uma vez que um dos requisitos regulamentares indica que a concentração no interior não pode ser superior à exterior, como o valor medido no exterior é de 340 UFC/m³, todos os valores que estejam acima deste têm de ser revistos.

Legionella

A recolha da *Legionella* é feita através da recolha de 1 litro de água para uma garrafa de plástico devidamente esterilizada e selada em plástico.

A legionella foi amostrada, em dois pontos terminais situados no balneário dos homens e no vestiário dos homens.

Não foi feita colheita directamente no termoacumulador que serve os espaços, uma vez que este não possuía válvula de despejo.

Na figura 4.12 encontra-se o relatório de ensaio do laboratório onde consta que não foi detectada a presença da legionella nos pontos sob estudo.


RELATÓRIO DE ENSAIO			
 100422026 20689		Exmo(a) Sr. (a) GreenWatt, Lda. Rua Eng.º Frederico Ulrich, n.º 2650 4470-605 - Maia Maia	
Tipo de Amostra: Água de consumo humano Especificação: Água quente sanitária Local de Amostragem: Bain. H 2 Informação adicional: - Requisição N.º: 1010id.22abr10.n1	Amostragem por: Cliente Data da Amostragem: 22-Abril-2010 --- Data de Recepção: 22-Abril-2010 15:00 Data de Início de Ensaio: 22-Abril-2010 Emissão do Relatório: 03-Maio-2010 17:43		
MICROBIOLOGIA			
	Método	Resultado	Decreto-Lei n.º 79/ 2006 concentração de referência
<i>Legionella sp.</i>	ISO 11731-2:2004	0 ufc/ 1000 mL	100 ufc/ L
DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE DOS ENSAIOS DE MICROBIOLOGIA			
Os resultados obtidos cumprem com os requisitos do Decreto-Lei n.º 79/ 2006.			

Figura 4. 12 – Relatório de ensaio do laboratório para a análise da legionella

4.1.5 Melhorias propostas para correcção da QAI

Os compostos orgânicos voláteis excedem, na maioria das zonas, os valores regulamentares e também na concentração medida no exterior (1,77 mg/m³). Verifica-se que existe uma forte contaminação do ar interior pelo ar exterior sendo esta a razão pela qual os valores dos compostos orgânicos voláteis são tão elevados. É portanto fundamental que se implemente um sistema de ventilação forçada e se faça um tratamento do ar, através de filtragem adequada, antes de este ser introduzido nos espaços úteis.

No entanto, e antes de se optar por medidas de ventilação mecânica permanente, a NT-SCE02 prevê que, nos casos em que os COVs excedem o valor limite regulamentar (0,6 mg/m³) se efectue uma análise detalhada dos compostos

presentes e, caso não se detecte a presença de substâncias cancerígenas, o edifício será considerado conforme. Assim sendo, recomenda-se que seja efectuada uma análise tendo em vista a identificação e quantificação individual dos COVs.

Quanto aos fungos e às bactérias verifica-se que existe uma contaminação interior, uma vez que o ar exterior apresenta valores reduzidos. Para corrigir estes parâmetros é necessário promover a insuflação de ar novo no interior dos espaços ocupados em permanência e proceder à limpeza efectiva de todos os espaços e superfícies com remoção de fontes de contaminação prováveis (plantas, focos de bolores nas paredes, entre outros).

5. AUDITORIA ENERGÉTICA

No decorrer das visitas efectuadas ao edifício nos dias 18 a 24 de Junho de 2010 foram executados, fundamentalmente, dois tipos de trabalhos:

- 1) Levantamento de toda a informação disponível relativa a combustíveis utilizados, iluminação instalada e outros equipamentos consumidores de energia.
- 2) Medição de consumos eléctricos em diferentes quadros do edifício.

Foram também medidas, de uma forma contínua, com recurso a termohigrometros, a temperatura e humidade de diversos pontos interiores e de um ponto no exterior, a fim de perceber a influência dos diferentes cenários climáticos quer nos consumos energéticos, quer nas condições de funcionamento do edifício.

Na clínica de fisioterapia os consumos energéticos destinam-se, fundamentalmente, ao aquecimento da água dos tanques de hidroterapia e de AQS.

Existe ainda consumo associado à iluminação, grupos de bombagem e outros equipamentos (computadores, impressoras, etc...).

2.1 Iluminação

Na tabela 5.1 apresentam-se as potências de iluminação para cada zona do edifício (tabela 3.2). No edifício existem cerca de 2,8 kW de iluminação interior instalada, à qual se afectou ainda uma perda de acordo com o tipo de luminária. A potência da iluminação, afectada pela sua perda associada, designou-se de potência real.

Tabela 5. 1 – Descrição do tipo de iluminação e potência instalada, por zona do interior do edifício

Zona	Nº de lâmpadas	Tipo de lâmpada	Potência Instalada (W)	Potência Real (W)	Potência Total (W)
E1	7	Fluorescente compacta	20	22	154
	1	Fluorescente tubular	10	18	18
E2	2	Fluorescente compacta	20	22	44
E3	8	Fluorescente compacta	20	22	176
E4	2	Incandescente	40	44	88
	1	Fluorescente compacta	20	22	22
E5	4	Fluorescente compacta	20	22	88
	1	Incandescente	40	44	44
E6	1	Fluorescente compacta	20	22	22
	3	Incandescente	40	44	132

Zona	Nº de lâmpadas	Tipo de lâmpada	Potência Instalada (W)	Potência Real (W)	Potência Total (W)
E7	6	Fluorescente compacta	20	22	132
E8	3	Fluorescente compacta	20	22	66
E9	7	Fluorescente compacta	20	22	154
	1	Fluorescente tubular	10	18	18
E10	2	Incandescente	40	44	88
F1	6	Fluorescente compacta	20	22	132
F2	1	Fluorescente compacta	21	23,1	23,1
	5	Fluorescente compacta	20	22	110
F3	2	Fluorescente compacta	21	23,1	46,2
	10	Fluorescente compacta	20	22	220
F4	1	Fluorescente compacta	21	23,1	23,1
P1	5	Fluorescente compacta	20	22	110
P2	8	Fluorescente compacta	20	22	176
P3	7	Fluorescente compacta	20	22	154
P4	9	Fluorescente compacta	20	22	198
	3	Fluorescente tubular	10	18	54
P5	1	Fluorescente compacta	21	23,1	23,1
	5	Fluorescente compacta	20	22	110
P6	5	Fluorescente compacta	21	23,1	115,5
P7	1	Fluorescente tubular	58	56	56
P8	10	Fluorescente compacta	20	22	220
P9	2	Fluorescente compacta	20	22	44
P10	4	Fluorescente compacta	20	22	88
P11	6	Fluorescente compacta	20	22	132

Na figura 5.1 apresentam-se alguns exemplos do tipo de lâmpadas presentes no edifício.



Figura 5. 1 – Exemplos de iluminação encontrada no edifício

A iluminação tem um perfil de utilização semelhante em todos os dias do ano. Estimando o consumo energético que está associado à iluminação, através da realização de um levantamento exaustivo de todos os equipamentos consumidores de

energia destinados a iluminar os diferentes espaços, e conjugando-os com a informação de utilização obtida junto dos responsáveis do edifício, obteve-se o perfil presente na figura 5.2.

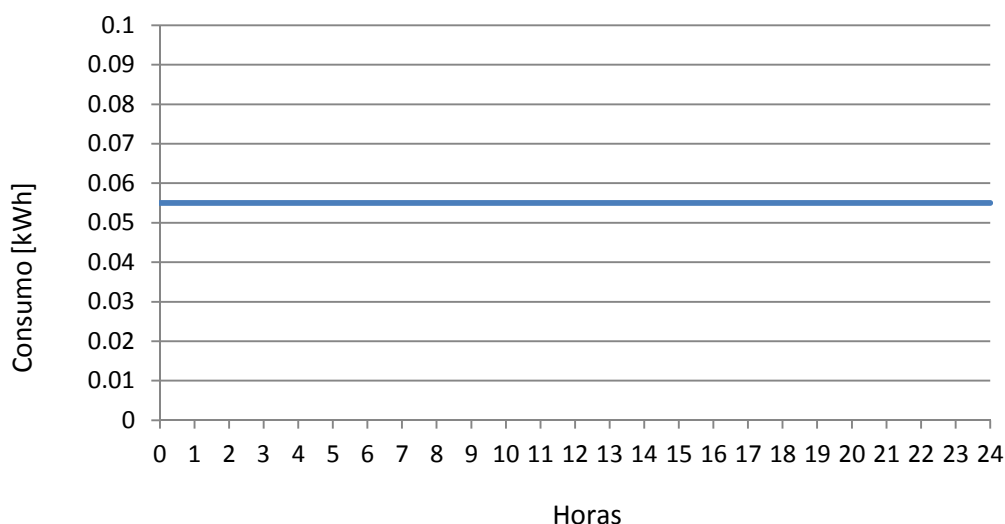


Figura 5. 2 – Consumo horário estimado para a iluminação diária

Ao contrário do que seria de esperar, não há nenhum aumento de consumo energético nem no início do período laboral da clínica, nem ao final da tarde. Este facto deve-se à boa iluminação natural do edifício, pelo que a iluminação artificial praticamente só é accionada quando a iluminação natural é muito escassa. O valor do consumo constante presente neste gráfico deve-se à iluminação de emergência que permanece sempre ligada.

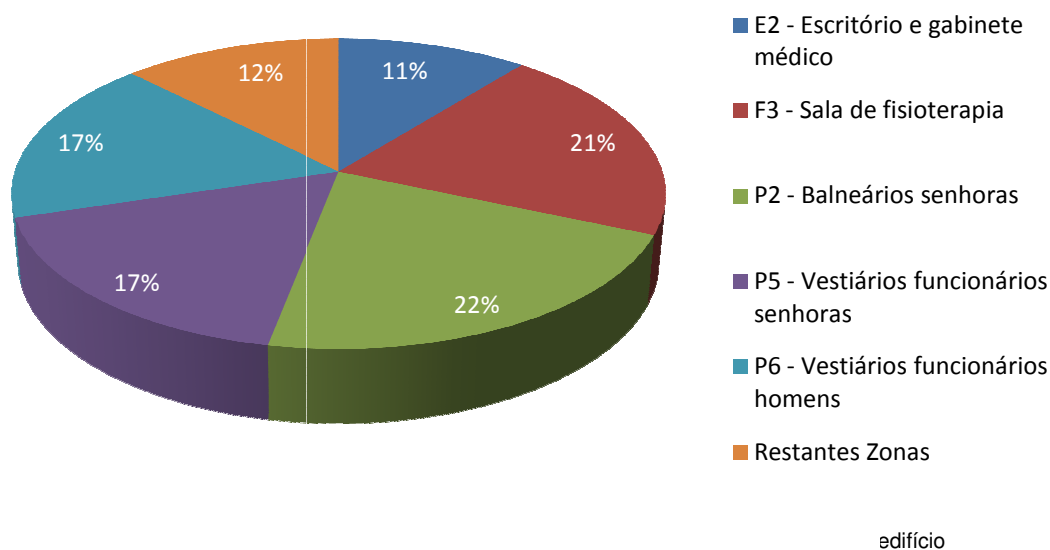
5.2 Equipamentos

Fez-se o levantamento de todos os equipamentos presentes no edifício que possam influenciar o consumo de energia e procurou-se avaliar a sua potência nominal bem como o seu perfil de utilização. Na tabela 5.2 está presente o levantamento destes equipamentos assim como a potência estimada associada aos equipamentos.

Tabela 5. 2 – Descrição dos equipamentos presentes em cada zona e potência estimada associada

Zona	Descrição dos equipamentos	Potência [W]
E2	1 computador fixo	230
	1 impressora	700
	1 fax	700
	1 tv	70
	1 vídeo	50
E3	1 computador fixo	230
E8	1 tv pequena	70
	3 ventoinhas	150
E10	Frigorífico	250
F1	1 computador fixo	230
F2	1 computador portátil	150
F3	2 secadores	1400
	1 computador portátil	150
	Equipamentos terapêuticos	300
	Banho-maria	1500
P2	5 secadores	3500
P3	1 secador	700
P4	1 aparelhagem	100
	1 câmara videovigilância	35
P5	4 secadores	2800
P6	4 secadores	2800
P11	1 aparelhagem	100

Estimou-se que, em todo o espaço existam cerca de 16,2 kW de equipamento (potência nominal) dos quais 22 % se encontram na zona P2 (balneário das senhoras), 21 % se encontram na zona F3 (sala de fisioterapia), 17% nas zonas P5 e P6 (balneário dos funcionários senhoras e homens), 11% na zona E2 (escritório e gabinete médico) e os restantes 13 % estão distribuídos por outras zonas do edifício, como se pode verificar na figura 5.3.



5.3 Vectores de energia

O edifício utiliza duas fontes de energia distintas:

- Electricidade – Uso geral, incluindo iluminação, desumidificação das naves da piscina, grupos de bombagem, ventiladores e restantes equipamentos.
- Gás natural – Para abastecimento de caldeiras de aquecimento de AQS e água dos tanques da piscina.

5.3.1 Medições de consumos eléctricos

No edifício em análise, o Quadro Geral alimenta todos os restantes quadros eléctricos.

Durante o período de auditoria, foi quantificada a energia consumida no quadro geral do edifício e, simultaneamente, nos quadros eléctricos cujos consumos foram considerados relevantes, nomeadamente, quadro do desumidificador, quadro das bombas e quadro AVAC (figura 5.4).



Figura 5. 4 – Esquema de medições eléctricas efectuadas

No entanto, existe sempre uma parcela que não é possível desagregar e que é atribuída ao consumo dos equipamentos eléctricos existentes no edifício. Este consumo está representado na figura 5.4 com o nome de “outros quadros”.

Na figura 5.5 podemos ver os medidores de energia colocados em quadros eléctricos, a fim de se quantificar a energia consumida em cada um dos quadros analisados.



Figura 5. 5 – Medidores de energia colocados em medição nos quadros eléctricos

Em seguida, apresentam-se sob a forma de gráfico os resultados das medições realizadas.

Na figura 5.6 apresenta-se a evolução do consumo eléctrico do quadro geral no período de auditoria.

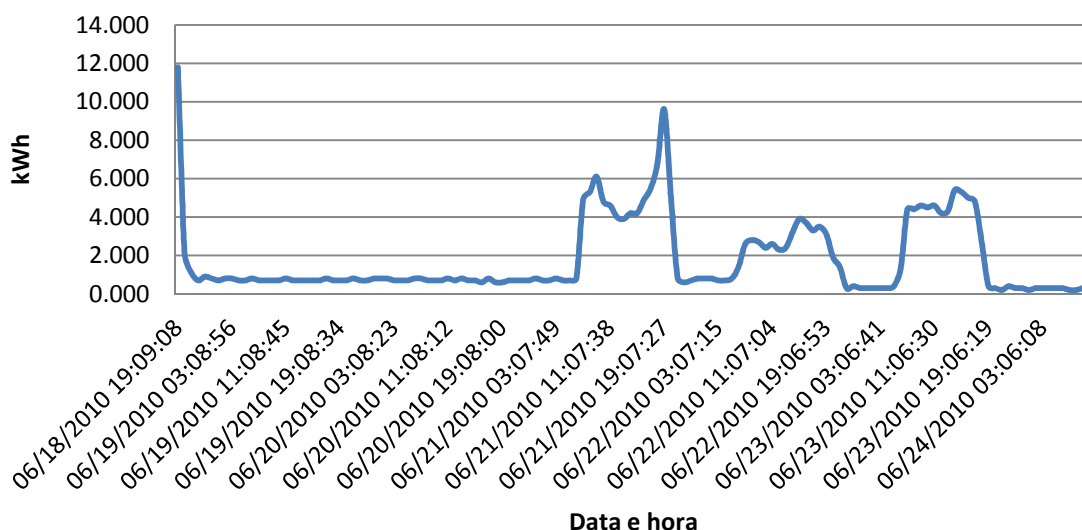


Figura 5. 6 – Evolução do consumo eléctrico em kWh do quadro geral de 18-06-2010 a 24-06-2010

A evolução do consumo eléctrico do quadro geral não é constante. No dia 19 e 20 de Junho, o consumo energético foi praticamente nulo pois ao fim-de-semana o edifício encontra-se fechado. Nos restantes dias, o consumo também não é constante muito por causa do grupo de bombas de água ser desligado durante a noite, mas também porque o sistema AVAC não é ligado com um perfil constante.

Na figura 5.7 apresenta-se a evolução do consumo eléctrico do desumidificador no período de auditoria.

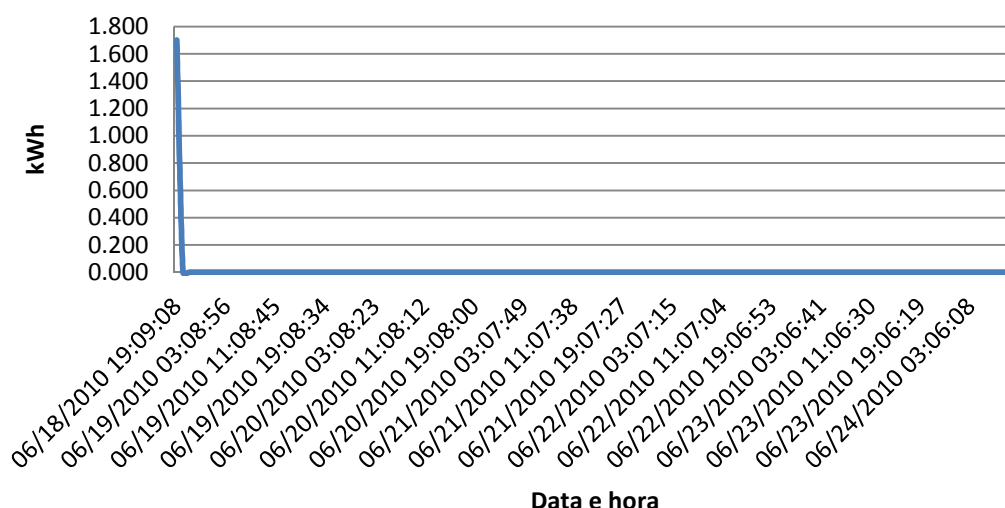


Figura 5. 7 – Evolução do consumo eléctrico em kWh do desumidificador de 18-06-2010 a 24-06-2010

Neste gráfico verifica-se que os consumos do desumidificador são nulos quer ao fim-de-semana quer durante a semana. Questionando os responsáveis do edifício sobre esta situação, conclui-se que no período do Verão este equipamento se encontra desligado e encontrou-se desligado também durante o período da auditoria. Para a ventilação da zona dos tanques de hidroterapia (zona P1) os responsáveis referiram que nestes períodos de maior calor apenas abrem as janelas para o exterior fazendo assim uma ventilação natural desta zona.

Na figura 5.8 apresenta-se a evolução do consumo eléctrico das bombas no período de auditoria.

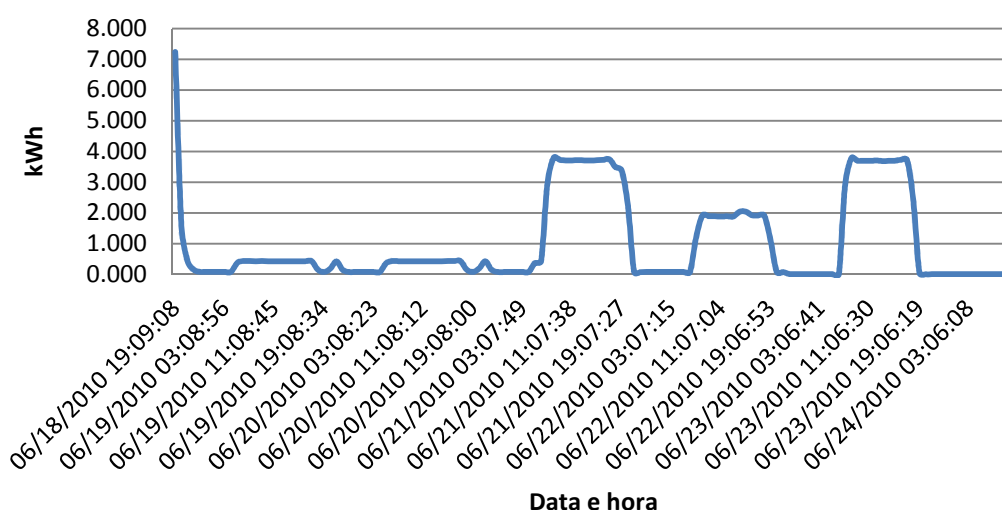


Figura 5. 8 – Evolução do consumo eléctrico em kWh das bombas de 18-06-2010 a 24-06-2010

As bombas de água, tal como os restantes equipamentos, encontram-se desligados ao fim-de-semana. Durante o período da semana, estas estão a funcionar durante todo o período de funcionamento da clínica.

Na figura 5.9 está representada a evolução dos consumos eléctricos do quadro AVAC onde se pode verificar que não existe um perfil de utilização constante.

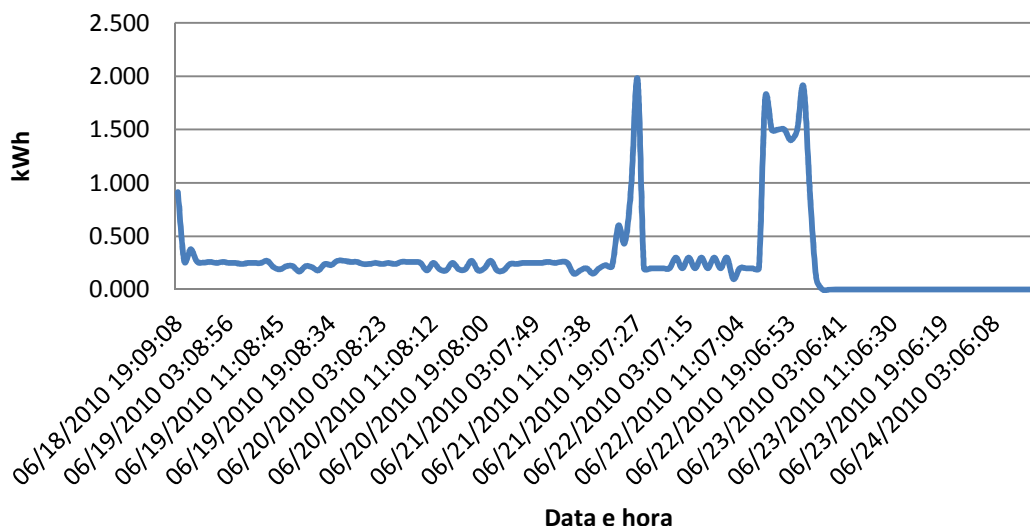


Figura 5. 9 – Evolução do consumo eléctrico em kWh do quadro AVAC de 18-06-2010 a 24-06-2010

Com os dados recolhidos podemos afirmar que não existe um comportamento padrão em relação ao consumo do desumidificador assim como o consumo dos equipamentos de AVAC. Por conseguinte não é possível construir um dia tipo a partir dos dados para representar o seu perfil de consumo.

Denota-se também, que há uma redução de consumo nos dias 19 e 20 de Junho. Este facto é justificado pela diminuição da actividade uma vez que este estabelecimento se encontra encerrado aos fins-de-semana.

Na figura 5.10 apresenta-se um gráfico com a evolução de todos os consumos eléctricos do edifício.

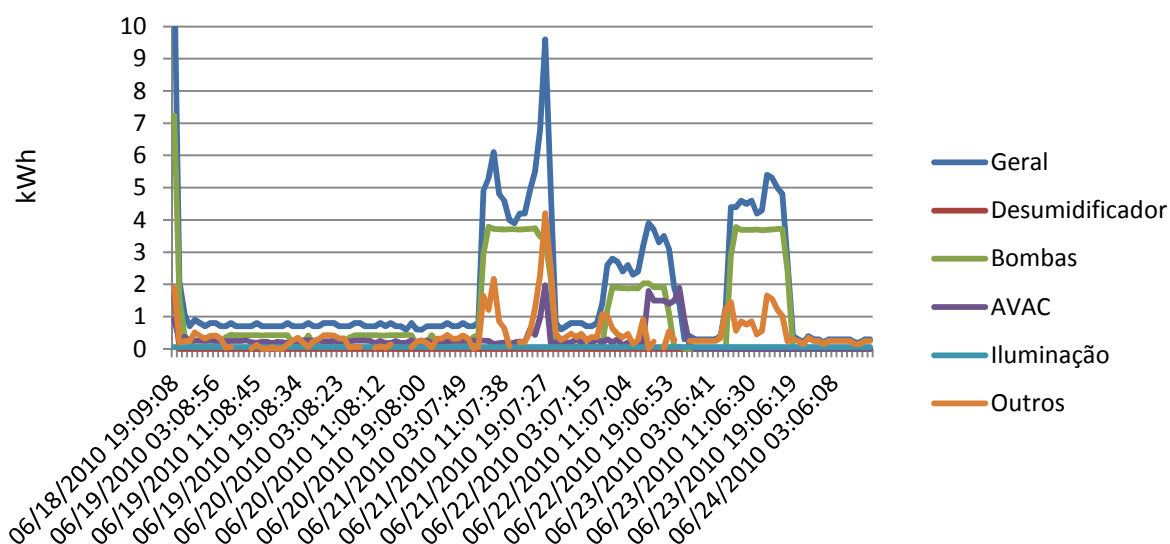


Figura 5. 10 – Evolução dos consumos eléctricos do edifício de 18 de Junho a 24 de Junho de 2010

Na figura 5.10 consegue perceber-se facilmente a influência de cada elemento desagregado dos consumos eléctricos. No dia 19 e 20, período de fim-de-semana, não existe um consumo relevante de nenhum dos consumidores desagregados, pois a clínica não se encontra em funcionamento durante este período. Já no dia 21, consegue perceber-se o início do período laboral com o início de funcionamento da clínica pelo aumento do consumo das Bombas e, como também nos restantes dias, esporadicamente o consumo de AVAC e de Outros equipamentos. Neste mesmo dia, há um aumento substancial no consumo do quadro geral ao final da tarde derivado também ao aumento substancial quer do AVAC, quer de outros equipamentos. Por volta das 20h consegue identificar-se o término do período laboral da clínica, onde os consumos diminuem drasticamente ficando só um valor residual.

Nos restantes dias da auditoria há um comportamento semelhante ao dia 21, ou seja, o consumo do quadro Geral é influenciado principalmente pelo consumo das Bombas de água da piscina e esporadicamente com o consumo de AVAC e de Outros equipamentos.

5.3.2 Medições de consumos de gás natural

Para a análise do consumo de gás foram utilizadas as leituras de gás no contador efectuadas por um funcionário da clínica durante o mesmo período da auditoria aos consumos eléctricos, de 18-06-2010 a 24-06-2010. Estas leituras e consumos apresentam-se na tabela 5.3.

Tabela 5. 3 – Consumo de gás no período da auditoria

Dia	Hora da leitura	Leitura de gás (m ³)	Consumo de gás (m ³)
18-06-2010	16h	91229.38	-
21-06-2010	7h30	91253.9	24.52
21-06-2010	16h	91265.84	11.94
22-06-2010	7h30	91273.27	7.43
23-06-2010	7h30	91281.4	8.13
23-06-2010	16h	91294.4	13.00
24-06-2010	-	91298.75	4.35
Consumo total (m ³)			69,37
Energia equivalente (kWh)			728,39

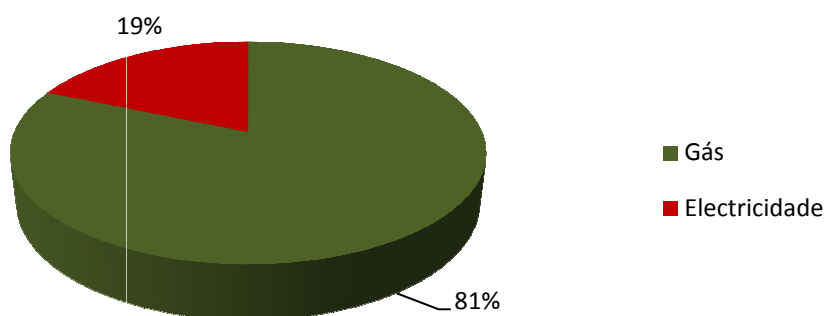
Para a conversão do volume de gás para energia equivalente foi utilizado o factor de 10,5 kWh/ m³.

O consumo total de gás em energia equivalente durante o período de auditoria foi de 728,39 kWh.

5.3.3 Desagregação de Consumos da Auditoria Energética

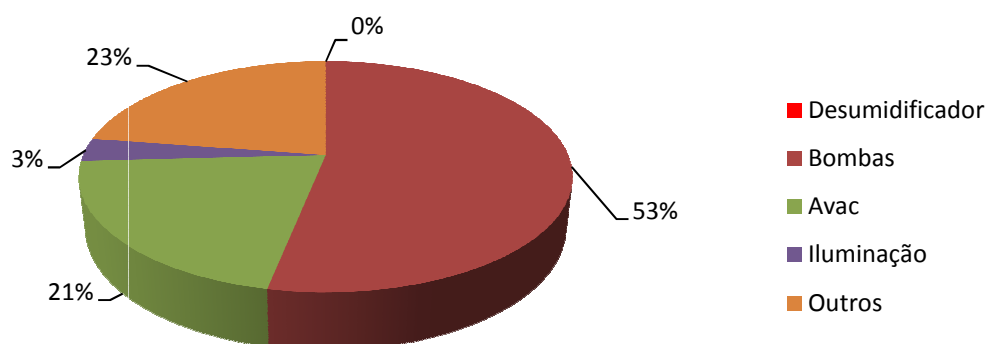
Na figura 5.11 apresenta-se a desagregação dos consumos energéticos representado pelos vectores energéticos utilizadas no edifício, nomeadamente gás e electricidade.

Esta desagregação é conseguida através da comparação dos consumos durante o período de auditoria de electricidade (156,52 kWh) e de gás natural (728,39 kWh) convertidos na mesma unidade de energia.



O principal consumo de energia do edifício advém do consumo de gás das caldeiras com 81% dos consumos energéticos em comparação com os 19% da electricidade.

Na figura 5.12 consta a desagregação do consumo de energia eléctrica, onde se pode verificar a fracção de cada um dos equipamentos no consumo deste tipo de energia.



Junho de 2010

Os maiores consumidores de energia eléctrica, durante o período de auditoria, são as bombas de água e os equipamentos eléctricos (outros), com 53% e 23%, respectivamente. Também o sistema AVAC tem um peso considerável no consumo eléctrico, com 21% deste. A iluminação representa apenas 3% do consumo eléctrico, o que se deve a uma boa iluminação natural. O desumidificador, como já foi referido, encontrou-se desligado durante o período de auditoria, o facto que justifica os 0% representados na figura 5.12.

5.4 Facturas de energia

Na figura 5.13 apresenta-se o consumo real de electricidade do edifício de Janeiro de 2009 a Dezembro de 2009, baseada nas facturas de electricidade fornecidas. Para os meses em que a factura de electricidade está conjunta, a energia consumida considerada foi repartida, através da média, dos meses em questão. São estes meses Fevereiro/Março, Maio/Junho/Julho, Agosto/Setembro/Outubro e ainda Novembro/Dezembro.

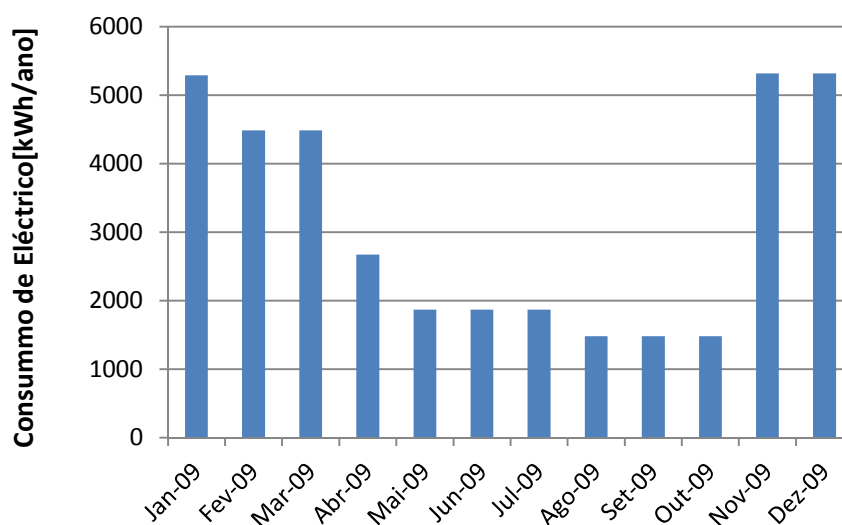


Figura 5. 13 – Consumo mensal de energia eléctrica no edifício (2009)

Na figura 5.14 estão representados os consumos de gás natural da clínica para no ano 2009.

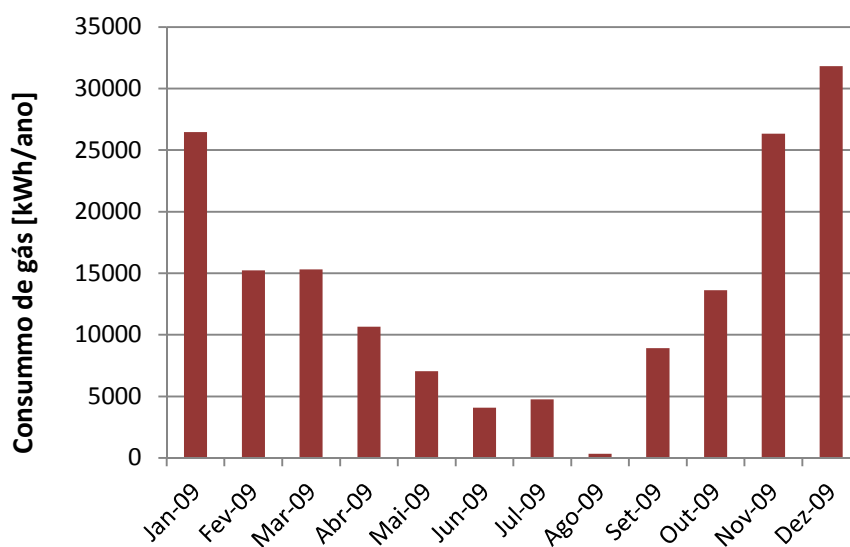


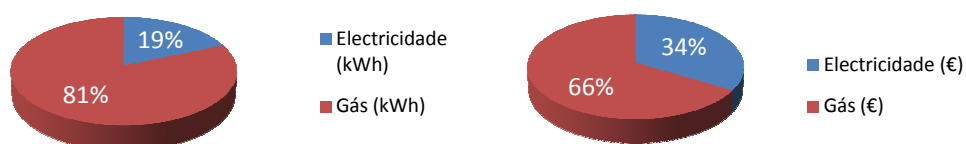
Figura 5. 14 – Consumo mensal de gás natural no edifício (2009)

Observando os gráficos anteriores verifica-se que existe uma diminuição do consumo energético nos meses de Verão, resultantes não só do encerramento no mês de Agosto mas também devido às necessidades energéticas do edifício serem menores. Durante estes meses de maior calor, como já foi referido, os responsáveis do edifício mantêm o desumidificador desligado, o que também se reflecte na factura

energética. O consumo médio anual de electricidade foi de cerca de 37633 kWh/ano, que se reflectiu no pagamento anual na ordem dos 4835 €.

No que respeita ao gás natural utilizado para aquecimento da água da piscina e de AQS, com base nas facturas de energia, estimou-se que o consumo médio anual seja de 164554 kWh/ano com custos associados a rondar os 9545 €.

Na figura 5.15 estão representados, sobre a forma gráfica, os consumos e os custos da electricidade e do gás natural.



O gás natural é inquestionavelmente o maior consumidor deste edifício, contudo, comparando a energia consumida pelo edifício neste vector energético com o seu custo, verifica-se uma diminuição percentual, uma vez que o gás natural é menos dispendioso do que a electricidade.

5.5 Monitorização da temperatura

Durante o período de auditoria foram colocados, em alguns espaços do edifício, equipamentos (termohigrometros) que permitem monitorizar a temperatura e a humidade relativa. Estes equipamentos foram colocados em 4 zonas no interior do edifício e um outro no exterior.

Na figura 5.16 estão representadas as leituras das temperaturas para as diferentes zonas onde os termohigrometros foram colocados.

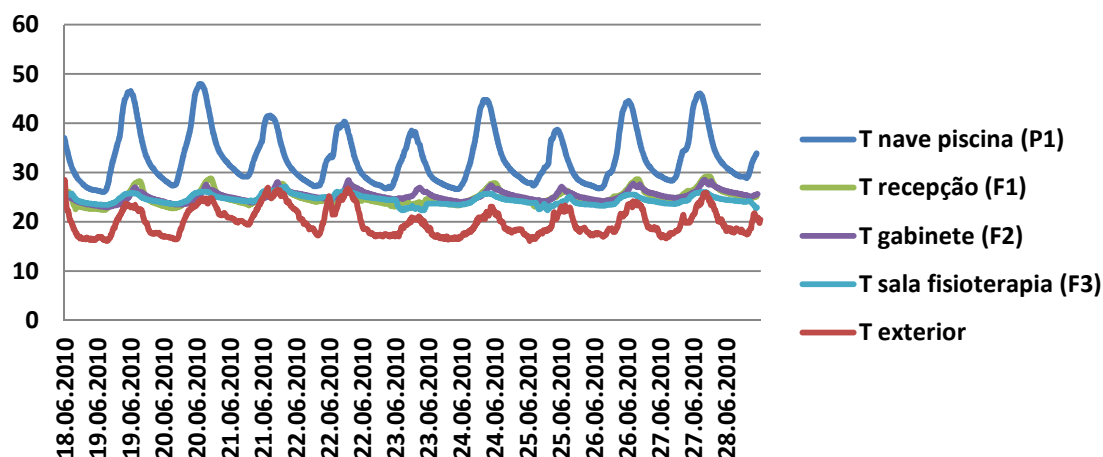


Figura 5. 16 – Evolução das temperaturas no exterior e no interior do edifício

Como seria de esperar, a zona cuja temperatura é mais elevada é a da zona P1, onde estão localizados os tanques de hidroterapia. A temperatura desta zona é cíclica, pois, durante o dia, é sempre mais elevada do que no período nocturno onde os equipamentos se encontram desligados.

Dos dados recolhidos pelo termohigrometro instalado no gabinete (F2), foi possível concluir que a temperatura interior deste espaço climatizado através de um split se mantém estável e sempre entre 23°C e 27°C, o que justifica na realidade que o sistema de climatização deveria ser utilizado com mais frequência, uma vez que a temperatura normal de conforto se situa entre os 20°C e os 25°C. O mesmo acontece na zona da recepção (F1) que se encontra com temperaturas no intervalo entre os 22 e os 28,5°C, contudo, neste caso, é justificado com o facto deste espaço não ser climatizado. A sala de fisioterapia foi a única zona monitorizada que se manteve no intervalo de temperaturas normais de conforto.

Os valores de humidade relativa medidos, com recurso aos termohigrometros, encontram-se na figura 5.17.

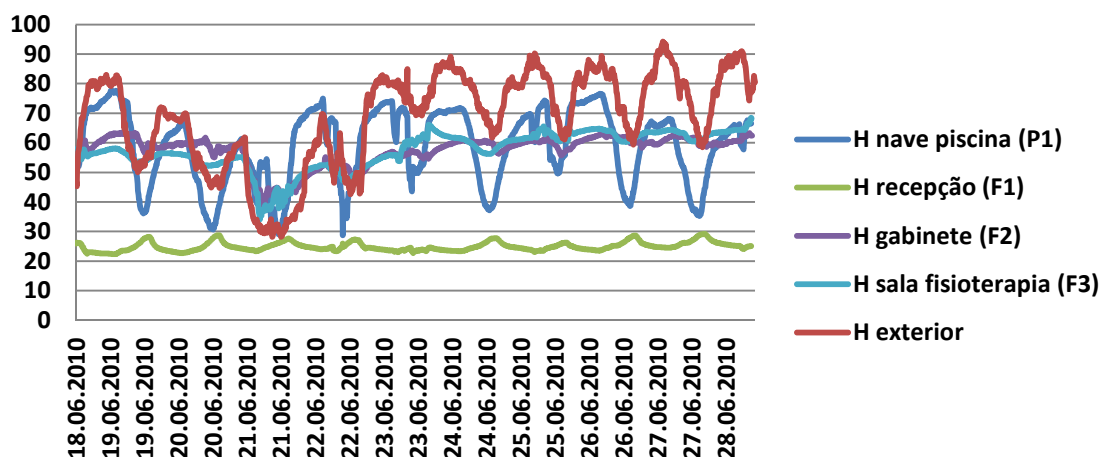


Figura 5. 17 – Evolução da humidade relativa no exterior e no interior do edifício

No que respeita os níveis de humidade relativa, estes oscilam bastante. Na nave da piscina, a humidade relativa atinge valores entre os 30% e os 80 %,valor máximo muito elevado mas justificado devido presentes neste espaço. Na zona da recepção a humidade relativa encontra-se em intervalos muito baixos, entre os 21% e os 30%, uma vez que em condições normais de conforto estes valores deveriam estar no intervalo entre os 30% e os 70%. Na semana durante a qual decorreu a auditoria, ocorreu alguma precipitação, o que se relaciona com o valor mais elevado de humidade relativa do exterior.

Da monitorização da temperatura e da humidade relativa, pode concluir-se que em alguns espaços não há controlo destes parâmetros, ou então, este controlo não está a ser realizado com eficiência. Para melhor controlo das condições normais de conforto, os responsáveis deste edifício deveriam recorrer mais ao sistema AVAC que têm implementado, nomeadamente os splits e o desumidificador.

6. SIMULAÇÃO DINÂMICA

A simulação dinâmica é um método de análise do desempenho energético que permite avaliar, de uma forma quantitativa, os consumos potenciais de energia do edifício e dos seus sistemas para determinadas condições de utilização e funcionamento dos mesmos. Com a simulação dinâmica podemos determinar também aspectos como as necessidades de aquecimento e arrefecimento de um edifício, os ganhos internos provenientes da sua utilização e dos elementos exteriores, as perdas pela envolvente, a desagregação dos consumos a diferentes níveis, por utilização, por espaço ou por tipo de combustível, entre outros. Constitui, por isso, uma importante ferramenta para ensaio de diferentes soluções de projecto e de alternativas na operação e gestão do funcionamento de edifícios.

No caso da simulação dinâmica detalhada, o cálculo processa-se de uma forma dinâmica e em regime não estacionário, geralmente numa base horária, ou em intervalos de tempo menores, para um período de um ano, seguindo um modelo característico de entrada de dados, cálculo de resultados parcelares e globais, que inclui:

- 1) Descrição do edifício: envolvente, espaços e sua utilização, resultando no cálculo da respectiva carga térmica;
- 2) Descrição dos sistemas de climatização e seu controlo, resultando na análise da carga térmica efectivamente satisfeita pelos sistemas;
- 3) Descrição da central térmica, resultando na obtenção do consumo de energia final;
- 4) Parâmetros económicos que suportam a análise de viabilidade económica.

Os modelos de simulação detalhada, embora sigam esta sequência, podem ter vários níveis de retroacção, de forma a aumentar o rigor dos cálculos de energia realmente consumida. Por exemplo, a carga térmica é habitualmente calculada com uma determinada temperatura interior, mas se as temperaturas de regulação de aquecimento e de arrefecimento forem diferentes, ou se os sistemas não conseguirem suportar a carga térmica existente, haverá lugar a correcção da temperatura interior, o que, por sua vez, resulta em diferentes necessidades energéticas.

No âmbito do RSECE, a simulação serve principalmente para determinar o IEE (Indicador de Eficiência Energética). É também uma ferramenta útil para o estudo de potenciais medidas de melhoria.

O programa utilizado para fazer a simulação do edifício foi o TRNSYS (Transient System Simulation Program). Este programa foi desenvolvido para simular

o comportamento transiente de sistemas energéticos com base num conjunto de módulos (subrotinas em linguagem FORTRAN), onde estão descritos os modelos de cada componente. É especialmente direccionado para a simulação e análise de sistemas permitindo fazer diagnósticos energéticos de sistemas e edifícios, e é um dos softwares aprovados pelo SCE.

6.1 TRNSYS - Transient System Simulation Program

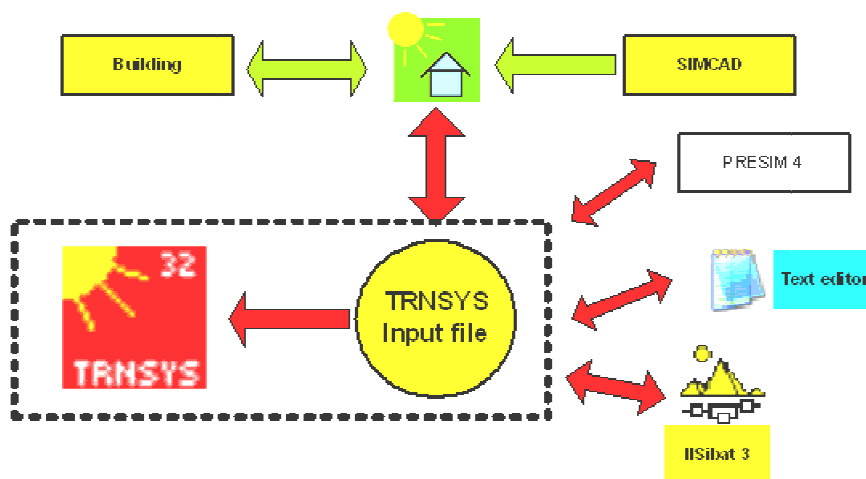
O TRNSYS (Solar Energy Laboratory, Wisconsin – Madison, 2000) é um programa de simulação dinâmica que proporciona grande flexibilidade para as mais variadas aplicações de engenharia. Trata-se de um programa de estrutura modular adequado à análise de sistemas cujo comportamento seja dependente do tempo. É um programa especialmente concebido para a simulação de sistemas solares activos e simulação térmica de edifícios. O TRNSYS é um conjunto de subrotinas, designadas por types, com um conjunto de entradas e saídas - inputs e outputs - cuja inclusão na rotina principal depende do sistema a analisar. Este comportamento modular permite que o utilizador adicione, ao código do programa, modelos matemáticos e reduz a complexidade da simulação, sendo esta uma das maiores vantagens deste software.

Todo o código fonte encontra-se compilado numa livraria de ligação dinâmica (DLL) que é chamada quando o programa é executado. Todos os novos types (módulos) criados pelo utilizador têm de ser incorporados na DLL, através de um simples compilador FORTRAN.

No TRNSYS um sistema é tratado como um grupo de componentes interligados para executar uma determinada tarefa. O comportamento desse sistema será afectado pelos parâmetros e outputs de cada componente que serão os inputs do componente seguinte em cada intervalo de tempo. Na versão de instalação, existe uma gama alargada de componentes, que geralmente se encontram nos sistemas termo-energéticos. O TRNSYS disponibiliza componentes que permitem a utilização de inputs dependentes do tempo, como por exemplo, os dados climáticos.

Na figura 6.1 apresenta-se um diagrama de interligação entre o TRNSYS e um conjunto de ferramentas e aplicações disponíveis, das quais se destacam:

- IISibat ou PRESIM – Interfaces gráficas para a construção de sistemas;
- PREBID – Interface gráfica para introduzir a informação relativa aos edifícios;
- TRNSED – Ferramenta para partilhar simulações com não utilizadores do TRNSYS;
- SIMCAD – Envolve CAD compatível com AUTOCAD para edifícios, com o objectivo de facilitar a introdução da geometria do edifício.



O ficheiro de entrada do TRNSYS é em código ASCII (figura 6.2) e, no início, era escrito manualmente, dando origem a linhas infindáveis de comandos que descrevem os *types* e suas interligações. As interfaces gráficas, nomeadamente o IISibat, são uma das vantagens evidentes do TRNSYS, uma vez que evita a necessidade de escrever um ficheiro com a descrição de cada componente do sistema (figura 6.3).

```

*****
ASSIGN "C:\trnsys15\Projectos\SIMULACAO FALCAO COUTINHO\Real\REAL_2.LST" 6
*****
*** Control cards
*****
* START, STOP and STEP
CONSTANTS 3
START=1
STOP=8760
STEP=1
*SIMULATION Start time End time Time step
SIMULATION START STOP STEP

* User defined CONSTANTS

* Integration Convergence
TOLERANCES 0.001 0.001
* Max iterations Max warnings Trace limit
LIMITS 30 30 30
* TRNSYS numerical integration solver method
DFQ 1
* TRNSYS output file width, number of characters
WIDTH 80
* NOLIST statement
LIST
* MAP statement
MAP
* Solver statement
SOLVER 0

*****
*** Units
*****

```

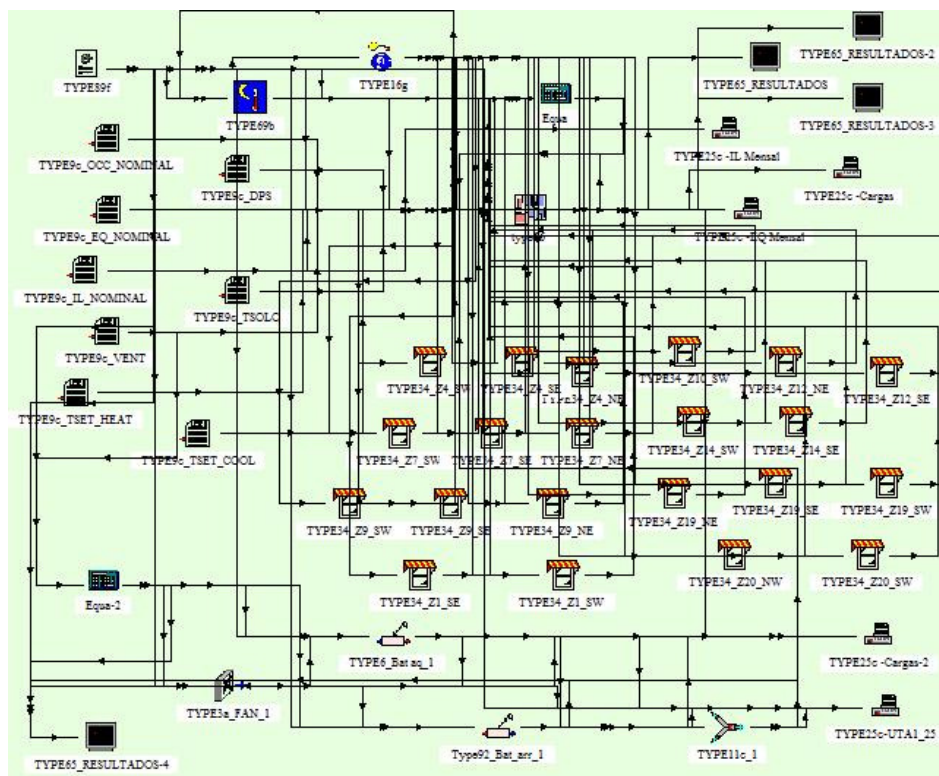
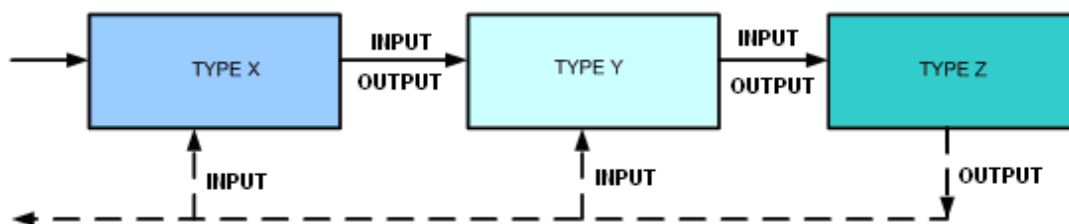
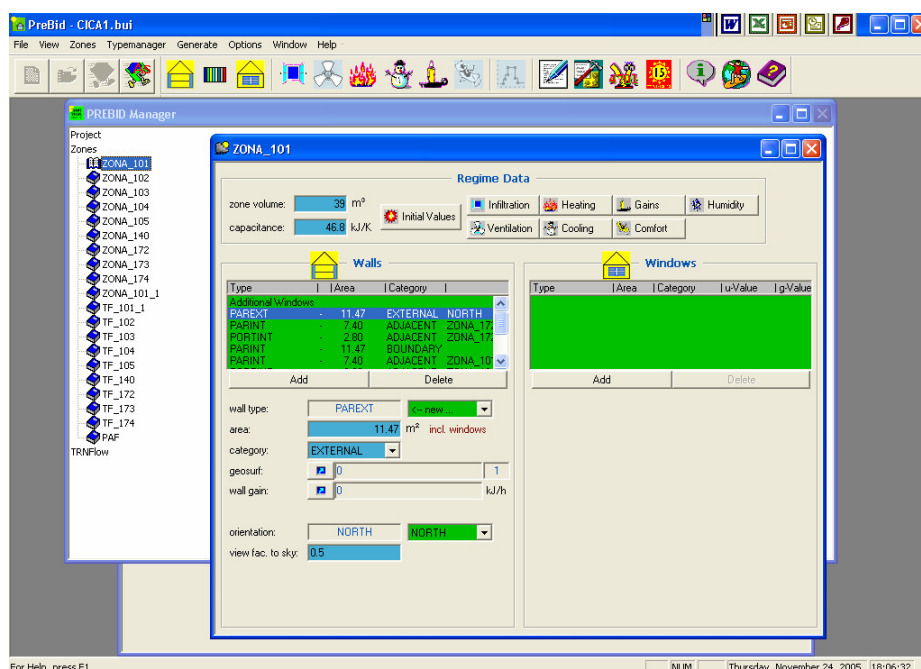


Figura 6. 3 – TRNSYS – Interface gráfica - IISibat

No TRNSYS, os edifícios são tratados como se de outro componente de um sistema se tratasse, contrariamente aos outros componentes dos edifícios. O modelo mais complexo para a definição de um edifício é o Type 56, um modelo multi-zona, que lê um ficheiro com as características do edifício pré processadas. Para a sua definição é necessária a utilização de uma ferramenta específica – PREBID1. Nesta aplicação, o utilizador caracteriza o edifício, especificando as zonas térmicas e introduz os dados relativos a cada uma: perfis de ocupação, ganhos internos e sistemas aí existentes (figura 6.4). Através do PREBID, o utilizador tem acesso às bases de dados dos elementos da envolvente, respectivos materiais, janelas, etc.



A inclusão de estratégias de controlo para os diferentes sistemas é conseguida através da utilização de controladores, sendo possível criar dependência entre as diferentes variáveis de interacção. Existem três tipos de tipos de controlo previamente definidos na versão base do TRNSYS:

- 1) Controlador diferencial ON/OFF que permite o controlo directo de variáveis como a temperatura, caudais massicos, entre outros;
- 2) Termostato de três estágios, especialmente direccionado para o controlo de aquecimento e arrefecimento simultâneo;
- 3) Controlador de Microprocessador, que combina cinco comparadores diferenciais e que permite a simulação de certos tipos de programadores/controladores existentes no mercado. Este sistema comporta-se como um autómato que pode ser, simplesmente, pré-programado.

A base do TRNSYS é simples de compreender e tem grandes vantagens: flexibilidade, modularidade, código aberto e uma base de dados com uma gama alargada de componentes. Tem, no entanto, algumas desvantagens, das quais se destacam a complexidade para os novos utilizadores, a identificação dos erros do modelo que é pouco clara e o facto de se tratar de um software comercial e portanto com encargos significativos.

6.2 Modelo de Simulação

O modelo de simulação dinâmica consiste na execução do “molde” do edifício através do recurso aos programas já referidos e, com a sua validação, será utilizado no cálculo dos índices de eficiência energética reais e nominais.

O modelo de simulação torna-se único para cada edifício, uma vez que, todos os edifícios têm características e utilizações diferentes.

Para efectuar a simulação dinâmica do edifício, como já foi referido, este foi dividido em zonas virtuais que mais não são do que a junção das zonas físicas do edifício em função da sua exposição solar, tipo de utilização e sistemas de climatização associados (figura 3.10 à figura 3.12).

Na execução do modelo de simulação, que será a base da Classificação Energética do edifício procedeu-se a um conjunto de levantamentos de informação no edifício, nomeadamente:

- 1) Características da envolvente opaca e envidraçada
- 2) Equipamentos de iluminação e respectiva potência (já apresentado no capítulo 5.1)
- 3) Taxas de ocupação
- 4) Horários de funcionamento do edifício e perfis de utilização da iluminação (capítulo 3.1 e figura 5.4, respectivamente)
- 5) Características dos equipamentos de ventilação e climatização

Na figura 6.6 encontra-se a interface do IISibat para a modelação da simulação da clínica.

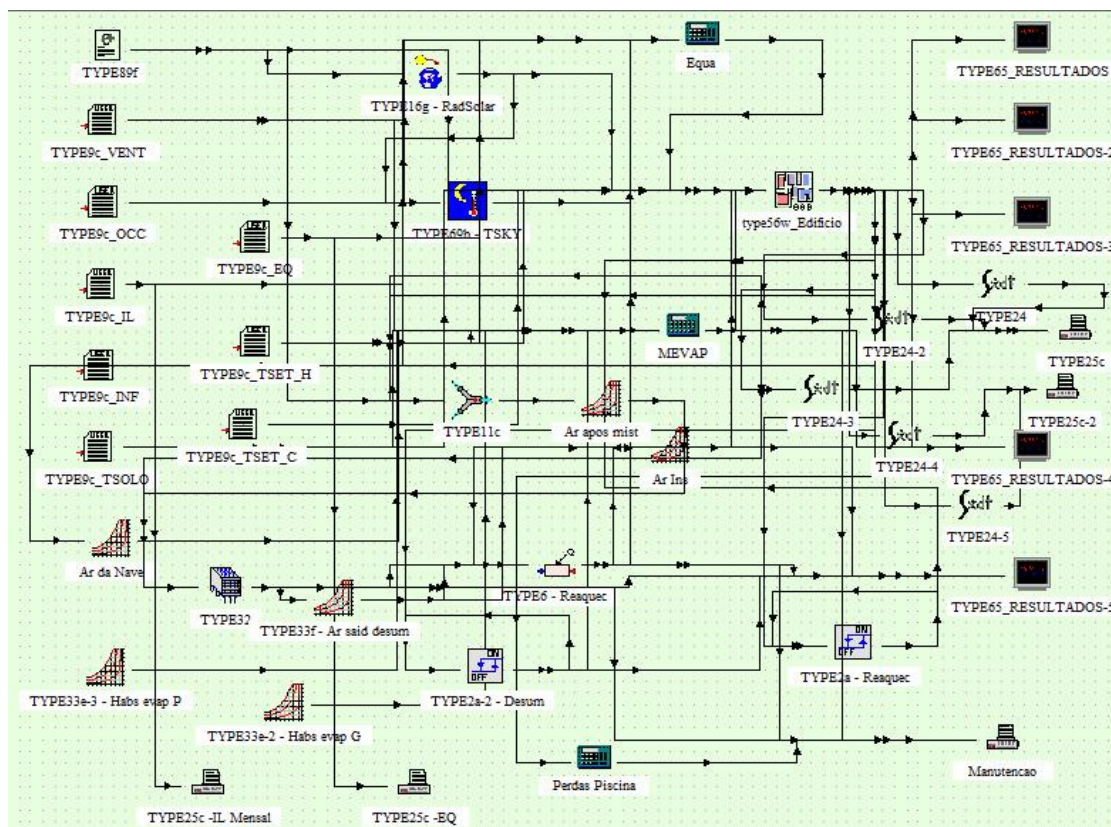


Figura 6. 6 – Interface do IISibat para modelação da Clínica de Fisiatria

6.2.1. Envolvente

É de referir que a envolvente do edifício simulado não corresponde, necessariamente, ao construído uma vez que, na ausência de informação da constituição da envolvente, recorreu-se, como indicado pelo SCE, aos valores das tabelas técnicas (ITE 54) associadas à Nota Técnica (NT-SCE01) da ADENE. As características dos materiais utilizados foram retiradas das tabelas do LNEC (ITE 50).

Na tabela 6.1 apresentam-se as características dos elementos construtivos, nomeadamente, espessura (e), condutividade (λ) ou resistência (R) e Coeficiente global de transferência de calor (U).

Tabela 6. 1 – Características dos elementos da envolvente opaca

Envolvente Opaca			
	e [m]	U [W/m ² .°C]	
Parede Exterior 1	0,50	0.804	Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 20 cm; $R = 0,52 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Caixa-de-ar – e = 6 cm; $R=0.18 \text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 20 cm; $R = 0,52 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$

Envolvente Opaca			
	e [m]	U [W/m ² .°C]	
Parede Exterior 2	0,45	0,899	Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 20 cm; $R = 0,52 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Caixa-de-ar – e = 6 cm; $R=0.18 \text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 15 cm; $R = 0,39 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Parede Exterior 3	0,40	0,861	Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 15 cm; $R = 0,39 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Caixa-de-ar – e = 6 cm; $R=0.18 \text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 15 cm; $R = 0,39 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Parede Exterior 4	0,35	1,139	Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 11 cm; $R = 0,27 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Caixa-de-ar – e = 6 cm; $R=0.18 \text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 15 cm; $R = 0,39 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Parede Exterior 5	0,31	1,107	Reboco/azulejo – e = 1,5 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 7 cm; $R = 0,19 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 22 cm; $R = 0,52 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 1,5 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Parede Interior 1	0,29	1,174	Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 25 cm; $R = 0,56 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Parede Interior 2	0,19	1,469	Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Tijolo furado normal – e = 15 cm; $R = 0,39 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Laje Interior	0,29	1,544	Revestimento – e = 0,5 cm; $\lambda = 0,17 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Laje de betão – e = 22 cm; $R = 0.12 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Reboco/azulejo – e = 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Laje em contacto com o solo	0,45	1,381	Revestimento – e = 0,5 cm; $\lambda = 0,17 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Laje de betão – e = 40 cm; $R = 0.12 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Cobertura para o exterior	0,37	2,314	Brita – e = 2 cm; $\lambda = 2,0 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ Laje de betão – e = 20 cm; $R = 0.12 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
Cobertura para o exterior	0,04	2,246	PVC – e = 4 cm; $\lambda = 0,17 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$

A inércia térmica interior de uma fracção autónoma é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos de construção. Uma das maneiras de proceder ao cálculo da inércia térmica é segundo a simplificação presente no ANEXO VI da Nota Técnica (NT-SCE-01). Como segundo este ANEXO o edifício apresenta cumulativamente as características descritas em seguida pode considerar-se que o edifício tem Inércia térmica FORTE.

As características a verificar cumulativamente na fracção autónoma para se considerar que o edifício tem Inércia térmica FORTE são as seguintes:

- 1) Pavimento e tecto de betão armado ou pré-esforçado;
- 2) Revestimento de tecto em estuque ou reboco;
- 3) Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pêlo (não se incluem soluções de pavimentos flutuantes);

- 4) Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco;
- 5) Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco;
- 6) Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, ...) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco;

Na tabela 6.2 estão presentes as características da envolvente envidraçada do edifício.

Tabela 6. 2 – Características dos elementos da envolvente envidraçada

Envolvente Envidraçada								
	U [W/m ² .°C]	Caixilharia	Tipo	Dispositivo de protecção solar	g vidro	g 100%	Vidro	Tipos
Envidraçados 1	4,44	Metálica	Transparente	-	0,88	-	Simples	Fixo
Envidraçados 2	6,65	Metálica	Transparente	-	0,78	-	Duplo	Fixo
Envidraçados 3	4,44	Madeira	Transparente	sim	0,78	0,07	Duplo	Fixo

6.2.2. Ocupação

Com base na informação fornecida conclui-se que a ocupação máxima do edifício é apresentada na tabela 6.3.

Aos fins-de-semana, estando o edifício encerrado, considerou-se que não existia ocupação.

Tabela 6. 3 – Ocupação máxima para cada zona de simulação

Zona	Descrição	Ocupação máxima
E1	Hall e escadas	4
E2	Escritórios e gabinete médico	3
E3	Sala de espera, gabinete médico e W.C.	3
E4	Hall, arrumos e W.C.	0
E5	Hall e escritórios	3
E6	Sala de funcionários, hall e W.C.	4
E7	Sala de tratamento	8
E8	Gabinete médico	2
E9	Sala de tratamentos	12
E10	Sala dos funcionários	2

Zona	Descrição	Ocupação máxima
F1	Recepção	6
F2	Gabinete médico, W.C, telf. e arrumos	3
F3	Sala de fisioterapia	12
F4	Hall, escadas e lava-pés	0
P1	Tanques de hidroterapia	21
P2	Balneário senhoras	5
P3	Balneário homens	5
P4	Garagem e recepção	6
P5	Vestiário funcionários senhoras	5
P6	Vestiário funcionários homens	5
P7	Zona técnica	0
P8	Circulação	0
P9	Gabinete, W.C. e Zona técnica	0
P10	Sala de relaxamento	10
P11	Ginásio	4

6.2.3. Caudais de ar

Com recurso à sonda IAQ 602 mediu-se a velocidade do ar nas condutas do desumidificador e de acordo com esta velocidade e a dimensão da conduta estima-se um caudal de cerca de 8720 m³/h. Não existe ar novo a ser insuflado neste espaço.

Verificou-se que a unidade de desumidificação não está ligada em permanência. Por exemplo, no período em que se efectuaram as medições de energia verificou-se que este equipamento estava desligado.

De acordo com as informações recolhidas junto do proprietário este equipamento só é ligado no Inverno durante o período de utilização das piscinas.

No resto do edifício, como foi referido anteriormente, não existe caudal de ar novo a ser insuflado em permanência.

6.2.4. Aquecimento da água da piscina

Uma parte da água da piscina é diariamente renovada de modo a garantir a sua qualidade sob o ponto de vista estético e sanitário. Estima-se que cerca de 3 % do volume dos dois tanques seja renovado diariamente.

O cálculo da energia gasta anualmente para aquecer este volume de água de renovação é efectuado utilizando a seguinte expressão (Beleza, Santos, Pinto, 2007):

$$E_{\text{renovação}} = M_p \times 4.18 \times (T_{\text{piscina}} - T_{\text{água da rede}}) \times 365 \times 24 \quad (6.1)$$

na qual, M_p é o caudal mássico de água renovada, T_{piscina} , a temperatura da água dos tanques.

Estima-se que esta parcela represente cerca de 28,5 MWh/ano.

A energia gasta para compensar as perdas por evaporação da água do tanque da piscina é outra parcela que é necessário estimar.

A massa de evaporação de água da piscina foi simulada com base na diferença de temperaturas entre a água e o ar interior.

De acordo com as informações recolhidas, a temperatura da água dos tanques é de 29 e 31 °C. As condições do ar da nave, quando a unidade de desumidificação está ligada, rondarão os 31 °C e os 60 % de humidade relativa.

O cálculo foi efectuado, hora a hora, com base na expressão que se segue (Beleza, Santos, Pinto, 2007):

$$m_{\text{evap}} = (0.0070 + 0.0053 \cdot v_{\text{ar}}) \cdot V_{\text{piscina}} \cdot (H_{\text{abs, Tpisc}} - H_{\text{abs, Tar}}) \cdot 1.06 \cdot 3600 \text{ [kg/h]} \quad (6.2)$$

na qual, m_{evap} é a massa de água evaporada, v_{ar} é a velocidade do ar, V_{piscina} é o volume de água da piscina, $H_{\text{abs, Tpisc}}$ é a humidade absoluta do ar da nave, $H_{\text{abs, Tar}}$ é a humidade absoluta do ar de renovação. Assumiu-se que a velocidade do ar é de 0,1 m/s. A área de superfície da piscina grande é 92,2 m² e da piscina pequena é de 32 m².

Os tanques dispõem de coberturas que estão activadas durante os períodos em que a piscina não está a ser utilizada.

A energia gasta para compensar as perdas por evaporação é de (Beleza, Santos, Pinto, 2007):

$$Q_{\text{compensação}} = m_{\text{evap}} \times 4,19 \times (T_{\text{piscina}} - T_{\text{água,rede}}) \quad (6.3)$$

As equações enunciadas foram retiradas do Livro *Piscinas – Tratamento de águas e utilização de energia*, presente na bibliografia.

Para manter a temperatura da água da piscina é necessário contabilizar as perdas pela envolvente dos tanques, as perdas por convecção e as perdas por radiação. Estas parcelas foram calculadas através das equações que se seguem.

$$Q_{\text{env}} = U \times A_{\text{env}} \times (T_s - T_{\text{eb}}) \text{ [kJ/h]} \quad (6.4)$$

$$Q_{\text{conv}} = \alpha c \times A_{\text{piscina}} \times (T_s - T_a) \text{ [kJ/h]} \quad (6.5)$$

$$Q_{\text{rad}} = \alpha r \times A_{\text{piscina}} \times (T_s - T_a) \text{ [kJ/h]} \quad (6.6)$$

em que:

U – Coeficiente de Transmissão térmica das paredes da piscina [W/m ² .°C]	e = 35 cm $\lambda_{\text{betão}} = 2 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ U = 3,28 W/m ² .°C
A _{env} – Área do fundo e 1/2 das paredes dos tanques [m ²]	151,89 + 68,12
A _{piscina} – Área do plano de água [m ²]	92,25 + 31,92
T _s – Temperatura da água dos tanques [°C]	29 e 31 °C
T _a – Temperatura do meio ambiente [°C]	Simulada
T _{eb} – Temperatura média do solo ou do espaço envolvente ao tanque [°C]	Simulada
αc – Coeficiente de convecção [kW/m ² .°C]	0,00697674kW/m ² .°C
αr – Coeficiente de radiação [kW/m ² .°C]	0,00518395kW/m ² .°C

Estima-se que, para o aquecimento da água dos tanques, caudais de compensação e perdas por condução, convecção e radiação, anualmente, se consomem, em gás natural, cerca de 9,6 MWh/ano.

Relativamente a este ponto é ainda necessário considerar o consumo eléctrico do grupo de bombagem da água das piscinas e outros equipamentos associados à sua manutenção. Este valor foi medido separadamente durante a auditoria energética tendo-se constatado que é de cerca de 0,927 kW por hora. O consumo anual estimado é de cerca de 8,1 MWh/ano.

6.2.5. Água quente sanitária

Com base na ocupação das piscinas (figura 6.8) conclui-se que são tomados cerca de 21 banhos diários.

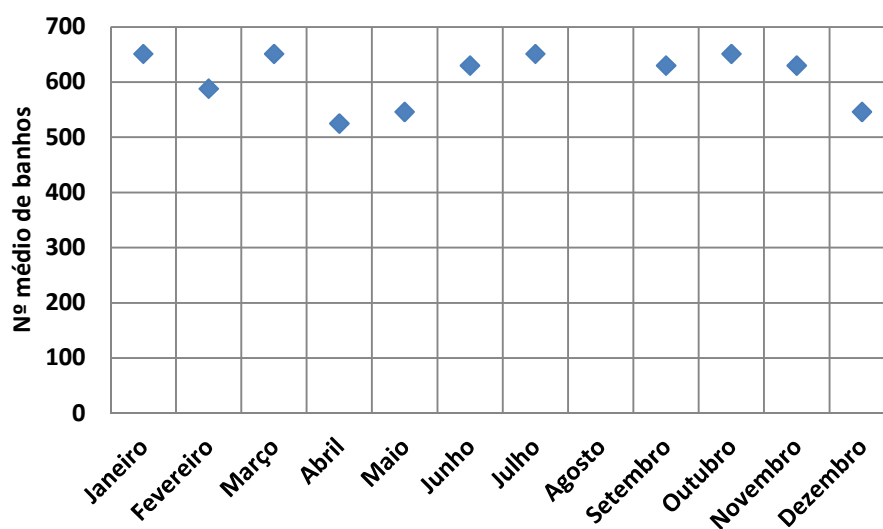


Figura 6. 7 – Número mensal de banhos

Para cada banho estimou-se um consumo de 40 litros de AQS sendo a temperatura de acumulação de apenas 45 °C.

Assumiu-se ainda que, como não foi possível confirmar se a espessura do isolamento das tubagens de água quente é superior a 10 mm, a eficiência da caldeira deve ser afectada em 10 %, de acordo com o estipulado no D.L. 80/06.

Na figura 6.8 apresenta-se a evolução dos consumos da preparação de AQS ao longo do ano. Note-se que, no mês de Agosto o edifício está fechado.

O consumo energético anual correspondente a esta parcela é de 14 MWh/ano.

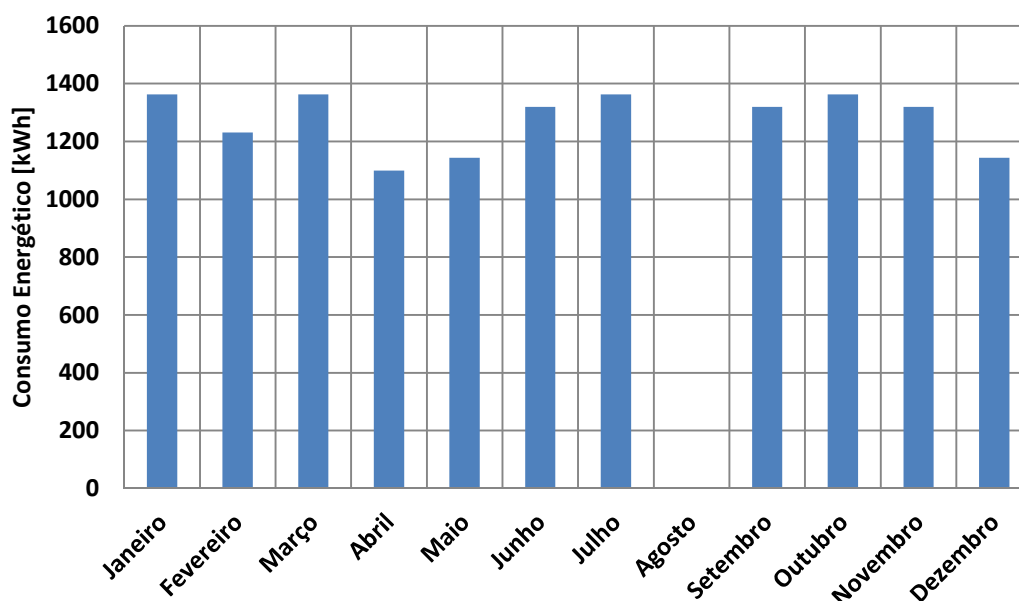


Figura 6. 8 – Consumo energético para a preparação de águas quentes sanitárias

6.3 Validação do Modelo de Simulação Dinâmica

Num edifício existente, o ajuste das variáveis e parâmetros do modelo de simulação devem conduzir a um resultado final, em termos de consumos anuais simulados, que devem estar num intervalo de mais ou menos 10 %, como estipulado pelo SCE, em relação ao consumo médio anual das facturas.

Para que o modelo de simulação seja considerado correcto e representativo da realidade do edifício, é necessário proceder à sua validação. Esta validação é efectuada em duas fases:

1) Validação da Simulação com a Auditoria Energética

Com base nas medições resultantes da auditoria energética que decorreu no período de 19 a 22 de Junho de 2010, procede-se à desagregação dos consumos energéticos e obtém-se o consumo total de energia nesse período.

Na tabela 6.4 apresentam-se os resultados obtidos na simulação dinâmica para os 6 dias de auditoria. Como se pode verificar o desvio dos consumos globais do edifício relativamente aos dados medidos na auditoria energética é de - 2,9 %, ou seja, inferior aos 10 % máximos permitidos pela legislação.

Para se efectuar esta validação carregam-se, no modelo de simulação, todas as variáveis associadas ao comportamento real do edifício, já apresentadas anteriormente.

Tabela 6. 4 – Comparação entre a simulação e a auditoria energética

Consumo global Simulação dinâmica [kWh] 19 a 22 de Junho de 2010	Consumo global Auditoria Energética [kWh] 19 a 22 de Junho 2010	Comparação %
895	869	- 2.9%

Observando a desagregação dos consumos energéticos (figura 6.10) por tipo de equipamento verifica-se que esta é semelhante na auditoria e na simulação dinâmica.

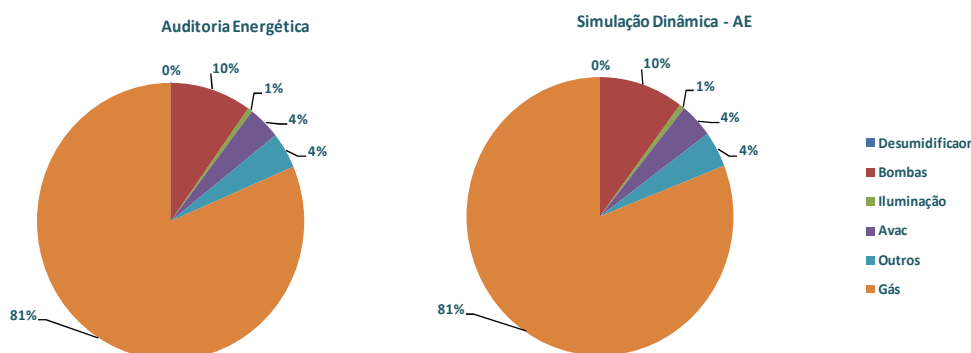


Figura 6. 9 – Desagregação dos consumos – Simulação vs Auditoria

2) Validação da Simulação às facturas energéticas

Uma vez validada a simulação para o período de auditoria, esta deverá ser ajustada para o período anual através da comparação dos resultados da simulação dinâmica com o consumo dado pelas facturas de energia.

Em termos anuais, o desvio da simulação em relação ao consumo estimado é de - 0,5%.

Na tabela 6.5 temos a comparação do consumo global da simulação dinâmica com o consumo global do edifício dado pelas facturas de Janeiro de 2009 a Junho de 2010.

Tabela 6. 5 – Comparação entre a simulação anual e as facturas de energia

Consumo global Simulação dinâmica [kWh]	Consumo global Facturas de energia [kWh] Janeiro de 2009 a Junho de 2010	Comparação %
201 115	202 187	- 0.5 %

Observando a desagregação dos consumos energéticos, por tipo de equipamento, presentes na figura 6.10 verifica-se que esta é semelhante na auditoria e na simulação dinâmica.

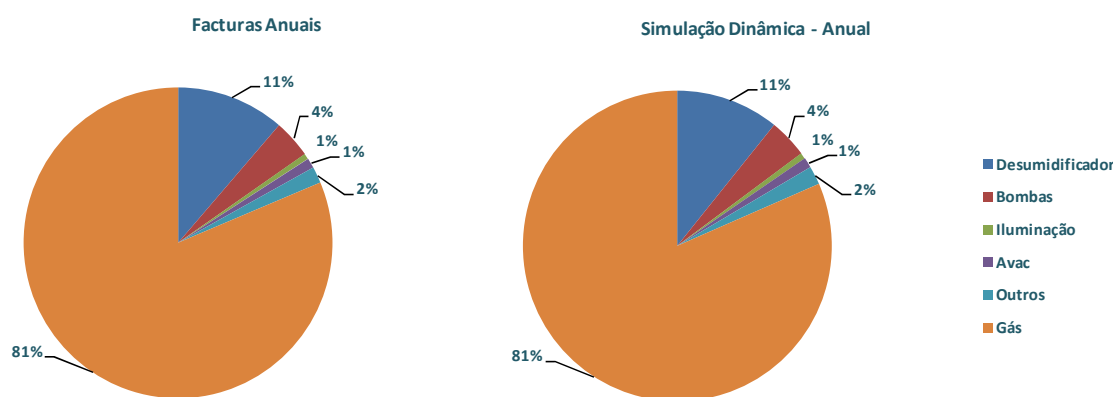


Figura 6. 10 – Desagregação dos consumos – Simulação vs Facturas

Com o ajuste da simulação dinâmica às facturas, o modelo de simulação encontra-se validado. Apenas depois da simulação estar validada com as facturas se pode prosseguir para a simulação nominal do edifício afim de proceder à sua Certificação Energética.

7. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

O indicador de eficiência energética (IEE) é calculado a partir dos consumos efectivos de energia de um edifício durante um ano, convertidos, utilizando os factores de conversão a seguir indicados, para uma base de energia primária. Dado que há variações de clima e, portanto, de consumos de energia de ano para ano, o IEE pode ser calculado com base na média dos consumos dos três anos anteriores à auditoria.

Os factores de conversão utilizados no cálculo do IEE, constantes no D.L. 79/06, são os seguintes:

- Electricidade: 0,290 kgep/kWh;
- Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: 0,086 kgep/kWh;

O IEE é calculado pela seguinte equação:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (7.1)$$

em que:

IEE – Indicador de eficiência energética (kgep/m².ano)

IEE_I – Indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/m².ano)

IEE_V – Indicador de eficiência energética de arrefecimento (kgep/m².ano)

Q_{out} – Consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/m².ano)

A_p – Área útil de pavimento

Por sua vez:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI} \quad \text{e} \quad IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV} \quad (7.2)$$

em que:

Q_{aq} – Consumo de energia de aquecimento (kgep/m².ano)

F_{CI} – Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento

Q_{arr} – Consumo de energia de arrefecimento (kgep/m².ano)

F_{CV} – Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento (F_{Cl} e F_{CV}), adopta-se, como região climática de referência, a região I1-V1 Norte, 1000 graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Correcção da energia de aquecimento (F_{Cl}):

$$F_{Cl} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} \quad (7.3)$$

em que:

N_{I1} – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1 (kWh/m².ano)

N_{Ii} – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (kWh/m².ano)

Correcção da energia de arrefecimento (F_{CV}):

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} \quad (7.4)$$

em que:

N_{V1} – Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1 (kWh/m².ano)

N_{Vi} – Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (kWh/m².ano)

Na tabela 7.1 apresentam-se os valores dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento.

Tabela 7. 1 – Valores dos factores de correcção F_{Cl} e F_{Cv}

FCI	0.65
FCV	1.00

Os factores de correcção têm em conta as diferenças de necessidades de aquecimento ou de arrefecimento derivadas da severidade do clima, corrigidas pelo grau de exigência na qualidade da envolvente aplicável a cada zona climática, mesmo que o edifício não esteja sujeito às exigências do RCCTE.

7.1 Cálculo do $IEE_{nominal}$

O $IEE_{nominal}$ é a base da classificação energética do edifício e é calculado por simulação dinâmica em condições nominais nomeadamente, utilizando os perfis padrão do Anexo XV, com correcção climática. Deste modo, utilizando as condições padrão, podem comparar-se edifícios com a mesma tipologia e saber-se qual o edifício mais eficiente energeticamente.

São vários os aspectos a ter em conta na simulação dinâmica do edifício tendo em vista a obtenção do $IEE_{nominal}$:

1) Caudais de ar novo

O caudal de ar novo deverá ser o caudal nominal (calculado com base no tipo de actividade de cada espaço e no imposto pelo RSECE), tendo em consideração a densidade nominal de ocupação dos espaços, afecto da eficiência da ventilação que se assumiu como sendo 100% uma vez que estamos perante um sistema de ventilação por deslocamento. A eficiência de ventilação traduz o facto de, ao insuflar ar novo num espaço, este efectuar, ou não, um varrimento total do mesmo.

Nos espaços onde não existe ar novo mas que são zonas úteis com requisitos de ar novo, deve-se considerar uma eficiência da ventilação de 80%.

Se, essencialmente em edifícios novos, forem utilizados materiais de construção ou mobiliários não ecologicamente limpos (MNEL) deve incrementar-se o caudal de ar novo em 50 %.

Neste edifício, como não existe qualquer sistema de ventilação forçada, assumiu-se, de acordo com as indicações do SCE, que a eficiência de ventilação é de 80 %. Tratando-se de um edifício existente, no qual os materiais de construção e

mobiliário já não emitem substâncias nocivas (COVs e formaldeído) optou-se por não penalizar o caudal de ar novo em 50 %.

Na tabela 7.2 apresenta-se o cálculo do caudal mínimo de ar novo nominal a considerar no edifício. O DL 79/2006, apresenta, para cada tipo de espaço (função do tipo de actividade) valores de ar novo a insuflar. Apresenta valores por ocupante e por área devendo ser considerado o caudal que resultar num valor superior.

Tendo em conta as considerações anteriores, o caudal mínimo de ar novo em condições nominais será 10452 m³/h. Este caudal de ar novo será afectado dos perfis de ocupação nominais previstos para o edifício, ou seja, o caudal será ajustado ao número de ocupantes presentes em cada espaço.

Tabela 7. 2 – Caudal mínimo de ar novo nominal

Zona	Local	Tipo de Actividade	A [m ²]	H [m]	Volum e [m ³]	Ocupação Nominal	CMAN RSECE [m ³ /h.occ]	CMAN RSECE [m ³ /h.m ²]	Eff. Vent [%]	CMANN [m ³ /h]
E1	Hall e escadas	Entretenimentos - Corredores/Átrios	57,1	2,7	154.2	6	0	5	80%	357
E2	Escritórios	Serviços - Gabinetes	12,6	2,7	34	2	35	5	80%	88
	Gabinete médico	Serviços - Consultórios Médicos	14,3	2,7	38.6	2	35	0	80%	88
E3	Sala de espera	Comercial - Salas de espera	15,5	2,7	41.9	2	30	0	80%	75
	Gabinete médico	Serviços - Consultórios Médicos	19,4	2,7	52.4	2	35	0	80%	88
	W.C.		5,4	2,7	14.6	1				
E4	Hall	Entretenimentos - Corredores/Átrios	3,4	2,7	9.2	1	0	5	80%	21
	Arrumos		3,6	2,7	9.7	1				
	W.C.		2,7	2,7	7.3	1				
E5	Hall	Entretenimentos - Corredores/Átrios	4,3	2,7	11.6	1	0	5	80%	27
	Escritorios	Serviços - Gabinetes	19,8	2,7	53.5	2	35	5	80%	124
E6	Sala de funcionários	Residencial - Salas de estar e quartos	15,9	2,7	42.9	2	30	0	80%	75
	Hall	Entretenimentos - Corredores/Átrios	4,4	2,7	11.9	1	0	5	80%	28
	W.C.		2,7	2,7	7.3	1				
E7	Sala de tratamento	Hospitais - Áreas Terapia	35,8	2,7	96.7	4	30	0	80%	150
E8	Gabinete médico	Serviços - Consultórios Médicos	15.5	2,6	40.3	2	35	0	80%	88
E9	Sala de tratamentos	Hospitais - Áreas Terapia	46,5	2,6	120.9	5	30	0	80%	188
E10	Sala dos funcionários	Residencial - Salas de estar e quartos	10,3	2,6	26.8	2	30	0	80%	75
	W.C.		2,2	2,6	5.7	1				
	Circulação	Entretenimentos - Corredores/Átrios	10,2	2,6	26.5	2	0	5	80%	64

Zona	Local	Tipo de Actividade	A [m ²]	H [m]	Volum e [m ³]	Ocupação Nominal	CMAN RSECE [m ³ /h.occ]	CMAN RSECE [m ³ /h.m ²]	Eff. Vent [%]	CMANN [m ³ /h]
F1	Recepção	Serviços - Salas Recepção	49,6	3,1	153,6	5	30	15	80%	929
	W.C.		5,3	3,1	16,4	1				
F2	Gabinete médico	Serviços - Consultórios Médicos	16,8	3,1	52,1	2	35	0	80%	88
	W.C.		2,3	3,1	7,1	1				
	Arrumos		3,75	3,1	11,6	1				
	Sala de terapia	Hospitais - Áreas Terapia	5	3,1	15,5	1	30	0	80%	38
F3	Sala de fisioterapia	Hospitais - Áreas Terapia	65	3,3	214,5	7	30	0	80%	263
F4	Hall, escadas e lava-pés	Entretenimentos - Corredores/Átrios	53	3	159	6	0	5	80%	331
P1	Tanques de hidroterapia	Entretenimentos - Piscinas	298	4,32	1287,4	30	0	10	80%	3725
P2	Balneário senhoras	Comercial - Vestiários	53,3	3	159,9	6	0	10	80%	666
P3	Balneário homens	Comercial - Vestiários	45,6	3	136,8	5	0	10	80%	570
P4	Garagem		22,1	3	66,3	3				
	Circulação	Entretenimentos - Corredores/Átrios	30	3	90	3	0	5	80%	188
P5	Vestiário funcionários senhoras	Comercial - Vestiários	41,8	3	125,4	5	0	10	80%	523
	W.C.		5,2	3	15,6	1				
P6	Vestiário funcionários homens	Comercial - Vestiários	40,4	3	121,2	5	0	10	80%	505
	W.C.		3	3	9	1				
P7	Zona técnica		150	2,15	322,5	15				
P8	Circulação	Entretenimentos - Corredores/Átrios	95,3	3	285,9	10	0	5	80%	596
P9	Zona técnica 2		31,5	3	94,5	4				
P10	Sala de relaxamento	Hospitais - Áreas Terapia	36,3	3	108,9	4	30	0	80%	150
P11	Ginásio	Entretenimentos - Ginásios	72,7	2,7	196,3	8	35	0	80%	350

2) Sistema de climatização

As características dos sistemas de climatização consideradas no modelo de simulação correspondem à dos equipamentos efectivamente instalados (capítulo 3.5). No caso de existirem ou estarem previstas bombas ou ventiladores de caudal variável, a simulação deve considerar o funcionamento destes equipamentos nas condições nominais previstas, ou seja, o número de horas de funcionamento dos equipamentos em termos nominais previstos no RSECE.

O período de funcionamento dos sistemas de climatização considerado na simulação corresponde ao período de ocupação do edifício em termos nominais e as temperaturas de *setpoint* são de 20 e 25 °C para o Inverno e para o Verão, respectivamente (Junho a Setembro), de acordo com o proposto pelo RSECE.

3) Sistema de preparação de AQS

Os sistemas de preparação de AQS correspondem também à dos equipamentos efectivamente instalados (capítulo 3.4 e 3.5).

4) Ganhos internos

Como o edifício está a ser tratado em termos nominais serão utilizados, em termos de ganhos internos, a densidade de ocupação e de equipamentos previstas no RSECE. No que respeita a iluminação serão utilizados os dados reais, ou seja, com base no levantamento efectuado no edifício. Estes parâmetros apresentam-se na tabela 7.3 para as diferentes tipologias presentes no edifício em estudo, nomeadamente, Estabelecimento de Saúde se Internamento e Clube Desportivo com Piscina. Os perfis de utilização nominais de iluminação, equipamentos e ocupação (DL-79/2006) para estas tipologias encontram-se no ANEXO B.

Nos espaços complementares, ou seja, armazéns e estacionamento, consideram-se também as densidades nominais de ocupação e equipamentos e as reais de iluminação e, adicionalmente afecta-se, em termos nominais, uma densidade de equipamentos de ventilação.

Tabela 7. 3 – Densidade de ocupação, equipamentos e ventilação nominais e iluminação real para as diferentes tipologias

Tipologia	Ocupação [occ/m ²]	Equipamentos [W/m ²]	Ventilação [W/m ²]	Iluminação real [W/m ²]
Estabelecimento de Saúde sem Internamento	10	10	-	2,8
Clube Desportivo com Piscina	7	1	-	1,2
Armazém (7 h/dia todos os dias)	-	5	8	0,8
Estacionamento (10 h/dia de 2ª a 6ª)	-	2	8	3,9

Na tabela 7.4 apresentam-se os resultados do cálculo do IEE_{nominal} do edifício da Clínica de fisioterapia, tendo em conta as considerações anteriores e utilizando o modelo de simulação previamente validado. O valor de IEE_{nominal} resultante foi de 40,54 kgep/m².ano.

Tabela 7. 4 - Resultados do cálculo do IEE_{nominal}

	Estabelecimento de saúde sem Internamento	Clube Desportivo com Piscina	Estacionamento	Armazém
Área [m ²]	837	477	64	192
Consumo Arrefecimento [kWh]	1426	18122	0	0
Consumo Aquecimento [kWh]	19596	12121	0	0
Consumo Aquecimento água das piscinas [kWhGas]	36556	563050	0	0
Consumo Aquecimento AQS [kWh]	16545	41962	0	0
Consumo Iluminação [kWh]	6531	1489	658	399
Consumo Iluminação Exterior [kWh]	0	0	0	0
Consumo Equipamentos [kWh]	26454	1241	334	2454
Consumo Ventiladores [kWh]	0	0	1334	3927
Consumo Bombas AQS [kWh]	0	2409	0	0
Qaq [kgep/ano]	8827	51937	0	0
Qarref [kgep/ano]	413	5255	0	0
Qout [kgep/ano]	10988	5099	674	1966
Qiluminação interior [kgep/ano]	1894	432	191	116
QAQS [kgep/ano]	1423	3609	0	0
Qequipamentos [kgep/ano]	7672	1058	484	1850
IEEi [kgep/m ² .ano]	6,8	70,4	0,0	0,0
IEEv [kgep/m ² .ano]	0,5	11,0	0,0	0,0
IEE out [kgep/m ² .ano]	13,1	10,7	10,6	10,2
IEE iluminação interior [kgep/m ² .ano]	8,5	1,3	0,7	0,4
IEE AQS [kgep/m ² .ano]	6,4	10,9	0,0	0,0
IEE equipamentos [kgep/m ² .ano]	34,3	3,2	1,7	6,2
IEE nom [kgep/m ² .ano]	20,4	92,1	10,6	10,2
IEEnom.A [kgep/ano]	17105	43914	674	1966
IEEnom Ponderado [kgep/m ² .ano]	40,54			

7.2 Classificação Energética

Uma vez calculado o IEE_{nominal} do edifício é possível determinar a Classe Energética do mesmo. Para tal é necessário proceder ao cálculo do IEE de referência com base no Anexo XI do RSECE. O IEE_{referência} é calculado, neste caso, através da ponderação com as áreas de cada tipologia presente no edifício.

Para se obter a classificação energética do edifício é também necessário o valor da soma dos consumos específicos para o aquecimento, arrefecimento e iluminação, conforme determinados na simulação que deu origem aos valores limite de

referência para os edifícios novos que constam no regulamento. O valor destes consumos específicos é conhecido como S_{novos} e os valores estão tabelados por tipologia e constam no Anexo IV do Despacho nº 10250/2008.

Na tabela 7.5 apresentam-se os valores de $IEE_{\text{referência}}$ e S_{novos} para cada tipologia.

Tabela 7. 5 - IEEreferência para as diferentes tipologias do edifício

Tipologia	A [m ²]	IEE _{ref, novos}	S _{novos}
Estabelecimento de Saúde sem Internamento	837	30	14
Clube Desportivo com Piscina	477	25	17
Armazém (7 h/dia todos os dias)	64	15	5
Estacionamento (10 h/dia de 2ª a 6ª)	192	12	4

$$IEE_{\text{nominal}} [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}] = 40.54$$

$$IEE_{\text{ref, novos}} [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}] = 25.90$$

$$S_{\text{novos}} [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}] = 13.40$$

Com estes valores podemos proceder à classificação energética da clínica de fisioterapia. Na tabela 7.6 afigura-se o modo de cálculo da etiqueta energética e na tabela 7.7 apresenta-se a referida etiqueta energética devidamente calculada.

Tabela 7. 6 - Modo de cálculo da etiqueta energética

		Classe Energética	IEE nom [kgep/m ² .ano]	
Edif. existentes	Edif. novos	A+	-	<IEE nom < IEEref - 0,75.S
		A	IEEref - 0,75.S	<IEE nom < IEEref - 0,50.S
		B	IEEref - 0,50.S	<IEE nom < IEEref - 0,75.S
		B-	IEEref - 0,75.S	IEEref - 0,25.S
	Edif. existentes	C	IEEref - 0,25.S	<IEE nom < IEEref
		D	IEEref	<IEE nom < IEEref + 0,50.S
		E	IEEref + 0,50.S	IEEref + S
		F	IEEref + S	IEEref + 2.S
		G	IEEref + 2.S	<IEE nom < -

Tabela 7. 7 - Etiqueta energética

CLASSE ENERGÉTICA	Classe		E
	IEEnom		40,54
Classe Energética	IEE nom [kgep/m ² .ano]		
A+	-	<IEE nom <	15,86
A	15,86	<IEE nom <	19,21
B	19,21	<IEE nom <	22,56
B-	22,56	<IEE nom <	25,91
C	25,91	<IEE nom <	32,62
D	32,62	<IEE nom <	39,32
E	39,32	<IEE nom <	46,02
F	46,02	<IEE nom <	52,72
G	52,72	<IEE nom <	-

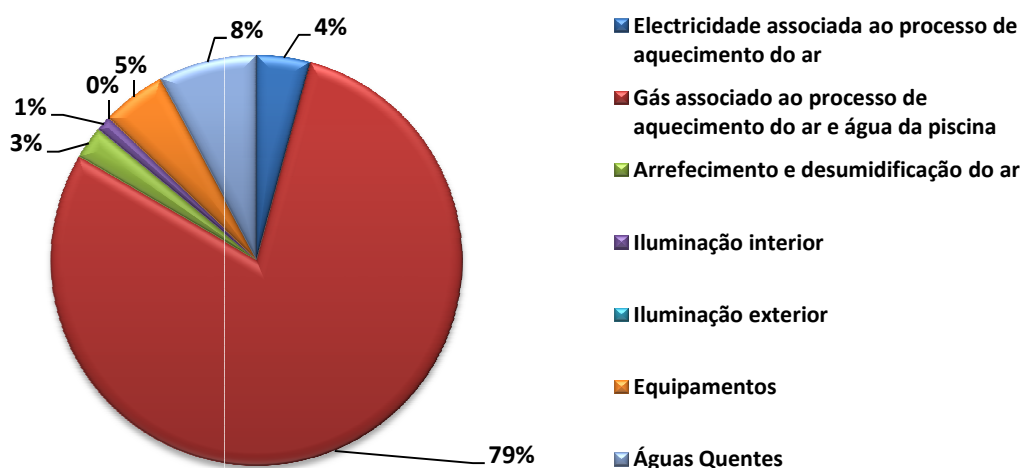
O edifício apresenta uma **Classe Energética E**.

O valor do CO₂ emitido por este edifício em termos nominais, anualmente, é de 76,39 toneladas.

A desagregação dos consumos da simulação nominal é a que se apresenta na tabela 7.8. e na figura 7.1.

Tabela 7. 8 - Desagregação dos consumos obtidos na simulação nominal do edifício

Quadro síntese	kgep/m ² .ano	kgep/ano	kWh/ano
Electricidade associada ao processo de aquecimento do ar	3,8	5943	31717
Gás associado ao processo de aquecimento do ar e água da piscina	21,2	33320	599606
Arrefecimento e desumidificação do ar	3,6	5669	19548
Iluminação interior	1,7	2632	9076
Equipamentos	7,0	11064	38151
Águas Quentes	3,2	5032	58508
Global	40,54	63660	756606



Como se pode verificar na figura 7.1 também na simulação nominal o consumo de gás associado ao processo de aquecimento do ar e da água da piscina é o maior consumidor de energia deste edifício com 79% do consumo global. Segue-se o consumo de energia para o aquecimento de águas quentes sanitárias com 8%, os equipamentos com 5% e a electricidade associada ao processo de aquecimento do ar com 4%.

7.3 Verificação da necessidade de PRE

O Plano de Racionalização Energética (PRE) é um conjunto de medidas de racionalização energética, para a redução de consumos ou de custos de energia, elaborado na sequência de uma auditoria energética, organizado e seriado com base da sua exequibilidade e da sua viabilidade económica.

A obrigatoriedade de elaborar, submeter à DGEG e implementar um PRE surge como consequência de auditoria em que se verifica que o valor de IEE do edifício é superior ao respectivo valor limite aplicável. As medidas que constem no PRE que tenham um PRS (período de retorno simples) inferior a 8 anos, determinado por simulação energética (ou por outro método) para as condições reais de funcionamento do edifício, são de execução obrigatória num prazo até 3 anos após a data de emissão do certificado energético.

O método para verificação do cumprimento do requisito energético relacionado com o IEE para grandes edifícios de serviços existentes está descrito no esquema seguinte.

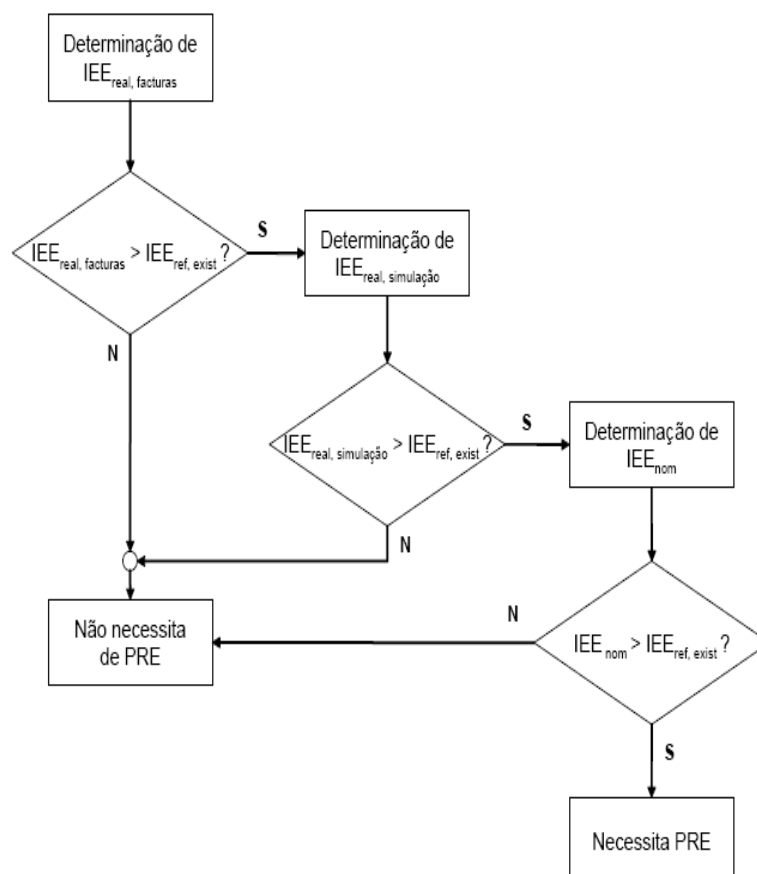


Figura 7. 2 – Verificação do cumprimento do IEE e necessidade de PRE

Cálculo do IEE_{referência,existentes}

Para o cálculo do Índice de Eficiência Energética de referência dos edifícios existentes recorre-se aos valores constantes do DL. 79/2006 para as diferentes tipologias de utilização e efectua-se uma ponderação em função das áreas.

Neste edifício foram identificadas duas tipologias de utilização: Estabelecimento de Saúde sem Internamento e Clube Desportivo com Piscina, de acordo com o RSECE. Foi ainda identificado um espaço complementar do tipo Armazém e uma zona de Estacionamento.

Na tabela 7.9 apresenta-se a determinação do IEE_{referência,existentes}.

Tabela 7. 9 - Determinação do IEEreferência, existentes

Tipologia	A [m ²]	IEE _{ref, existentes} [kgep/m ² .ano]
Estabelecimento de Saúde sem Internamento	837	40
Clube Desportivo com Piscina	477	35
Estacionamento (10 h/dia de 2 ^a a 6 ^a)	64	12
Armazém (7 h/dia todos os dias)	192	15
IEE _{ref, existentes} [kgep/m ² .ano] =		34,3

Cálculo do IEE_{real, facturas}

O Índice de Eficiência Energética (IEE) real com base nas facturas de energia é um modo expedito de verificar se o edifício está dispensado da elaboração do Plano de Racionalização Energética (PRE).

Este cálculo deve basear-se no valor médio anual de energia consumida, neste caso, electricidade e gás natural segundo a expressão (7.5):

$$IEE_{Real, facturas} = \frac{\text{Consumo}_{facturas, electricidade} \times \text{Fonte}_{energia, electricidade} + \text{Consumo}_{facturas, gás} \times \text{Fonte}_{energia, gás}}{\text{Área}_{toaledifício}} \quad (7.5)$$

O valor obtido é comparado com o IEE de referência para edifícios existentes da tipologia correspondente ao edifício em estudo de acordo com o Anexo XV do DL 79/06.

Na tabela 7.10 apresenta-se a determinação do IEE_{real, facturas}.

Tabela 7. 10 - Determinação do IEE_{real, facturas}

Consumo das facturas electricidade [kWh/ano] =	37633	Janeiro de 2009 a Dezembro de 2009
Consumo das facturas gás [kWh/ano] =	164554	Janeiro de 2009 a Dezembro de 2009
Fonte de energia (FPU) [kgep/kWh] =	0,290	Electricidade
Fonte de energia (FPU) [kgep/kWh] =	0,086	Gás Natural
IEE _{real, facturas} [kgep/m ² .ano] =	16,0	CUMPRE

Uma vez que o valor de IEE apurado a partir das facturas energéticas é inferior ao máximo permitido para o edifício não está obrigado à implementação de PRE.

8 MEDIDAS DE MELHORIA

As medidas de melhoria destinam-se a melhorar a eficiência energética do edifício, através da melhoria de desempenho do edifício que o proprietário pode implementar para reduzir as suas despesas energéticas.

8.1 Medida de Melhoria I - *Instalação de um sistema solar para produção de águas quentes sanitárias e apoio ao aquecimento da água dos tanques*

A medida estudada, contempla a implementação de um sistema solar térmico para a produção de águas quentes sanitárias e também apoio ao aquecimento da água dos tanques, com base em 18 colectores com área total de 40 m² e dois termoacumuladores verticais de 1000 litros cada com serpentina.

Serviram de referência para efeitos de dimensionamento e do estudo em geral os seguintes elementos:

- 1) Taxas de ocupação da Piscina;
- 2) Valores de referência de consumo de AQS para utilizadores de piscinas interiores;
- 3) Histórico dos consumos de Gás Natural e Água;
- 4) Alguns elementos técnicos recolhidos na visita ao local, nomeadamente o espaço disponível para colocação de colectores.
- 5) Dados climáticos - Foi utilizado uma ferramenta de cálculo para dimensionamento das instalações solares térmicas. O programa utilizado para o dimensionamento foi o SolTerm5 e tem na sua base de dados os valores recolhidos de incidência solar para vários locais. Foram considerados os valores de irradiação solar, temperatura ambiente e altura solar para a cidade do Porto.

Estima-se um custo de cerca de 27 161 € (valor obtido através de consulta a fornecedores), onde está incluído o valor dos painéis, depósitos, todos os acessórios necessários e a instalação.

8.1.1 Análise Energética e Económica

O cálculo da energia produzida anualmente pelo sistema solar térmico, aqui proposto foi efectuado utilizando, como já foi referido, o programa de cálculo Solterm5. O ensaio aos colectores solares foi realizado considerando a posição destes virados a sul com a inclinação de 46º (optimização pelo Solterm5).

Na figura 8.1 apresenta-se uma das interfaces do programa *Solterm5*.

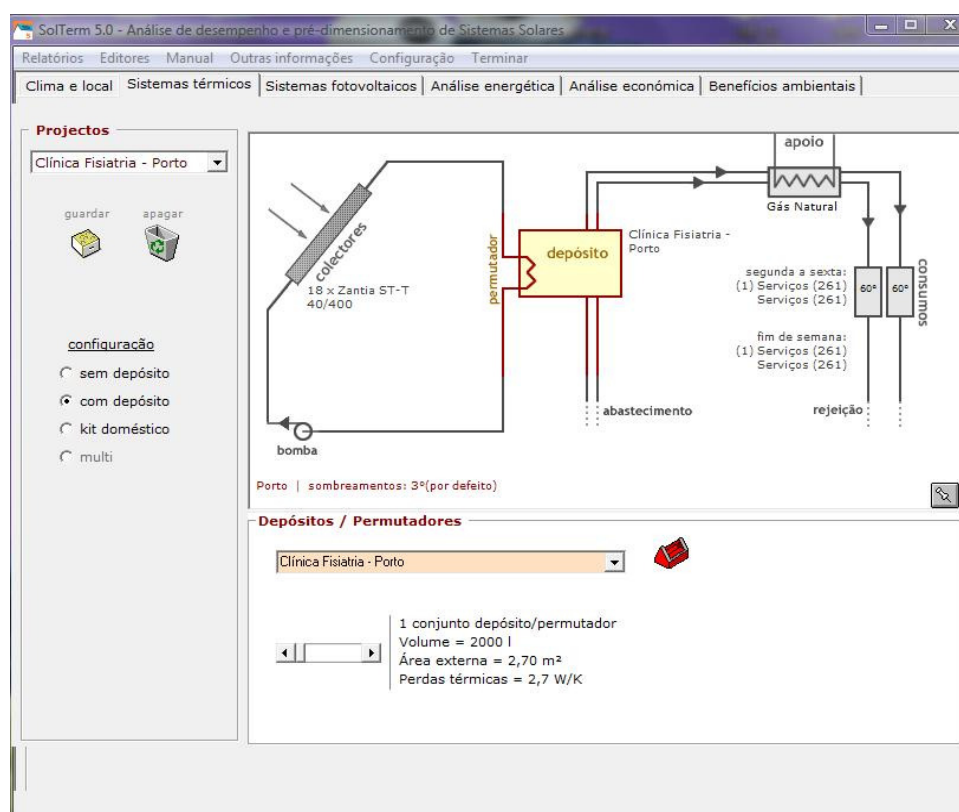


Figura 8. 1 – Interface do programa *Solterm5*

A distribuição anual de energia produzida encontra-se na figura 8.2. Considerou-se que no mês de Agosto não há produção dos colectores uma vez que a clínica se encontra encerrada. O sistema produz anualmente cerca de 12 787 kWh.

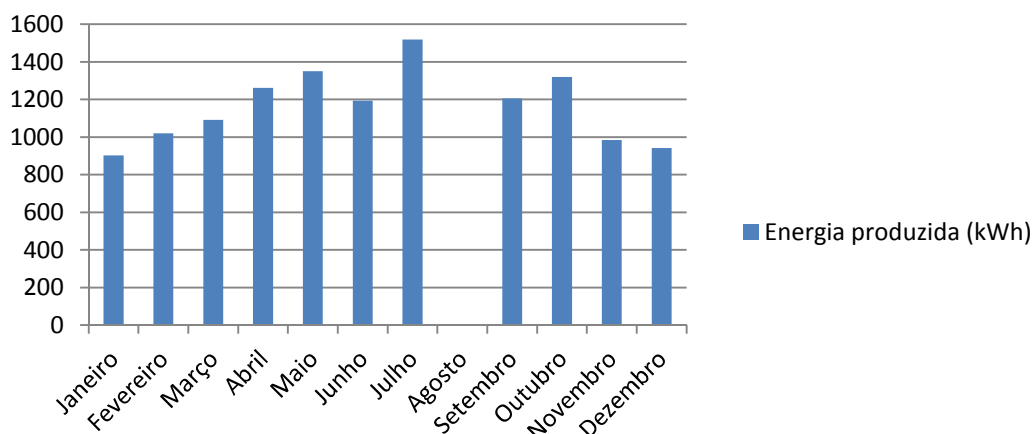


Figura 8. 2 – Distribuição anual de energia produzida pelo sistema solar térmico

Na tabela 8.1 apresenta-se, resumidamente, a análise energética e económica para esta medida de melhoria.

Tabela 8. 1 - Análise energética Económica para a Medida de Melhoria I

	Edifício (Simulação real)	Edifício com a implementação da Medida de Melhoria I
Consumo anual [kWh/ano]	201115	188328
Redução do Consumo anual [%]	-	6,4%
Custo anual [€/ano]	14605	13837 €
Poupança anual [€/ano]	-	767 €
Emissões de CO ₂ [ton/ano]	25,8	24
Redução das emissões de CO ₂ [%]	-	5%
Investimento s/ IVA [€]	-	27161 €
Período de Retorno [anos]	-	35,4

Com a implementação deste sistema de solar térmico consegue-se uma poupança anual de energia de 6,4% que se reflecte numa poupança anual de 767€ e uma redução de 5% nas emissões de CO₂.

O retorno desta medida de melhoria é bastante elevado pois é de aproximadamente 35 anos e 5 meses. Este facto deve-se ao preço do gás ser relativamente baixo e à grande eficiência das caldeiras, 93%.

Para avaliação desta medida assumiu-se que o custo da electricidade é de 0.128 €/kWh e o custo gás natural é de 0.06 €/kWh.

Como o período de retorno do investimento feito é superior ao tempo de vida dos painéis, esta medida de melhoria é economicamente inviável.

8.2 Medida de Melhoria II - *Instalação de um sistema de microgeração*

A presente medida de melhoria visa o projecto, fornecimento e instalação de um sistema de microprodução fotovoltaica, ao abrigo do DL 118-A/2010.

Neste estudo prevê-se a instalação de 20 painéis com a potência de 230W. O ensaio aos painéis foi realizado considerando a posição destes virados a sul com a inclinação de 30°.

Será também necessário ser instalado um inversor, equipamento responsável pela conversão da energia em corrente contínua (produzida pelos painéis fotovoltaicos) para energia em corrente alternada (para injeção na rede eléctrica), com potência nominal de 3680W.

O inversor de corrente para ligação à rede converte a corrente eléctrica produzida pelo gerador – neste caso, os painéis fotovoltaicos – para os valores adequados à rede eléctrica. Para além desta conversão é necessário ter em conta que a rede eléctrica está sujeita a variações conforme a carga a que está sujeita. De forma a acompanhar estas oscilações da rede, o inversor monitoriza continuamente a rede eléctrica, ajustando os seus parâmetros de funcionamento aos da rede.

A corrente eléctrica, depois de convertida pelo inversor de corrente, é injectada na rede eléctrica passando por um contador de venda de energia. Este contador está associado a um modem que permitirá a telecontagem da energia produzida e injectada na rede.

De referir que, de acordo com a legislação, a implementação de um sistema de microgeração num edifício deste tipo, obriga à colocação de, pelo menos, 2 m² de área

de captação de um sistema solar térmico. O cálculo da energia produzida anualmente pelo sistema solar térmico de 2m² foi efectuado utilizando o programa de cálculo Soltem5.

8.2.1 Análise energética e económica

O cálculo da energia produzida anualmente pelo sistema solar fotovoltaico aqui proposto foi efectuado utilizando o programa de cálculo *PVSYST v4.37*.

Na figura 8.3 apresenta-se uma das interfaces do programa *PVSYST v4.37*.

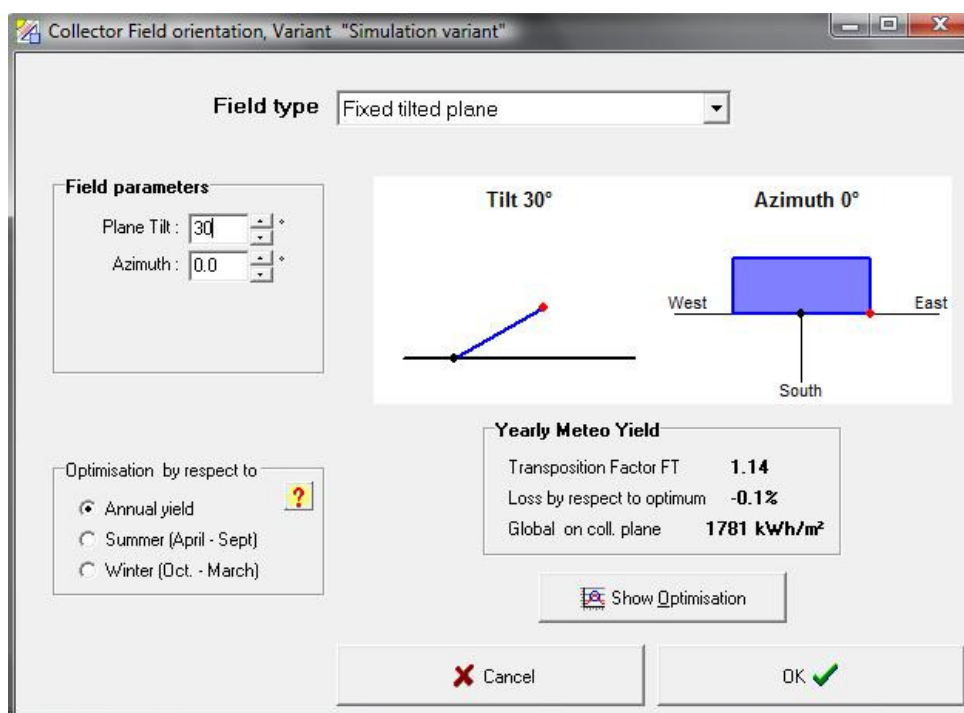


Figura 8. 3 – Interface do programa *PVSYST v4.37*

De acordo com o D.L. 118A de 2010, as tarifas a aplicar a sistemas fotovoltaicos tomam os seguintes valores:

- 1) Do 1º ao 8º ano de produção: 0,38 €/kWh
- 2) Do 9º ao 15º ano de produção: 0,22 €/kWh
- 3) Do 16º e restantes anos de produção: tarifa de regime geral em vigor à data

A distribuição anual de energia produzida pelo sistema fotovoltaico encontra-se na figura 8.4. Este sistema produz anualmente cerca de 6463 kWh.

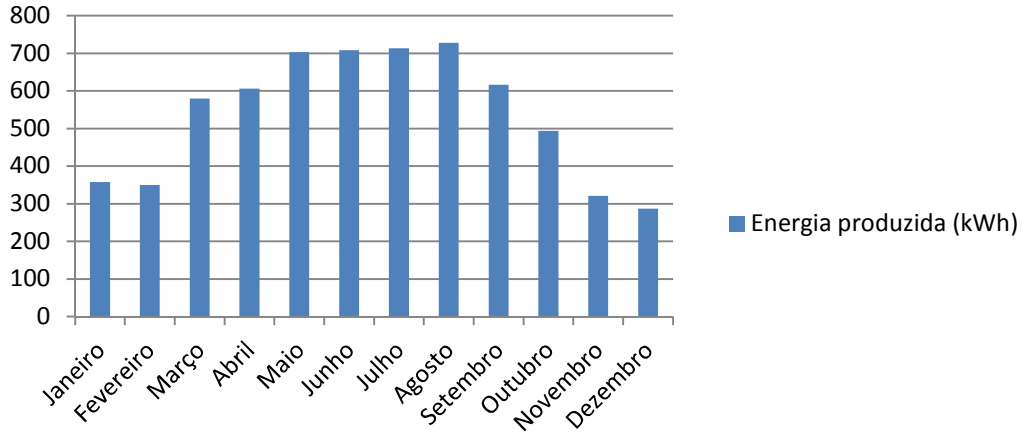


Figura 8. 4 – Distribuição anual de energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico

A distribuição anual de energia produzida do sistema solar térmico encontra-se na figura 8.5. Considerou-se que no mês de Agosto não há produção do sistema solar térmico uma vez que a clínica se encontra encerrada. O sistema produz anualmente cerca de 1483 kWh.

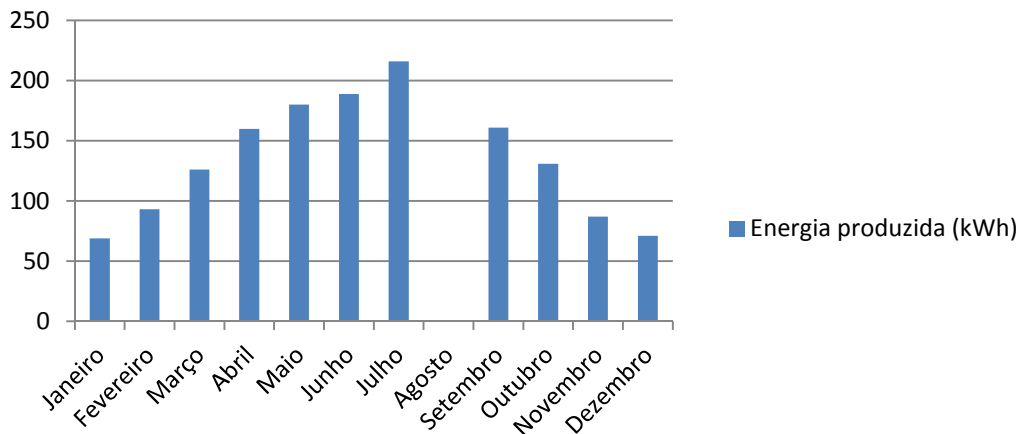


Figura 8. 5 – Distribuição anual de energia produzida pelo sistema solar térmico

Na tabela 8.2 apresenta-se, resumidamente, a análise energética e económica para esta medida de melhoria.

Tabela 8. 2 - Análise energética Económica para a Medida de Melhoria II

	Edifício (Simulação real)	Edifício com a implementação da Medida de Melhoria II
Consumo anual [kWh/ano]	201115	199632
Redução do Consumo anual [%]	-	0,7%
Custo anual [€/ano]	14605	14516 €
Poupança anual [€/ano]	-	2545 € (*)
Emissões de CO ₂ [ton/ano]	25,8	25,6
Redução das emissões de CO ₂ [%]	-	1%
Investimento s/ IVA [€]	-	15666 €
Período de Retorno [anos]	-	6,2

(*) Este valor contempla a poupança em gás natural e ainda o produzido com o sistema fotovoltaico

Com a implementação do sistema solar térmico de 2 m² consegue-se uma poupança anual de energia de apenas 0,7% e uma redução de 1% nas emissões de CO₂. Contudo, considerando ambos os sistemas, solar térmico e solar fotovoltaico, obtém-se uma poupança anual de 2545€.

O retorno desta medida de melhoria é de aproximadamente 6 anos e 2 meses.

Para avaliação desta medida assumiu-se que o custo da electricidade é de 0.128 €/kWh e o custo gás natural é de 0.06 €/kWh.

8.3 Classificação Energética após implementação das medidas de melhoria

Devido à quantidade de espaço disponível para instalação ser limitado, apenas será possível implementar uma medida de melhoria entre a medida de melhoria I e II. Fica portanto ao critério dos proprietários, caso queiram avançar com a implementação de uma destas medidas de melhoria, a decisão de qual de entre estas duas vão implementar.

Com a implementação da Medida de Melhoria I obtém-se uma melhoria no valor do IEE_{nom}, contudo, o edifício manterá a mesma classe energética.

Na tabela 8.3 encontra-se a etiqueta energética do edifício após implementação da Medida de Melhoria I.

Tabela 8. 3 - Etiqueta energética do edifício após implementação da Medida de Melhoria I

CLASSE ENERGÉTICA		Classe	
		IEEnom	
		E	
		40,09	
Classe Energética	IEE nom [kgep/m ² .ano]		
A+	-	<IEE nom <	15,86
A	15,86	<IEE nom <	19,21
B	19,21	<IEE nom <	22,56
B-	22,56	<IEE nom <	25,91
C	25,91	<IEE nom <	32,62
D	32,62	<IEE nom <	39,32
E	39,32	<IEE nom <	46,02
F	46,02	<IEE nom <	52,72
G	52,72	<IEE nom <	-

Com a implementação da Medida de Melhoria II obtém-se uma melhoria no valor do IEE_{nom}, e o edifício passa a ter **Classe Energética D**.

Na tabela 8.4 encontra-se a etiqueta energética do edifício após implementação da Medida de Melhoria II.

Tabela 8. 4 - Etiqueta energética do edifício após implementação da Medida de Melhoria II

CLASSE ENERGÉTICA		Classe	
		IEEnom	
		D	
		39,30	
Classe Energética	IEE nom [kgep/m ² .ano]		
A+	-	<IEE nom <	15,86
A	15,86	<IEE nom <	19,21
B	19,21	<IEE nom <	22,56
B-	22,56	<IEE nom <	25,91
C	25,91	<IEE nom <	32,62
D	32,62	<IEE nom <	39,32
E	39,32	<IEE nom <	46,02
F	46,02	<IEE nom <	52,72
G	52,72	<IEE nom <	-

Com a análise das medidas de melhoria propostas verifica-se uma enorme mais-valia na implementação da medida de melhoria II, não só porque reduz os consumos de energia e traz alguma poupança económica ao proprietário, mas também porque o edifício passa a ter uma melhor classe energética.

9. CONCLUSÃO

A elaboração deste trabalho teve como objectivo a realização de uma Auditoria Energética e da Qualidade do Ar Interior de uma clínica de fisioterapia, localizada no Porto. Pretendeu-se ainda determinar a Classificação Energética do edifício.

Os resultados da auditoria energética permitiram concluir que o principal consumo de energia deste estabelecimento advém do consumo de gás natural das caldeiras utilizadas para o aquecimento ambiente, o aquecimento das águas quentes sanitárias e o aquecimento da água dos tanques da piscina. O consumo de gás natural representa 81% do consumo total de energia do edifício em oposição 19% ao consumo de energia eléctrica.

As bombas de água associadas aos tanques da piscina representam mais de metade dos consumos eléctricos registados no edifício, para o período analisado.

A iluminação é apenas responsável por 1% do consumo eléctrico do edifício, em consequência da boa iluminação natural no interior deste.

Tanto os consumos de AVAC, como o desumidificador associado à piscina, têm uma influência muito reduzida no valor dos consumos eléctricos, sendo responsável por apenas 4% dos consumos registados.

Em relação às facturas de energia conclui-se que, à semelhança da auditoria energética, o principal consumo de energia é de gás natural e que representa 81% do consumo total de energia do edifício.

A Auditoria QAI realizada à clínica de fisioterapia permitiu identificar situações não regulamentares em diversos espaços.

Os compostos orgânicos voláteis excedem, na maioria das zonas, os valores regulamentares ($0,6 \text{ mg/m}^3$) e também a concentração medida no exterior ($1,77 \text{ mg/m}^3$). Verifica-se que existe uma forte contaminação do ar interior pelo ar exterior sendo esta a razão pela qual os valores dos compostos orgânicos voláteis são tão elevados.

No que respeita os fungos e as bactérias, também são encontrados vários espaços com valores não regulamentares, ou seja, no caso das bactérias identificaram-se 3 espaços com concentração superior a 360 UFC/m^3 e, no caso dos fungos, 8 espaços com concentração superior à exterior que é de 340 UFC/m^3 . Uma vez que o ar exterior apresenta valores reduzidos para estes parâmetros, pode concluir-se que a contaminação é interior.

Para os restantes parâmetros analisados, nomeadamente, partículas respiráveis PM10, CO₂, CO, O₃, HCOH, radão e legionella, todos os valores medidos se encontravam em conformidade regulamentar.

Após a realização da simulação dinâmica do edifício e respectiva validação com a auditoria energética e com as facturas de energia anuais obteve-se um IEE_{nominal} de 40,54 kgep/m².ano o que qualifica o edifício com uma **Classe Energética E**.

O valor do CO₂ emitido por este edifício em termos nominais, anualmente, é de 76.39 toneladas.

Com medidas de melhoria propostas conclui-se que a implementação de um sistema fotovoltaico conjugado com o sistema solar térmico (Medida de Melhoria II) seria uma mais-valia já que esta medida permitiria ao proprietário reduzir 0,7 % do consumo do edifício e ainda obter capital com a venda da electricidade à rede. Esta medida de melhoria tem um retorno aproximado de 6,2 anos.

Adicionalmente esta medida de melhoria passaria a qualificar o edifício de uma **Classe Energética E** para uma **Classe Energética D**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE – Agência Para a Energia. Agência Portuguesa do Ambiente. Direcção Geral de Energia e Geologia. (2009) *NOTA TÉCNICA NT-SCE-02 Metodologia para Auditorias Periódicas de QAI em Edifícios de Serviços Existentes no Âmbito do RSECE*. Portugal.

ADENE – Agência Para a Energia. (2011). *Perguntas & Respostas sobre o RCCTE*. Portugal.

ADENE – Agência Para a Energia. (2011). *Perguntas & Respostas sobre o RSECE - Energia*. Portugal.

ADENE – Agência Para a Energia. (2011). *Perguntas & Respostas sobre o RSECE - QAI*. Portugal.

ADENE – Agência Para a Energia. (2009). *Perguntas & Respostas sobre o SCE*. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (Janeiro de 2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico*. Amadora

Beleza, V., Santos, R., Pinto, M. (2007). *Piscinas – Tratamento de Águas e Utilização de Energia*. Edições Politeama. Porto

Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril. *DIÁRIO DA REPÚBLICA Nº67/2006—I SÉRIE-A*. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril. *DIÁRIO DA REPÚBLICA Nº67/2006—I SÉRIE-A*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações . Lisboa.

Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril. *DIÁRIO DA REPÚBLICA Nº67/2006—I SÉRIE-A*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações . Lisboa.

Despacho nº11020/2009 de 30 de Abril. *NOTA TÉCNICA NT-SCE-01 Método de Cálculo Simplificado para a Certificação Energética de Edifícios Existentes no Âmbito do RSECE*. Portugal.

Sá, A. (2008). *Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética*. Edições Publindústria. Porto

Santos, C., Matias, L. (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios - ITE50*. LNEC. Lisboa

Santos, C., Rodrigues, C. (2009). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos Opacos da Envolvente dos Edifícios - ITE54*. LNEC. Lisboa

TRNSYS - A Transient System Simulation Program. 2000, Solar Energy Laboratory: Wisconsin - Madison, United States of America (USA).

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

ANEXOS

AUDITORIA ENERGÉTICA E DA QAI NO ÂMBITO DO SCE DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

LUÍS CASIMIRO AFONSO MORAIS

Mestrado em Engenharia Química

Ramo Optimização Energética na Indústria Química

Outubro de 2011



Departamento de Engenharia Química
Rua António Bernardino de Almeida, 31
4200 - 072 Porto

GreenWatt – Certificação Energética de edifícios e Energias renováveis

Rua Eng. Frederico Ulrich, 2650
4470 - 605 Maia

ANEXOS

AUDITORIA ENERGÉTICA E DA QAI NO ÂMBITO DO SCE DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Orientador: Doutora Rosa Pilão

Co-Orientador: Engenheira Petra Vaquero

ÍNDICE

ANEXO A – CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS QAI	1
ANEXO B – PERFIS NOMINAIS DE ILUMINAÇÃO, EQUIPAMENTOS E OCUPAÇÃO	9

ANEXO A – CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS QAI

Este capítulo tem como finalidade apresentar os certificados de calibração de todos os equipamentos utilizados na auditoria QAI.

Na figura A.1 e A.2 são apresentados os certificados de calibração da sonda GrayWolf_IAQ 610 (sonda utilizada para medição de temperatura, humidade relativa, CO₂, CO, COVs e O₃).



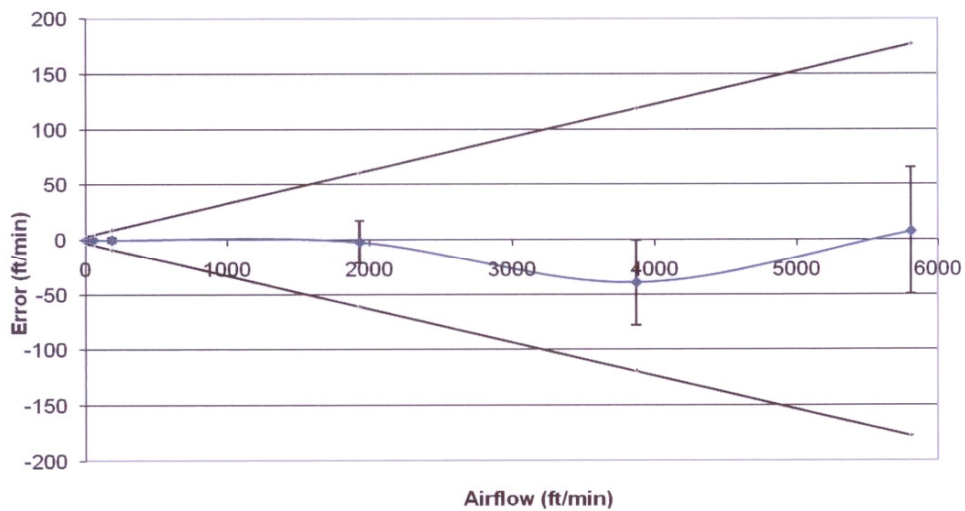
Gray Wolf Sensing Solutions Calibration Certificate

Model # AS-202A Hotwire Anemometer
Serial # 02-784
Multiprobe: Yes
Date: 6/22/2010

Temperature		
Actual (+/-1.1°C)	21.22°C	47.17°C
Measured	21.22°C	47.17°C

Airspeed						
Actual (+/-3%rdg)	0 ft/min	53ft/min	183ft/min	1929ft/min	3870ft/min	5807ft/min
Measured	0 ft/min	53ft/min	183ft/min	1927ft/min	3831ft/min	5815ft/min

AS201 /AS202A Error Curve (68°F)



EMAIL: Quality@WolfSense.com
 Web: www.WolfSense.com

Figura A.1 – Certificado de calibração da sonda GrayWolf_IAQ 610



Gray Wolf Sensing Solutions Calibration Certificate

Model # IQ610 Indoor Air Quality Probe with PID
 Serial # 05-556
 Multiprobe: Yes
 Date: 1st September 2010

Temperature		
Actual (+/-0.3°C)	21.31°C	42.61°C
Measured	21.31°C	42.61°C

Relative Humidity		
Actual (+/-2%RH)	10.60%	76.50%
Measured	10.60%	76.50%

Carbon Dioxide (Socket 2) (Serial # MT 007203)		
Actual (+/-2%)	351ppm	1005ppm
Measured	351ppm	1005ppm

Ozone (Socket 3) (Serial # 11356717030)		
Actual (+/-2%)	0ppm	6.20ppm
Measured	0ppm	6.20ppm

TVOC (Socket 4) (PPB+) (Serial # 20251108)		
Actual (+/-2%)	0ppb	8000ppb
Measured	0ppb	8000ppb

Carbon Monoxide (Socket 5) (Serial # 15691053049)		
Actual (+/-2%)	0ppm	95.00ppm
Measured	0ppm	95.00ppm

EMAIL: Quality@WolfSense.com
 Web: www.WolfSense.com

Figura A.2 - Certificado de calibração da sonda GrayWolf_IQA 610

Na figura A.3 é apresentado o certificado de calibração da do equipamento MIE pDR-1500 (medidor de partículas respiráveis PM10).

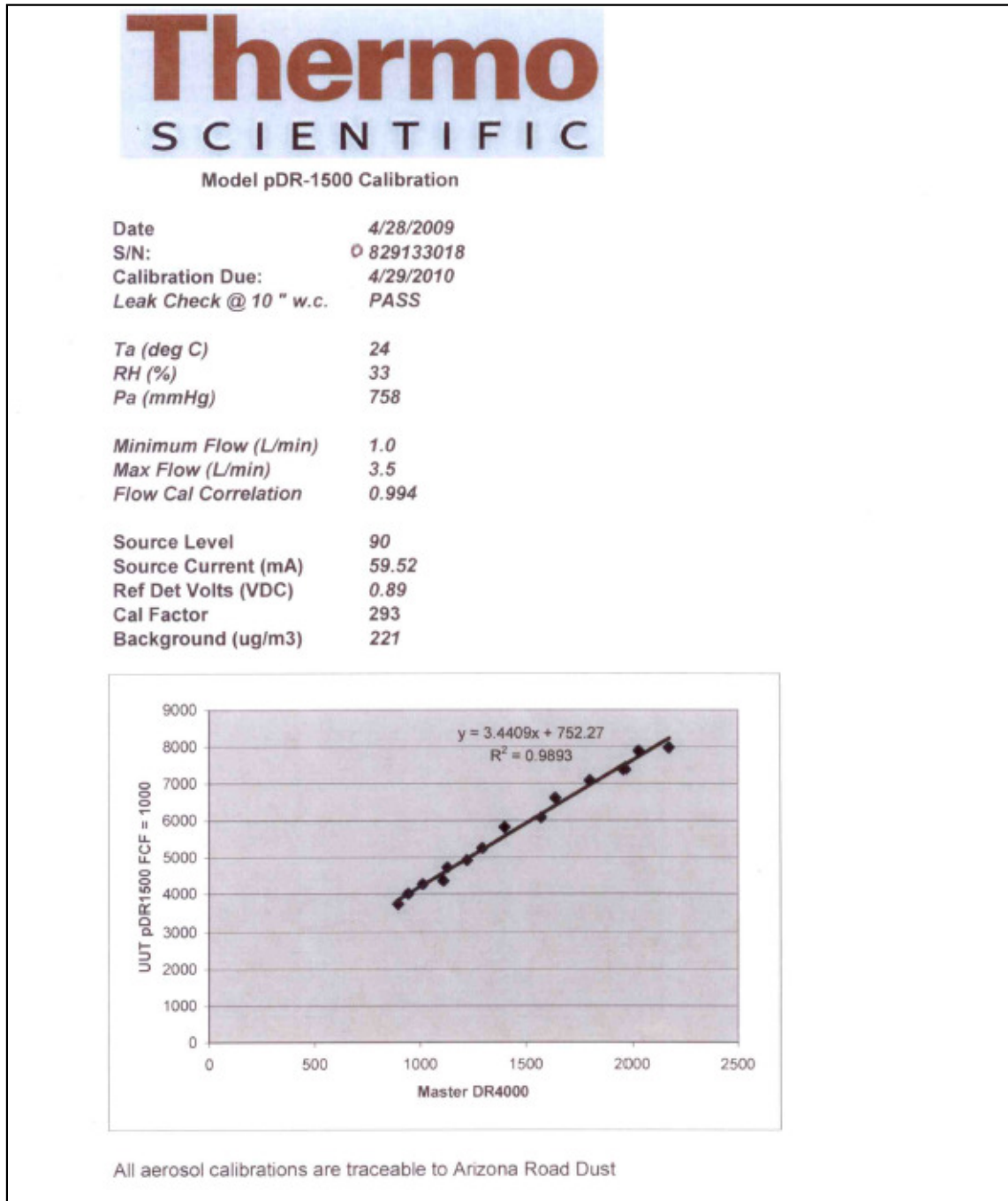


Figura A.3 – Certificado de calibração do equipamento MIE pDR 1500

Na figura A.4 a A.5 é apresentado o certificado de calibração da do equipamento PBI – SAS IAQ (bomba de ar utilizada para as amostragens de fungos e bactérias).


VERIFICATION CERTIFICATE / Certificato di Verifica		
Certificate/Certificato N. <u>2019</u> Date of issue/ Data <u>11.06.09</u> Number of Pages/Pagine: 1 of 1		
Issued by/Rilasciato da: International pbi Spa – Via Novara, 89 - 20153 Milano, Italy		
Instrument/Strumento		
Type/Modello	Catalogue Number/ N.Catalogo	Serial Number/ Matricola N.
<u>Super IAQ</u>	<u>90715</u>	<u>A. L. 06228</u>
Preliminary Inspection/ Ispezione Preliminare		
Conductive paint inspection/ Verifica verniciatura elettroconduttiva		<input checked="" type="checkbox"/>
Panel and paint control/ Verifica stato verniciatura e serigrafia		<input checked="" type="checkbox"/>
Aspirating head control/ Verifica cromatura-lucidatura e foratura testata di aspirazione		<input type="checkbox"/>
Motor control/ Verifica integrità e funzionalità motore		<input checked="" type="checkbox"/>
Motor fan noise inspection/ Verifica rumorosità motore		<input checked="" type="checkbox"/>
Socket and battery inspection/ Prova funzionalità carica batteria		<input checked="" type="checkbox"/>
PC Board Inspection/ Verifica integrità scheda elettronica		<input checked="" type="checkbox"/>
Battery control/ Controllo batteria		<input checked="" type="checkbox"/>
RODAC plate fixing system control/ Controllo sistema meccanico trattenuta piastra a contatto		<input checked="" type="checkbox"/>
Running Test Protocol/Procedura di collaudo		
Fixed Volumes Control/ Verifica cicli fissi (10-20-30-50-100-200-500-1000)		<input checked="" type="checkbox"/>
Open Volumes Control/ Verifica cicli programmati		<input checked="" type="checkbox"/>
Operation Test/ Test di funzionamento		
Instrument switch on/ Accensione strumento		<input checked="" type="checkbox"/>
Air Volumes programming/ Richiamo valori programmati		<input checked="" type="checkbox"/>
Instrument "Start"/ Avviamento programma		<input checked="" type="checkbox"/>
Auto switch-off control/ Verifica auto-spegnimento		<input checked="" type="checkbox"/>
Buzzer control/ Verifica suoneria		<input checked="" type="checkbox"/>
Remote control inspection/ Verifica funzionamento telecomando		<input type="checkbox"/>
Air Calibration verification/ Controllo di verifica volume d'aria aspirata		
Final testing/ Controllo finale con procedura d'uso dello strumento		<input checked="" type="checkbox"/>
Visual display and Body Serial Number Control/ Controllo corrispondenza matricola, display		<input checked="" type="checkbox"/>
Aspirating head serial number/ Numero di identificazione testata aspirazione.....		<input type="checkbox"/>
Head and plate type/ Tipo testata e piastra -		<input checked="" type="checkbox"/>
Contact plate <input type="checkbox"/> or Standard 90 mm Petri dish <input checked="" type="checkbox"/>		
Aspirating head holes number & diameter/ Numero e diametro fori testate di aspirazione		<input checked="" type="checkbox"/>
401 Holes <input type="checkbox"/> 219 Holes <input checked="" type="checkbox"/>		
Aspirated air volume + 5%/ Volume aria aspirata + 5%		<input checked="" type="checkbox"/>
Protocol: A RODAC (or 90 mm Petri dish) was inserted in the aspirating chamber. The Nominal Values and tolerance are shown in the below table/Una Contact plate (o piastra Petri) è stata inserita nella camera di aspirazione. I valori nominali e le tolleranze sono riportati in tabella		
Nominal Values and Tolerance/Valori Nominali e Tolleranze		
Air Sampler Model/ Modello Campion.	Nominal Value/ Valore Nominale	Tolerance/ Tolleranza
SAS Super100, SAS ISO100, SAS100 Isolator	100 lts/min	± 5%
SAS Super180, SAS ISO180, SAS180 Isolator	180 lts/min	+5%
DUO SAS 360	180 lts/min (each head/ogni testata)	+5%
SAS90, SAS Compact	90 lts/min	+10%
SAS IAQ, SAS BIO, SAS ECO	100 lts/min	+10%
Documentation/ Documentazione		
Warranty/ Garanzia		<input checked="" type="checkbox"/>
English language Instruction Manual		<input type="checkbox"/>
Manuale di Istruzioni in Italiano		<input type="checkbox"/>
Rigid Panel Instructions		<input type="checkbox"/>
Aspirating head certificate/ Certificato testata di aspirazione		<input type="checkbox"/>
Certification/ Certificazione		
Operator Name and signature/ Nome operatore e firma	Supervisor Name and Signature/ Nome Supervisore, Firma	
<u>Monte Gianni</u>	<u>R</u>	

Figura A.4 - Certificado de calibração do equipamento PBI – SAS IAQ

Certificato di produzione testata

“SAS” SURFACE AIR SYSTEM HEAD

International PBI S.p.A. - Via Novara 89, 20153 Milan - Italy



Identification number: 16592
 Numero Identificazione

Material/Materiale Aluminium/Alluminio Stainless Steel/Acciaio Inossidabile

Finish/Finitura Chromed/Cromatura Polished/Lucidatura Anodised/Anodizzazione

Number of holes/Fori 219 487 401

Hole Diameter/Diametro fori 1 mm 0.75 mm

To be used with "Plate"/da utilizzarsi con piastre tipo:

Mini contact plate Diameter 55 mm Area 24 cm²

Maxi contact plate Diameter 84 mm Area 55 cm²

Petri Dishes Diameter 90 mm Area 60 cm²




Date of inspection/ Data dell'ispezione	23 aprile 2009	
Name of inspector/ Nome dell'ispettore	Name Giovanni Monti	Signature 
Name of Q.C. Responsible/ Nome del Responsabile del C.Q.	Name Enrico Pessina	Signature 

Figura A.5 – Certificado de calibração do equipamento PBI – SAS IAQ

Na figura A.6 é apresentado o certificado de calibração do equipamento RKI_FP40 (equipamento utilização na detecção de formaldeído).



INSTRUMENTS
Gas Detection For Life

CALIBRATION CERTIFICATE

Manufacturer:	Riken Keiki	Certificate Number:	109129
Model Number/Type:	FP-40	Date of Calibration:	08-20-10
Serial Number:	953040010RN	Asset Number:	N/A

Instrument Received:

In tolerance, no adjustment required
 In tolerance but adjustments made
 Out of tolerance
 Inoperative/Damaged
 Instrument Conversion

Instrument Returned:

In tolerance
 Calibration Procedure: OEM Procedure Page: 1-6

Technician: Ted Vibar Date: 08-20-10

CALIBRATION RESULTS

Channel Number	Gas Type	Concentration	Data As Found	Acceptable Range		Tolerance		Calibration As Left
				Minimum	Maximum	In	Out	
1	HCHO	0.27 PPM	OVER	0.243	0.297	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.27 PPM
2						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Lab Temperature (Degrees F):	72	Lab Humidity (%RH):	41
Total Flow Rate:	.25 LPM	Flow Alarm Trip Point:	N/A SCFH

STANDARDS USED IN CALIBRATION

Standard	ID /Lot Number	Description	Accuracy	Cal. Date	Exp. Date
GG.7	805538	Gastec permeation calibrator	+/-10%	5/23/08	N/A

Notes: Generated HCHO and tested against Gold Standard unit to confirm concentration. $.21 \times 1.3 = 0.27$ ppm

I certify the accuracy of this Calibration Certificate: *[Signature]* Name QA Inspector Title 8/20/10 Date

RKI Instruments, Inc. certifies the instrument referenced above has been inspected, repaired (if necessary), and calibrated by qualified personnel and was found to meet or exceed the manufacturer's specifications per ISO 9001:2000 Quality System. The primary error source for this calibration is the accuracy of the gas. Gases are certified by the manufacturer at $\pm 1\%$ to $\pm 15\%$ by volume using a gravimetric method of analysis against NIST traceable weights. All test and calibration records, including the Certificate of Analysis for each gas used in this calibration, are maintained at RKI Instruments. This certificate may not be reproduced except in full, without the written approval of RKI Instruments, Inc.

RKI Instruments, Inc. • 33248 Central Ave. • Union City CA 94587 • Phone (510) 441-5656 • (800) 754-5165 • Fax (510) 441-5650
www.rkiinstruments.com Page 1 of 1 Form 09-02-12 Rev. D

Figura A.6 – Certificado de calibração do equipamento RKI_FP40

ANEXO B – PERFIS NOMINAIS DE ILUMINAÇÃO, EQUIPAMENTOS E OCUPAÇÃO

Neste capítulo são apresentados os perfis de utilização nominais (DL nº 79/2006) para as tipologias presentes na clínica de fisioterapia, nomeadamente, Estabelecimento de Saúde de sem Internamento e Clube Desportivo com Piscina.

Na figura B.1 a B.3 estão representados os perfis de utilização nominal para a tipologia Estabelecimento de Saúde sem Internamento.

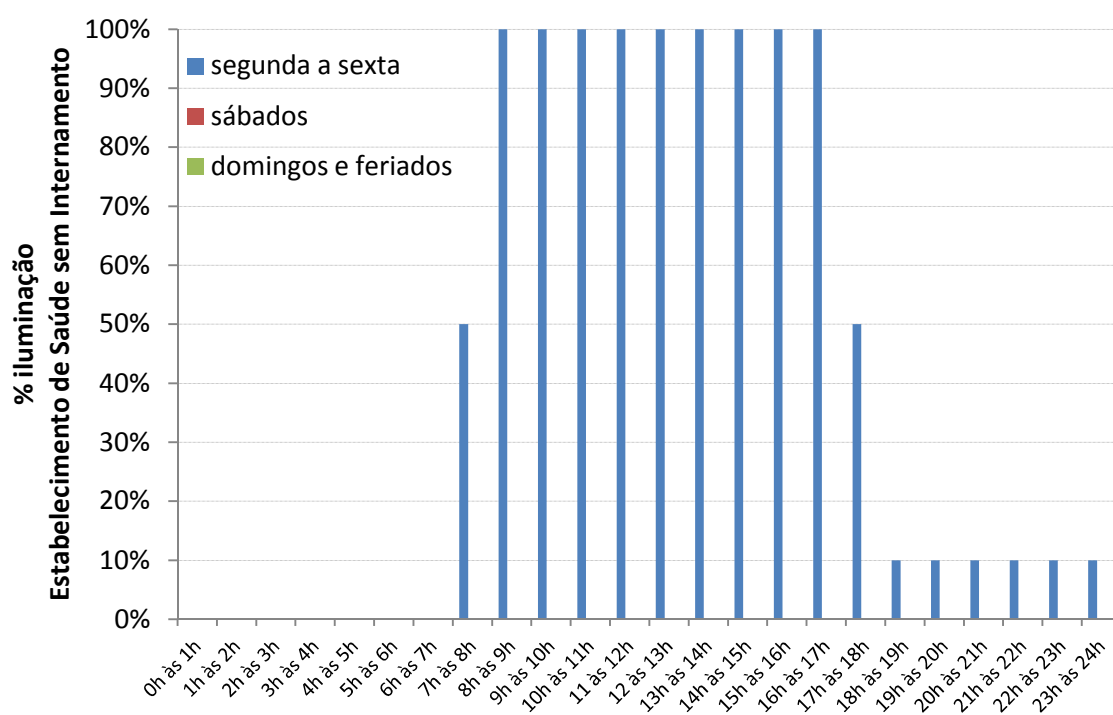


Figura B.1 – Perfil de utilização nominal da iluminação para Estabelecimentos de Saúde sem Internamento

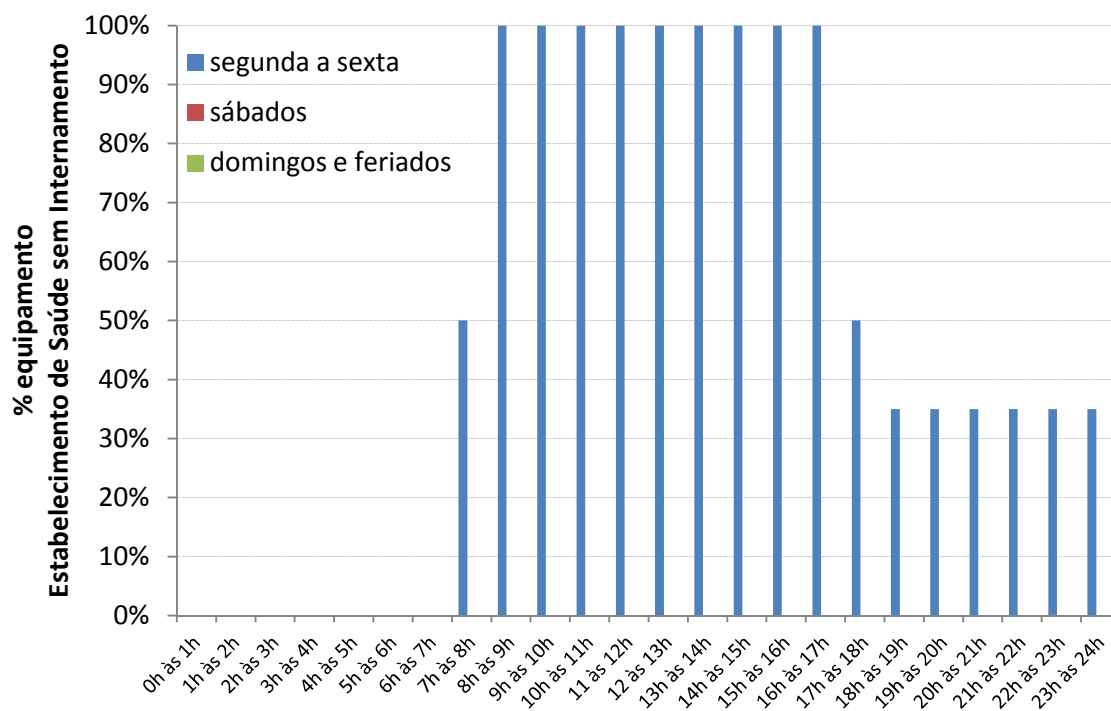


Figura B.2 – Perfil de utilização nominal dos equipamentos para Estabelecimentos de Saúde sem Internamento

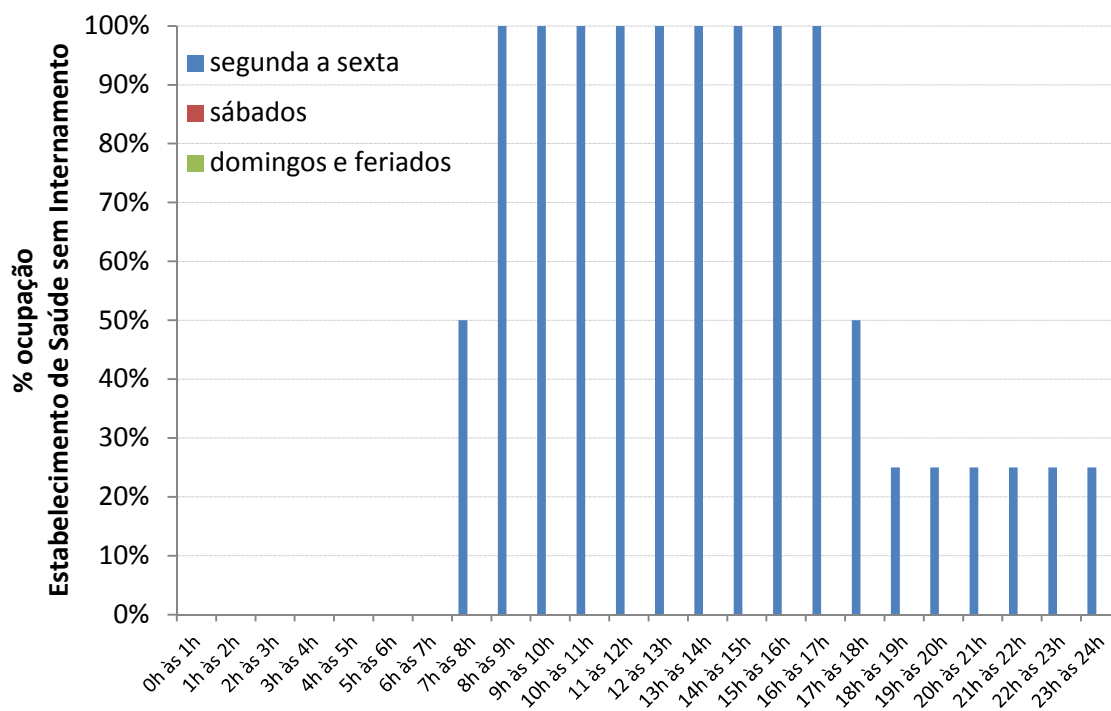


Figura B.3 – Perfil de utilização nominal da ocupação para Estabelecimentos de Saúde sem Internamento

Na figura B.4 a B.6 estão representados os perfis de utilização nominal para a tipologia Clube Desportivo com Piscina.

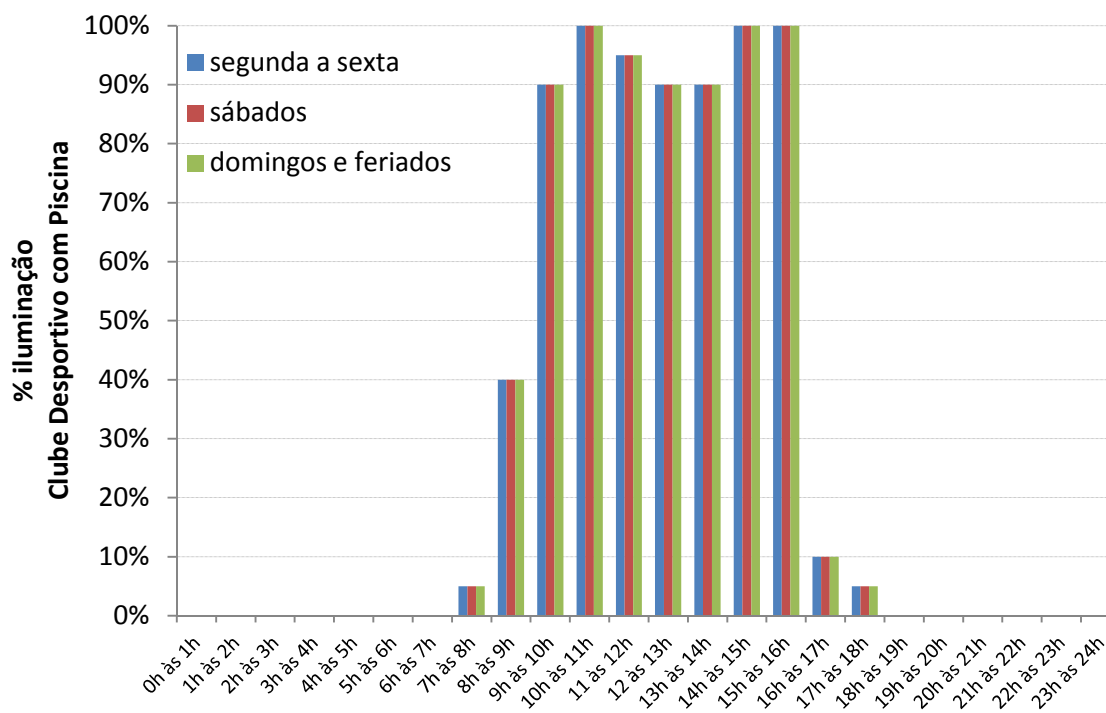


Figura B.4 – Perfil de utilização nominal da iluminação para Clube Desportivo com Piscina

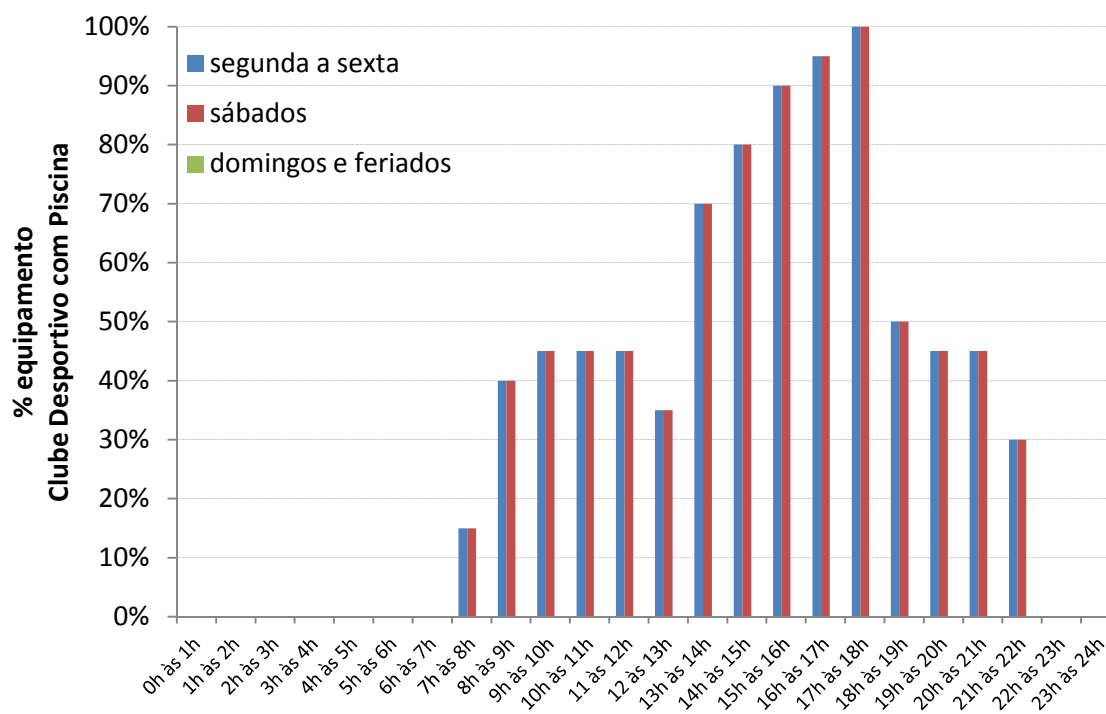


Figura B.5 – Perfil de utilização nominal dos equipamentos para Clube Desportivo com Piscina

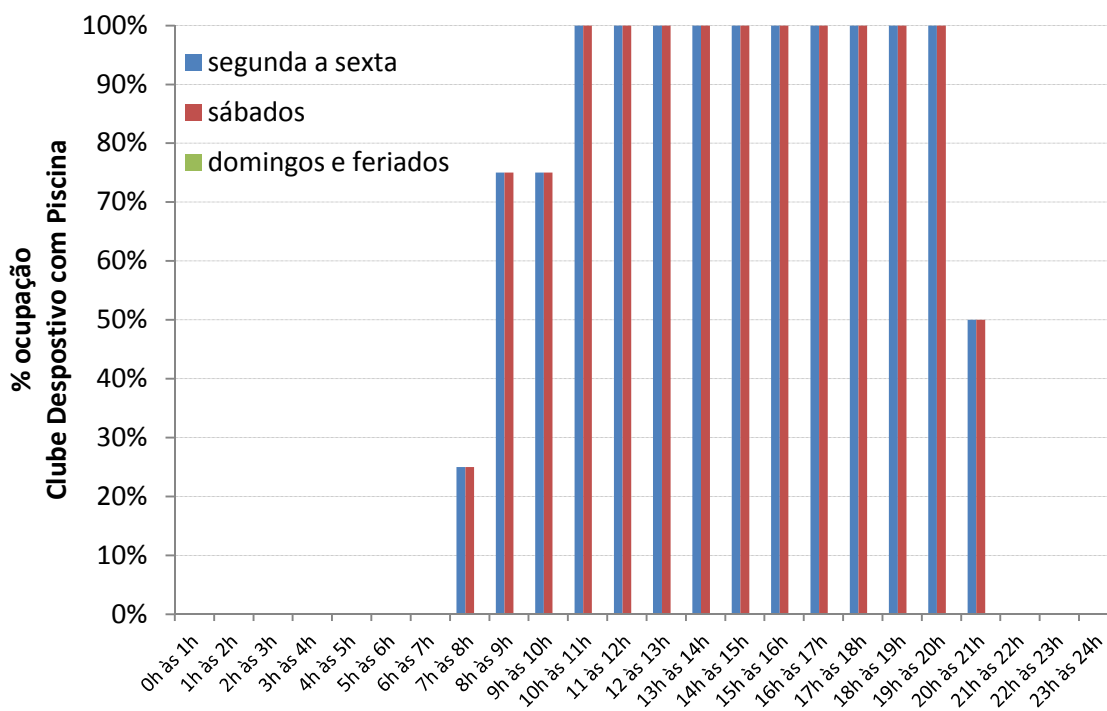


Figura B.6 – Perfil de utilização nominal de ocupação para Clube Desportivo com Piscina