



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Avaliação do desempenho energético de um edifício do setor de hotelaria

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Evaluation of a building's energy performance in the hotel sector

Autor

Ricardo Jorge Marques dos Santos

Orientadores

Professor Doutor António Manuel Raimundo

Engenheira Ângela Cristina da Cruz Bernardes

Júri

Presidente Professor Doutor Miguel Rosa Oliveira Panão
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Engenheira Ângela Cristina da Cruz Bernardes
Gestora de Projeto na empresa *Virtual Power Solutions*

Professor Doutor José Manuel Baranda Ribeiro
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



**VPS - Virtual Power
Solutions**

Coimbra, setembro, 2018

Failure is central to engineering. Every single calculation that an engineer makes is a failure calculation. Successful engineering is all about understanding how things break or fail.

Henry Petroski

Aos meus pais.

Agradecimentos

O trabalho aqui apresentado só foi possível com o apoio e cooperação, quer direta ou indireta, de algumas pessoas, as quais merecem o meu reconhecimento e gratidão.

Ao professor Doutor António Raimundo, pela ajuda e conselhos, contando sempre com a sua enorme disponibilidade ao longo de todo o trabalho.

À engenheira e amiga Ângela Bernardes, por toda a orientação e apoio dado durante o estágio, e por ter partilhado comigo as suas experiências e conhecimentos, que serão sem dúvida uma mais-valia para o meu futuro.

À equipa de Gestão de Energia da VPS, por todo o apoio dado na realização deste trabalho, assim como a grande amizade disponibilizada.

A todos os colegas e amigos da VPS, essenciais para uma melhor e mais facilitada integração.

A todos os meus amigos e colegas da universidade, nomeadamente Carlos Andrade, Joel Lopes, Miguel Costa e Tiago Couto pelo companheirismo demonstrado durante todos estes 5 anos de Universidade.

Aos meus pais por me terem apoiado sempre e serem uma inspiração para mim e terem feito todos os possíveis para me darem a oportunidade de frequentar um curso universitário.

A toda a minha família, em especial aos meus avós, por todo o suporte e compreensão ao longo destes 5 anos, e por toda a inspiração que são para mim.

Resumo

Em Portugal, o setor dos edifícios representa quase 30% da energia total consumida (DGEG, 2018a), sendo 13% referente ao setor dos serviços. A maioria dos edifícios de serviços portugueses apresentou em 2017 uma classificação C e apenas 3,3% uma classificação igual ou superior à classe A (SCE, 2017), permitindo concluir que a maioria deste tipo de edifícios apresenta um elevado potencial de poupança energética através de implementação de medidas de melhoria de eficiência energética.

O trabalho aqui apresentado tem como principal objetivo contribuir para a melhoria do desempenho energético de um edifício do setor da hotelaria, situado em Coimbra, através da identificação e análise de viabilidade de medidas de melhoria da eficiência energética e/ou de poupança económica. Este trabalho foi realizado sob a forma de um estágio curricular na empresa *Virtual Power Solutions*, integrado numa equipa de Gestão de Energia, num projeto nacional de eficiência energética em edifícios do setor hoteleiro.

Começou-se o estudo pela caracterização geral do edifício em termos arquitetónicos e de perfil de utilização e em seguida, o levantamento dos seus consumos energéticos. Posteriormente, foram construídos modelos matemáticos que permitem recriar e prever os consumos, bem como a realização de uma análise de sensibilidade. Esta última revelou que o número de dormidas é o parâmetro que tem maior influência nos consumos de energia e água.

A análise ao desempenho energético do edifício, através dos indicadores KPI, permitiu constatar que este apresenta melhor desempenho energético que a maioria dos outros edifícios da mesma tipologia, mas um pior desempenho relativamente ao consumo de água. Durante os meses de maior ocupação do edifício existe um menor consumo de energia e água por dormida.

De entre as medidas de melhoria identificadas destacam-se as relacionadas com os sistemas de iluminação (com um *payback* simples inferior a 2 anos), com o equipamento de lavar-loiça (com um *payback* simples inferior a 2 meses) e com os sistemas de aproveitamento de energia solar (com um *payback* simples inferior a 8 anos).

Palavras-chave: Gestão Energética, Setor Hoteleiro, Eficiência Energética, Consumo de Energia, Medição e Verificação.

Abstract

In Portugal, the buildings sector represents almost 30% of the total energy consumed, with 13% referring to the services sector. Most of Portuguese service buildings had a C classification in 2017 and only 3.3% had a rating equal to or higher than Class A, allowing to conclude that most of these buildings have a high potential for energy savings through implementation of measures to improve energy efficiency.

The main objective of this work is to contribute to the improvement of the energy performance of a hotel building in Coimbra, through the identification and feasibility analysis of measures to improve energy efficiency and / or economic savings. This work was carried out in the form of a curricular internship in the company Virtual Power Solutions, integrated in an Energy Management team, in a national energy efficiency project in hotel buildings.

The study was started by the general characterization of the building in terms of architecture and use profile and then, by a survey of their energy consumption. Subsequently, mathematical models were constructed that allow to recreate and predict the consumptions, as well as the accomplishment of a sensitivity analysis. The latter revealed that the number of overnight stays is the parameter that has the greatest influence on energy and water consumption.

The analysis of the energy performance of the building, through the KPI indicators, showed that this one presents better energy performance than most other buildings of the same typology, but a worse performance with respect to water consumption. During the months of greater occupation of the building there is a lower consumption of energy and water per night.

Among the measures of improvement identified are those related to lighting systems (with a simple payback of less than 2 years), with the washing machine (with a simple payback of less than 2 months) and with the systems of solar energy (with a simple payback of less than 8 years).

Keywords Energy Management, Hotel Industry, Energy Efficiency, Energy Consumption, Measurement and Verification.

Índice

Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	x
Simbologia e Siglas	xi
Simbologia.....	xi
Siglas	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento	2
1.2. Estágio na <i>Virtual Power Solutions</i>	5
1.3. Estado da Arte.....	6
1.4. Objetivos.....	13
2. METODOLOGIA.....	14
2.1. Auditorias ao Edifício	14
2.2. Certificado Energético do Edifício	15
2.3. Plataforma <i>Kisense</i>	16
2.4. Metodologia de Avaliação de Consumos	20
2.5. Metodologia de Análise de Sensibilidade.....	22
2.6. Metodologia de Avaliação de Poupanças	23
3. CASO DE ESTUDO – HOTEL DE 4 ESTRELAS	26
3.1. Descrição do Edifício.....	26
3.2. Perfis de Ocupação	27
3.3. Descrição dos Sistemas Energéticos	27
3.3.1. Sistemas de iluminação	27
3.3.2. Sistemas de AVAC.....	28
3.3.3. Sistemas de preparação de Águas Quentes Sanitárias.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Consumos de Energia e de Água	32
4.1.1. Consumo de energia elétrica.....	32
4.1.2. Consumo de gás.....	35
4.1.3. Consumo de água	37
4.2. Modelos para Previsão de Consumos	38
4.2.1. Consumo de energia elétrica (Sem AVAC)	38
4.2.2. Consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC	39
4.2.3. Consumo de gás.....	43
4.2.4. Consumo de água	45
4.3. Análise de Sensibilidade.....	46
4.4. Indicadores KPI (<i>Key Performance Indicators</i>).....	51
4.5. Medidas de Melhoria Mais Promissoras.....	53
4.5.1. Sistemas de iluminação	53
4.5.2. Máquina de lavar loiça	54

4.5.3. Sistema de aproveitamento de energias renováveis	56
4.6. Aspetos a Analisar Futuramente	59
5. CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO A – Variáveis em Estudo	66
ANEXO B – Estudo de Substituição de Iluminação	67
ANEXO C – Estudo da Máquina de Lavar Loiça	70
ANEXO D – Estudo do Sistema de Aproveitamento de Energias Renováveis	75
APÊNDICE A – Certificado Energético do Edifício	81
APÊNDICE B - Tabela de t-estatístico	89
APÊNDICE C – Horário do tarifário de eletricidade	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Evolução do consumo de energia primária em Portugal (DGEG, 2018a).....	2
Figura 1.2. Consumo de energia final por setor 2016 (%) (DGEG, 2018a).....	3
Figura 1.3. Classes de eficiência energética (ADENE, 2018).....	4
Figura 1.4. Certificados emitidos por classe energética para edifícios de serviços (%) (SCE,2017).....	4
Figura 1.5. Cronograma de tarefas realizadas no estágio.....	6
Figura 1.6. Histórico de energia e respetiva poupança de consumo de energia evitado (EVO, 2012).....	7
Figura 1.7. Evolução 2013-2017 do N° Dormidas em Portugal (Turismo de Portugal, 2018b).....	8
Figura 1.8. Desagregação dos consumos energéticos por utilização final (%) (DGEG,2018d).....	9
Figura 2.1. Imagem ilustrativa do hardware do <i>Kisense</i>	17
Figura 2.2. <i>Dashboard</i> do Projeto <i>Check-Inn</i>	18
Figura 2.3. Módulo explorador de dados do hotel em estudo (Linha azul – N° Dormidas; 19	
Figura 3.1. Esquema de princípio do sistema de preparação de Água Quente Sanitária (AQS) do edifício.....	30
Figura 4.1. Consumo mensal de energia elétrica durante o ano de 2017.....	33
Figura 4.2. Perfil de consumo horário durante o ano de 2017.....	34
Figura 4.3. Custos do perfil de consumo horário durante o ano de 2017.....	35
Figura 4.4. Consumo de Gás Natural durante o ano de 2017.....	36
Figura 4.5. Consumo de Água durante o ano de 2017.....	37
Figura 4.6. Consumo de energia elétrica (sem AVAC) durante 2017.....	39
Figura 4.7. Consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC durante 2014.....	42
Figura 4.8. Valores medidos pela plataforma <i>Kisense</i> (entre 01-02-2018 e 06-06-2018) do consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC e da Temperatura Exterior (Linha cinzenta – Temperatura Exterior; Barras – Consumo do Sistema AVAC).....	43
Figura 4.9. Consumo de gás natural no edifício durante 2017.....	44
Figura 4.10. Consumo mensal de água durante 2017.....	46
Figura 4.11. Influência no valor dos consumos de um aumento de 10% do número de dormidas.....	47

Figura 4.12. Influência no valor dos gastos mensais em água e energia de um aumento de 10% do número de dormidas.....	48
Figura 4.13. Influência no valor do gasto em gás natural de um aumento de 10% dos valores da temperatura da água da rede e da radiação solar incidente.....	49
Figura 4.14. Influência no valor do gasto em energia elétrica pelos sistemas de AVAC de um aumento de 10% dos valores de HDD e de CDD.	50
Figura 4.15. Indicadores de consumos de energia e de água do hotel durante o ano de 2017.	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1. Perfil de ocupação no período de referência (2017).	27
Tabela 3.2. Quantidade e potência de luminárias em função da tipologia.	28
Tabela 4.1. Comparação dos valores médios anuais dos indicadores KPI de consumo do hotel em 2017 (obtidos neste estudo) com os correspondentes dos hotéis de 4 estrelas localizados em Portugal (reportados em Turismo de Portugal 2015).	52
Tabela 4.2. Propostas de melhorias dos sistemas de iluminação.....	54
Tabela 4.3. Proposta de substituição do processo de aquecimento de água da máquina de Lavar a Loiça.....	56
Tabela 4.4. Propostas de melhoramento do Sistema de Aproveitamento de Energias Renováveis.	58

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

C – Dióxido de carbono criado pela energia utilizada por cada serviço [adim]

CF – *Cash-Flows* [€]

CO_2 – Dióxido de carbono [adim]

c_p – Calor Específico [J/(kg.°C)]

E – Energia necessária para cada serviço [adim]

G – Radiação solar global [W/m²]

G_{difusa} – Radiação solar difusa [W/m²]

$G_{directa}$ – Radiação solar directa [W/m²]

h_e – Coeficiente de transferência térmica da superfície exterior [W/(m².°C)]

I – Investimento [€]

i – valor da taxa de atualização [%/ano]

P – População [adim]

S – Serviços utilizados por cada pessoa [adim]

T_{ar-sol} – Temperatura ar-sol [°C]

$T_{ar,ext}$ – Temperatura exterior [°C]

T_m – Temperatura média [°C]

\dot{V} – Débito [m³/h]

VAL – Valor Atual Líquido [€]

VR – Valor Residual [€]

α – Coeficiente de absorção da superfície [adim]

ΔT – Intervalo de temperatura [°C]

η – Eficiência [%]

ρ – Densidade [kg/m³]

Siglas

ADENE – Agência para a Energia

API – *Application Programming Interface*

AREAL - Agência Regional de Energia do Algarve

CDD – *Cooling Degree Day*

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

EU – União Europeia

EVO – Organização da Validação de Eficiência

GE – Gestão de Energia

HDD – *Heating Degree Day*

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPMVP – *International Performance Measurement & Verification Protocol*

KPI – *Key Performance Indicators*

LED – *Light Emitting Diode*

MRE – Medida de Racionalização de Energia

M&V – Medição e Verificação

PC- Potência Contratada

PHP – Potência em Horas de Ponta

QAI – Qualidade do Ar Interior

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética

SEE – Sudeste-Este

TED – *Technology, Entertainment, Design*

UTA – Unidades de Tratamento de Ar

UTAN – Unidades de Tratamento de Ar Novo

VAL – Valor Atual Líquido

VPS – *Virtual Power Solutions*

VRF – Volume de Refrigerante Fixo

VRV – Volume de Refrigerante Variável

XPS – Placas de Poliestireno Extrudido

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor energético é um dos setores em maior transformação a nível mundial, devido à mudança do paradigma na utilização de combustíveis fósseis como principal fonte de obtenção de energia para o planeta. Devido ao consumo excessivo de combustíveis fósseis, existiu ao longo dos últimos anos um agravamento das consequências da sua utilização, nomeadamente as alterações climáticas, resultando em aumento da temperatura global, subida do nível do mar, etc.

Para combater esta dependência da energia fóssil, não só devido às alterações climáticas mas também à escassez destes combustíveis no futuro, todos os Estados-Membros da EU, através da Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu (EU, 2012), estabeleceram objetivos indicativos nacionais a nível da eficiência energética, e planos de ação para conseguirem reduzir até 20% as emissões de gases com efeito de estufa, relativamente aos níveis de 1990, 20% de energia obtida a partir de fontes renováveis e uma melhoria de 20% de eficiência energética, contribuindo desta forma para uma diminuição da dependência energética europeia. De realçar ainda que em 2009 a EU apenas produziu 48% das suas necessidades energéticas.

Em fevereiro de 2010, Bill Gates revelou numa conferência TEDx (TED, 2018) a sua visão sobre o futuro da energia mundial, apresentando uma simples equação, que permite descrever em quatro principais fatores a concentração da poluição na Terra.

$$P S E C = CO_2 \quad (1.1)$$

Nesta apresentação, afirmou que eram necessários “milagres” para evitar as consequências das alterações climáticas devido ao rápido aumento das emissões de carbono. Através da equação (1.1) é possível concluir que, devido ao aumento substancial da população mundial (P) e dos recursos utilizados por cada pessoa (S) e a sua tendência crescente, a única maneira de diminuir o crescimento drástico da poluição na Terra, é através do aumento da eficiência dos processos com recurso a análises e aplicação de medidas de otimização no uso dos recursos energéticos, permitindo assim uma redução das emissões de CO_2 e da energia consumida nesses processos (E).

1.1. Enquadramento

Portugal possui uma elevada dependência energética do exterior, devido aos escassos recursos energéticos fósseis endógenos, como o petróleo, o carvão e o gás natural, alcançando no ano de 2016 uma dependência energética face ao exterior de 75% (DGEG, 2018a).

Em termos de consumo, a principal fonte de energia primária em Portugal é o petróleo e seus derivados, seguidos das renováveis e do gás natural. Estas últimas têm revelado um crescimento na sua utilização, permitindo a Portugal uma maior diversificação das fontes de energia, bem como capacidade de adaptação face a fatores externos, como por exemplo, o preço do barril de petróleo (Figura 1.1).

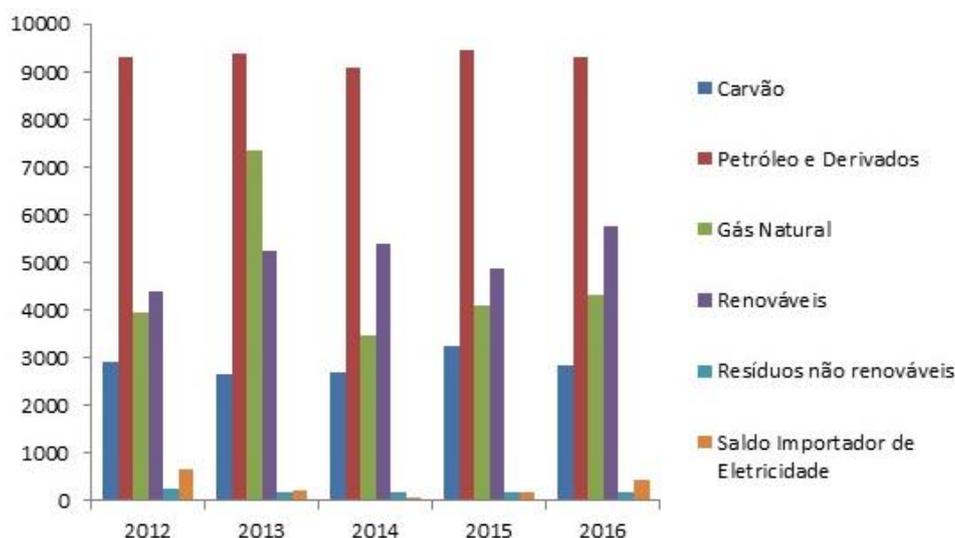


Figura 1.1. Evolução do consumo de energia primária em Portugal (DGEG, 2018a).

Nos últimos anos tem-se vindo a observar um aumento na produção de energia renovável em Portugal, exceto no ano de 2015 em que se observou uma diminuição de 13% na energia produzida (DGEG, 2018a) sobretudo, devido a uma queda de 68% na produção de energia hídrica, devido a uma seca existente nesse ano (APREN, 2018).

O aumento da produção de energia renovável deve-se sobretudo à energia eólica e hídrica, existindo uma elevada potência instalada em Portugal (12.275 MW) contribuindo, desta forma, em mais de 88% da potência total instalada referente à energia renovável (APREN, 2018).

Verificou-se, desde 2005, um forte crescimento na produção da energia eólica, colocando o país na quarta posição entre os países da EU, com uma produção de 20% da energia total produzida em Portugal (Eurostat, 2018).

Como maiores consumidores de energia em Portugal estão os setores dos transportes e da indústria, representando no ano de 2016 respetivamente 37% e 30% do consumo global de energia (Figura 1.2). De seguida aparecem os setores dos serviços e domésticos que representam cerca de 30% da energia total consumida em Portugal (DGEG, 2018a), podendo estes dois setores serem agrupados e serem classificados como o setor dos edifícios, o qual apresenta um consumo de energia semelhante ao da indústria.

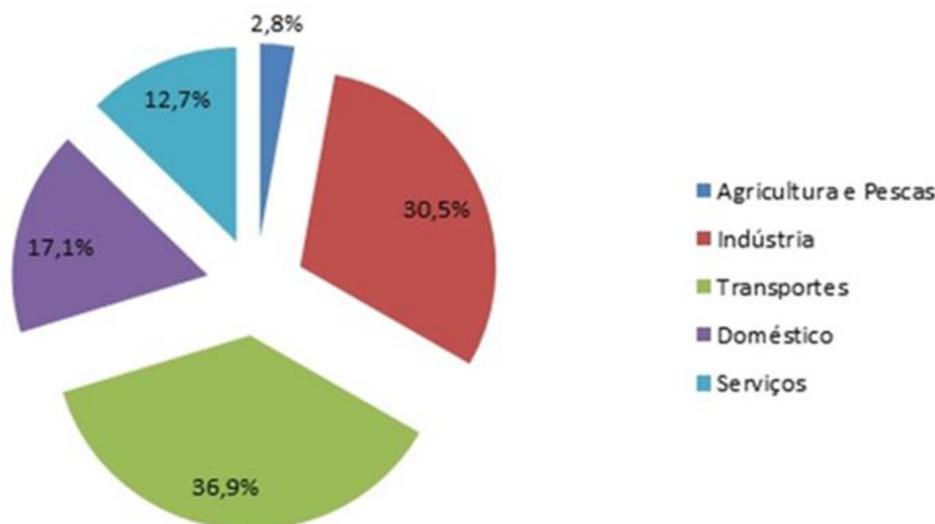


Figura 1.2. Consumo de energia final por setor 2016 (%) (DGEG, 2018a).

Os edifícios de serviços em Portugal representam 12,7% do consumo de energia final, utilizando um conjunto variado de fontes de energia, sendo predominante a utilização de eletricidade (74%), de seguida do gás natural (12%), derivados do petróleo (7%) e o restante de fontes de energia renovável (4%). Os edifícios do estado são responsáveis por 13% do consumo de energia elétrica no setor dos serviços (DGEG, 2018b).

Para promover a eficiência energética dos edifícios em Portugal foi aprovado em 2006 o Decreto-Lei n.º78/2006, de 4 de abril que implementou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), em linha com a Diretiva n.º2002/91/CE de 16 de dezembro (CE, 2002), relativa ao desempenho energético dos edifícios. Entretanto, este já foi substituído por um novo SCE, o Sistema Nacional de Certificação Energética de Edifícios, o qual assenta no Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto (DL 118, 2013) e várias legislação conexas.

Com a implementação do SCE tornou-se possível a avaliação energética dos edifícios em Portugal, através de auditorias energéticas, permitindo assim informar os cidadãos sobre a qualidade térmica dos edifícios, quer seja aquando da sua construção, venda

ou arrendamento. Estas permitem uma análise às condições de utilização de energia nos edifícios, avaliando o estado de funcionamento dos equipamentos, a sua manutenção e um levantamento das potenciais medidas de economia de energia (DGEG, 2018c).

Após a realização da auditoria energética de um edifício, este é classificado numa escala de 8 classes (Figura 1.3), de acordo com o seu desempenho energético comparativamente com o edifício de referência. A classe A+ representa o edifício com a melhor eficiência, utilizando até 25% mais da energia do edifício de referência e a classe F o pior desempenho energético de um edifício, utilizando mais de 251% da energia do edifício de referência.



Figura 1.3. Classes de eficiência energética (ADENE, 2018).

A maioria dos edifícios de serviços em Portugal tem uma classificação C e 59% deles apresenta uma classificação menor que B-, classificação mínima requerida para os novos edifícios desde 1 de janeiro de 2009 (DGEG, 2018c). Apenas 3,3% dos edifícios de serviços em Portugal apresentam uma classificação igual ou superior à classe A (Figura 1.4).

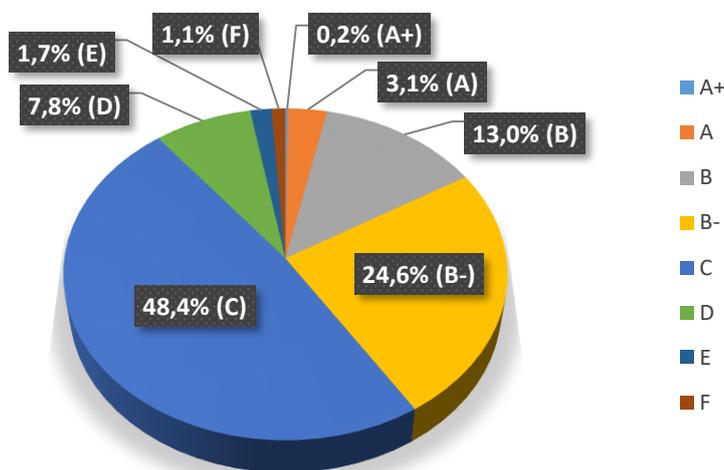


Figura 1.4. Certificados emitidos por classe energética para edifícios de serviços (%) (SCE,2017).

Através da análise da Figura 1.4 é possível concluir que ainda existem muitos edifícios de serviços em Portugal que podiam ser alvo de aplicação de medidas de melhoria em termos energéticos, de modo a ser possível reduzir o consumo de energia por parte destes. É neste enquadramento que se insere a temática do trabalho desenvolvido sobre a forma de

estágio curricular na empresa *Virtual Power Solutions*, o qual tem como objetivo principal melhorar a eficiência energética de um edifício do setor hoteleiro situado em Coimbra.

1.2. Estágio na *Virtual Power Solutions*

Os trabalhos descritos nesta dissertação foram realizados através de um estágio curricular na empresa *Virtual Power Solutions* situada em Coimbra, integrado numa equipa de Gestão de Energia (GE). A empresa tem como principal objetivo a gestão energética num conjunto variado de setores, como a indústria, banca, hotelaria, entre outros, promovendo o aumento de eficiência energética através de uma gestão mais eficaz dos recursos energéticos.

A integração numa equipa de GE permitiu uma partilha de conhecimentos e de métodos referentes à gestão de energia em um conjunto variado de edifícios, bem como o conhecimento dos vários produtos fornecidos aos clientes e os projetos em curso.

Durante as primeiras semanas foram realizadas pesquisas e leituras sobre o tema de eficiência energética em edifícios, leitura do *International Performance Measurement and Verification Protocol* (IPMVP; EVO, 2012), bem como a apresentação da plataforma *Kisense* e todo o estado do Projeto *Check-inn*, o qual está inserido a minha dissertação.

O IPMVP (EVO, 2012) é um dos vários protocolos existentes atualmente para a medição e verificação de medidas de racionalização de energia (MRE) sendo hoje em dia muito utilizado por empresas de serviços de gestão de energia, como é o caso da VPS. A utilização deste protocolo tem como principal objetivo verificar as poupanças alcançadas após a realização de um conjunto de intervenções, e que têm como finalidade a redução do consumo de energia de edifícios/equipamentos.

A plataforma *Kisense* é uma plataforma de monitorização de consumos energéticos, destinada a apoiar os seus utilizadores na redução de consumos de energia e consequentemente os seus custos associados. Esta plataforma permite através da monitorização, o planeamento de medidas para redução do consumo de energia de forma a garantir o máximo desempenho dos equipamentos/edifícios.

O Projeto *Check-Inn* é um programa nacional de eficiência energética, promovido pela AREAL (Agência Regional de Energia do Algarve) em parceria com a VPS, tem como principal objetivo a promoção da eficiência energética no setor da hotelaria e envolve a monitorização de 30 unidades hoteleiras por todo o país.

Foram também realizados alguns trabalhos de Gestão de Energia, como por exemplo análise de medidas de melhorias na indústria, ajuda na criação de um manual de boas práticas para o setor hoteleiro e a criação de modelos de previsão de consumo para sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) de alguns dos hotéis inseridos no Projeto *Check-Inn*.

Apresenta-se na Figura 1.5 o cronograma de tarefas realizadas durante o estágio.

Tarefa	2018																					
	Fevereiro			Março					Abril				Maio				Junho					Julho
	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1
Integração na VPS																						
Estado da arte																						
Trabalho de Gestão de Energia																						
Análise da auditoria energética do Hotel																						
Análise dos consumos do Hotel																						
Aplicação do IPMVP																						
Análise de sensibilidade																						
Estudo das melhorias	Iluminação																					
	Máquina de Lavar Loiça																					
	Sistema AQS																					
	Sistema Fotovoltaico																					
	Outras																					
Avaliação económica das melhorias																						
Visita ao Hotel																						
Redação do relatório da Dissertação																						

Figura 1.5. Cronograma de tarefas realizadas no estágio.

1.3. Estado da Arte

Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho Energético (IPMVP)

Ao longo de muitos anos o tema de Medição e Verificação (M&V) foi alvo de muita discussão, devido ao aumento da incerteza e riscos em projetos de eficiência energética, principalmente nas futuras poupanças de energia. Por este facto, em meados da década 1990 foi criada uma normalização dos métodos utilizados, que possibilita que as medidas implementadas num projeto de eficiência energética levem efetivamente a uma redução energética, eliminando assim eventuais incertezas e dúvidas associadas a este tipo de projetos (Armando, 2011).

Através da Organização da Validação de Eficiência (EVO) foi criado o IPMVP que permitiu estabelecer os procedimentos para a medição, cálculo e divulgação das poupanças obtidas em projetos de eficiência energética. Este protocolo especifica os tópicos abordar num plano de M&V para um determinado projeto, mas permitindo alguma flexibilidade devido à necessidade de realizar pequenos ajustes na abordagem, alcançando-se assim a maior poupança possível (EVO, 2012).

A utilização do IPMVP (EVO, 2012) ajuda na justificação de investimentos destinados à poupança de energia ou água, garantindo assim uma maior facilidade de obter financiamento para este tipo de projetos. O recurso a este protocolo simplifica as negociações entre as empresas e os seus clientes, e aumenta a credibilidade das organizações intervencionadas pois existe uma maior confiança nos relatórios sobre projeções (Armando, 2011).

Nos planos de M&V as poupanças de energia são calculadas a partir de uma análise realizada a um edifício/equipamento antes da implementação das medidas de melhoria de eficiência energética, de modo a ser possível obter um consumo de referência que será comparado com o consumo medido após as intervenções realizadas.

Após a análise completa do consumo de energia no período de referência e a aplicação da MRE, esse consumo será transposto para o período de reporte e será ajustado para as características ocorridas durante esse período. Neste processo são levados em consideração fatores como, por exemplo, a temperatura exterior, mudanças dos níveis de produção, ou variação de fatores estáticos (por exemplo, alterações no tipo de produto fabricado, mudança no número de turnos ou no horário de ocupação) (EVO, 2012). Tal como se encontra esquematicamente representado na Figura 1.6, a poupança de energia realmente alcançada com a MRE é calculada através da diferença entre o consumo no período de referência, com os ajustes necessários (de modo a corresponder à energia consumida no período de reporte na situação de não haver aplicada qualquer medida de eficiência energética) e o consumo previsto para o período de reporte (na situação de implementação das medidas de melhoria).

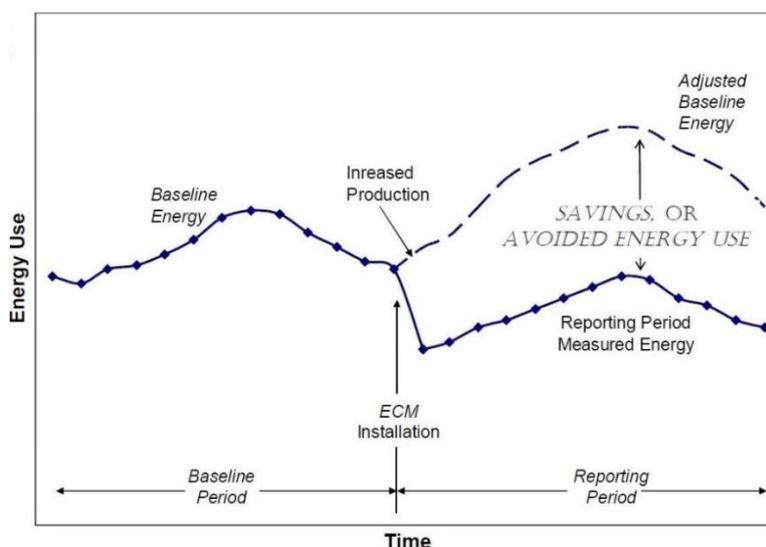


Figura 1.6. Histórico de energia e respetiva poupança de consumo de energia evitado (EVO, 2012).

Setor Hoteleiro em Portugal

Atualmente o setor do turismo em Portugal mostra um crescimento no número de turistas superior às expectativas, tendo-se verificado desde de 2013 um crescimento médio anual de 8,4% no número de dormidas (ver Figura 1.7), observando-se um ponto de viragem em relação ao que estava a acontecer até esse ano. Hoje em dia o setor do turismo está entre as maiores atividades económicas exportadoras do país, sendo responsável por 50,1% das exportações de serviços e 18% das exportações totais. Em 2017, as receitas turísticas registaram um contributo de 7,8% no PIB português (Turismo de Portugal, 2018a).

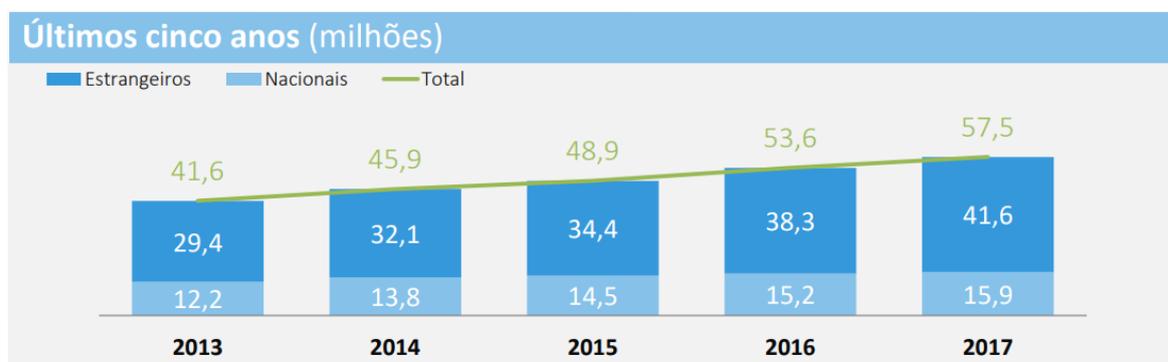


Figura 1.7. Evolução 2013-2017 do Nº Dormidas em Portugal (Turismo de Portugal, 2018b).

Com este crescimento no turismo, nos últimos anos e consequente aumento do poder de investimento neste setor, começou a existir um aumento do interesse de várias unidades hoteleiras em projetos de eficiência energética. Estes contribuem para uma maior eficiência nos consumos através de uma utilização eficaz dos recursos e diminuição dos custos referentes à utilização da energia, levando a um aumento dos lucros por parte dessas unidades hoteleiras.

O plano de Ação da EU para o setor da Energia identifica no setor terciário, incluindo os hotéis, um potencial para atingir uma poupança de energia de 30% até 2020, revelando que este é um setor que permite obter grandes poupanças monetárias, pois estes edifícios estão entre os maiores consumidores no setor de consumo de energia, depois do setor da produção de alimentos, vendas e hospitais (HES, 2011).

Em Portugal o consumo maioritário de energia nos hotéis é realizado sob a forma de eletricidade (64%), de seguida do gás propano (20%), do gás natural (16%) e um consumo residual de gás butano (Turismo de Portugal, 2011).

Apresenta-se na Figura 1.8 uma desagregação típica dos consumos de energia num edifício de hotelaria.

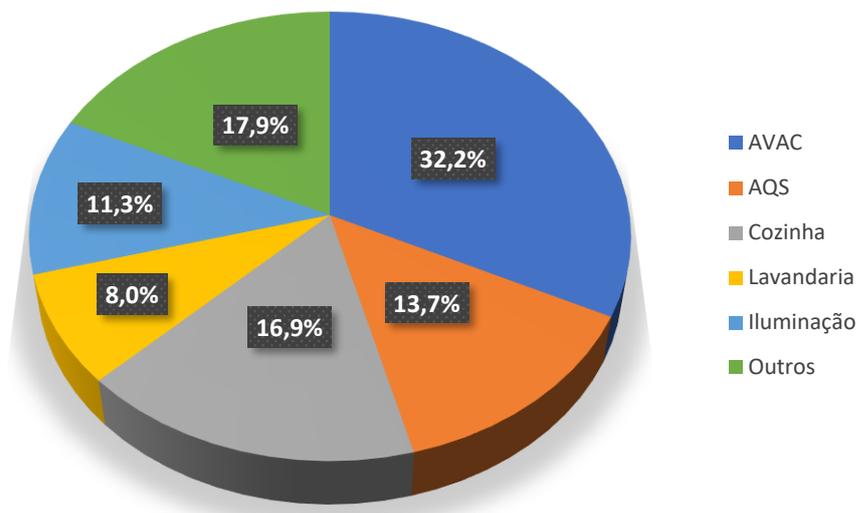


Figura 1.8. Desagregação dos consumos energéticos por utilização final (%) (DGEG,2018d).

Como se pode observar pela Figura 1.8, o maior consumo deve-se aos sistemas de AVAC, com um consumo de aproximadamente 32% do consumo total do edifício, estando incluído o aquecimento e arrefecimento dos vários espaços do hotel, bem como a sua ventilação. A principal causa para um grande consumo no AVAC reside no facto de na maior parte dos hotéis em Portugal recorrerem preferencialmente a ventilação mecânica e a não utilizarem soluções de isolamento térmico, o que permitiria a redução da dependência destes sistemas para a obtenção das condições de conforto no seu interior (Turismo de Portugal, 2015).

A cozinha também é uma área dos hotéis em que se observa um grande consumo de energia (16.9%), especialmente pela utilização de equipamentos que precisam de estar ligados durante todo o dia (ex: arcas frigoríficas, etc) e pela necessidade de servir refeições diariamente aos seus clientes durante todo o ano. Por outro lado, pelo uso intensivo de extratores ou exaustores devido à utilização de grandes fontes de calor, vapores e fumos (Mota, 2014).

Num estudo realizado pelo Turismo de Portugal em 2015, relativamente ao consumo de energia pelas unidades hoteleiras situadas no território nacional, foi possível obter valores médios para os consumos dos hotéis consoante a sua classificação, obtendo-se valores de 220kWh/m².ano para hotéis de 4 estrelas e 290kWh/m².ano para hotéis de 5 estrelas (Turismo de Portugal, 2015).

O consumo energético dos hotéis está dependente das várias soluções passivas e sistemas ativos instaladas no edifício, como por exemplo a arquitetura, orientação solar, a envolvente opaca e envidraçada e os sistemas de climatização e de AQS. Este consumo, está relacionado também com os fatores humanos, pois estes são responsáveis pelo consumo do edifício, como por exemplo, na utilização de proteções solares reguláveis, abertura de janelas e portas, afetando a ventilação e custos associados, bem como os níveis de ocupação e utilização de equipamentos e iluminação (Turismo de Portugal, 2015).

Iluminação Artificial

O sistema de iluminação artificial existente em estabelecimentos hoteleiros situados em Portugal representam aproximadamente 11% do consumo total de energia consumida por parte destes edifícios (DGEG, 2018d), sobretudo devido à dimensão dos espaços a serem iluminados e também pelo facto de ser necessário a obtenção de uma boa iluminação para um conjunto variado de espaços (Mota, 2014).

De acordo com um estudo realizado pelo Turismo de Portugal, existe uma grande percentagem de estabelecimentos, aproximadamente 40%, onde se verifica um elevado consumo de energia por parte do sistema de iluminação, sobretudo devido à utilização de luminárias antigas, como por exemplo, lâmpadas fluorescentes ou halogéneas, pelo que existe um grande potencial de poupança através da utilização de iluminação mais eficiente (Turismo de Portugal, 2015).

A utilização de lâmpadas *Light Emitting Diode* (LED), como possíveis substitutas para as lâmpadas referidas anteriormente, podem originar uma redução substancial no consumo de energia por parte do sistema de iluminação. A utilização deste tipo de lâmpadas poderá conduzir a uma poupança de 40% no consumo de energia (DGEG, 2018e). Os LED têm ainda um tempo de vida útil muito superior quando comparadas com as lâmpadas fluorescentes, podendo atingir 30 mil horas em funcionamento contínuo (DGEG, 2018e).

O uso de lâmpadas fluorescentes com balastros, estes necessários para o funcionamento de uma lâmpada de descarga, mas responsáveis pelo aumento do consumo deste tipo de lâmpadas, é um dos fatores responsáveis pelo elevado consumo de energia por parte dos sistemas de iluminação. Atualmente, existem dois principais tipos de balastros, os

balastros ferro-magnéticos e os eletrônicos, sendo estes últimos os mais económicos. A utilização de um balastro eletrónico comparado com os balastros ferro-magnéticos permite um aumento da eficiência das lâmpadas através de uma redução das perdas e por conseguinte um potencial de economia de energia até 25%, mas também um arranque mais suave o que permite que estas tenham um período de vida útil maior e custos de manutenção mais reduzidos (ERSE, 2018a).

A utilização de armaduras nas luminárias pode também ser uma medida de melhoria de eficiência nos sistemas de iluminação, pois possibilitam dirigir a luz para os locais que se pretende iluminar, evitando assim a iluminação de zonas desnecessárias (Garrido, 2008).

Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado (AVAC)

O sistema AVAC de um edifício do setor de hotelaria é responsável por uma grande parte do consumo energético do edifício, aproximadamente 32% (DGEG, 2018d), pois requer uma grande quantidade de energia para manter uma temperatura e humidade confortável para os clientes, bem como assegurar a introdução de ar novo no edifício, de modo a manter a concentração de CO₂ dentro dos parâmetros recomendados (Mota, 2014).

Para conseguir obter uma gestão eficiente da climatização do edifício deve ter-se em conta a variação da ocupação durante o dia em diferentes zonas do edifício, de modo a não utilizar o Sistema de Aquecimento e Arrefecimento quando os espaços não estão a ser utilizados e minimizar ou manter em standby os equipamentos de AVAC (Lamarão, 2002).

A utilização de sistemas de ar condicionado e bombas de calor com a tecnologia do tipo “inverter” permite um consumo mais eficiente de energia por parte do equipamento, consumindo entre 20% a 30% menos energia que os aparelhos convencionais, pois estes possibilitam um ajuste de velocidade do motor do compressor, evitando o ligar/desligar do equipamento (Daikin, 2018).

A manutenção preventiva dos vários equipamentos constituintes deste sistema é essencial para evitar avarias e manter a sua eficiência elevada (Cenertec, 2018). A manutenção preventiva deve ser realizada periodicamente, de modo a garantir uma operacionalidade satisfatória dos equipamentos. Entre outras, existem, algumas tarefas como por exemplo: a limpeza ou troca de filtros de ar, limpeza das grelhas ou registos de entrada

de ar, limpeza das superfícies dos motores e ventiladores, verificação dos filtros na tubagem e deteção de possíveis fugas de fluidos (Silva, 2011).

Sistema Fotovoltaico

A instalação de um sistema fotovoltaico num edifício do setor hoteleiro, pode ser vantajosa pois permite a conversão de energia solar diretamente em energia elétrica durante o período diurno do dia, podendo reduzir a compra de energia elétrica da rede e por conseguinte os custos associados (Martins, 2012).

O consumo maioritário de energia elétrica por parte dos edifícios do setor hoteleiro (DGEG,2010), levou a que os sistemas fotovoltaicos sejam cada vez mais implementados, pois existe um consumo elevado de energia elétrica pelo edifício durante o dia, período este que possui as tarifas de eletricidade mais elevadas (Turismo de Portugal, 2015).

Atualmente tornou-se muito comum a instalação dos sistemas fotovoltaicos devido à inexistência de partes móveis no sistema (simplicidade), funcionamento em condições exigentes (fiabilidade), tempo médio de vida de 25 anos (durabilidade) e um custo de manutenção muito reduzido. Como principais desvantagens, existe o preço ainda elevado do investimento inicial para a instalação de um sistema destes, bem como o seu baixo rendimento (que é inferior a 20%), podendo variar de acordo com a localização, a disponibilidade de luz solar e a inclinação dos módulos (Alves, 2008).

A utilização de um sistema de painéis fotovoltaicos num edifício permite que quando existir uma produção de energia superior ao consumo do edifício, o excedente seja vendido à rede de distribuição (Isolani *et al*, 2008).

Águas Quentes Sanitárias (AQS)

A preparação de águas quentes sanitárias (AQS), representa aproximadamente 14% do consumo total de energia de um edifício do setor hoteleiro (DGEG, 2018d). Por norma, a implementação de medidas de melhoria de funcionamento dos sistemas de preparação de AQS possibilita uma redução de consumo de energia elétrica/gás através de

uma utilização eficiente destes sistemas, bem como a minimização dos impactos ambientais associados a este consumo (Mota, 2014).

Um sistema de preparação de AQS pode ser complementado com a instalação de um sistema solar térmico, o qual permite a conversão de energia solar em energia térmica e assim diminuir a energia consumida. Este sistema, se bem dimensionado pode contribuir com até 70% da energia necessária para preparar as AQS (Apoio Solar, 2018).

Uma das principais medidas de controlo dos consumos associados à preparação de AQS seria a diminuição do consumo de água quente no edifício, mas a redução deste consumo é difícil de aplicar devido a que seria necessário controlar o consumo de água por parte dos hóspedes e também o consumo específico associado à cozinha e lavandaria (Mota, 2014). Por isso é necessário aplicar medidas em que o conforto dos utentes não seja posto em causa, como por exemplo a eliminação de fugas fazendo uma manutenção das condutas, tubagens e torneiras, isolamento das tubagens e depósitos de armazenamento, instalação torneiras programáveis nas casas de banho e zonas comuns e instalação de sistemas de baixo consumo nos chuveiros e lavatórios, podendo ser alcançado uma poupança até 30% da energia necessária para a produção de AQS (Mota, 2014).

1.4. Objetivos

O objetivo global deste trabalho é avaliar o desempenho energético de um edifício do tipo hotel de 4 estrelas localizado dentro do perímetro urbano de Coimbra. Complementarmente pretende-se identificar um conjunto de medidas de melhoria com viabilidade técnica e económica que levem a um menor gasto do edifício com a aquisição de energia, as quais serão propostas à administração do edifício para eventual implementação.

Assim, e com o objetivo de analisar o desempenho energético do edifício, foi feita uma desagregação para um melhor conhecimento da utilização de energia no edifício, pela determinação e análise de um conjunto de parâmetros que possam influenciar o seu comportamento.

Posteriormente, foi comparado o desempenho energético do hotel com outros estabelecimentos de categoria semelhante no setor hoteleiro em Portugal através de indicadores KPI.

2. METODOLOGIA

2.1. Auditorias ao Edifício

Iniciou-se este estudo com uma visita guiada ao hotel, a qual teve por objetivo o conhecimento do edifício em termos de arquitetura, zonas específicas e modo de funcionamento. No início desta visita teve-se uma reunião com o subdiretor do hotel, a qual teve por objetivo a recolha de dados referentes à ocupação e funcionamento do edifício durante o ano de 2017, mais concretamente, o nº de quartos ocupados, taxa de ocupação, nº de dormidas e nº de refeições. Posteriormente realizou-se uma reunião com o técnico responsável pela manutenção do hotel, o qual fez uma apresentação dos vários equipamentos e sistemas energéticos instalados no edifício e forneceu as faturas de 2017 com os consumos mensais de energia elétrica, gás e água.

A partir da informação constada nas faturas de 2017 foi possível obter os correspondentes consumos mensais (eletricidade, gás e água) e os custos que lhe estiveram associados (da energia ou água, em impostos e outros encargos).

No caso da eletricidade o consumo referido nas faturas é o consumo real do edifício, devido à utilização da telecontagem por parte da empresa fornecedora de energia elétrica. Por outro lado, as faturas do gás e da água mencionam consumos mensais baseados em estimativas, tendo sido utilizado os valores reais de cada consumo através da contagem realizada pelos funcionários da manutenção no final de cada mês, a partir dos contadores respetivos, e assim possibilitar a utilização do consumo real e não uma previsão para o estudo energético do hotel.

Também foi possível a recolha dos consumos mensais de energia elétrica indicado pelos vários contadores parciais dos consumos de energia pelos Sistemas de AVAC, pela Lavandaria e pelo Spa. No entanto, o consumo pelos sistemas de AVAC é referente ao ano de 2014, pois devido a uma avaria no sistema de gestão técnica centralizada não existe histórico de consumos pelos sistemas de AVAC desde essa data.

Na sequência da análise da informação disponível foi realizada uma nova visita ao edifício, esta mais focada sobre os equipamentos energéticos, através da qual foi recolhida

informação adicional sobre os vários equipamentos e sistemas (marca e modelo, rendimento anual, perfil de funcionamento e estado de conservação). Desta forma, iniciou-se o levantamento das instalações técnicas pela cobertura do edifício, onde estão instalados os equipamentos referentes ao Sistema de Aproveitamento de Energias Renováveis e ao Sistema AVAC. O único sistema de aproveitamento de energias renováveis existente no edifício baseia-se em coletores solares térmicos, o qual foi alvo de análise numa fase posterior deste trabalho. Constatou-se ainda que grande parte da área da cobertura não se encontra ocupada, estando disponível para eventuais utilizações futuras.

De seguida foi realizado o levantamento exaustivo do sistema de iluminação instalado no hotel, o qual incluiu todos os espaços do edifício, desde quartos situados nos pisos superiores até a um conjunto de salas de reuniões localizadas no Piso -1. Durante a visita a estes locais, foram recolhidas as informações referentes à iluminação utilizada em cada local, desde quantidades, tipos de luminárias e potências.

Posteriormente, foi visitada a área técnica, situada no Piso -2, onde se encontra instalado o Sistema de Preparação de Águas Quentes Sanitárias, permitindo assim a recolha de toda a informação sobre este.

Por último foi feita a visita à cozinha. O responsável de manutenção indicou que este espaço aparentava ter um consumo de energia muito elevado e que desconhecia a sua origem. Após levantamento e caracterização dos vários equipamentos energéticos instalados neste espaço, pôs-se a possibilidade de que o consumo excessivo poderia ser devido ao processo de aquecimento de água realizado pela máquina de lavar loiça. Na sequência disto, efetuou-se um levantamento mais detalhado das características e do funcionamento deste equipamento, incluindo o seu perfil de utilização, de modo a ser possível realizar um estudo de melhoria da eficiência energética.

2.2. Certificado Energético do Edifício

Durante a realização deste trabalho foi consultado o Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior do edifício, emitido aquando da sua construção (APÊNDICE A). Este documento avalia o desempenho energético do edifício, classificando-o relativamente ao seu desempenho energético comparativamente com um edifício de

referência. Neste documento constam ainda possíveis medidas de melhoria, organizadas segundo a sua viabilidade económica.

Os certificados energéticos começam por apresentar informação geral sobre o edifício, nomeadamente: identificação matricial e de registo, localização, tipologia de uso, descrição sucinta do edifício e dos seus espaços, ano de construção, área útil, consumos específicos de energia global e por funções, consumos específicos de energia global e por funções do edifício de referência e classificação energética. Nas páginas seguintes, é apresentada toda a informação referente aos elementos passivos e sistemas ativos mais relevantes, dividindo o documento em função dos vários elementos/sistemas existentes no edifício, bem como uma descrição sucinta de cada um.

O certificado energético do edifício em causa não apresenta nenhuma medida de melhoria, seja ela relacionada com o desempenho energético, com o conforto térmico ou com a QAI (Qualidade do Ar Interior). Tal deve-se ao facto de se tratar de um certificado emitido aquando da construção do edifício. De realçar que foi utilizado um software de simulação computorizada para obtenção dos consumos dos vários sistemas implementados no projeto do edifício, bem como os elementos construtivos aplicados no edifício, devido a não existir a possibilidade de obter dados relativos a um período de funcionamento do edifício.

A consulta do certificado energético permitiu obter informações complementares às que se detinham, nomeadamente as escolhas dos materiais de construção utilizados na sua envolvente, bem como a constituição dos vãos envidraçados. É possível consultar neste documento todos os coeficientes de transmissão térmica superficial e fatores solares das soluções construtivas utilizadas, sendo ainda efetuada a sua comparação com os valores máximos regulamentares (para efeitos de cumprimento dos requisitos mínimos) e com os valores de referência (para análise qualitativa).

2.3. Plataforma *Kisense*

A plataforma *Kisense* permite a monitorização de consumos energéticos em tempo real, com o objetivo de apoiar uma gestão de energia eficiente num conjunto variado de setores, tais como a indústria e nos edifícios de serviços, onde se inclui o edifício em questão. Esta plataforma permite aos seus utilizadores (clientes e gestores de energia) a observação e análise do consumo em tempo real de um ou mais equipamentos, bem como o

seu histórico, permitindo a deteção de oportunidades de melhoria. A plataforma permite ainda a introdução e visualização de qualquer outra variável que seja relevante para o projeto em curso (ex: temperatura exterior, radiação solar, nº de refeições servidas, nº de produtos fabricados, etc), podendo esta ser introduzida manualmente na plataforma pela equipa de GE ou automaticamente através de APIs.

O consumo apresentado pela plataforma *Kisense* é medido através de um conjunto de contadores integrados no quadro elétrico do edifício, de medição dos valores (ativos e reativos) da potência e da energia elétrica consumida a cada 15 minutos. Os dados obtidos através dos contadores são enviados para o concentrador, o qual tem a finalidade de armazená-los localmente e de enviá-los via GPRS ou Ethernet para a base de dados do *Kisense*, permitindo assim a sua visualização em qualquer parte do mundo, conforme se representa esquematicamente na Figura 2.1.

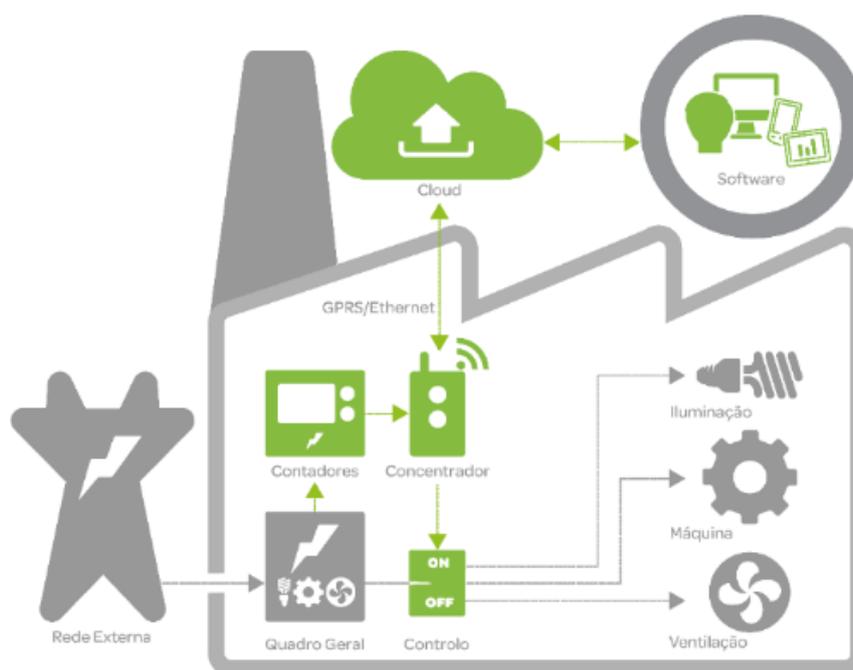


Figura 2.1. Imagem ilustrativa do hardware do *Kisense*.

A plataforma *Kisense* apresenta um conjunto de módulos que permitem a visualização dos consumos do edifício, definição de alarmes, aplicação de *baselines*, entre outros. De seguida serão apresentados os vários módulos existentes, bem como uma pequena descrição de cada um deles.

O *Dashboard* é o módulo apresentado após a autenticação no *Kisense*, que permite a visualização de um conjunto variado de informações (gráficos ou cartões com

indicadores) sobre o edifício monitorizado, podendo ser configurável de acordo com as orientações dos clientes ou da equipa de Gestão de Energia. Na Figura 2.2 é possível visualizar uma das páginas criadas no *Dashboard* referente a um edifício do projeto *Check-Inn*.

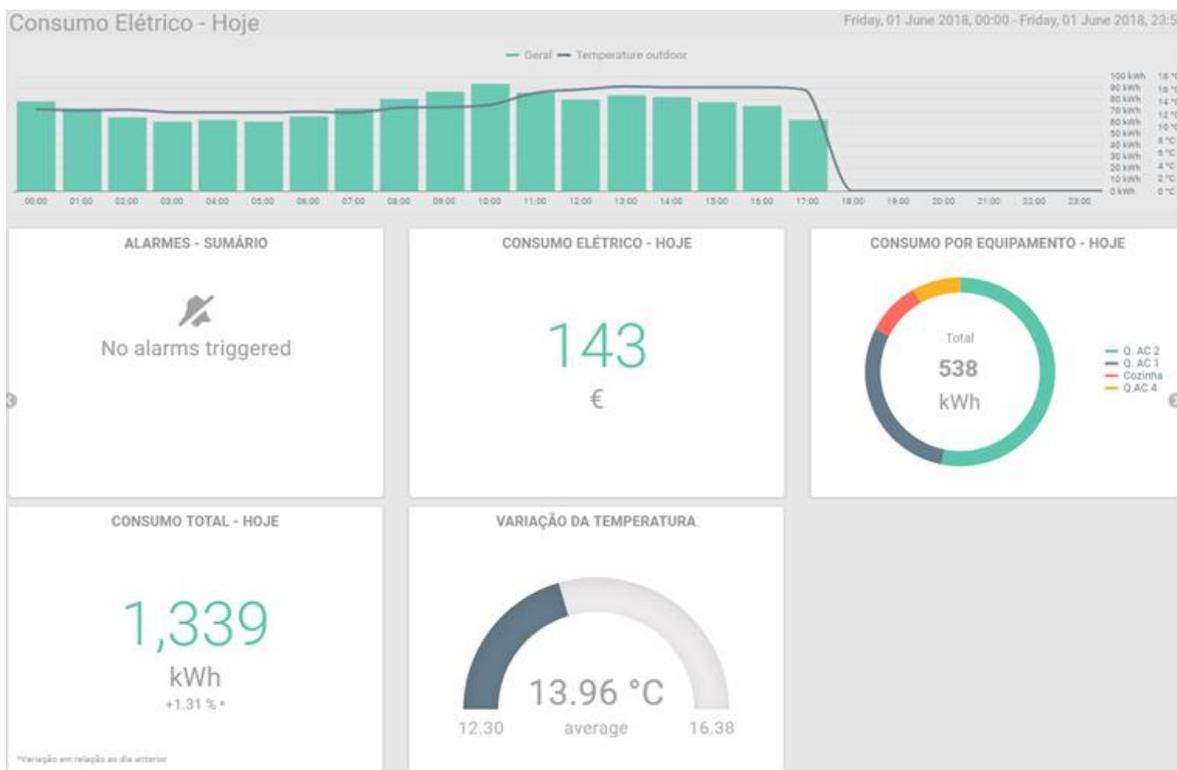


Figura 2.2. *Dashboard* do Projeto *Check-Inn*.

O módulo Explorador de Dados é um dos principais, devido a ser o módulo que permite a apresentação de informação relativa a: consumos, custos respetivos e outros tipos de parâmetros relacionados com o edifício que está a ser monitorizado. Este módulo permite a seleção entre apresentação de dados por "vista clássica" e por "vista avançada".

Na vista clássica é possível a monitorização gráfica de uma variável acumulada (por exemplo, consumo de energia ativa) e de uma variável instantânea (por exemplo a temperatura exterior). Neste projeto em concreto, as informações relativas ao funcionamento dos edifícios do setor hoteleiro, como o nº de refeições servidas, nº de dormidas e nº quartos ocupados, estão também integrados na plataforma.

A vista avançada, além de possuir as características da vista clássica, permite a visualização simultânea de várias variáveis acumuladas e instantâneas, realização de cálculos de variáveis através de fórmulas introduzidas pelo utilizador, personalização dos períodos de visualização e exportação de dados para ficheiros *Excel*.

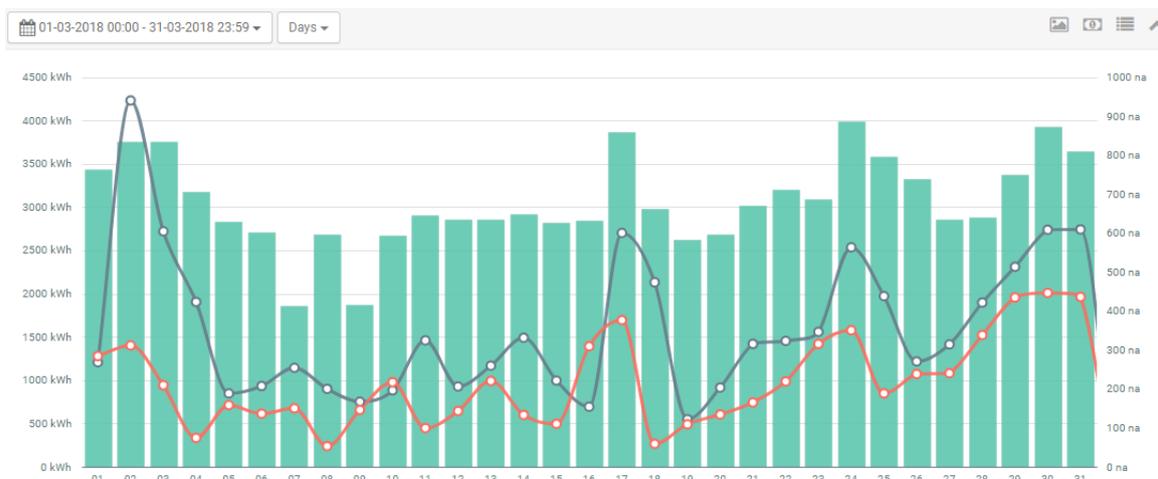


Figura 2.3. Módulo explorador de dados do hotel em estudo (Linha azul – Nº Dormidas; Linha Vermelha – Nº Refeições; Barras – Consumo global de energia elétrica).

O módulo de Alarmística permite a configuração e gestão de alarmes, permitindo assim identificar parâmetros fora dos limites previamente definidos (por exemplo: consumos anómalos, temperatura ou outro tipo de variável monitorizada pela plataforma), bem como a deteção de potenciais avarias nos equipamentos monitorizados. Trata-se de uma ferramenta útil para a equipa de GE e para os seus clientes, uma vez que permite uma rápida identificação de anomalias. Neste módulo é ainda possível despoletar o envio de um email para o cliente ou elemento da equipa de GE que esteja encarregue de um determinado projeto, no instante em que o alarme é desencadeado.

O acompanhamento das poupanças energéticas poderá ser feito no módulo *Baseline*, permitindo a comparação do consumo atual com o de referência previamente definido.

Os módulos de Atuação e de ADR (*Automated Demand Response*) permitem efetuar atuações remotas, nomeadamente ligar ou desligar equipamentos, bem como agendar períodos de funcionamento, atuações isoladas e recorrentes. A diferença entre os módulos consiste no facto de no módulo ADR ser necessário o cliente aceitar as atuações remotas realizadas pela equipa de GE e as mesmas apenas ocorrem no local após essa validação.

O módulo AMR (*Automatic meter reading*) apresenta um conjunto variado de informações a nível de contador. Possibilita a visualização de todos os contadores existentes num local, bem como a informação associada a cada um deles, desde dados técnicos a contagem dos consumos.

Durante a realização deste trabalho, a plataforma *Kisense* foi utilizada com a finalidade de analisar e avaliar os consumos efetuados pelos vários sistemas monitorizados. Como os equipamentos de monitorização foram instalados após o mês fevereiro de 2018, a plataforma *Kisense* não foi utilizada para análise e recolha dos consumos durante o ano de 2017, mas sim como uma ferramenta de análise e de deteção de oportunidades de melhoria, bem como de monitorização dos consumos do edifício.

A partir da data da sua implementação no edifício em análise, esta plataforma permitiu monitorizar os consumos elétricos Global do edifício, da Cozinha, da Lavandaria e do Sistema AVAC. Além das variáveis elétricas, é possível visualizar, todos os dados diários relativos ao funcionamento do hotel, como o nº de refeições servidas, o nº de dormidas e nº quartos ocupados e as condições meteorológicas (temperatura e humidade exteriores do edifício em estudo).

2.4. Metodologia de Avaliação de Consumos

Para uma avaliação e análise detalhada dos consumos mensais do hotel durante o ano de 2017, bem como a criação de modelos de previsão de consumos do edifício, foram criados modelos que permitem recriar e prever os consumos de energia elétrica global (sem incluir os sistemas de AVAC) e o dos sistemas de AVAC, os consumos de gás natural e o de água no edifício em função de fatores identificados como prováveis responsáveis por estes consumos. A criação destes modelos foi baseado no protocolo IPMVP (EVO, 2012).

A aplicação do protocolo IPMVP exige que a construção de cada modelo de consumo de energia seja precedida da identificação prévia dos fatores que influenciam esse consumo. Em cada modelo resultante existe uma clara distinção entre a parcela de consumo base e as correspondentes a cada tipo de consumidor, permitindo assim a identificação e uma análise muito mais rápida de medidas de racionalização de energia, pois permite verificar se os consumos estão a ser influenciados pelas variáveis do modelo ou são independentes destas.

Para construir os modelos recorreu-se aos valores dos correspondentes consumos ocorridos durante o ano de 2017, exceto o relativo ao consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC, em que se recorreu a consumos de 2014.

Como parâmetros com potencial para afetar os consumos identificaram-se o nº de graus-dia de aquecimento, o nº de graus-dia de arrefecimento, a temperatura da água da

rede pública, a radiação solar, o nº de refeições servidas, o nº de dormidas e o nº de quartos ocupados. A determinação do nº de graus-dia de aquecimento e de arrefecimento foi baseada na temperatura do ar exterior. No ANEXO A, é possível observar os valores utilizados neste estudo.

Os modelos criados apresentam como formulação base a regressão linear expressa na equação (2.1), que em alguns casos, apenas incorpora uma variável independente:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (2.1)$$

em que Y representa o consumo em questão, X_i cada um dos fatores com potencial de o influenciar e a_i os coeficientes (constantes) que definem o modelo.

Para a criação dos modelos de previsão de consumo apresentados neste trabalho foi necessário realizar um conjunto de etapas.

Para início de processo foi utilizado o programa Minitab 18® para a realização de uma triagem das variáveis inicialmente recolhidas, de modo a serem identificadas as mais relevantes para consumo em estudo. O programa permite a introdução de um conjunto de dados, neste caso, as variáveis dependentes (consumo) e independentes (radiação solar, temperatura exterior, etc), calculando assim um conjunto de possibilidades de regressões lineares, tendo em conta as variáveis independentes introduzidas para cada consumo. O resultado final consiste numa tabela onde são apresentados os valores de R^2 , R^2_{ajustado} e as variáveis incluídas em cada regressão linear calculada, apresentando desde de regressões lineares simples, até uma regressão linear múltipla, onde estão incluídas todas as variáveis em estudo.

O coeficiente de determinação R^2 possui um intervalo de valores possíveis entre 0 e 1. Um R^2 nulo indica uma fraca relação entre as variáveis intervenientes, ou seja, nenhuma das variações observadas na variável dependente é explicada pelo modelo, portanto o modelo de regressão obtido não fornece nenhuma orientação para a compreensão das variações da variável dependente. Por outro lado, um R^2 com valor igual a 1 significa que o modelo explica 100% das variações da variável dependente.

O coeficiente R^2_{ajustado} clarifica a proporção de variação da variável dependente explicada pelo modelo de regressão, uma vez que tem em conta o número de variáveis independentes. Ao contrário do que acontece com o coeficiente de determinação múltiplo, o

R^2_{ajustado} não aumenta sempre que uma nova variável é adicionada ao modelo. De facto, se forem adicionados termos desnecessários, o valor de R^2_{ajustado} na maior parte dos casos decresce. Quando a diferença entre R^2 e R^2_{ajustado} é acentuada, existe a possibilidade de que tenham sido incluídos no modelo variáveis estatisticamente não significativas.

Para a seleção da regressão linear que melhor recria o consumo em questão, foi utilizado o coeficiente de determinação R^2 e R^2_{ajustado} para uma avaliação da exatidão dos modelos criados e a relação entre os consumos e as variáveis em estudo. Durante este processo, também foi tido em conta que as variáveis apresentadas nos modelos de previsão de consumo têm de possuir algum sentido na sua utilização, consoante as características do consumo em estudo.

De seguida, foi utilizada a ferramenta Análise de Dados do programa MS Excel®, para obtenção dos valores referentes ao consumo base e das variáveis independentes de cada modelo de previsão de consumo, bem como validação dos valores dos coeficientes de determinação apresentados no programa Minitab 18®. Também foi possível a obtenção da estatística-t correspondente a cada regressão linear. Esta permite determinar se os coeficientes do modelo de regressão têm interesse estatístico e, por conseguinte, a sua validação. Determinada a estatística-t de cada coeficiente do modelo em questão, este foi comparado com os valores críticos para um intervalo de confiança de 95% apresentados na tabela do APÊNDICE B. Se o valor absoluto da estatística-t ultrapassar o valor apropriado da tabela conclui-se que a estimativa é estatisticamente válida.

2.5. Metodologia de Análise de Sensibilidade

Para uma avaliação da influência de cada variável independente no consumo foi realizada uma análise de sensibilidade aos vários modelos de previsão de consumos. Por conseguinte, após a criação dos modelos matemáticos, foi simulado um aumento de 10% em cada variável independente de cada modelo criado, possibilitando assim a visualização do aumento/diminuição do consumo mensal em estudo e, por conseguinte, o anual.

Nos modelos de previsão com um número de variáveis independentes superior a 1, a análise de sensibilidade foi realizada várias vezes variando uma variável de cada vez, mantendo as outras constantes. Apresenta-se na equação seguinte (2.2) o exemplo de análise de sensibilidade, em que se analisa a influência no consumo Y de uma variação de 10% no parâmetro independente X_1 .

$$Y = a_0 + a_1(1.1 \times X_1) + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (2.2)$$

Esta análise possibilita sustentar a escolhas de medidas de racionalização de energia a serem aplicadas no edifício, e permite concluir sobre a medida mais favorável em termos energéticos, ou seja, aplicação de medidas de eficiência energética em sistemas relativos à variável que provoca o maior aumento no consumo em questão.

Este estudo permite assim a criação de uma ferramenta útil para a gestão de um hotel, permitindo a simulação de um conjunto variado de situações, através da modificação dos valores das variáveis de cada modelo de previsão. Permite também, além da obtenção da variação ao nível energético do edifício, a obtenção dos custos associados a cada consumo, através da aplicação de uma tarifa média ao consumo em análise.

2.6. Metodologia de Avaliação de Poupanças

Para determinar o valor das poupanças conseguidas com cada medida de racionalização energética (MRE) simulou-se o funcionamento do equipamento/sistema antes e depois da implementação da MRE em análise. A poupança conseguida foi então obtida através da expressão (2.3).

$$Poupança = Consumo_{antes\ da\ MRE} - Consumo_{após\ implementação\ da\ MRE} \quad (2.3)$$

Como foram observadas melhorias em sistemas totalmente distintos entre si, foi necessário adaptar diferentes abordagens para o cálculo das poupanças respetivas a cada equipamento/sistema.

Relativamente ao sistema de iluminação do hotel, foi possível calcular as poupanças através dos dados recolhidos durante a visita ao hotel, nomeadamente a potência de cada luminária e o local onde estão instaladas, possibilitando assim uma estimativa das horas de funcionamento de cada lâmpada, consoante a utilização do local onde a mesma se encontrava.

No caso da máquina de lavar a loiça, instalada na cozinha, foi necessário efetuar uma estimativa do seu tempo total de funcionamento durante o ano de 2017, o que foi realizado a partir do número de refeições servidas durante esse período. Para o efeito foi necessário recolher as características do equipamento, providenciadas pelo fabricante, mais

concretamente a capacidade de lavagem da máquina (cestos/hora) e a quantidade de água utilizada (m^3 /hora).

A energia consumida pela máquina de lavar loiça é gasta quase exclusivamente para aquecer a água, proveniente da rede pública, até uma temperatura pré-definida. Deste modo é suficientemente preciso utilizar a equação seguinte (2.4) para determinar o consumo energético deste equipamento.

$$Energia = \frac{V \times \rho_{(T_m)} \times c_{p_{\text{água}}(T_m)} \times \Delta T}{\eta} \quad (2.4)$$

A poupança anual de energia da proposta de melhoria apresentada foi obtida através da diferença entre consumo de energia através do sistema atual de aquecimento de água e o sistema de aquecimento implícito à proposta de melhoria analisada (a apresentar em concreto no capítulo 4.5).

As poupanças a atingir com as melhorias a propor para o Sistema de Aproveitamento de Energias Renováveis instalado no edifício foram calculadas tendo como base os resultados das simulações efetuadas através do software SCE.ER (DGEG, 2018f), que permite o cálculo da energia produzida por sistemas solares térmicos ou fotovoltaicos, através de simulações dinâmicas.

Inicialmente foi simulado o Sistema Solar Térmico existente no edifício para estimar a energia produzida, e desta forma obter uma base de comparação com as melhorias propostas. Para a simulação do sistema atual foi necessário a introdução de toda a informação solicitada pelo software, quer os dados relativos aos vários equipamentos que o constituem, quer as necessidades de água quente do edifício durante o ano de 2017, as quais foram calculadas tendo em conta os dados fornecidos pela administração do hotel, nomeadamente, o número de dormidas e refeições servidas. Também foi utilizado a quantidade de água quente consumida pela lavandaria durante o ano de 2017 (recolhido durante a auditoria energética ao hotel).

Após a introdução dos consumos de água quente ocorridos no hotel durante o ano de 2017, foi realizada uma correção de modo a existir uma menor diferença entre os consumos de gás reais e os simulados, por parte do Sistema AQS. Esta diferença, pode ser explicada pela falta de informação de alguns consumos relativos a sistemas do hotel, como

a Piscina e o Spa, bem como as estimativas realizadas referentes aos consumos dos clientes durante o ano de 2017.

Para avaliar a viabilidade das medidas de melhoria ao sistema de coletores solares térmicos, a simulação do seu funcionamento foi efetuada considerando sempre o consumo de água quente verificado em 2017. As únicas diferenças entre o antes e o depois das MRE foram as específicas às alterações intrínsecas que é necessário efetuar a este sistema para implementar as melhorias.

Relativamente ao Sistema Fotovoltaico, este foi simulado através do mesmo software que o Sistema Solar Térmico, tendo sido necessário a introdução do consumo de energia elétrica ocorrido no edifício durante o ano de 2017, o qual foi obtido através da telecontagem por parte da empresa de energia elétrica, bem como, toda a informação técnica relativamente aos equipamentos utilizados neste sistema.

As poupanças monetárias de todas as propostas de melhorias apresentadas a seguir foram determinadas através da aplicação de tarifas médias ponderadas relativas a cada consumo, bem como a poupança obtida através da redução de consumos de energia elétrica em horas de pontas (PHP) e da potência contratada (PC). Também foi calculado o *payback* simples, através das poupanças anuais, bem como o valor do investimento a ser realizado em cada proposta de melhoria.

Foram ainda realizadas análises de investimento, permitindo a determinação do valor atual líquido (VAL), o resultado anual equivalente e a poupança total num período de 25 anos. Nesta análise foi considerada uma taxa média de inflação de 3%/ano, uma inflação nos custos da energia de 3,5%/ano, bem como uma inflação no valor de 2%/ano nos preços dos equipamentos a serem comprados durante o período considerado na análise.

3. CASO DE ESTUDO – HOTEL DE 4 ESTRELAS

3.1. Descrição do Edifício

O edifício em estudo é um hotel situado na zona urbana de Coimbra (zona climática II e V2; Desp 15793-F, 2013) construído em 2010 e com uma classificação de 4 estrelas. É constituído por 8 pisos, dos quais 5 estão acima do solo e tem uma área útil de pavimento de 12 418,9m². O edifício é enquadrado pelo SCE (2016) como um Grande Edifício de Serviços, tendo o Certificado Energético que lhe foi concedido na altura da sua construção atribuído a classificação A.

O hotel possui um total de 229 quartos, dos quais 207 são da classe normal (90 possuem varandas), 18 de classe superior com varanda e 4 são (classe normal) adaptados para pessoas com mobilidade reduzida, todos eles situados nos 5 pisos acima do solo. No piso 0 (situado ao nível do solo) estão localizados a receção, os jardins e espaços exteriores, piscina exterior, bar, restaurante e biblioteca e nos pisos subterrâneos o parque de estacionamento, instalações técnicas, balneários, ginásio, spa e piscina interior aquecida.

Em termos de construção, o edifício possui uma inércia forte devido à utilização de soluções construtivas opacas em materiais com grande massa (cimento e tijolo) e um coeficiente de transmissão térmica superficial reduzido pelo uso de isolamento térmico (reboco e XPS) nos elementos da envolvente. Também incorpora vãos envidraçados de vidro duplo temperado com uma caixa de ar e uma caixilharia em alumínio sem corte térmico, em alguns casos com uma proteção solar interior por cortina opaca (do tipo *black-out*) permitindo a obtenção de um baixo fator solar.

O edifício possui um Sistema de Climatização constituído maioritariamente por VRV's, um Sistema de Produção de Água Quente (AQS) e um Sistema de Aproveitamento de Energias Renováveis baseado em painéis solares térmicos, os quais serão descritos mais pormenorizadamente no subcapítulo 3.3.

3.2. Perfis de Ocupação

De seguida é possível observar na Tabela 3.1 a ocupação mensal ocorrida no hotel durante o ano de 2017, em termos de quartos ocupados, taxa de ocupação, número de dormidas e número de refeições servidas. Durante o ano de 2017 o hotel teve, em média, uma taxa de ocupação de 67,69%, com um número total de dormidas de 93 013 e 142 666 refeições servidas.

Tabela 3.1. Perfil de ocupação no período de referência (2017).

Mês	Quartos ocupados	Taxa de Ocupação [%]	Nº Dormidas	Nº de Refeições
Janeiro	3 133	44,13	5 314	9 001
Fevereiro	2 076	32,38	3 862	6 063
Março	3 302	46,51	5 662	8 440
Abril	4 720	68,70	8 857	13 639
Maio	5 557	78,28	9 568	15 543
Junho	5 044	73,42	8 770	13 596
Julho	4 733	66,67	9 629	12 587
Agosto	4 904	69,08	10 733	15 325
Setembro	5 727	83,36	10 131	15 683
Outubro	5 310	74,80	9 298	15 319
Novembro	3 298	48,01	5 313	8 970
Dezembro	2 752	38,77	5 876	8 500
Ano de 2017	50 556	67,69	93 013	142 666

3.3. Descrição dos Sistemas Energéticos

3.3.1. Sistemas de iluminação

O sistema de iluminação do hotel é constituído maioritariamente por luminárias do tipo fluorescentes compactas, tubular e spots de halogéneo e uma pequena percentagem de luminárias do tipo LED. Recentemente foi iniciada a implementação de iluminação do tipo LED estando, neste momento, apenas instaladas nos corredores dos pisos dos quartos. A Tabela 3.2 indica a potência e a quantidade dos vários tipos de lâmpadas instaladas no edifício, observando-se que apenas 3,3% são do tipo LED.

Tabela 3.2. Quantidade e potência de luminárias em função da tipologia.

Tipologia	Potência [W]	Potência [%]	Quantidade	Quantidade [%]
Fluorescente Tubular	7 596	10,4	211	6,3
Fluorescente Compacta	19 239	26,4	1 749	51,9
Spots de Halogéneo	45 500	62,3	1 300	38,6
Led	660	0,9	110	3,3
Edifício	72 995	-	3 370	-

3.3.2. Sistemas de AVAC

O Sistema AVAC do edifício é assegurado por 3 sistemas com funcionamento independente entre si. O primeiro sistema serve os quartos e demais zonas comuns destinadas aos hóspedes, em que o ar é preparado em UTAN (Unidades de Tratamento de Ar Novo), difundido pelos espaços através de ventiloconvectores e outros tipos de difusores e em que o aquecimento e o arrefecimento é assegurado por 28 unidades VRV's (Volume de Refrigerante Variável). O segundo sistema serve a lavandaria e espaços adjacentes e é baseado numa unidade mural e uma unidade exterior do tipo split. O terceiro sistema garante a climatização e desumidificação dos espaços relativos à piscina interior e ao Spa e é baseado numa UTA (Unidade de Tratamento de Ar) apoiada por uma bomba de calor e água quente do Sistema AQS.

No total estão instalados no hotel 28 VRV's Toshiba, que têm como objetivo a climatização ambiente das zonas comuns, serviços e quartos. 27 VRV's são a 2 tubos, com uma potência unitária de arrefecimento entre os 16kW e 33,5kW e uma potência de aquecimento entre os 18kW e 37,5kW. O outro VRV é a 3 tubos com potência unitária de 22,4 kW e 25kW para arrefecimento e aquecimento, respetivamente.

A difusão e emissão da energia térmica no hotel é efetuado com recurso a 274 unidades interiores do tipo ventiloconvectores, das quais 250 são unidades murais, 2 cassetes de 4 vias, 1 cassete de 2 vias e 21 ventiloconvectores de condutas, através de grelhas e difusores de baixa indução colocadas no teto falso. Estas unidades interiores são alimentadas a partir de 8 UTAN's com recuperação de calor por permutadores de fluxos cruzados.

A climatização de alguns dos espaços, como a lavandaria, zona administrativa adjacente, manutenção e lixos é efetuada através de um Sistema Split de expansão direta de funcionamento reversível, composto com unidades interiores do tipo mural. A extração das

zonas técnicas e espaços similares é efetuada apenas por ventiladores de extração dedicados, de modo a não existir transferência de odores no ar de insuflação.

Na área correspondente à piscina interior e ao Spa é utilizada uma bomba de calor dedicada para este espaço para arrefecimento e desumidificação com secção de filtragem e circuito frigorífico de expansão direta com compressor hermético e uma bateria de reaquecimento do ar em tubos de cobre, com alhetas de alumínio alimentada com água quente a 64°C proveniente do sistema AQS do hotel. A ventilação do Spa, ao contrário dos outros espaços, utiliza uma UTA (Unidades de Tratamento de Ar) sem recuperador de calor.

A climatização do ambiente interior do edifício é assim assegurada por 28 VRV's, 1 split e 1 bomba de calor, que asseguram uma potência térmica total para climatização do ambiente interior de 967 kW em modo de aquecimento e de 855 kW em modo de arrefecimento.

3.3.3. Sistemas de preparação de Águas Quentes Sanitárias

O sistema de preparação de Água Quente Sanitária (AQS) do edifício é constituído por um conjunto de 56 coletores solares térmicos apoiados por 4 caldeiras de condensação a gás natural. A distribuição de AQS é efetuada através de um sistema de anel de retorno, o qual permite uma circulação de água quente e, por isso, impedir que a mesma estagne e arrefeça, assegurando uma temperatura da água quase sempre constante ao longo do sistema. Por sua vez, a água de retorno do circuito é misturada com a água de reposição, vinda da rede pública, e aquecida através de um permutador com calor proveniente do sistema solar térmico. De seguida, a água é transferida para outro permutador, onde é reaquecida até à temperatura de 64 °C com calor fornecido pelas caldeiras e, por conseguinte, reenviada para o circuito em anel.

A preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) é efetuada através de um conjunto de 4 caldeiras de condensação, modulantes, a gás natural, Buderus Logamaz Plus GB162-110, com uma potência nominal unitária de 100 kW e uma eficiência máxima (em base Poder Calorífico Inferior) de 107%, as quais se encontram instaladas em espaço técnico próprio conhecido por Central Térmica.

O Sistema AQS é apoiado por um Sistema de Aproveitamento de Energia Renovável instalado na sua cobertura, constituído por um conjunto de 56 painéis solares

térmicos Buderus SKE2.0S (2,37 m² de área de captação), com uma área total de 132,7 m², orientados com um azimute de -65° (Este = -90° e Sul = 0°) e uma inclinação de 45°.

Na Central Térmica estão instalados dois depósitos de forma cilíndrica, colocados na vertical e com uma capacidade de 5000 (depósito solar) e 3000 (depósito de acumulação) litros. Estes depósitos têm como finalidade o armazenamento de energia proveniente do sistema solar térmico e das caldeiras, respetivamente.

Apresenta-se na Figura 3.1 o esquema de princípio do sistema de preparação de Água Quente Sanitária (AQS) do edifício em estudo.

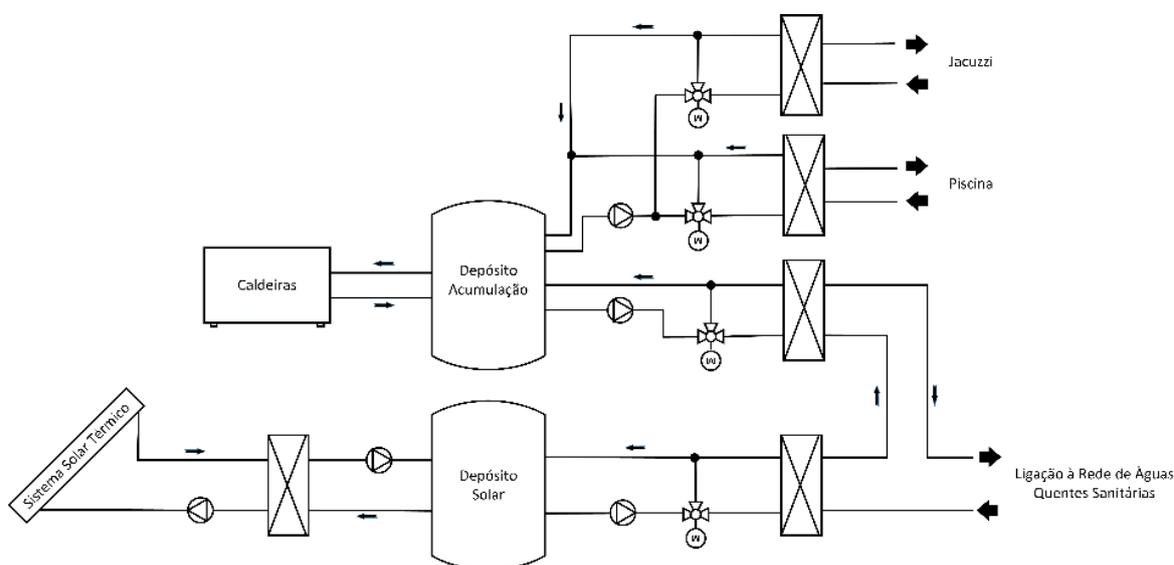


Figura 3.1. Esquema de princípio do sistema de preparação de Água Quente Sanitária (AQS) do edifício.

O fluido térmico proveniente dos painéis solares térmicos, o qual consiste numa mistura de água e glicol de modo a evitar a congelação durante os meses de Inverno, é transportado por tubagem existente no edifício, desde da cobertura até à Central Térmica, onde circula por um permutador exterior de placas, que tem como objetivo a transferência de energia proveniente do sistema solar térmico para o “depósito solar”. Este depósito tem como finalidade o armazenamento de energia proveniente do sistema solar térmico e efetuar um pré-aquecimento das águas provenientes da rede pública e do retorno do circuito de anel através de outro permutador exterior de placas.

De seguida, a água é transportada para o permutador exterior de placas referente ao circuito das caldeiras, no qual é realizado o aquecimento da água até a temperatura desejada, normalmente superior a 60 °C para prevenção da ampliação da bactéria Legionella. Caso a temperatura da água à saída do permutador seja superior à temperatura programada

na Gestão Técnica Centralizada, esta é arrefecida com água da rede pública através de um sistema termoestático modulante.

Relativamente ao aquecimento das águas da piscina interior e do jacuzzi, estas são aquecidas até uma temperatura de 30 °C através de permutadores exteriores de placas, nos quais circula água quente proveniente do depósito de acumulação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Consumos de Energia e de Água

Durante o ano de 2017 consumiram-se no hotel 1 845 MWh de energia e 20 982 m³ de água, tendo-se gasto com estes consumos 196 237 €, dos quais 137 340 € foram para a aquisição de energia (70%) e 58 897 € para a compra de água (30%). A energia consumida no hotel teve apenas 3 origens: eletricidade (adquirida), gás natural (adquirido) e calor produzido pelo sistema de coletores solares térmicos. Dos 1 845 MWh de energia consumida em 2017, 1 110 MWh foram de eletricidade (60,2%), 641 MWh foram de gás natural (34,7%) e 94 MWh foram de calor produzido pelo sistema solar térmico (5,1%). Para a obtenção da energia anterior foram gastos 137 340 €, dos quais 112 269 € com a aquisição de energia elétrica (81,7%) e 25 071 € com a aquisição de gás natural (18,3%).

4.1.1. Consumo de energia elétrica

No edifício em estudo, os principais consumidores de energia elétrica são os sistemas de AVAC, a iluminação, os equipamentos da lavandaria, os sistemas de bombagem de água, os elevadores, os equipamentos que equipam a cozinha (onde se destaca a máquina de lavar loiça) e equipamentos gerais da atividade hoteleira.

Durante o ano de 2017 o edifício consumiu 1 110 MWh de energia elétrica, correspondendo a um custo total de 112 269€, catalogando-a como a maior despesa relativa ao consumo de energia por parte do hotel, representando 60,2% dos custos com energia. Em média, cada MWh gasto ficou a 101 €, ou seja, a 0,101 €/kWh. O hotel teve uma potência contratada de 312,12 kW entre janeiro e agosto de 2017 e desde dessa data 292,95 kW. Relativamente à potência tomada, verifica-se que é desta ordem de grandeza apenas nos meses de maior ocupação, atingindo um máximo de 282 kW em junho de 2017.

Com base nas faturas de eletricidade e nos dados retirados da plataforma Kisense foi realizada uma análise dos perfis de consumos mensais de energia elétrica e a sua desagregação, verificados durante o ano de 2017 (Figura 4.1). Salienta-se que o consumo de AVAC e Cozinha apresentados na Figura 4.1 são previsões, tendo por base o consumo mensal do Sistema AVAC durante o ano de 2014. A média do consumo da cozinha foi

extrapolado a partir dos valores medidos através da plataforma Kisense durante o período de estágio.

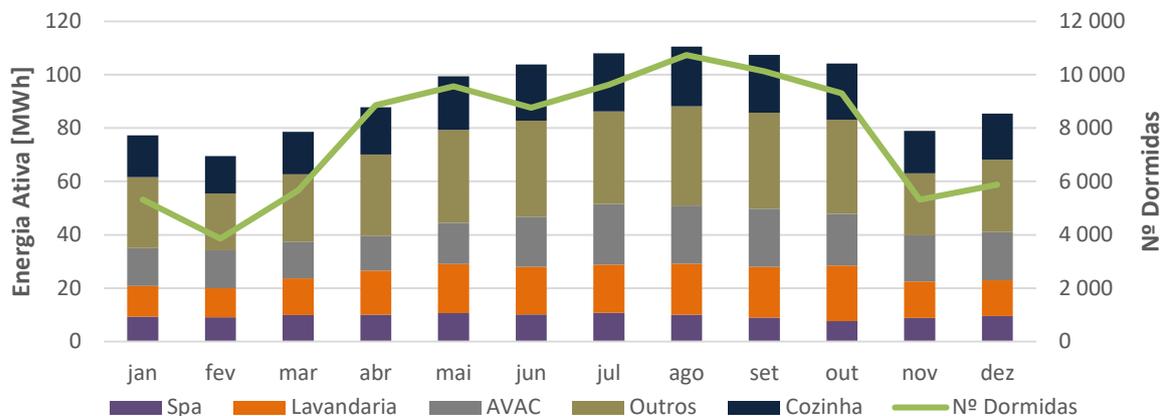


Figura 4.1. Consumo mensal de energia elétrica durante o ano de 2017.

Pela análise da Figura 4.1 observa-se que os meses de maiores consumos de energia elétrica no edifício foram julho, agosto e setembro, ou seja, meses de verão, isto devido a um maior número de dormidas no hotel durante esse período. Por outro lado, o mês de fevereiro apresenta o menor consumo de energia elétrica, visto ser o período de funcionamento do hotel onde ocorreu a menor ocupação durante o ano de 2017.

Relativamente ao consumo do Sistema AVAC, este apresenta um aumento significativo durante os meses de verão, aproximadamente 60% comparativamente com o mês de menor consumo do edifício, devido ao incremento das cargas térmicas com o aumento do número de hóspedes, bem como pelo aumento da temperatura exterior e da radiação solar incidente durante esse período.

O consumo referente ao Spa, ao longo do ano de 2017, não apresenta grande variação, devido a ser um local do hotel onde os equipamentos estão sempre ligados, de modo a permitir a sua utilização pelos clientes a qualquer hora e dia.

Por outro lado, o consumo relativo à Cozinha e Lavandaria apresentam uma correspondência com o número de dormidas ocorridas no hotel, por estes prestarem serviços diretamente relacionados com a sua ocupação. A Lavandaria, em agosto de 2017, revelou a maior subida de consumo em termos percentuais do edifício, apresentando um aumento de 92% comparativamente com o mês de fevereiro.

Observa-se também, que o consumo de energia elétrica relativo aos “Outros” circuitos e/ou equipamentos, apresenta uma proporcionalidade com o número de dormidas,

por neste estarem englobados os consumos referentes a sistemas como a iluminação, TV's, elevadores, etc (sistemas estes controlados ou influenciados pelos hóspedes).

Considerando que os custos de energia relativos à eletricidade são faturados em quatro horários distintivos (vazio, super vazio, ponta e cheia), é possível observar os períodos onde ocorre o maior consumo por parte do edifício durante o ano de 2017 (Figura 4.2). O período de cada horário referido anteriormente pode ser observado no APÊNDICE C.

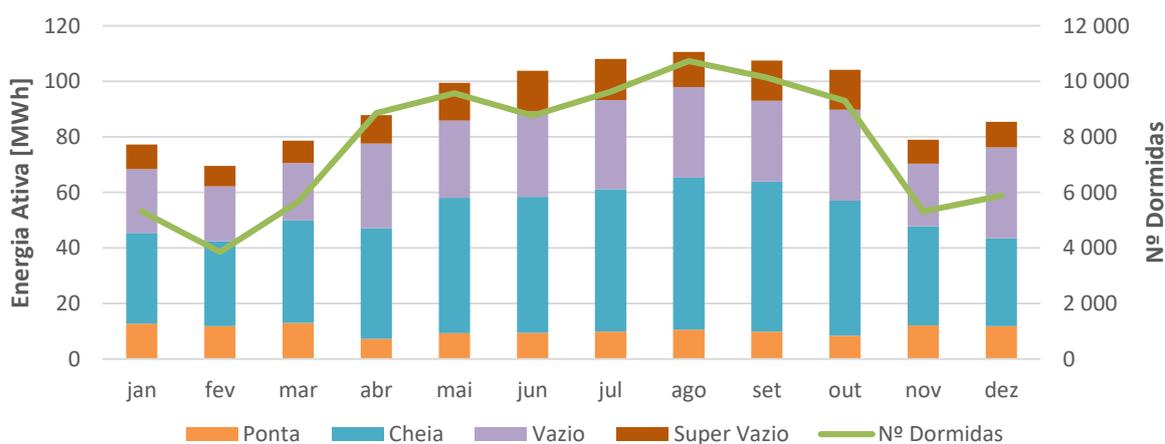


Figura 4.2. Perfil de consumo horário durante o ano de 2017.

Através da análise da Figura 4.2, é possível verificar que o horário em que o consumo de energia elétrica é mais elevado é no período de cheia, representando, 46% do consumo total de energia elétrica do edifício, existindo uma relação direta com o número de dormidas ocorridas durante o ano de 2017. Este é o horário mais relacionado com a utilização do sistema de climatização e de equipamentos por parte dos hóspedes.

O consumo verificado no horário de super vazio e vazio, à semelhança do que acontece com o horário de cheia, apresenta uma relação com o número de dormidas ocorridas no hotel. Por outro lado, o consumo verificado no horário de ponta é o que apresenta o menor consumo ao longo do ano de 2017 (11%), não sendo este influenciado pelo número de dormidas.

À semelhança do que acontece na análise efetuada ao consumo geral do edifício, o mês de agosto é aquele que revela o maior consumo de energia elétrica no horário de vazio e cheia. Por outro lado, o mês de março é o mês em que se verifica o maior consumo de energia elétrica relativamente ao período de ponta.

Apresenta-se na Figura 4.3 os custos associados à compra de energia elétrica nos quatro horários distintivos (vazio, super vazio, ponta e cheia) anteriormente analisados.

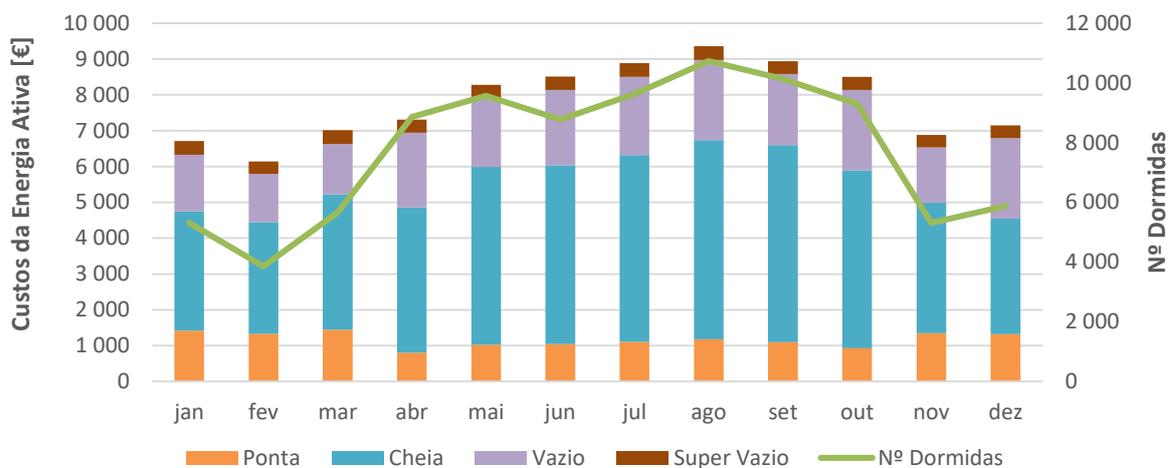


Figura 4.3. Custos do perfil de consumo horário durante o ano de 2017.

Pela análise da Figura 4.3, é possível verificar que existe uma semelhança na distribuição ao longo do ano dos custos de energia elétrica comparativamente com os consumos apresentados na Figura 4.2. O horário que apresenta o custo de energia elétrica mais elevado é o período de cheia (52 319 €, com uma tarifa de 0,102 €/kWh), representando, 56% do custo total de energia elétrica do edifício. De seguida, o período de vazio apresenta um custo total de 22 862 € (0,068 €/kWh), representando 24% do custo total de energia elétrica do edifício.

Por outro lado, apesar de existir um menor consumo de energia elétrica no período de ponta durante 2017, comparativamente com o período de super vazio, este revela um custo total associado superior (14 066 €), representando 15% da compra de energia elétrica do edifício, devido à existência de uma tarifa mais elevada (0,112 €/kWh). Por conseguinte, o consumo de energia elétrica no período de vazio apresenta apenas 5% do custo total de energia elétrica do edifício, com um valor de 4 430 € (0,067 €/kWh).

4.1.2. Consumo de gás

No edifício existem dois tipos de consumidores de gás, o grupo das 4 caldeiras de aquecimento de água e os equipamentos da cozinha. Infelizmente não foi possível desagregar o consumo de gás entre as caldeiras e a cozinha. No entanto, tendo em consideração que os equipamentos da cozinha são maioritariamente elétricos, concluiu-se que o grande consumidor de gás é o grupo das caldeiras. O calor produzido por estas é utilizado para o aquecimento final das AQS, para o aquecimento da água do Spa e para o funcionamento do sistema de climatização e desumidificação do ar do Spa.

No decorrer de 2017 o hotel consumiu um total de 641 MWh de gás natural, com um custo associado de 25 071€, representando apenas 18,3% dos custos totais do hotel em termos de energia. Em média, cada MWh gasto ficou a 39 €, ou seja, a 0,039 €/kWh. Por outro lado, o Sistema Solar Térmico instalado no edifício forneceu durante o ano de 2017 apenas 94 MWh, representando somente 13% da energia consumida para aquecimento das águas sanitárias.

Baseado nos consumos recolhidos durante levantamento energético, é possível observar na Figura 4.4, o consumo global de gás natural do hotel durante o ano de 2017.

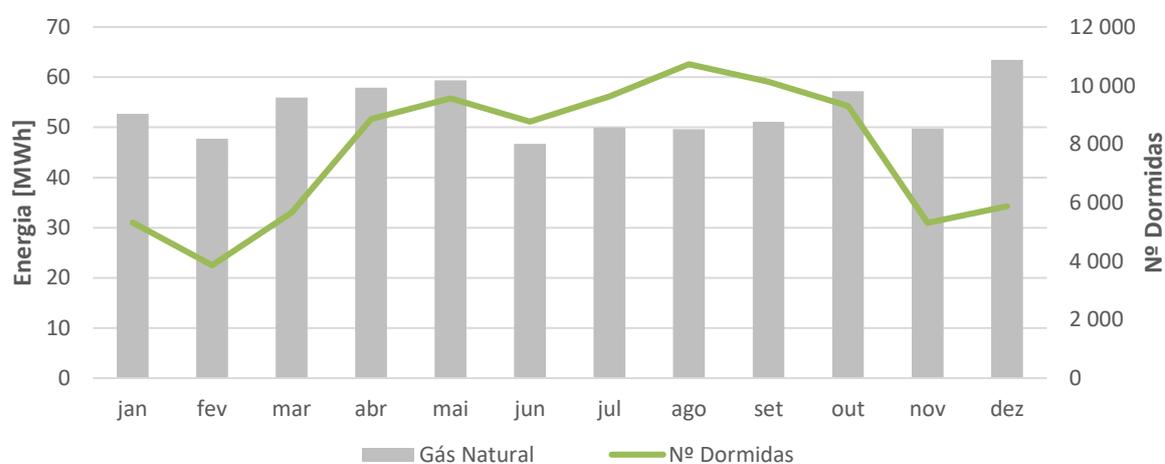


Figura 4.4. Consumo de Gás Natural durante o ano de 2017.

Pela análise da Figura 4.4 é possível constatar que o maior consumo de gás, ocorreu durante dezembro, podendo este ser explicado, pela baixa contribuição por parte do Sistema Solar Térmico, por causa de uma baixa radiação solar durante esse mês e também pela necessidade de uma maior quantidade de energia, devido a uma menor temperatura da água da rede pública.

Por outro lado, junho apresenta o menor consumo de gás, pelo facto de este ser um dos meses com maior radiação solar e, por conseguinte, uma maior contribuição do Sistema Solar Térmico, mas também um dos meses onde se regista uma maior temperatura da água da rede pública e um menor consumo de água no edifício.

É possível ainda constatar que durante os meses de março, abril e maio o consumo de gás apresenta uma estabilização apesar do aumento do número de hóspedes. Esta pode ser explicada por uma maior contribuição do Sistema Solar Térmico, devido ao aumento da radiação solar ao longo desse período e também pelo aumento da temperatura da água da rede pública.

É de notar, que durante o mês de maio e junho existe uma diminuição do consumo de gás no edifício, aproximadamente 27%, não por um aumento excessivo da contribuição por parte do Sistema Solar Térmico, mas sim por uma diminuição elevada do consumo de água no edifício entre esses meses, como será referenciado no subcapítulo seguinte.

4.1.3. Consumo de água

No edifício em estudo, a água é consumida maioritariamente pelos chuveiros durante os banhos tomados pelos clientes do hotel. A água é consumida ainda na cozinha (para cozinhar e para higienização), no Spa (nomeadamente por perdas por evaporação e pela substituição periódica da água das piscinas e afins), na lavandaria, pelos processos de limpeza dos vários espaços e na rega do jardim exterior. Infelizmente só foi possível desagregar o gasto de água entre lavandaria e outros usos.

Verificou-se, durante o ano de 2017, um consumo de 20 982 m³ de água por parte do edifício em estudo, com um custo associado de 58 897 €, ao que corresponde um custo unitário de 2,81€/m³. Os gastos com a água representaram assim 30% dos custos totais do hotel em termos de consumos. A partir dos consumos obtidos através da contagem realizada pelos funcionários da manutenção do hotel durante o ano de 2017, foi possível obter o consumo mensal real do edifício, bem como o consumo relativo à Lavandaria, os quais são apresentados na Figura 4.5.

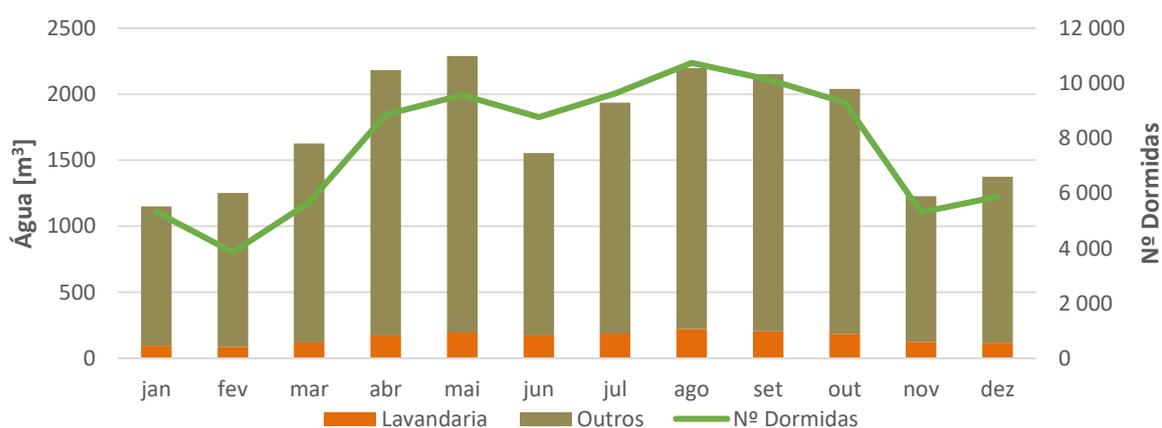


Figura 4.5. Consumo de Água durante o ano de 2017.

Nesta figura verifica-se que os meses cujo consumo de água foi mais elevado, foram abril e maio, os quais apresentam um consumo excessivo, quando comparados com meses com um número próximo de dormidas. Também é possível observar, que durante o

mês de junho houve um consumo atípico, quando comparado com os meses antecedentes, apresentando uma redução de 32% em relação a maio. A estas observações não foi dada nenhuma justificação plausível por parte do responsável da manutenção do hotel. Por outro lado, durante os meses de janeiro e novembro houve o menor consumo de água, os quais correspondem a meses com baixa ocupação.

O consumo relativo à Lavandaria apresenta uma boa correspondência com o número de dormidas, pois este serviço tem ligação direta com a ocupação do edifício. Em relação a este serviço e durante o ano de 2017, observou-se um maior consumo durante agosto e um menor durante fevereiro, pelo facto de estes serem o melhor e o pior mês, respetivamente, em termos de ocupação.

4.2. Modelos para Previsão de Consumos

Os modelos utilizados para efeitos de previsão de consumos por parte do edifício foram criados levando em consideração as indicações do protocolo IPMVP (EVO, 2012), conforme foi descrito anteriormente no Capítulo 2.

4.2.1. Consumo de energia elétrica (Sem AVAC)

O melhor modelo de previsão do consumo de energia elétrica (sem incluir o sistema AVAC) foi conseguido considerando como variável independente apenas o número de dormidas, o qual apresentou um coeficiente de correlação $R^2 = 0,95$. A incorporação de uma só variável e a obtenção de um R^2 muito elevado permite concluir que a variação do consumo de energia elétrica (sem AVAC) pelo edifício é maioritariamente influenciado pelo número de dormidas. Isto é o resultado de a maior parte dos sistemas/serviços do hotel variar de forma proporcional com o número de dormidas, como por exemplo, os serviços da lavandaria, restaurante, sistemas de iluminação, etc.

O modelo de previsão do consumo mensal de energia elétrica (sem AVAC) [em MWh], representado pela equação (4.1), incorpora uma parcela fixa (o consumo base mensal) e uma parcela variável dependente do número de dormidas no mês em questão (N° Dormidas).

$$\text{Consumo de eletricidade} = 36,75 + (4,94 \times 10^{-3} N^{\circ} \text{ Dormidas}) \text{ [MWh]} \quad (4.1)$$

Apresenta-se na Figura 4.6 o consumo mensal de energia elétrica (não incluindo o do sistema AVAC) medido e as correspondentes parcelas previstas pelo modelo representado pela expressão (4.1).

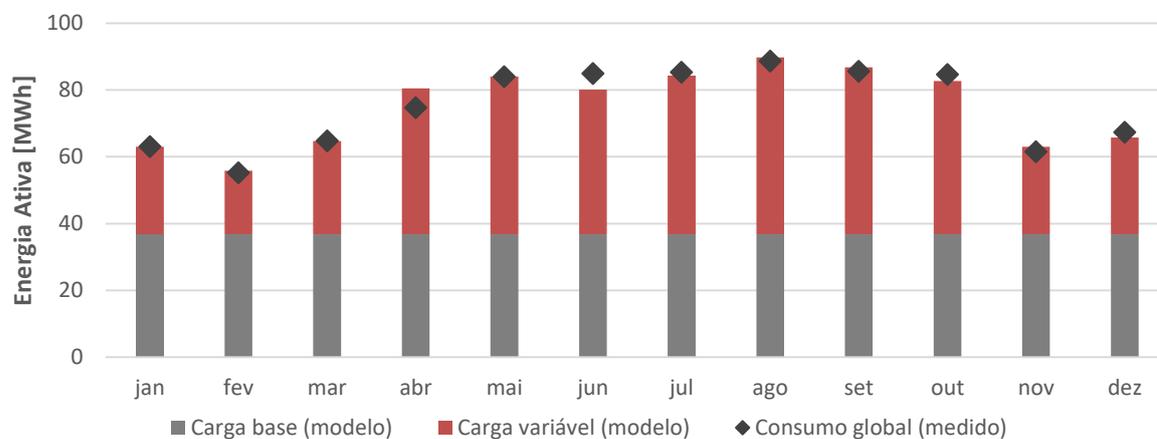


Figura 4.6. Consumo de energia elétrica (sem AVAC) durante 2017.

Da análise desta figura pode concluir-se que em alguns meses do ano, nomeadamente os que apresentam o menor número de dormidas (por ex. fevereiro), a maior parte deste consumo é referente aos sistemas base do edifício, os quais têm de se manter ligados para um correto funcionamento do hotel independentemente do número de hóspedes.

Por outro lado, nos meses com maior número dormidas a parcela variável de consumo de energia elétrica (sem AVAC) é superior à fixa. Isto deve-se provavelmente a que nesse período existe uma maior utilização de sistemas que possivelmente são controlados ou influenciados pelos comportamentos dos hóspedes.

Durante 2017 o edifício em estudo apresentou um consumo base de energia elétrica de 441 MWh (49%) e 460 MWh (51%) referente a sistemas influenciados pela ocupação do hotel. Apesar de estarmos na presença de um modelo de previsão, que quando aplicado ao ano de 2017, apresenta um consumo base semelhante ao consumo influenciado pelo número de dormidas, não podemos concluir que este apresenta um consumo menos eficiente deste recurso, pois essa análise só será realizada mais à frente neste trabalho na secção sobre os Indicadores KPI (*Key Performance Indicators*).

4.2.2. Consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC

A criação do modelo de consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC foi um processo mais demorado, quando comparado com os outros modelos, devido a ter

sido necessário ajustar os parâmetros independentes representativos das condições climáticas.

Para a construção do modelo de previsão dos consumos mensais pelo AVAC começou-se por selecionar uma expressão formada por uma parcela fixa (a carga base) e três parcelas variáveis, uma representativa das necessidades de aquecimento (devidas ao clima), outra das necessidades de arrefecimento (devidas ao clima) e uma terceira proporcional à ocupação mensal do hotel. Para representar as necessidades de aquecimento e arrefecimento afigurou-se como mais indicado o Número de graus-dia de aquecimento (HDD) e o Número mensal de graus-dia de arrefecimento (CDD), respetivamente, no mês em apreço. Para representar a ocupação mensal pareceu ser mais indicado o uso do número de quartos ocupados.

Durante o processo de construção do modelo concluiu-se que os consumos pelos sistemas de AVAC durante 2014 não dependeram da taxa de ocupação, sendo influenciados apenas pelas condições climáticas. Isto poderá indicar a existência de algumas deficiências na gestão do funcionamento dos sistemas de AVAC. Haverá aqui alguma possibilidade de medidas de melhoria, mas como as mesmas estão dependentes da lógica como o hotel está a ser utilizado durante o ano, elas poderão ser muito difíceis de implementar.

De seguida foi realizado um estudo para a escolha entre a temperatura exterior ou a temperatura ar-sol para o cálculo respetivo dos Graus-dia de Aquecimento (HDD) e de Arrefecimento (CDD). Esta última é uma temperatura fictícia que reproduz os efeitos de calor por radiação que ocorrerá entre a superfície exterior da envolvente com o exterior, representando uma temperatura da superfície exterior mais semelhante à situação real. A temperatura ar-sol foi calculada através da seguinte expressão:

$$T_{ar-sol} = T_{ar,ext} + \frac{\alpha G}{h_e} \quad (4.2)$$

em que T_{ar-sol} representa a temperatura ar-sol, $T_{ar,ext}$ a temperatura exterior, α o coeficiente de absorção da superfície, G a radiação solar global e h_e o coeficiente de transferência térmica da superfície exterior. A radiação solar global (G) considerada foi a soma dos valores médios da radiação difusa (G_{difusa}) e direta ($G_{directa}$) de todas as superfícies sólidas do edifício em estudo, estas obtidas através de um ficheiro meteorológico

para o distrito de Coimbra disponível pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG; LNEG, 2018).

Após o estudo concluiu-se que a utilização da temperatura exterior produziria o modelo mais exato do modelo de consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC. Isto poderá dever-se a utilização de radiação média difusa e global para o cálculo da radiação solar global e por isso uma afastamento da temperatura real exterior do edifício. Pelo que foi utilizada a $T_{ar,ext}$ como a temperatura para o cálculo dos Graus-dias de Aquecimento (HDD) e Arrefecimento (CDD) do modelo de previsão do Sistema AVAC do edifício.

Procedeu-se à escolha das temperaturas base para o cálculo respetivo dos Graus-dia de Aquecimento (HDD) e de Arrefecimento (CDD), o qual foi um processo por tentativas, de modo a permitir a determinação do intervalo de temperaturas mais adequado para a obtenção do melhor R^2 . Inicialmente utilizou-se uma temperatura base de 20 °C para determinar HDD e uma temperatura base de 24 °C para obter CDD. Isto devido a ser a gama de temperaturas de conforto humana, para condições de roupa típica de espaços interiores, com uma atividade sedentária, baixa velocidade do ar e superfícies envolventes à temperatura do ar interior.

Após várias tentativas foi selecionada a temperatura de 18°C para o cálculo do Graus-dia de Aquecimento e 22°C para a determinação dos Graus-dias de Arrefecimento. Esta redução do valor das temperaturas base iniciais realizada para o cálculo dos Graus-dia, poderá indicar que estamos perante um edifício quente.

Resumindo, a expressão representativa do modelo de previsão do consumo mensal de energia elétrica pelos sistemas AVAC do edifício [em MWh], equação (4.3), envolve uma parcela fixa (a Carga base) e duas variáveis, uma devida ao valor de HDD e outra devida ao valor de CDD. Esta equação simula o consumo ocorrido em 2014 com uma correlação $R^2 = 0,67$, o que tendo em conta as várias simplificações efetuadas durante o processo de construção deste modelo relativamente ao desempenho térmico do edifício, pensa-se que representa uma precisão satisfatória.

$$\text{Consumo de AVAC} = 9,87 + (0,02 \text{ HDD}) + (0,27 \text{ CDD}) \text{ [MWh]} \quad (4.3)$$

Através do modelo de previsão de consumo representado pela equação (4.3) verifica-se que o consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC apresenta um consumo base muito elevado em relação ao total e que este consumo é cerca de 13 vezes

mais dependente de CDD do que de HDD. Isto é sinal de que o edifício em análise tem tendência para "aquecer naturalmente". Apresenta-se na Figura 4.7 o consumo mensal de energia elétrica do sistema AVAC medido e as correspondentes parcelas previstas pelo modelo representado pela expressão (4.3).

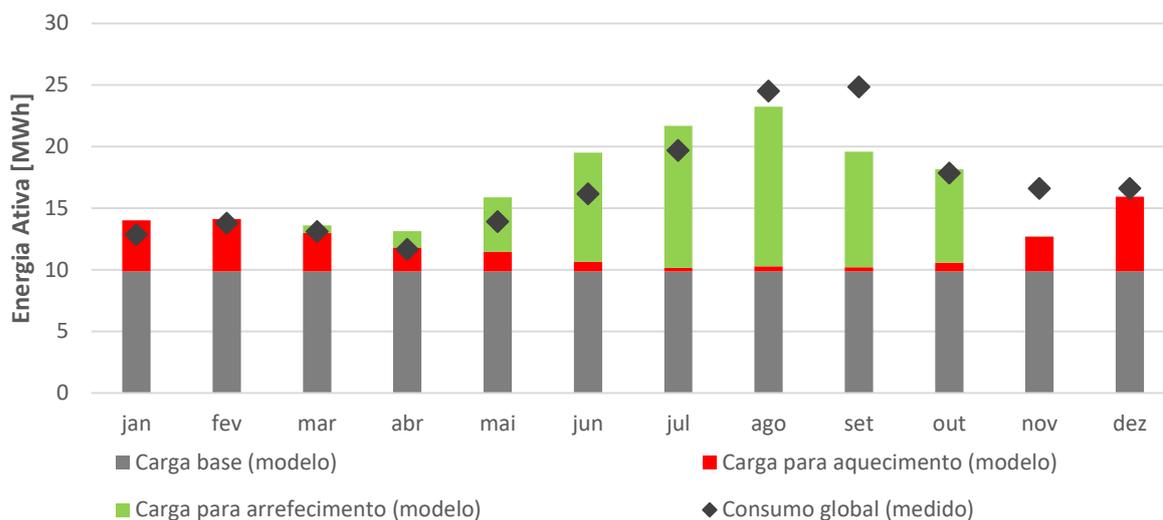


Figura 4.7. Consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC durante 2014.

Da análise desta figura é possível afirmar que existe por parte do sistema de climatização um maior consumo para o arrefecimento do edifício. Uma das razões para isto, mas não a mais importante, é o facto de os sistemas de climatização (baseados em Chillers-Bombas de calor) apresentarem uma eficiência superior em modo de aquecimento do que em modo de arrefecimento. Pensa-se que a razão principal para isto é o facto de estarmos perante um "edifício quente".

Por outro lado, também podemos constatar que a maior parte do consumo referente à climatização do edifício é referente ao consumo base, representando em termos anuais 59%, e que se deve provavelmente à ventilação e outros equipamentos que têm como finalidade assegurar as condições mínimas de operacionalização do Sistema AVAC do edifício.

Na Figura 4.8 apresenta-se o consumo dos sistemas de AVAC durante o período entre 01-02-2018 e 06-06-2018, o qual foi obtido através da plataforma Kisense, e que permite uma aferição do modelo anteriormente apresentado.

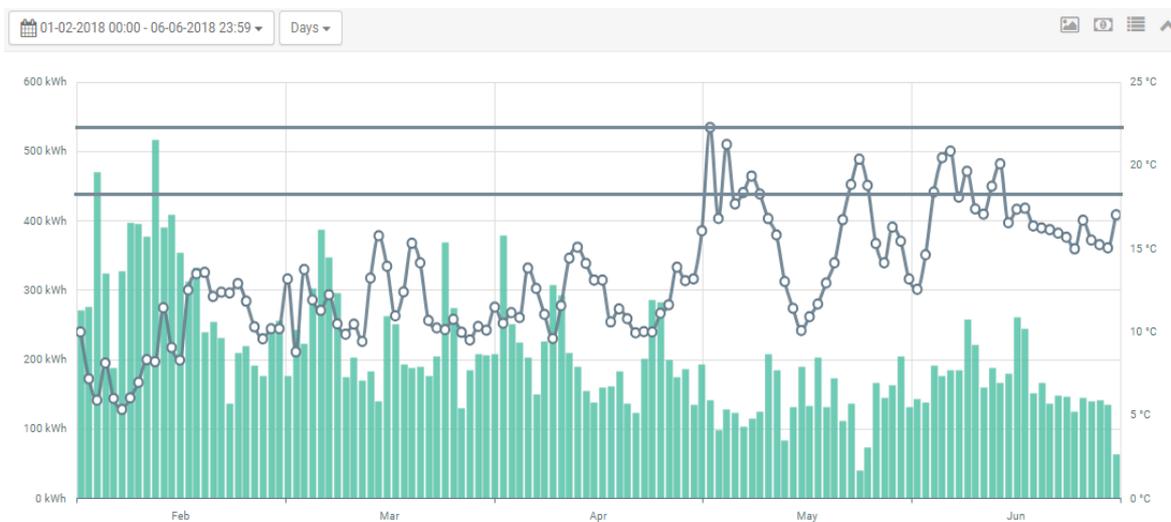


Figura 4.8. Valores medidos pela plataforma Kisense (entre 01-02-2018 e 06-06-2018) do consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC e da Temperatura Exterior (Linha cinzenta – Temperatura Exterior; Barras – Consumo do Sistema AVAC).

Através da análise da Figura 4.8 é possível confirmar que os valores de temperatura base escolhidos para determinar HDD e CDD definem um intervalo de temperaturas semelhante ao que os hóspedes do hotel acham confortável. Esta constatação baseia-se no facto de que o consumo pelos sistemas de AVAC é baixo quando a temperatura do ar exterior está entre os 18 e os 22°C, respetivamente as temperaturas base usadas para determinar HDD e CDD.

4.2.3. Consumo de gás

O consumo de gás ocorrido no edifício pode ser recriado através de um modelo de previsão de consumo com múltiplas variáveis que o influenciam não só o seu aumento, mas também a sua diminuição, tais como o nº de dormidas, a radiação solar devido a estar instalado no hotel um Sistema Solar Térmico e a temperatura da água da rede. O modelo apresentado possui um coeficiente de determinação $R^2 = 0,76$, o qual pode ser considerado satisfatório tendo em conta que a previsão do consumo de gás é influenciado por um conjunto muito superior de variáveis aqui apresentadas, como por exemplo, a eficiência nos processos de transformação e transferência de energia implicados.

A expressão representativa do modelo de previsão do consumo mensal de gás natural no edifício [em MWh], equação (4.4), envolve uma parcela fixa (a Carga base) e três variáveis, uma devida ao número de dormidas nesse mês (*Nº Dormidas*), uma segunda relacionada com a temperatura da água da rede pública (*Temp. Água*, em °C) e uma terceira

dependente da radiação solar incidente na face absorvedora do sistema de coletores térmicos (*Rad. Solar*, em kWh).

De seguida é possível observar através da equação (4.4) o modelo de previsão para o consumo de gás por parte do Sistema AQS do edifício, o qual distingue o consumo de energia referente a cada variável acima mencionada e o consumo base de gás.

$$\begin{aligned} \text{Consumo de gás} = & 9,30 + 3,82 \times 10^{-3} N^{\circ} \text{ Dormidas} \\ & + 4,09 (\text{Temp. Água da rede}_{\text{máx}} - \text{Temp. Água da rede}) \\ & + 7,39 \times 10^{-3} (\text{Rad. Solar}_{\text{máx}} - \text{Rad. Solar}) \quad [\text{MWh}] \end{aligned} \quad (4.4)$$

Apresenta-se na Figura 4.9 o consumo mensal de gás natural medido durante 2017 e as correspondentes parcelas previstas pelo modelo representado pela expressão (4.4).

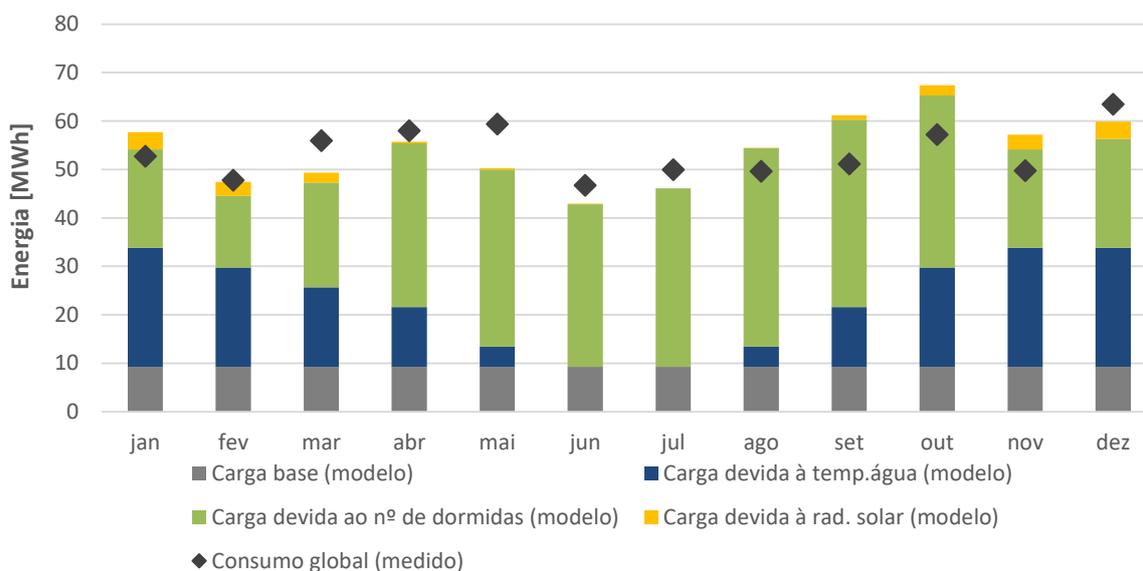


Figura 4.9. Consumo de gás natural no edifício durante 2017.

Através da Figura 4.9 pode-se verificar que número de dormidas é a variável que mais influência o consumo de gás natural por parte do edifício ao longo do ano, representando 57% do consumo total de gás natural. Esta apresenta uma maior influência principalmente durante os meses de verão, representando em julho 80% do consumo total de gás natural do edifício. De seguida a variável que mais influência o consumo de gás natural é a temperatura da água da rede pública, representando 25% do consumo total de gás natural do edifício durante 2017. Esta apresenta uma maior influência no consumo durante os meses de inverno onde ocorre a menor temperatura da água da rede, atingindo em fevereiro 43% do consumo total de gás natural do edifício.

Esta figura revela ainda que, devido a existir uma pequena fração de energia produzida pelo Sistema Solar Térmico, como já foi referido anteriormente neste trabalho, este contribui muito pouco para a diminuição do consumo de gás pelo Sistema AQS instalado no edifício. Este facto pode ser observado durante os meses de inverno, onde existe a menor radiação solar disponível, apenas uma pequena percentagem de gás natural é consumido para compensar essa variação de energia proveniente do sistema solar térmico.

Também verificamos que o edifício apresenta um consumo base de aproximadamente 17% do consumo total de gás natural, podendo este ser explicado pelo uso de água quente por sistemas como o Spa e a piscina interior durante todos os dias do ano, bem como a necessidade de se manter sempre a água no depósito de acumulação a uma temperatura de 64°C para o consumo de água quente no hotel.

4.2.4. Consumo de água

O modelo desenvolvido prevê o consumo de água em função de apenas uma variável independente, o número de dormidas, apresentando um coeficiente de correlação $R^2 = 0,80$. A incorporação de apenas uma variável e a obtenção de um R^2 elevado permite concluir que a variação do consumo de água do edifício é maioritariamente influenciado pelo número de dormidas.

A expressão de previsão de consumo mensal de água no edifício [em m^3], equação (4.5), incorpora duas parcelas, uma fixa (carga base) e outra variável em função do número de dormidas nesse mês (N^o Dormidas).

$$\text{Consumo de água} = 479,37 + (0,16 N^o \text{ Dormidas}) \quad [m^3] \quad (4.5)$$

Apresenta-se na Figura 4.10 o consumo mensal de água medido e a correspondentes parcelas previstas pelo modelo representado pela expressão (4.5).

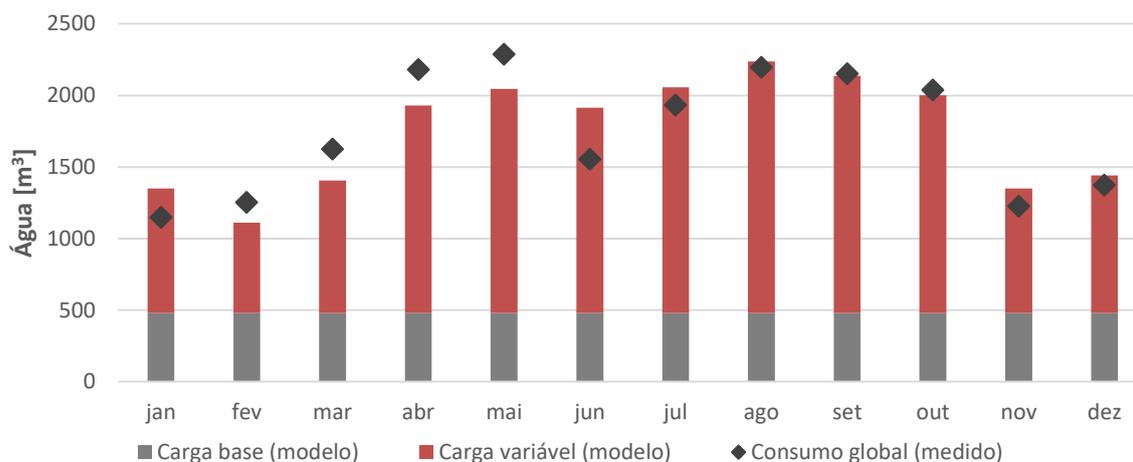


Figura 4.10. Consumo mensal de água durante 2017.

Da análise da Figura 4.10 é possível observar que em todos os meses do ano, o consumo de água referente ao nº de dormidas é superior ao consumo base, representando assim uma grande utilização deste recurso por parte dos hóspedes (provavelmente em banhos "higiénicos") e por serviços por estes influenciados (por ex., lavagem das várias roupas dos quartos).

O edifício em estudo, apresentou durante 2017 um consumo base de água de 5 752 m³ (27%) e 15 230 m³ (73%) referente ao uso deste recurso por parte dos hóspedes ou serviços por estes influenciados. É de notar que por estarmos na presença de um modelo de previsão, que quando aplicado ao ano de 2017, apresenta um maior consumo referente ao número de dormidas, comparativamente com o consumo base de água do edifício, não podemos concluir que este apresenta um consumo mais eficiente deste recurso, pois essa análise só será realizada mais à frente neste trabalho na secção sobre os Indicadores KPI (*Key Performance Indicators*).

É de realçar ainda, que através da visualização da Figura 4.10, é possível observar através do consumo relativo ao modelo em questão, o consumo de água que seria expectável que ocorresse durante abril, maio e junho de 2017, caso não tivesse ocorrido um consumo atípico durante esse período.

4.3. Análise de Sensibilidade

No decurso do desenvolvimento dos modelos de previsão identificaram-se como parâmetros com eventual influência nos consumos (de energia e de água) a taxa de ocupação (representada pelo número de dormidas), o número de graus-dia de aquecimento (HDD), o

número de graus-dia de arrefecimento (CDD), a temperatura da água da rede e a radiação solar. No sentido de avaliar a influência destes parâmetros no valor mensal dos consumos de água, de energia elétrica e de gás natural efetuou-se uma análise de sensibilidade, a qual assenta em "provocar" um aumento de 10% no valor do parâmetro em análise (mantendo o valor dos restantes) e recorrer aos modelos para prever a variação resultante em cada um dos consumos.

Apresenta-se na Figura 4.11 a variação provocada sobre os consumos mensais de água, de energia elétrica e de gás natural por um aumento em 10% do número de dormidas.

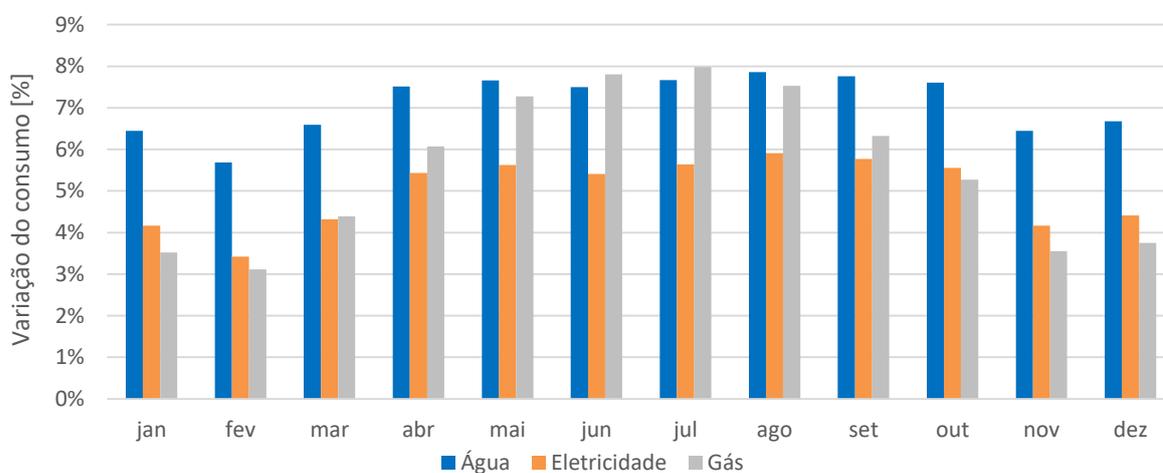


Figura 4.11. Influência no valor dos consumos de um aumento de 10% do número de dormidas.

Da análise dos valores presentes na Figura 4.11 é possível constatar que um aumento em 10% do número de dormidas provoca uma variação de consumos mensais sempre inferior a 8%. Mais especificamente, um aumento de 10% do número de dormidas leva a uma variação entre 5,7% e 7,9% no valor mensal do consumo de água, entre 3,4% e 5,9% no de energia elétrica e entre 3,1% e 8% no de gás natural. Na Figura 4.11 é possível observar ainda que o aumento do número de dormidas no hotel não influencia os consumos de uma forma proporcional e igual ao longo dos vários meses do ano. Tal deve-se ao facto de existir um consumo por dormida diferente em cada modelo em estudo, mas também pela existência de um consumo base. É de realçar ainda, que um aumento de 10% do número de dormidas no consumo de gás provoca o maior aumento em julho, comparativamente com fevereiro, devido a uma diminuição do consumo de gás natural provocado pelo aumento da temperatura da água da rede pública e da radiação solar durante os meses de verão, e por

isso, uma maior influencia do número de dormidas, como é possível observar pela Figura 4.9.

Comparando a sensibilidade ao aumento do número de dormidas do consumo de água com os de energia, verifica-se que o consumo de água é o que apresenta o maior aumento anual (7,26%), com a particularidade de não se verificar uma variação ao longo do ano tão drástica. Tal dever-se-á ao facto do modelo em causa, apresentar um consumo base muito inferior ao consumo referente às dormidas, o que provoca, um aumento proporcional ao nº de dormidas.

Por outro lado, a sensibilidade dos consumos mensais de energia elétrica e de gás natural a um aumento de 10% nesse mês do número de dormidas leva a um aumento anual destes consumos em 5,5% e em 5,1%, respetivamente.

De seguida foi realizada a mesma análise de sensibilidade apresentada anteriormente, mas com a aplicação de uma tarifa média para cada consumo, de modo a ser possível observar o aumento dos custos mensais em função do aumento do nº de dormidas. Apresenta-se na Figura 4.12 as previsões obtidas para a influência no valor dos gastos mensais em água e energia por um aumento de 10% do número de dormidas.

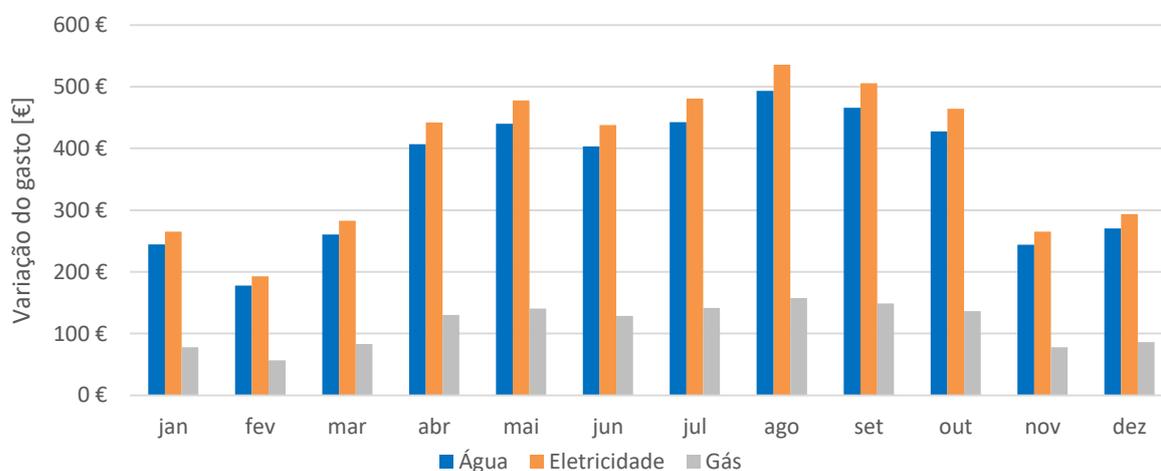


Figura 4.12. Influência no valor dos gastos mensais em água e energia de um aumento de 10% do número de dormidas.

Na Figura 4.12, é possível observar que com a aplicação de uma tarifa média em cada consumo, esta provoca uma variação mensal totalmente diferente da análise de sensibilidade do ponto de vista energético, apresentada na Figura 4.11. Neste caso, o consumo de gás natural, que revelava um dos maiores aumentos em termos de consumo de energia no edifício, com a aplicação da respetiva tarifa apresenta a menor subida em termos

monetários. Tal deve-se a que a tarifa a que o hotel adquiriu em 2017 gás natural (0,039 €/kWh) ser muito inferior à tarifa média a que comprou energia elétrica (0,101 €/kWh).

Em termos de variação de gastos (Figura 4.12), e ao contrário do que ocorre em termos de variação de consumos (Figura 4.11), um aumento em 10% do número de dormidas leva a um grande aumento dos custos de aquisição de água e de energia elétrica (coisa que não acontece no caso do gás natural). De realçar que no caso do mês de agosto, um aumento de 10% do número de dormidas leva a um aumento de cerca de 240% dos gastos em energia elétrica e água comparativamente com o gás.

A análise de sensibilidade realizada na Figura 4.12 revela-se importante para a gestão do hotel, pois permite obter dados relevantes para a sua gestão relativamente ao aumento dos custos dos consumos em função do aumento do número de dormidas.

Apresenta-se na Figura 4.13 a variação sofrida pelo consumo mensal de gás natural como consequência de um aumento em 10% dos valores da temperatura da água da rede e da quantidade de radiação solar incidente na superfície coletora do sistema de painéis solares térmicos.

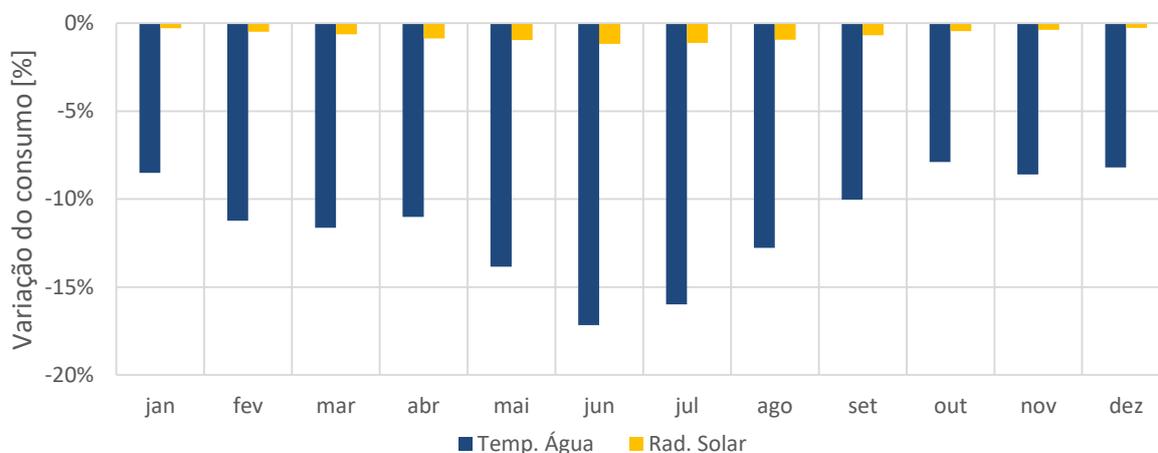


Figura 4.13. Influência no valor do gasto em gás natural de um aumento de 10% dos valores da temperatura da água da rede e da radiação solar incidente.

Através da Figura 4.13 podemos constatar que o aumento da temperatura da água da rede em 10% (por ex., um aumento de apenas 1,2°C da temperatura da água da rede nos meses de Inverno), representa uma poupança significativa de consumo de gás natural, podendo atingir uma poupança anual de energia de 11%. Realça-se que a temperatura da água da rede pública é aquela que revelou ter maior influência sobre o consumo de gás natural. Isto é uma indicação muito favorável a que poderá ser economicamente vantajoso

aumentar significativamente a área de coletores solares térmicos para, com o calor coletado, efetuar o pré-aquecimento da água da rede destinada a AQS.

Por outro lado, o aumento da radiação solar mensal a ser captada pelo Sistema Solar Térmico do hotel, não provocaria uma redução tão significativa quando comparada com a variável analisada anteriormente, sobretudo devido ao Sistema Solar Térmico instalado no edifício contribuir tão pouco para o aquecimento das águas quentes sanitárias, permitindo apenas uma redução de 0,66% da energia total de gás consumida pelo edifício. Isto deve-se provavelmente ao facto de área de captação do sistema solar térmico (127 m²) ser muito reduzida quando comparada com a que seria recomendável ter instalada.

Apresenta-se agora, na Figura 4.14, a análise efetuada com o objetivo de avaliar a influência no consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC de um aumento da severidade das condições climáticas. Para o efeito considerou-se um aumento de 10% do número de graus-dia de aquecimento (HDD) e do número de graus-dia de arrefecimento (CDD) e utilizou-se o modelo desenvolvido para prever a variação que isso provocaria no consumo mensal de energia elétrica.

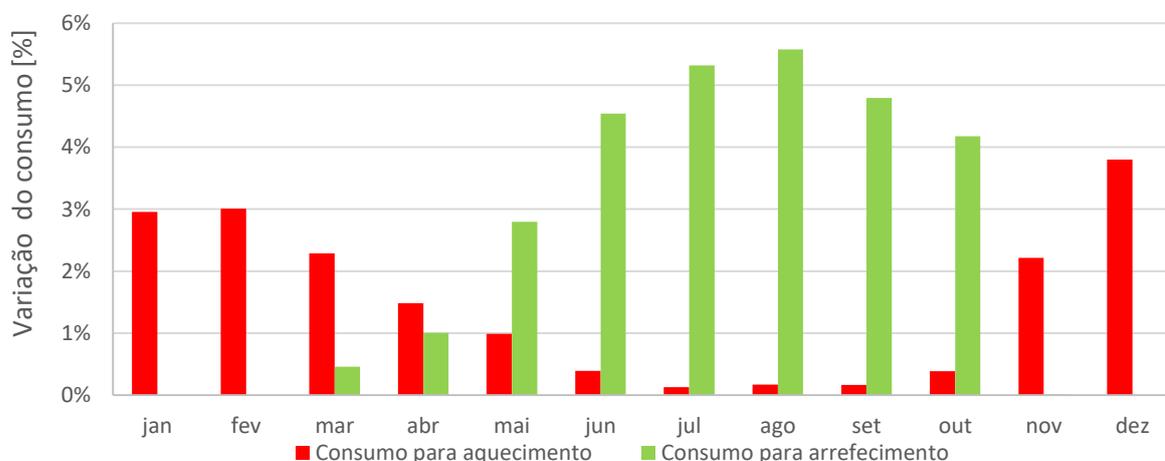


Figura 4.14. Influência no valor do gasto em energia elétrica pelos sistemas de AVAC de um aumento de 10% dos valores de HDD e de CDD.

A partir da análise da Figura 4.14 podemos verificar que o aumento de 10% nos graus-dia de Aquecimento e Arrefecimento, produz um efeito de maior influência no consumo relativo ao arrefecimento do edifício, apresentando um aumento máximo de 5,6% no mês de agosto, comparativamente com 3,8% referente ao aquecimento do edifício durante o mês de dezembro. Do ponto de vista anual, o aumento de 10% nos Graus-dias apresenta um consumo relativo ao arrefecimento do edifício superior no valor de 3 039kWh, aproximadamente 116%, comparativamente com o aumento da energia anual consumida

pelo sistema para o aquecimento do edifício. Do ponto de vista anual, um aumento simultâneo em 10% do número de graus-dia de aquecimento e de arrefecimento leva a um aumento do consumo de energia elétrica de 8,3 MWh pelo sistema AVAC, o que representa um aumento de cerca de 4,1%.

Os resultados obtidos para o consumo pelos sistemas de climatização e de ventilação são os expectáveis. Isto devido a verificar-se a existência de um maior consumo destinado a arrefecimento do que a aquecimento, justificado pelo facto de o edifício poder ser classificado como "quente".

4.4. Indicadores KPI (*Key Performance Indicators*)

Através dos dados mensais de ocupação do hotel durante o ano de 2017 e os vários consumos ocorridos nesse período, foi possível efetuar o cálculo de vários indicadores do desempenho energético do hotel, e a partir destes efetuar uma comparação do seu desempenho energético com a média de hotéis de 4 estrelas situados em Portugal, retirada de um estudo realizado pelo Turismo de Portugal (2015).

Na Figura 4.15 apresenta-se o valor médio mensal normalizado dos consumos de energia elétrica, de gás natural e de água no edifício em estudo por cada dormida ocorrida durante o ano de 2017.

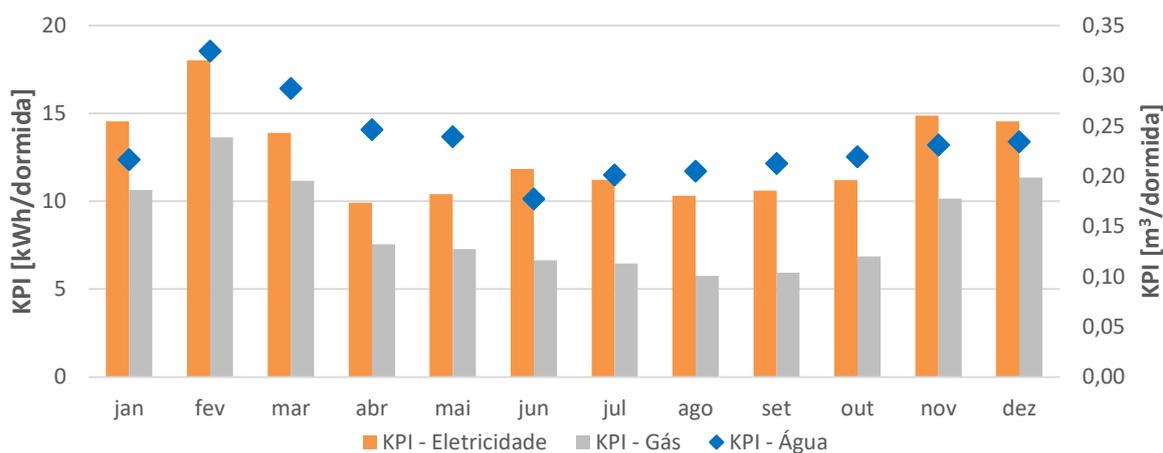


Figura 4.15. Indicadores de consumos de energia e de água do hotel durante o ano de 2017.

Através da análise da Figura 4.15, é possível observar que nos meses onde existe um maior número de dormidas (por ex., agosto), o hotel apresenta um melhor desempenho, quando comparado com períodos de menor número de dormidas (por ex., fevereiro). Este facto pode ser explicado, não por existir um menor consumo por parte dos hóspedes nesse

período, mas sim por uma maior diluição do consumo base referente a cada consumo do edifício por cada dormida. Também é possível observar que todos os perfis de consumo apresentam um comportamento semelhante ao longo do ano, exceto o da água, o qual apresenta alguma diferença em alguns meses.

A Figura 4.15 revela que a diferença entre os valores médios mensais máximos e mínimos dos indicadores KPI de consumo de energia (quer de gás natural quer de eletricidade) chega a atingir 137%, com o maior valor a ocorrer no mês com menor ocupação (fevereiro) e o menor a ocorrer no mês em que o hotel tem mais utentes (agosto). Por outro lado, a variação do indicador KPI de consumo de água por dormida tem no máximo uma diferença de 78%, podendo esta menor diferença ser explicada pelo menor peso relativo do termo fixo do consumo de água (equação 4.5) face ao peso relativo dos termos fixos das expressões representativas do consumo de energia elétrica (equações 4.1 e 4.3) e gás natural (equação 4.4).

Resumindo, em termos globais, o mês de fevereiro foi o que apresentou os piores indicadores KPI de consumo durante 2017, isto apesar de ser o mês com o menor consumo de energia e 2º no consumo de água. Por outro lado, o mês de agosto foi o que apresentou os melhores indicadores KPI. Isto deve-se a que fevereiro foi o mês com a menor taxa de ocupação e agosto foi aquele com a maior.

Apresenta-se na Tabela 4.1 uma comparação entre os indicadores KPI de consumo do hotel em análise (de 4 estrelas) verificados durante 2017 (obtidos no decurso do presente trabalho) e a média destes indicadores de eficiência dos hotéis de 4 estrelas localizados em Portugal (indicados no documento da agência Turismo de Portugal 2015).

Tabela 4.1. Comparação dos valores médios anuais dos indicadores KPI de consumo do hotel em 2017 (obtidos neste estudo) com os correspondentes dos hotéis de 4 estrelas localizados em Portugal (reportados em Turismo de Portugal 2015).

	Energia Total (kWh _{total})		Água (m ³)	
	kWh _{total} /quarto ocupado	kWh _{total} /dormida	m ³ /quarto ocupado	m ³ /dormida
Média de hotéis de 4 estrelas	53,25	28,33	0,24	0,15
Hotel em Estudo	34,90	19,00	0,42	0,23

Em termos de valor médio anual dos indicadores KPI de consumo de energia, o hotel em análise apresenta um melhor desempenho do que a média dos hotéis Portugueses

da mesma categoria. Em relação à média nacional, este hotel apresenta um valor 53% inferior em termos de KPI por quarto ocupado e um valor inferior em 49% em termos de KPI por dormida. Por outro lado, o seu desempenho relativamente ao consumo de água apresenta piores resultados que a média nacional, revelando um consumo superior em 75% relativamente ao consumo por cada quarto ocupado e em 53% por cada dormida. Este fraco desempenho, pode ser explicado pelo facto do hotel possuir duas piscinas (uma interior aquecida e outra exterior não aquecida) e ter também uma ampla área de Spa.

4.5. Medidas de Melhoria Mais Promissoras

4.5.1. Sistemas de iluminação

Durante as auditorias efetuadas ao hotel foi constatado que este utiliza maioritariamente lâmpadas do tipo fluorescente e halogénea, em quase todos os espaços do edifício, exceto nos corredores dos pisos dos quartos, que utilizam luminárias de tecnologia LED. Por este motivo, foi realizado um estudo no qual se analisa a viabilidade de uma troca direta da iluminação existente por iluminação LED nos quartos e nos espaços referentes às salas de reunião. Relativamente às salas de reunião, foi constatado que estes espaços possuíam reguladores de intensidade de luz, tendo este sido um fator tido em consideração para a escolha das lâmpadas de substituição, de modo a permitir um correto funcionamento destas com o sistema de regulação de intensidade. Também foi constatado que o casquilho utilizado nas luminárias das salas de reunião era GU5.3, o que durante o estudo, revelou que a utilização de lâmpadas do tipo LED de intensidade reguláveis para esse casquilho apresentavam custos unitários mais elevados, do que o mesmo tipo de lâmpadas para casquilho do tipo GU10. Por tal na proposta apresentada, foram escolhidas lâmpadas LED GU10 com substituição do casquilho das luminárias para esses espaços, devido a ser um investimento muito mais baixo.

Os *paybacks* simples alcançados nas várias propostas apresentadas para os vários espaços variam entre 3 meses e os 8 anos, devido a não dependerem apenas das horas de funcionamento da iluminação, mas também do tipo de lâmpada atualmente utilizada. O *payback* mais elevado verifica-se nos espaços em que já se utilizam luminárias do tipo economizadoras, pois estas já apresentam um baixo consumo, pelo que nestes espaços este tipo de lâmpadas não devem ser trocadas.

No ANEXO B é possível observar mais detalhadamente as propostas relativas a cada espaço, bem como os pressupostos utilizados para o cálculo das suas poupanças. Na Tabela 4.2 apresentam-se as propostas efetuadas para os vários espaços do hotel, bem como a poupança anual que proporcionam e o correspondente período de retorno (*payback*) simples.

Tabela 4.2. Propostas de melhorias dos sistemas de iluminação.

Espaço	Tipo de lâmpada		Pot. [W]	Nº	Nº horas func./ semana	Poupança anual [€]	Payback simples [anos]
Quartos	Atual	Fluorescente E27	11	916	21	603	1,68
	Proposta	LED E27	7				
	Atual	Halogénea GU5.3	35	687	14	2.187	0,26
	Proposta	LED GU5.3	6				
Hall das salas de reunião	Atual	Halogénea GU5.3	35	120	35	898	0,35
	Proposta	LED GU10 Regulável	5				
Salas de reunião nº1 e nº2	Atual	Halogénea GU5.3	35	40	8	60	1,74
	Proposta	LED GU10 Regulável	5				
	Atual	Economizadora E27	15	40	8	18	7,85
	Proposta	LED Regulável E27	6				
Salas de reunião nº3 a nº6	Atual	Halogénea GU5.3	35	80	8	120	1,74
	Proposta	LED GU10 Regulável	5				
Sala de reunião nº7	Atual	Economizadora E27	15	60	8	27	7,85
	Proposta	LED Regulável E27	6				

4.5.2. Máquina de lavar loiça

Durante o levantamento energético ao edifício foi detetado que a máquina de lavar a loiça instalada na cozinha poderia ser a origem do consumo elevado desse espaço, devido ao processo de aquecimento da água ser exclusivamente elétrico, bem como pela sua utilização diária.

No local foi possível observar que este equipamento é alimentado com água fria (sem qualquer pré-aquecimento), a uma temperatura média de 15°C, sendo esta aquecida através de uma resistência elétrica no seu interior até uma temperatura de 90°C, temperatura esta definida pelos funcionários. Aquando da visualização da temperatura de lavagem foi

comentado com o responsável da manutenção de que esta é muito elevada, devido a estar próximo do limiar da evaporação e que essa seria uma das razões para o seu consumo excessivo. Por outro lado, um responsável pela cozinha afirmou que esta temperatura devia ser mantida, devido a permitir uma melhor limpeza dos utensílios.

Com a finalidade de avaliar o comportamento energético da máquina de lavar loiça foram recolhidas as suas características técnicas e foi estimado o seu perfil de funcionamento (com a ajuda do pessoal que opera com esta máquina e o do número de refeições servidas durante 2017).

Na posse dos dados técnicos do equipamento, do seu consumo de água (340 litros/hora) e do seu perfil de funcionamento, efetuou-se a análise de viabilidade de uma medida de melhoria com possibilidade de trazer poupanças em termos económicos, embora possa não ter grandes impactos em termos de consumo energético. Esta medida de melhoria assenta numa alteração ao modo como é efetuada alimentação com água deste equipamento, a qual, em vez de ser com água fria (assumida a 15°C), passa a ser com água quente proveniente do sistema de AQS (a qual se encontra a 60°C). Assim, a resistência elétrica não terá de elevar a temperatura da água dos 15 para os 90°C, mas apenas dos 60 para os 90°C. Deste modo, o funcionamento desta máquina irá aumentar o consumo de gás natural, mas irá diminuir o consumo de energia elétrica.

Para implementar esta medida é necessário efetuar duas alterações ao sistema de alimentação de água da máquinas de lavar loiça, as quais podem ser efetuados pelos funcionários responsáveis pela manutenção dos sistemas técnicos do hotel. É necessário realizar a ligação à tubagem de distribuição de AQS, o qual se afigura fácil por a mesma passar pela cozinha. É necessário substituir ainda a electroválvula existente no equipamento, que tem como finalidade o controlo do fluxo de água para as várias partes da máquina, devido a esta ser de plástico e ser necessário a compra e substituição para válvula de metal, que possibilite suportar a temperatura da água proveniente do Sistema AQS.

Conforme se encontra demonstrado no ANEXO C, esta proposta apresenta um período de retorno simples de apenas 2 meses. Este *payback* atrativo deve-se não à redução elevada do consumo de energia pelo processo de aquecimento, mas sim pela utilização de gás natural através das caldeiras do Sistema AQS, o que apresenta um custo médio de tarifa de aproximadamente 50% da energia elétrica, bem como pelo baixo investimento devido a

ser apenas necessário a compra de uma electroválvula (os custos de instalação serão suportados pela mão de obra interna da equipa de manutenção).

No ANEXO C encontra-se o estudo referente a esta proposta de melhoria do modo de funcionamento da máquina de lavar loiça, bem como os pressupostos utilizados para o cálculo da sua poupança económica. É de realçar, que não foi contabilizado o consumo de energia elétrica pelo sistema de controlo da máquina e pelos sistemas mecânicos móveis da máquina responsáveis por lavar a loiça porque estes não se alteram com as alterações ao sistema de alimentação de água ao equipamento. Apresenta-se na Tabela 4.3 um resumo dos valores determinados no ANEXO C para esta proposta de melhoria.

Tabela 4.3. Proposta de substituição do processo de aquecimento de água da máquina de Lavar a Loiça.

	Tipo de Energia	Energia consumida/ano [kWh]	Horas de func. /ano	Poupança anual [€]
Atual	Energia elétrica	16 038,14	549	930,78
Proposta	Energia elétrica + Gás natural	15 868,38		

4.5.3. Sistema de aproveitamento de energias renováveis

O levantamento energético do hotel incluiu o sistema solar térmico, em que os componentes coletores de energia solar se encontram localizados na cobertura, estando os restantes instalados num espaço técnico do piso -1 (Central Térmica). Constatou-se que os coletores solares aparentavam uma orientação diferente da ideal, ou seja, Sul geográfico, apresentando uma orientação de 115° (Norte = 0°), ou seja estão voltados a SEE (Sudeste-Este = 112,5°) e uma inclinação de 45°. Apesar de a cobertura ser plana e de não haver sombreamentos a sul, a escolha desta orientação em particular não foi justificada nem pelo responsável pela manutenção do hotel, nem pela empresa que instalou o Sistema Solar Térmico, apenas tendo sido referido que a inclinação de 45° permitia uma maior captação de energia solar durante o Inverno. Foi também verificado que apenas uma parte da cobertura estava a ser ocupada pelos Sistema Solar Térmico e por equipamentos do sistema de AVAC. Constata-se que área livre da cobertura (plana) é mais do que suficiente para instalar um sistema solar fotovoltaico ou mais um sistema solar térmico.

Com o objetivo de aumentar a contribuição das energias renováveis para fazer face aos consumos energéticos do edifício analisaram-se três possibilidades de melhoria: (i) melhorar a eficiência do sistema solar térmico atual através duma orientação mais otimizada

dos coletores; (ii) instalar mais um sistema de coletores solares térmicos, mantendo o atual; e (iii) instalar um sistema de coletores solares fotovoltaicos. Apresenta-se no ANEXO D a análise de viabilidade de cada uma destas três opções, estando os valores obtidos resumidos na Tabela 4.4.

Inicialmente foi realizado o estudo sobre a melhoria do Sistema Solar Térmico atualmente instalado no edifício, tendo-se realizado várias simulações, nas quais foram variadas as inclinações e orientações dos coletores solares do sistema, de modo a contribuir para uma maior redução dos consumos de gás natural para preparação de AQS e, por conseguinte, os seus custos associados. Após várias simulações foi possível concluir que a maior fração solar do sistema seria obtida para uma orientação a Sul e uma inclinação de 30°, a qual permite uma captação uniforme de energia solar durante todo ano, permitindo assim uma redução anual de 3% do consumo atual de gás natural. No entanto, apesar da sua modesta poupança energética, os baixos custos associados à sua implementação tornam-na eventualmente interessante em termos económicos, visto apresentar um período de retorno simples de 6,47 anos (Tabela 4.4 e ANEXO D).

A segunda proposta assenta na instalação de um novo sistema solar térmico baseado em 60 painéis semelhantes aos existentes, orientados a sul e com uma inclinação de 30°. Esta opção inclui a adição à rede atual de distribuição de AQS de um novo depósito de acumulação com 5000 litros, onde o novo sistema solar térmico irá fornecer o calor captado. A ser implementado, a instalação deste novo sistema solar térmico levará a uma diminuição em cerca de 13% dos consumos atuais de gás natural. No entanto, a sua implementação não é economicamente interessante, visto apresentar um período de retorno simples de 24,03 anos (Tabela 4.4 e ANEXO D).

A terceira medida de melhoria do aproveitamento de energias renováveis analisada consiste na instalação de um sistema baseado em 60 painéis fotovoltaicos, orientados a sul e com uma inclinação de 30°. Durante este estudo foi constatado que a energia elétrica produzida por este Sistema Fotovoltaico seria toda consumida no edifício, até mesmo nos meses de menor ocupação, devido a existir um grande consumo base de energia elétrica por parte deste. Também foi verificado que a energia produzida pelo sistema iria ser maioritariamente consumida pelo edifício durante os períodos de ponta e cheia, períodos esses que correspondem a tarifas mais elevadas por parte da empresa fornecedora de energia elétrica, permitindo assim uma maior poupança monetária anual.

Conforme se demonstra no ANEXO D, se for instalado na cobertura do hotel um sistema fotovoltaico com as características descritas, ele irá permitir uma redução de cerca de 9% da quantidade de energia elétrica atualmente adquirida à rede, com um impacto de 2,5% em termos de gastos anuais com este tipo de energia. Os 7,46 anos de período de retorno levam a que medida seja economicamente atrativa (Tabela 4.4 e ANEXO D).

Através destes estudos conclui-se que a instalação na área livre da cobertura de painéis fotovoltaicos para produção de eletricidade e a melhoria do sistema solar térmico que existe atualmente no edifício seriam as melhores opções a considerar pela administração do hotel, permitindo um retorno do investimento relativamente rápido, caracterizado por uma poupança conjunta de 3 312€/ano. Já a instalação de um sistema adicional de painéis solares térmicos não se afigura economicamente viável.

Apresenta-se na Tabela 4.4 um resumo dos parâmetros obtidos através das análises efetuadas às 3 alternativas de melhoria do aproveitamento de energias renováveis e que se encontram descritas no ANEXO D.

Cabe realçar aqui que o valor do investimento apresentado para o sistema de coletores solares fotovoltaicos corresponde a uma proposta real recebida de um instalador deste tipo de sistemas. Já os investimentos relativos aos sistemas solares térmicos foram estimados tendo em consideração preços divulgados na internet. Isto porque apesar de ter sido solicitado orçamento à mesma empresa que montou o sistema, até ao momento da conclusão desta análise não foi possível obter o orçamento.

Tabela 4.4. Propostas de melhoramento do Sistema de Aproveitamento de Energias Renováveis.

Sistema	Propostas	Energia poupada [kWh]	Poupança anual [€]	Investimento [€] (s/ IVA)	Payback Simples [anos]
Sistema Solar Térmico	Painéis atuais orientados a Sul com 30° de inclinação	17 800	696	4 500	6,47
	Instalar um novo Sistema Solar Térmico com 60 Painéis orientados a Sul com 30° de inclinação	84 572	3 305	79 415	24,03
Sistema Solar Fotovoltaico	60 Painéis orientados a Sul com 30° de inclinação	20 155	2 616	19 509	7,46

4.6. Aspetos a Analisar Futuramente

No seguimento das várias propostas de melhoria de eficiência energética apresentadas neste trabalho, são sugeridos neste subcapítulo possíveis estudos a realizar no futuro.

Foi mencionado pelo responsável da manutenção que, devido ao edifício estar junto à margem no Rio Mondego, são recorrentes situações de infiltração de água no parque de estacionamento e, por conseguinte, as bombas hidráulicas responsáveis pela remoção desse tipo de água têm de funcionar frequentemente e por longos períodos de tempo. Por isso, seria interessante fazer uma análise direcionada à reutilização dessa água para outros fins, como por exemplo, a rega dos jardins exteriores ou a limpeza exterior do edifício.

Durante as visitas ao hotel ressaltou à vista que algumas fachadas voltadas a sul são constituídas quase exclusivamente por envidraçados, os quais não têm qualquer dispositivo de sombreamento. A colocação de dispositivos de sombreamento destes envidraçados (de preferência móveis, para poderem ser fechados sempre que recomendável) será certamente um investimento economicamente rentável pois levará a uma redução significativa dos consumos de energia para arrefecimento do ambiente.

O sistema de AVAC poderá ser alvo de melhoria através da aplicação de variadores de velocidades na UTAN's, integrado com um sistema de controlo de CO₂ nas várias zonas do edifício, de modo a possibilitar a introdução do caudal de ar novo consoante a ocupação dos vários espaços e assim possibilitar uma redução de consumo de energia por parte destes equipamentos.

Por conseguinte, seria interessante fazer uma análise direcionada ao sistema de climatização e desumidificação do Spa, realizando um deslastre durante os períodos em que o tarifário é mais elevado (Horário de Ponta). Esta MRE não alteraria significativamente os consumos energéticos, mas poderá trazer elevadas poupanças económicas.

Obviamente que existem ainda outras medidas de melhoria passíveis de ser implementadas, mas que para sua identificação será necessário implementar um sistema de monitorização individual do consumo de energia de cada uma das zonas do hotel e dos sistemas e/ou equipamentos mais consumidores. Depois, a avaliação da viabilidade de medidas de melhoria identificadas poderá carecer do recurso à simulação do comportamento energético do edifício através de software apropriado.

5. CONCLUSÕES

O trabalho descrito nesta dissertação foi realizado no âmbito de um estágio curricular na empresa VPS, o qual me permitiu ampliar conhecimentos e experiência na área de gestão de energia em edifícios inseridos em projetos de eficiência energética.

O principal objetivo deste trabalho era avaliar o desempenho energético de um edifício do setor da hotelaria situado em Coimbra, com a finalidade de identificar e avaliar a viabilidade técnico-económica de oportunidades de racionalização energética, as quais serão apresentadas pela empresa VPS à administração do hotel para eventual implementação.

Os consumos de água e energia no hotel, identificados durante as auditorias e a consulta de documentação técnica, foram alvo de análises e desagregações por tipo de uso. Este procedimento permitiu constatar que o maior consumo de energia no edifício durante o ano de 2017 ocorreu sob a forma de eletricidade (1,11 GWh), representando 60,2% da energia total consumida nesse período. Verificou-se ainda que a cozinha apresentou um dos maiores consumos de energia elétrica do edifício, representando 20% na energia elétrica total consumida no hotel.

A aplicação de modelos matemáticos para uma avaliação e análise detalhada dos consumos mensais de água e de energia revelou-se ser uma ferramenta útil, pois permitiu a realização de uma análise da variação dos vários consumos ao longo do ano, bem como a influência de algumas variáveis, tais como o número de dormidas e as condições climatéricas exteriores. Da análise dos valores de consumo constatou-se a existência de uma parcela significativa de consumo base (independente da utilização do hotel) e de uma parcela relacionada com a taxa de ocupação. Os modelos de previsão de consumos pelos sistemas de AVAC desenvolvidos no decurso deste trabalho revelam que estes são influenciados pelas condições exteriores e que estamos perante um "edifício quente".

A realização de uma análise de sensibilidade dos modelos de previsão de consumo desenvolvidos revelou-se útil, pois permitiu determinar o grau de influência de cada variável. Foi assim concluído que o consumo mais influenciado pelo aumento do número de dormidas é o de água, quer seja em termos de consumo ou monetários.

O edifício em estudo apresentou em 2017 um consumo médio de energia elétrica de 19 kWh/dormida, podendo assim afirmar-se que o edifício apresenta um consumo de energia elétrica mais baixo comparativamente com outros estabelecimentos de categoria semelhante no território português. Por outro lado, o consumo médio de água foi de cerca de 230 litros/dormida, valor este superior à média de estabelecimentos de categoria semelhante, que apontam para um consumo de 150 litros/dormida. Isto pode ser justificado por o hotel possuir duas piscinas (exterior e interior) e uma área de Spa.

Comparativamente a edifícios semelhantes e em termos de classificação energética, o edifício apresenta uma boa eficiência em termos energéticos. Ainda assim existem algumas medidas que podem ser implementadas por forma a melhorar a eficiência energética do mesmo. Para tal, foram realizados alguns estudos de troca direta de iluminação em alguns locais do hotel, os quais demonstraram que seria aconselhável apenas trocar lâmpadas do tipo halogénea ou fluorescente por LED. A ser efetuada, esta troca será economicamente vantajosa, visto ser caracterizada por um *payback* simples de 3 meses a 2 anos e com redução de consumo de energia pela iluminação na ordem dos 70% nesses locais.

Também foi analisada a possibilidade de alterar o modo de alimentação de água da máquina de lavar a loiça, a qual em vez de ser com água fria (a cerca de 15°C) passar a ser com água proveniente dos sistemas de distribuição de AQS (a cerca de 60°C). A ser implementada, esta medida apresenta um *payback* simples de apenas 2 meses e garante uma redução em 65% dos gastos com a utilização deste equipamento.

Relativamente a um melhor aproveitamento das energias renováveis, testaram-se 3 alternativas: a reorientação dos coletores do sistema solar térmico atual, a instalação de um sistema solar térmico adicional e a instalação de um sistema solar fotovoltaico. As análises efetuadas demonstram que a instalação de um sistema solar térmico adicional não é economicamente vantajoso, pois apresenta 24 anos de período de retorno simples. Já a reorientação dos painéis do sistema solar térmico atual, com 6,5 anos de *payback* simples, e a instalação de um sistema de painéis solares fotovoltaicos, com 7,5 anos de *payback* simples, apresentam-se como investimentos atrativos.

A serem implementadas, as medidas de racionalização energética identificadas como viáveis neste trabalho trarão uma melhoria significativa do desempenho energético do hotel. Sem dúvida que ficaram por identificar muitas outras medidas de potencial melhoria, mas cuja identificação requer uma monitorização individual de consumos por zonas e de

equipamentos específicos e cuja avaliação requer o recurso a softwares de simulação do comportamento energético de edifícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE (2018), “Certificação Energética”. Acedido em 15 de maio de 2018, em: <https://3house.pt/index.php/servicos/certificacao-energetica>
- Alves, V., (2008) “Dimensionamento de sistemas de produção de eletricidade baseado em energia solar fotovoltaica” - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, junho de 2008.
- Apoio Solar (2018), “Os sistemas solares térmicos”. Acedido em 18 de maio de 2018, em: http://www.paineissolares.gov.pt/inst_faq.html
- APREN (2018), “Evolução da Produção Elétrica em Portugal Continental”. Acedido em 22 de maio de 2018, em: <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>.
- Armando, T., (2011) “Desenvolvimento de um Guia de Medição e Verificação do Desempenho Energético” - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, junho de 2011.
- CE (2002), Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios.
- Cenertec (2018), “Manutenção de Instalações AVAC – Diagnóstico de Avarias”. Acedido em 18 de maio de 2018, em: <https://cenertec.pt/posgrad-mie-3/doc/disciplinas/cenertec-pg-mie-manutencao-de-instalacoes-avacdiagnostico-de-avarias.pdf>
- Daikin (2018), “Tecnologia inverter da Daikin”. Acedido em 17 de maio de 2018, em: https://www.daikin.pt/pt_pt/about/daikin-innovations/inverter-technology.html,2013
- Desp 15793-F (2013), Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013 - Zonamento climático de Portugal para os efeitos do SCE (Decreto-Lei n.º 118/2013), Diário da República, 2.ª série, N.º 234, 3 de dezembro de 2013.
- DGEG (2018f), “SCE.ER - Dados e cálculos padronizados para sistemas de aproveitamento de Energias Renováveis”. Acedido em 10 de abril de 2018, em: <http://www.dgeg.gov.pt/pagina.aspx?js=0&codigono=636364428839^AAAAA.AAAAAA>
- DGEG (2018a), “Caraterização Energética Nacional 2016”. Acedido em 3 de maio de 2018, em: <http://www.dgeg.gov.pt/>
- DGEG (2018b), “Estratégia para a Eficiência Energética nos Edifícios Públicos”. Acedido em 15 de maio de 2018, em: http://www.lneg.pt/download/10887/DGEG_REPublic_ZEB%2011dez2015.pdf

- DGEG (2018c), “Eficiência Energética-Edifícios”. Acedido em 15 de maio de 2018, em: <http://www.dgeg.gov.pt/>
- DGEG (2018d), “Eficiência Energética nos Edifícios”. Acedido em 15 de maio de 2018, em: <http://lge.deec.uc.pt/ensino/geei/Docs/ProgramaEffEdifícios.pdf>
- DGEG (2018e), “Eficiência Energética-Iluminação-Led”. Acedido em 18 de maio de 2018, em: <http://www.dgeg.gov.pt/>
- DL 118 (2013), Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. “Diário da República n.º 159/20 – I Série”. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa.
- ERSE (2018a), “Guia de Eficiência Energética Manual de Boas Práticas”. Acedido em 18 de maio de 2018, em: http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianocons_umoppec/poupar/Documents/MBP_Alimentar_IBD_PPEC2013_2014.pdf
- ERSE (2018b), “Períodos horários”. Acedido em 21 de maio de 2018, em: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/default.aspx>
- EU (2012), Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE.
- Eurostat (2018), “How much electricity is produced by wind?”. Acedido em 15 de Maio de 2018, em: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-201706191?inheritRedirect=true&redirect=%2Feurostat%2Fweb%2Fmain%2Fhome>
- EVO (2012), “International Performance Measurement and Verification Protocol Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings Volume 1”, 9ª Ed., Efficiency Valuation Organization 2012.
- Frimague (2018), “Manual da Máquina de Lavar Loiça”. Acedido em 11 de Maio de 2018, em: http://www.frimague.pt/?pID=8&page=1&cPath=5_22_24&action=view&prodID=106
- Garrido, J., (2008) “Sistemas energéticos para o sector edifícios em Portugal: Sustentabilidade e potencial de inovação” - Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, outubro de 2008.
- HES (2011), “Fostering innovation to fight climate change – Public Report”, 1ª Ed., Hotel Energy Solutions (2011).
- Isolani, P., Comini, R., Clement, F., Puente, F., Orlandi, A., Oliveira, I., Lima, P., Beirão, D., (2008), Manual do Consumidor: “Eficiência energética nos edifícios residenciais”, EnerBuilding, Lisboa

- Lamarão, A., (2002), “Utilização Racional de Energia em Unidades Hoteleiras, Casos Algarvios”, Dissertação de Mestrado em Ciências Económicas e Empresariais, Universidade Técnica de Lisboa, julho 2002.
- LNEG (2018), “Aplicação CLIMAS-SCE”. Acedido em 2 de Abril de 2018, em: <http://www.lneg.pt/servicos/328/2263/>
- Martins, P., (2012), “Eficiência Energética em Edifícios de Serviços”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, dezembro de 2012.
- Mota, V., (2014) “Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros” - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Energia e Bioenergia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, novembro de 2014.
- SCE (2016), Sistema de Certificação de Energética dos Edifícios, Republicação e quarta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, Diário da República, 1.ª série, N.º 119, 23 de junho de 2016.
- SCE (2017), “Estatística do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios”. Acedido em 24 de maio de 2018, em: <https://www.sce.pt/estatisticas/>.
- Silva, P., (2011), “Manutenção Proactiva de Sistemas AVAC com recurso aos Sistemas Inteligentes Multiagente”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, dezembro de 2011.
- TED (2018), “Innovating to zero!”. Acedido em 14 de maio de 2018, em: https://www.ted.com/talks/bill_gates
- Turismo de Portugal (2011), “Relatório de Sustentabilidade, Atuar para o desenvolvimento sustentável.”
- Turismo de Portugal (2015), “Perspetivar 2020 – Turismo e Eficiência na utilização dos recursos”.
- Turismo de Portugal (2018a), “Visão geral do Turismo em Portugal”. Acedido em 16 de maio de 2018, em: http://www.turismodeportugal.pt/pt/Turismo_Portugal/visao_geral/Paginas/default.aspx.
- Turismo de Portugal (2018b), “Principais Indicadores 2017”. Acedido em 16 de maio de 2018, em: <http://www.turismodeportugal.pt/SiteCollectionDocuments/dados-estatisticas/Dados-evolutivos-turismo-portugal-2017.pdf>

ANEXO A – VÁRIAVEIS EM ESTUDO

Mês (2017)	HDD [°C.dia]	CDD [°C.dia]	Temp. Água [°C]	Temp. Ext. [°C]	Refeições	Nº Dormidas	Rad. Solar [kJ/m ²]
Janeiro	215,9	0,0	12	8,2	9 001	5 314	217
Fevereiro	144,5	0,1	13	11,4	6 063	3 862	305
Março	155,8	5,4	14	13,1	8 440	5 662	422
Abril	145,8	12,8	15	13,7	13 639	8 857	651
Maio	33,3	28,1	17	18,1	15 543	9 568	654
Junho	16,5	51,2	18	21,0	13 596	8 770	678
Julho	11,8	45,9	18	20,0	12 587	9 629	694
Agosto	13,8	58,4	17	21,3	15 325	10 733	685
Setembro	43,7	21,8	15	18,4	15 683	10 131	570
Outubro	44,9	39,3	13	19,1	15 319	9 298	409
Novembro	136,1	0,3	12	12,6	8 970	5 313	285
Dezembro	204,9	0,0	12	9,7	8 500	5 876	211

Mês (2014)	HDD [°C.dia]	CDD [°C.dia]
Janeiro	187,9	0,0
Fevereiro	192,5	0,0
Março	141,2	2,3
Abril	88,3	4,9
Maio	71,2	16,5
Junho	34,8	32,9
Julho	12,6	42,9
Agosto	17,9	48,2
Setembro	14,4	34,9
Outubro	31,6	28,2
Novembro	127,4	0,0
Dezembro	274,6	0,0

ANEXO B – ESTUDO DE SUBSTITUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO

Inventário de Iluminação

Zona	Tipo de Lâmpada	Pot. [W]	Nº	Horas de Func./semana
Quarto	Fluorescente Compacta E27	11	916	21
Casa de banho dos Quartos	Halogénea GU5.3	35	687	14
Hall das salas de Reuniões	Halogénea GU5.3	35	120	35
Salas de Reuniões nº1 e nº2	Halogénea GU5.3	35	40	8
	Economizadora E27	15	40	8
Salas de Reuniões nº3 até nº6	Halogénea GU5.3	35	80	8
Salas de Reuniões nº7	Economizadora E27	15	60	8

Estudo

Pressupostos

Tarifa média de eletricidade [€/kWh] = 0,1092

Tarifa média de Potência em Horas de Ponta (PHP) [€/kW] = 0,2147

Taxa média de inflação [%] = 3,0

Inflação nos custos da energia [%] = 3,5

Inflação nos preços de aquisição de equipamentos [%] = 2,5

Propostas de substituição e Investimento

Espaço	Tipo de lâmpada		Pot. [W]	Nº	Consumo anual [kWh/ano]	Consumo anual €	Investimento (s/ IVA)		Investimento total €
							Preço encontrado no mercado em €		
							Lâmpada	Casquilho	
Quarto	Atual	Fluorescente E27	11	916	11 033,2	1 370,0	1,11	-	1 012,81
	Proposta	LED E27	7		7 021,1	766,7			
	Atual	Halogénea GU5.3	35	687	17 552,9	2 515,4	0,82	-	564,12
	Proposta	LED GU5.3	6		3 009,1	328,6			
	Atual	Halogénea GU5.3	35	120	7 665,0	1 017,3	2,02	0,58	312,20

Hall das salas de Reuniões	Proposta	LED GU10 Regulável	5		1 095,0	119,6			
Sala de Reuniões nº1 e nº2	Atual	Halogénea GU5.3	35	40	584,0	68,9	2,02	0,58	104,81
	Proposta	LED GU10 Regulável	5		83,4	9,1			
	Atual	Economizadora E27	15	40	250,3	28,9	3,52	-	140,81
	Proposta	LED Regulável E27	6		100,1	10,9			
Sala de Reuniões nº3 a nº6	Atual	Halogénea GU5.3	35	80	1 168,0	137,8	2,02	0,58	208,13
	Proposta	LED GU10 Regulável	5		166,9	18,2			
Sala de Reunião nº7	Atual	Economizadora E27	15	60	375,4	43,3	3,52	-	211,36
	Proposta	LED Regulável E27	6		150,2	16,4			

Análise de investimento

$$\text{Período de retorno simples [anos]} = \frac{I_0}{CF_1} = 0,65$$

$$\text{Valor atual líquido a 25 anos [€]} = \sum_{K=1}^{k=25} \frac{CF_k - I_k}{(1+i)^k} = 98\,141,93$$

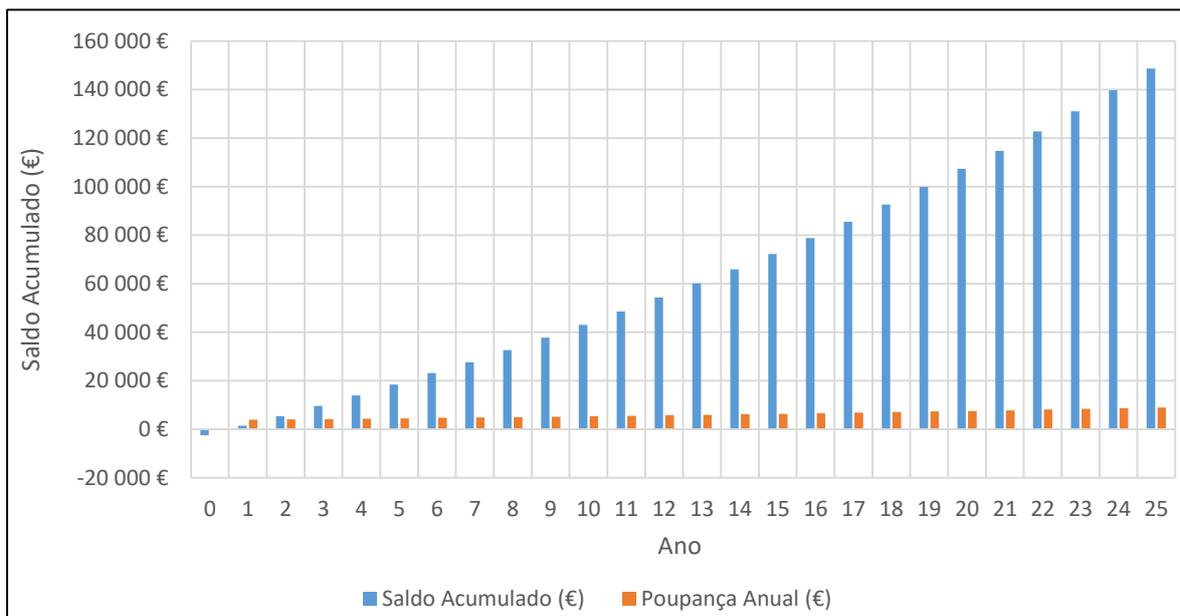
$$\text{Resultado anual equivalente [€]} = VAL \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 5\,636,08$$

$$\text{Poupança total a 25 anos [€]} = \sum_{K=1}^{k=25} \frac{CF_k}{(1+i)^k} = 100\,695,27$$

Nota: Assumiu-se como Rendimentos as Poupanças Anuais.

Ano	Tarifa [€/kWh]	Poupança de Energia [kWh]	Poupança de Energia [€/ano]	Poupança PHP [€/ano]	Poupança Anual [€]	Novas lâmpadas [€]	Saldo Acumulado [€]
0	-	-	-	-	-	-	-2 553,36
1	0,109	27 003	2 948,73	963,32	3 912,05	-	1 358,69
2	0,113	27 003	3 051,93	997,03	4 048,97	-	5 407,66
3	0,117	27 003	3 158,75	1 031,93	4 190,68	-	9 598,34
4	0,121	27 003	3 269,31	1 068,05	4 337,36	-	13 935,70
5	0,125	27 003	3 383,73	1 105,43	4 489,16	-	18 424,86
6	0,130	27 003	3 502,17	1 144,12	4 646,28	-	23 071,14
7	0,134	27 003	3 624,74	1 184,16	4 808,90	380,16	27 570,98
8	0,139	27 003	3 751,61	1 225,61	4 977,22	-	32 548,19

9	0,144	27 003	3 882,91	1 268,51	5 151,42	-	37 699,61
10	0,149	27003	4 018,81	1 312,90	5 331,72	-	43 031,33
11	0,154	27 003	4 159,47	1 358,85	5 518,33	-	48 549,66
12	0,159	27 003	4 305,06	1 406,41	5 711,47	-	54 261,13
13	0,165	27 003	4 455,73	1 455,64	5 911,37	-	60 172,50
14	0,171	27 003	4 611,68	1 506,59	6 118,27	483,67	65 897,54
15	0,177	27 003	4 773,09	1 559,32	6 332,41	-	72 229,95
16	0,183	27 003	4 940,15	1 613,89	6 554,04	-	78 783,99
17	0,189	27 003	5 113,05	1 670,38	6 783,43	-	85 567,43
18	0,196	27 003	5 292,01	1 728,84	7 020,85	-	92 588,28
19	0,203	27 003	5 477,23	1 789,35	7 266,58	-	99 854,87
20	0,210	27 003	5 668,94	1 851,98	7 520,91	-	107 375,78
21	0,217	27 003	5 867,35	1 916,80	7 784,15	578,97	114 689,22
22	0,225	27 003	6 072,71	1 983,89	8 056,59	-	122 745,81
23	0,233	27 003	6 285,25	2 053,32	8 338,57	-	131 084,39
24	0,241	27 003	6 505,23	2 125,19	8 630,42	-	139 714,81
25	0,249	27 003	6 732,92	2 199,57	8 932,49	-	148 647,30



ANEXO C – ESTUDO DA MÁQUINA DE LAVAR LOIÇA

Estudo

Pressupostos

Tarifa média de eletricidade [€/kWh] = 0,1092

Tarifa média de gás natural [€/kWh] = 0,0391

Tarifa média de Potência em Horas de Ponta (PHP) [€/kW] = 0,2147

Taxa média de inflação [%] = 3,0

Inflação nos custos da energia [%] = 3,5

Características da Máquina de Lavar Loiça (Frimague, 2018)

Consumo de água [l/hora] = 340

Capacidade horária [cestos/hora] = 130

Capacidade do cesto [utensílios/cesto] = 16

Período de funcionamento durante o ano de 2017

	Nº de Refeições	Nº de Utensílios	Nº de horas
Janeiro	9 001	72 008	35
Fevereiro	6 063	48 504	23
Março	8 440	67 520	32
Abril	13 639	109 112	52
Maior	15 543	124 344	60
Junho	13 596	108 768	52
Julho	12 587	100 696	48
Agosto	15 325	122 600	59
Setembro	15 683	125 464	60
Outubro	15 319	122 552	59
Novembro	8 970	71 760	35
Dezembro	8 500	68 000	33
Total	142 666	1 141 328	549

Cálculos

Cenário 1 - Aquecimento da água entre os 15°C e os 90°C por resistência elétrica.

$$T_i [^{\circ}\text{C}] = 15$$

$$T_f [^{\circ}\text{C}] = 90$$

$$T_m [^{\circ}\text{C}] = \frac{T_f - T_i}{2} = 52,5$$

$$\Delta T [^{\circ}\text{C}] = 75$$

$$\rho_{(T_m)} [\text{Kg}/\text{m}^3] = 987$$

$$c_{p_{\text{água}}(T_m)} [\text{J}/\text{Kg} \cdot \text{K}] = 4182$$

$$\dot{V}_{\text{água}} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,34$$

$$\eta_{\text{resistência elétrica}} [\%] = 100$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo de Energia}_{(1\text{h de funcionamento})} [\text{kWh}/\text{h}] &= \frac{\dot{V}_{\text{água}} \rho_{(T_m)} c_{p_{\text{água}}(T_m)} \Delta T}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_{\text{resistência elétrica}}} \\ &= 29,23 \end{aligned}$$

$$\text{Consumo de Energia}_{(anual)} [\text{kWh}]$$

$$= \text{Consumo de Energia}_{(1\text{h de funcionamento})} \cdot \text{Periodo de funcionamento}_{(1\text{ano})}$$

$$= 16\,038,14$$

Cenário 2 - Aquecimento da água entre os 15°C e os 60°C com calor proveniente apenas das caldeiras a gás natural (desprezando a contribuição do sistema solar térmico) e aquecimento da água entre os 60°C e os 90°C por resistência elétrica.

$$T_{i(1)} [^{\circ}\text{C}] = 15$$

$$T_{i(2)} [^{\circ}\text{C}] = 60$$

$$T_{f(1)} [^{\circ}\text{C}] = 60$$

$$T_{f(2)} [^{\circ}\text{C}] = 90$$

$$T_{m(1)} [^{\circ}\text{C}] = \frac{T_{f(1)} - T_{i(1)}}{2} = 37,5$$

$$T_{m(2)} [^{\circ}\text{C}] = \frac{T_{f(2)} - T_{i(2)}}{2} = 75$$

$$\Delta T_{(1)} [^{\circ}C] = 45$$

$$\Delta T_{(2)} [^{\circ}C] = 30$$

$$\rho_{(T_{m(1)})} [Kg/m^3] = 993$$

$$\rho_{(T_{m(2)})} [Kg/m^3] = 975$$

$$c_{p_{\acute{a}gua(T_{m(1)})}} [J/Kg.K] = 4179$$

$$c_{p_{\acute{a}gua(T_{m(2)})}} [J/Kg.K] = 4193$$

$$\dot{V}_{\acute{a}gua} [m^3/h] = 0,34$$

$$\eta_{reist\grave{e}nica\ el\acute{e}trica} [\%] = 100$$

$$\eta_{Sistema\ AQS} [\%] = 102$$

$$Consumo\ de\ Energia_{(1h\ de\ funcionamento)} [kWh/h]$$

$$= \frac{\dot{V}_{\acute{a}gua} \rho_{(T_{m(1)})} c_{p_{\acute{a}gua(T_{m(1)})} \Delta T_{(1)}}{1000\ 3600\ \eta_{Sistema\ AQS}} + \frac{\dot{V}_{\acute{a}gua} \rho_{(T_{m(2)})} c_{p_{\acute{a}gua(T_{m(2)})} \Delta T_{(2)}}{1000\ 3600\ \eta_{reist\grave{e}nica\ el\acute{e}trica}}$$

$$= 29,21$$

$$Consumo\ de\ Energia_{(anual)} [kWh]$$

$$= Consumo\ de\ Energia_{(1h\ de\ funcionamento)} \cdot Per\acute{o}do\ de\ funcionamento_{(1\ ano)}$$

$$= 15\ 868,38$$

Nota: Não foi contabilizado o consumo de energia elétrica pelo sistema de controlo da máquina e pelos sistemas mecânicos móveis da máquina responsáveis por lavar a loiça, porque estes não se alteram com as alterações ao sistema de alimentação de água ao equipamento.

Propostas e Investimento

	Tipo de Energia	Horas de func. /ano	Consumo Anual [kWh/ano]	Consumo Anual [€]	Poupança anual [€]			Investimento (s/ IVA) [€]	Payback Simples [anos]
					Energia	PHP	Total		
Atual	Energia elétrica	713	16 038,14	1 751,36	685,65	245,13	930,78	112,43	0,12
Proposta	Energia elétrica + Gás natural		15 868,38	1 065,71					

Análise de investimento

$$\text{Período de retorno simples [anos]} = \frac{I_0}{CF_1} = 0,09$$

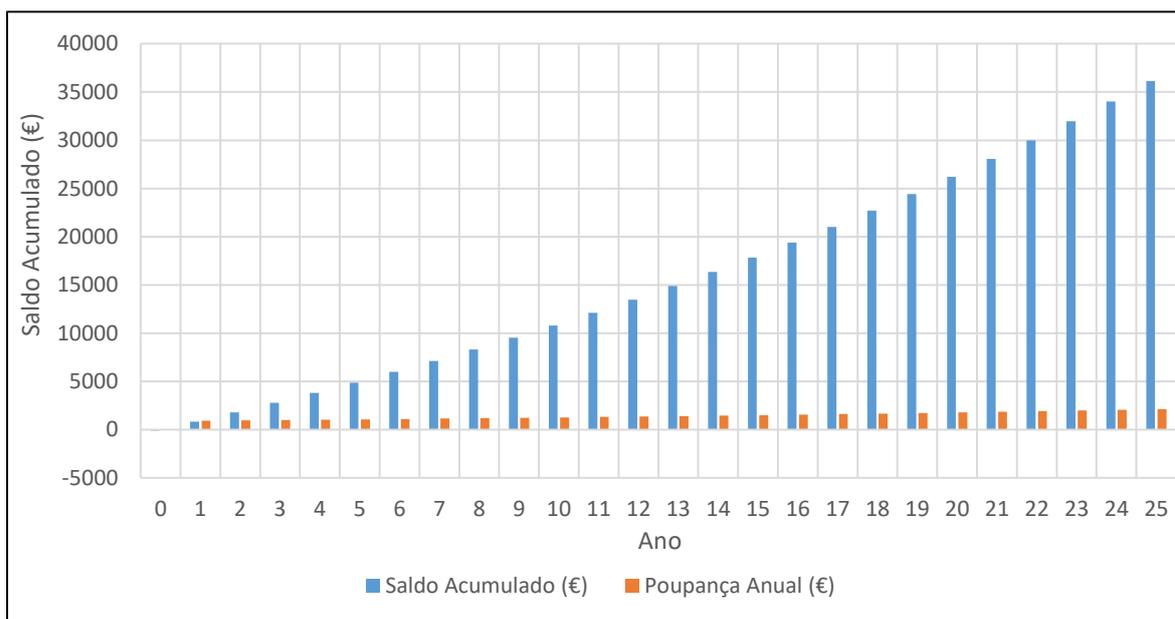
$$\text{Valor atual líquido a 25 anos [€]} = \sum_{k=0}^{k=25} \frac{CF_k - I_k}{(1+i)^k} = 23\,845,73$$

$$\text{Resultado anual equivalente [€]} = VLA \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 1\,369,41$$

$$\text{Poupança total a 25 anos [€]} = \sum_{k=0}^{k=25} \frac{CF_k}{(1+i)^k} = 23\,958,16$$

Nota: Assumiu-se como Rendimentos as Poupanças Anuais.

Ano	Tarifa - Eletricidade [€/kWh]	Tarifa - Gás [€/kWh]	Poupança de Energia [€/ano]	Poupança PHP [€/ano]	Poupança Anual [€]	Saldo Acumulado [€]
0	-	-	-	-	-	-112,43
1	0,109	0,039	891,35	318,67	930,78	818,35
2	0,113	0,040	922,54	329,82	963,36	1 781,71
3	0,117	0,042	954,83	341,37	997,08	2 778,79
4	0,121	0,043	988,25	353,32	1 031,98	3 810,77
5	0,125	0,045	1 022,84	365,68	1 068,09	4 878,86
6	0,130	0,046	1 058,64	378,48	1 105,48	5 984,34
7	0,134	0,048	1 095,69	391,73	1 144,17	7 128,51
8	0,139	0,050	1 134,04	405,44	1 184,22	8 312,73
9	0,144	0,051	1 173,73	419,63	1 225,66	9 538,39
10	0,149	0,053	1 214,82	434,32	1 268,56	10 806,95
11	0,154	0,055	1 257,33	449,52	1 312,96	12 119,91
12	0,159	0,057	1 301,34	465,25	1 358,92	13 478,83
13	0,165	0,059	1 346,89	481,53	1 406,48	14 885,31
14	0,171	0,061	1 394,03	498,39	1 455,70	16 341,01
15	0,177	0,063	1 442,82	515,83	1 506,65	17 847,66
16	0,183	0,065	1 493,32	533,88	1 559,39	19 407,05
17	0,189	0,068	1 545,58	552,57	1 613,96	21 021,01
18	0,196	0,070	1 599,68	571,91	1 670,45	22 691,47
19	0,203	0,073	1 655,67	591,93	1 728,92	24 420,39
20	0,210	0,075	1 713,62	612,64	1 789,43	26 209,82
21	0,217	0,078	1 773,59	634,09	1 852,06	28 061,88
22	0,225	0,080	1 835,67	656,28	1 916,88	29 978,76
23	0,233	0,083	1 899,92	679,25	1 983,97	31 962,74
24	0,241	0,086	1 966,41	703,02	2 053,41	34 016,15
25	0,249	0,089	2 035,24	727,63	2 125,28	36 141,44



ANEXO D – ESTUDO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Estudo (Sistema Solar Térmico)

Pressupostos

Tarifa média de eletricidade [€/kWh] = 0,1092

Tarifa média de gás natural [€/kWh] = 0,0391

Tarifa média de Potência em Horas de Ponta (PHP) [€/kW] = 0,2147

Taxa média de inflação [%] = 3,0

Inflação nos custos da energia [%] = 3,5

Inflação nos preços de aquisição de equipamentos [%] = 2,5

Perda de rendimento anual dos painéis [%] = 1

Propostas e Investimento

Sistema AQS	Energia satisfeita via apoio [kWh]	Energia satisfeita via solar [kWh]	Fração Solar [%]	Poupança		Investimento (s/ IVA) [€]	Payback Simples [anos]
				Anual [kWh]	Anual [€]		
Atual	637 527	94 193	13	-	-	-	-
Proposta 1 - Painéis atuais orientados a Sul com 30° de inclinação	619 727	111 994	15	17 800	695,70	4 500 €	6,47
Proposta 2 - Instalar um novo Sistema Solar Térmico com 60 Painéis orientados a Sul com 30° de inclinação	552 955	178 764	24	84 572	3 305,44	79 415 €	24,03

Análise de investimento (Proposta 1)

$$\text{Período de retorno simples [anos]} = \frac{I_0}{CF_1} = 6,47$$

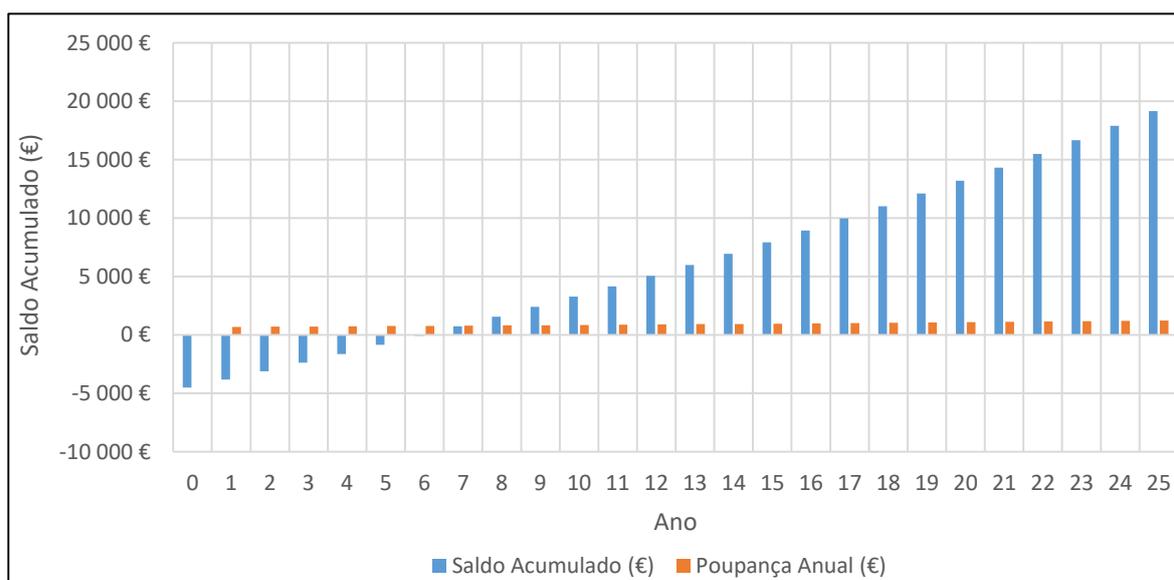
$$\text{Valor atual líquido a 25 anos [€]} = \sum_{k=0}^{k=25} \frac{CF_k - I_k}{(1+i)^k} = 11\,374,17$$

$$\text{Resultado anual equivalente [€]} = VAL \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = 653,20$$

$$\text{Poupança total a 25 anos [€]} = \sum_{K=0}^{k=25} \frac{CF_k}{(1 + i)^k} = 15\,874,18$$

Nota: Assumiu-se como "Rendimentos" as Poupanças Anuais.

Ano	Tarifa [€/kWh]	Produção Estimada [kWh/ano]	Poupança de Energia [€/ano]	Saldo Acumulado [€]
0	-	-	0	-4 500,00
1	0,039	17 800	695,70	-3 804,30
2	0,040	17 622	712,85	-3 091,45
3	0,042	17 446	730,42	-2 361,03
4	0,043	17 271	748,43	-1 612,60
5	0,045	17 099	766,87	-845,73
6	0,046	16 928	785,78	-59,95
7	0,048	16 758	805,15	745,20
8	0,050	16 591	824,99	1 570,19
9	0,051	16 425	845,33	2 415,52
10	0,053	16 261	866,17	3 281,69
11	0,055	16 098	887,52	4 169,21
12	0,057	15 937	909,40	5 078,61
13	0,059	15 778	931,81	6 010,42
14	0,061	15 620	954,78	6 965,20
15	0,063	15 464	978,32	7 943,52
16	0,065	15 309	1 002,43	8 945,96
17	0,068	15 156	1 027,14	9 973,10
18	0,070	15 004	1 052,46	11 025,56
19	0,073	14 854	1 078,41	12 103,97
20	0,075	14 706	1 104,99	13 208,95
21	0,078	14 559	1 132,23	14 341,18
22	0,080	14 413	1 160,14	15 501,32
23	0,083	14 269	1 188,73	16 690,05
24	0,086	14 126	1 218,04	17 908,08
25	0,089	13 985	1 248,06	19 156,14



Análise de investimento (Proposta 2)

Período de retorno simples [anos] = 24,03

Valor atual líquido a 25 anos [€] = - 3 992,97

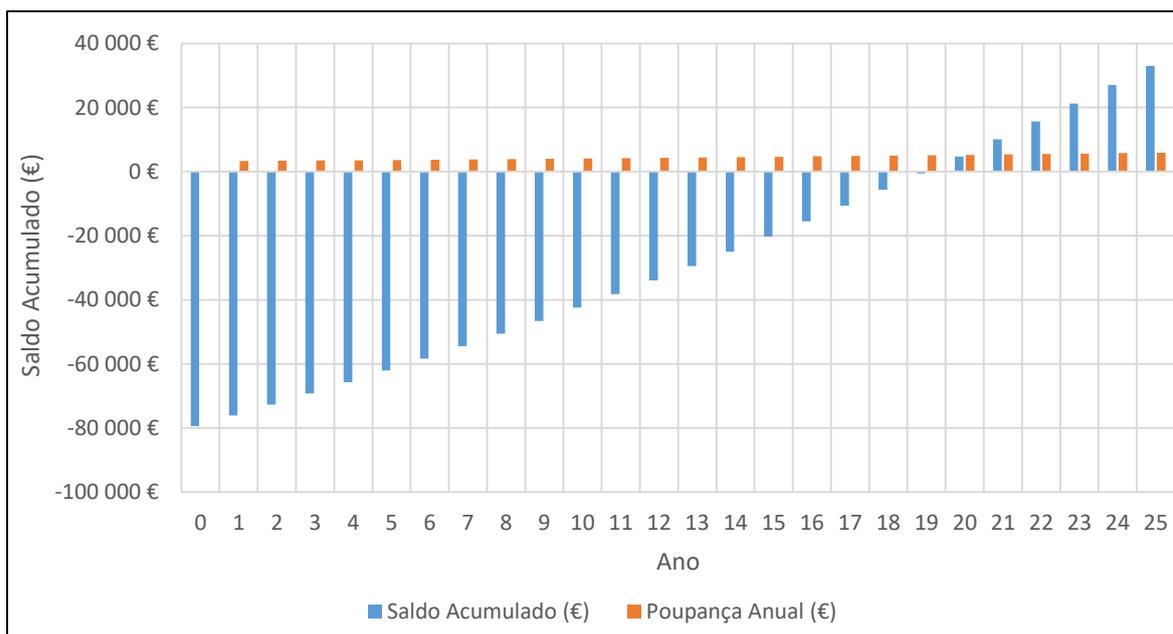
Resultado anual equivalente [€] = - 229,31

Poupança total a 25 anos [€] = 75 421,95

Nota: Assumiu-se como Rendimentos as Poupanças Anuais.

Ano	Tarifa [€/kWh]	Produção Estimada [kWh/ano]	Poupança de Energia [€/ano]	Saldo Acumulado [€]
0	-	-	-	-79 414,92
1	0,039	84 572	3 305,44	-76 109,48
2	0,040	83 726	3 386,92	-72 722,57
3	0,042	82 889	3 470,40	-69 252,16
4	0,043	82 060	3 555,95	-65 696,21
5	0,045	81 240	3 643,60	-62 052,61
6	0,046	80 427	3 733,42	-58 319,19
7	0,048	79 623	3 825,45	-54 493,74
8	0,050	78 827	3 919,74	-50 574,00
9	0,051	78 038	4 016,37	-46 557,63
10	0,053	77 258	4 115,37	-42 442,26
11	0,055	76 485	4 216,81	-38 225,45
12	0,057	75 721	4 320,76	-33 904,69
13	0,059	74 963	4 427,26	-29 477,43
14	0,061	74 214	4 536,40	-24 941,03
15	0,063	73 472	4 648,22	-20 292,81

16	0,065	72 737	4 762,80	-15 530,01
17	0,068	72 009	4 880,20	-10 649,81
18	0,070	71 289	5 000,50	-5 649,32
19	0,073	70 576	5 123,76	-525,56
20	0,075	69 871	5 250,06	4 724,50
21	0,078	69 172	5 379,47	10 103,98
22	0,080	68 480	5 512,08	15 616,05
23	0,083	67 796	5 647,95	21 264,01
24	0,086	67 118	5 787,17	27 051,18
25	0,089	66 446	5 929,83	32 981,01



Estudo (Sistema Fotovoltaico)

Pressupostos

Tarifa média de eletricidade [€/kWh] = 0,1092

Tarifa média de PHP [€/kW] = 0,2147

Taxa média de inflação [%] = 3,0

Inflação nos custos da energia [%] = 3,5

Inflação nos preços de aquisição equipamentos [%] = 2,5

Perda de rendimento anual dos painéis [%] = 1

Vida útil dos inversores do Sistema Fotovoltaico [anos] = 10

Propostas e Investimento

Sistema Fotovoltaico	Produção de energia [kWh]	Poupança [€]			Investimento (s/ IVA) [€]	Payback Simples [anos]
		Energia	PHP	Total		
60 Painéis orientados a Sul com inclinação de 30°	20 155	2 201	415	2 616	19 509 €	7,46

Análise de investimento

Período de retorno simples [anos] = 7,46

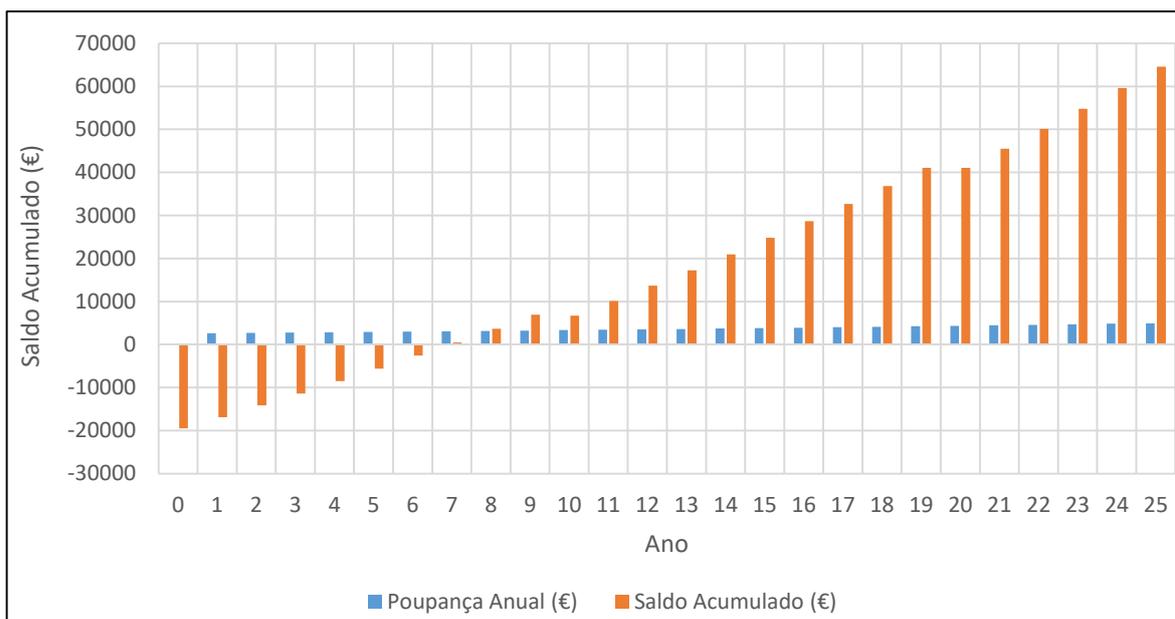
Valor atual líquido a 25 anos [€] = 42 042,67

Resultado anual equivalente [€] = 2 414,42

Poupança total a 25 anos [€] = 61 551,67

Nota: Assumiu-se como Rendimentos as Poupanças Anuais.

Ano	Tarifa (€/kWh)	Produção Estimada (kWh/ano)	Autoconsumo (kWh/ano)	Poupança de Energia (€/ano)	Poupança a PHP (€/ano)	Poupança PC (€/ano)	Poupança Anual (€)	Custo do Inversor (€)	Saldo Acumulado (€)
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-19 509,00
1	0,109	20 155	20 155	2 200,93	414,77	25,48	2 641,18	-	-16 867,82
2	0,113	19 953	19 953	2 255,18	429,29	26,37	2 710,84	-	-14 156,99
3	0,117	19 754	19 754	2 310,77	444,32	27,29	2 782,38	-	-11 374,61
4	0,121	19 556	19 556	2 367,73	459,87	28,25	2 855,84	-	-8 518,77
5	0,125	19 361	19 361	2 426,09	475,96	29,24	2 931,29	-	-5 587,48
6	0,130	19 167	19 167	2 485,90	492,62	30,26	3 008,78	-	-2 578,70
7	0,134	18 976	18 976	2 547,17	509,86	31,32	3 088,35	-	509,66
8	0,139	18 786	18 786	2 609,96	527,71	32,41	3 170,08	-	3 679,74
9	0,144	18 598	18 598	2 674,30	546,18	33,55	3 254,02	-	6 933,76
10	0,149	18 412	18 412	2 740,22	565,29	34,72	3 340,24	3 567,22	6 706,78
11	0,154	18 228	18 228	2 807,77	585,08	35,94	3 428,78	-	10 135,56
12	0,159	18 046	18 046	2 876,98	605,56	37,20	3 519,73	-	13 655,29
13	0,165	17 865	17 865	2 947,89	626,75	38,50	3 613,14	-	17 268,44
14	0,171	17 686	17 686	3 020,56	648,69	39,84	3 709,09	-	20 977,53
15	0,177	17 510	17 510	3 095,02	671,39	41,24	3 807,65	-	24 785,18
16	0,183	17 334	17 334	3 171,31	694,89	42,68	3 908,88	-	28 694,06
17	0,189	17 161	17 161	3 249,48	719,21	44,18	4 012,87	-	32 706,93
18	0,196	16 990	16 990	3 329,58	744,38	45,72	4 119,69	-	36826,62
19	0,203	16 820	16 820	3 411,66	770,44	47,32	4 229,42	-	41 056,03
20	0,210	16 651	16 651	3 495,75	797,40	48,98	4 342,14	4 348,42	41 049,75
21	0,217	16 485	16 485	3 581,92	825,31	50,69	4 457,93	-	45 507,68
22	0,225	16 320	16 320	3 670,22	854,20	52,47	4 576,88	-	50 084,56
23	0,233	16 157	16 157	3 760,69	884,09	54,30	4 699,09	-	54 783,65
24	0,241	15 995	15 995	3 853,39	915,04	56,21	4 824,63	-	59 608,28
25	0,249	15 835	15 835	3 948,38	947,06	58,17	4 953,61	-	64 561,90



APÊNDICE A – CERTIFICADO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO



Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS

N.º CER

CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: GRANDE EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

Morada / Localização _____

Localidade Coimbra _____ Freguesia _____

Concelho Coimbra _____ Região Portugal Continental _____

Data de emissão _____ Data de validade _____

Nome do perito qualificado _____ N.º de PQ _____

Imóvel descrito na 2.ª Conservatória do Registo Predial de Coimbra _____

sob o nº _____

Art. matricial nº _____

Fogo/Fracção autón. Hotel _____

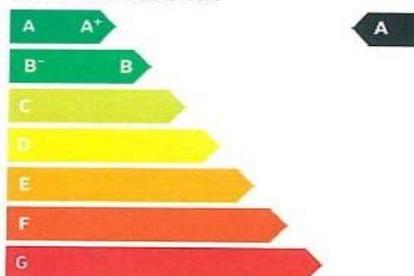
Este certificado resulta de uma verificação efectuada no edifício ou fracção autónoma, por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte www.adene.pt.

1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

INDICADORES DE DESEMPENHO

Valor do Indicador de Eficiência Energética nominal (IEEnom) calculado por simulação energética	<u>29</u>	kgep/m².ano
Valor do Indicador de Eficiência Energética de referência (IEEref) para edifícios novos (limite inferior da classe B ⁻)	<u>38,1</u>	kgep/m².ano
Valor do Indicador de Eficiência Energética correspondente ao limite da classe A+	<u>24,675</u>	kgep/m².ano
Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas ao IEE nominal	<u>432,2</u>	toneladas de CO ₂ equivalentes por ano

CLASSE ENERGÉTICA



O indicador de eficiência energética, IEEnom, traduz o consumo nominal específico de um edifício, ou seja, a energia necessária para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, sob padrões nominais de funcionamento e por unidade de área, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores. O valor de referência para este indicador (IEEref) está definido no D.L. 79/2006 de 4 de Abril para edifícios cuja licença ou autorização de construção é posterior a 4 de Julho de 2006, bem como para edifícios já existentes aquela data. Nos casos de edifício ou fracções autónomas com mais de uma tipologia de actividade, o IEEnom e IEEref correspondem a valores ponderados de acordo com as áreas afectas a cada tipologia. A classificação energética baseia-se no desempenho energético dos sistemas de climatização e de iluminação do edifício ou fracção autónoma, usando como referência os valores limite de IEE para edifícios novos apresentados no Anexo XI do RSECE. A classe energética resulta do enquadramento do valor de IEE nominal numa escala predefinida e aplicável a todos os edifícios de serviços desta tipologia. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B-, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B-. Para mais informações sobre a classificação energética de edifícios e sobre este certificado, consulte www.adene.pt.

2. QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI)

O presente imóvel cumpre com os requisitos aplicáveis estabelecidos no D.L. 79/2006 de 4 de Abril relativamente à qualidade do ar interior. Conforme aplicáveis, esses requisitos visam, através da verificação das condições de projecto ou da realização de auditorias periódicas, assegurar que o edifício ou fracção autónoma dispõe de condições adequadas para que as concentrações de poluentes no ar interior sejam inferiores às concentrações máximas de referência, salvaguardando assim a saúde dos seus ocupantes.

Entidade gestora



Entidade supervisor



1/8



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

| Nº CER

Nº do perito qualificado

Data de emissão

Data de validade

3. DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRACÇÃO AUTÓNOMA

Edifício de serviços situa-se no centro de uma zona urbana, cidade de Coimbra, zona climática I1 V2N, a uma altitude de 140m e uma distância à costa marítima de 39,35 km, ventos predominantes no quadrante Noroeste. O edifício é constituído por uma fracção autónoma, distribuída por oito pisos, com a seguinte constituição: Piso -2 – Instalações técnicas e estacionamento; Piso -1 – Equipamento, arrumos, balneários, instalações sanitárias, massagens, sauna, duche vichy, banho turco, recepção spa, sauna, yoga, ginásio, piscina interior, refeitório, salas de reunião, rouparia, lavandaria, economato, manutenção, gabinete do chefe de manutenção, foyer, estacionamento e áreas técnicas; Cozinha (191,8 m2), lavandaria (127,3 m2) e estacionamento (6934,3 m2). Dispõe de um sistema de climatização ambiente para zona comuns, serviço e quartos constituído por vinte e sete (27) unidades V.R.F. (compressor/condensador) de expansão directa com o fluido a operar em regime variável a dois tubos, uma (1) unidade V.R.F. (compressor/condensador) de expansão directa com o fluido a operar em regime variável a três tubos. A climatização para a lavandaria, gabinete do chefe economato, manutenção e lixos é efectuada através de uma unidade mural a uma unidade exterior do tipo split bomba de calor inverter, de expansão directa, respectivamente, instalada em área técnica. A produção de Água Quente Sanitária, AQS, é efectuada através um sistema solar térmico com apoio de quatro caldeiras murais em cascata a instalar na central técnica. A climatização dos espaços comuns e de serviços será efectuada por unidades interiores do tipo murais e de conduta de média pressão estática. Para a piscina, existirá uma bomba de calor desumidificadora para o tratamento do ar ambiente. A ventilação será efectuada por oito (8) unidades de ventilação com recuperadores de calor de fluxos, com excepção do SPA que apenas terá um ventilador de insuflação sem recuperador de calor. A extracção nas zonas técnicas e espaços similares será efectuada por ventiladores de extracção dedicados. A iluminação que servirá os espaços úteis da fracção será constituída por lâmpadas fluorescentes compactas, fluorescentes tubulares, dicroicas e Led's.

Área útil de pavimento m² Pé-direito médio ponderado m Ano de construção Consumo Anual Global* kWh/ano (só edif. existentes)

* O consumo anual global corresponde à energia final utilizada no edifício, sendo determinado pela análise das facturas energéticas (electricidade e combustíveis), sem correcção climática.

4. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (destacadas a negro aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
Não aplicável			

As medidas de melhoria acima referidas correspondem a sugestões do perito qualificado na sequência da análise que este realizou ao desempenho energético e da qualidade do ar interior do edifício ou fracção autónoma e não pretendem por em causa as opções e soluções adoptadas pelo(s) arquitecto(s), projectista(s) ou técnico(s) de obra.

Legendas	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
	●●●●● mais de 10000€/ano	●●●●● mais de 50000€	●●●●● inferior a 5 anos
	●●●●● entre 5000€ e 9999€/ano	●●●●● entre 10000€ e 49999€	●●●●● entre 5 e 10 anos
	●●●●● entre 1000€ e 4999€/ano	●●●●● entre 2000€ e 9999€	●●●●● entre 10 e 15 anos
	●●●●● menos de 1000€/ano	●●●●● menos de 2000€	●●●●● mais de 15 anos

SE FOREM CONCRETIZADAS TODAS AS MEDIDAS DESTACADAS NA LISTA, A CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA PODERÁ SUBIR PARA...

Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada:

Esta DCR não tem medidas de melhoria pois estão implementadas as soluções que o cliente solicitou. Embora se tenha dado a informação de quais as melhores soluções a implementar para uma melhor classificação energética a adoptar pelo cliente final.

5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

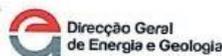
PAREDES

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
• As paredes exteriores serão de dupla alvenaria, sendo constituídas por acabamento exterior, pano exterior de tijolo furado de 0,15m, caixa-de-ar preenchida parcialmente com poliestireno extrudido em placas (XPS) com 0,04mm, pano interior de tijolo furado de	0,47	1,8

Entidade gestora



Entidades supervisoras



2/8

CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR		Nº CER	
Nº do ponto qualificado	Data de emissão	Data de validade	
0,11m e acabamento interior, pelo que terão um valor de $U = 0,47 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$			
• As paredes em contacto com espaços não úteis serão em paredes simples de tijolo furado com 0,20m de espessura e acabamentos interiores em reboco com 0,02 m de espessura ($\gamma = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), pelo que o valor do coeficiente de transmissão térmica será $U = 1,14 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.		1,14	2
COBERTURAS		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar	
• A cobertura em terraço (invertida) será isolada sobre a impermeabilização, com isolante térmico constituído por poliestireno extrudido em placas (XPS) com 0,05m, pelo que terá um valor de $U_{inv} = 0,61 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $U_{ver} = 0,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	0,61	1,25	
PAVIMENTOS		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar	
• O pavimento sobre espaços não úteis considerado será constituído por revestimento de piso, betão leve, isolamento projectado no pavimento da fracção autónoma pelo interior (poliestireno extrudido com espessura de 0,03 m médio) e laje de betão. Todo o conjunto do pavimento sobre não úteis terá uma condutibilidade térmica de $U_{inv} = 0,92 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $U_{ver} = 0,87 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	0,92	1,65	
PONTES TÉRMICAS PLANAS		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar	
• Nas pontes térmicas planas o coeficiente de transmissão térmica (U) do pilar/viga tem de ser menor ou igual que duas vezes o coeficiente de transmissão térmica da parede, neste caso, o isolamento será introduzido na cofragem com 3cm de selenite.	0,86	0,94	

6. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)*	Factor solar	
	da solução	máximo regulamentar
• Os vãos envidraçados são duplos com a seguinte constituição: Exterior - Temperado PLANITERM TOTAL 1.3, com 8 mm; caixa-de-ar (12 mm); Interior - Laminado STAPID 55.2. A caixilharia é em alumínio sem corte térmico, pelo que têm uma condutibilidade térmica de $U = 1,84 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $g = 0,54$	0,54	0,56
• Os vãos envidraçados são duplos com a seguinte constituição: Exterior - Temperado PLANITERM TOTAL 1.3, com 8 mm; caixa-de-ar (12 mm); Interior - Laminado STAPID 55.2. A caixilharia é em alumínio sem corte térmico e têm protecção solar interior do tipo cortina e black-out, pelo que têm uma condutibilidade térmica de $U = 1,84 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $g = 0,54$	0,27	0,56

*Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activos (portadas, persianas, estores, cortinas, etc.)

7. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Consumo nominal estimado de energia primária para aquecimento	31694 kgep/ano	Consumo nominal estimado de energia primária para arrefecimento	104752 kgep/ano
---	----------------	---	-----------------

Nota: os consumos anuais nominais para aquecimento e arrefecimento devem ser afectados dos respectivos factores de correcção climática.

SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)
• Sistema centralizado alimentado por energia eléctrica, composto por vinte e sete unidades do tipo VRV a 2 tubos, com potência unitária de 16/18 kW, 22,4/25 kW, 28/31,5 kW e 33,5/37,5 kW para arrefecimento e aquecimento, respectivamente, com COP de 4,25/3,95/3,68 e EER de 3,95/3,65/2,81. Sistema centralizado alimentado por energia eléctrica, composto por uma unidade do tipo VRV a 3 tubos, com potência unitária de 22,4/25 kW para arrefecimento e aquecimento, respectivamente, com COP de 3,97 e EER de 3,69. A bomba de calor para climatização e desumidificação da piscina será do tipo monobloco constituída por secção de filtragem e circuito frigorífico de expansão directa com compressor hermético, grupo de ventilação e bateria de reaquecimento de ar em tubos de cobre, e alhetas em alumínio, 2 filas, alimentada por água quente a 85°C proveniente das caldeiras. Sistema Split de expansão directa de funcionamento reversível, inverter, composto com unidades interiores do tipo mural, com COP de 3,29 e EER de 2,94.

SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIO)

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)
• A distribuição da energia térmica entre as unidades interiores e exteriores dos sistemas de condicionamento de ar de expansão directa é efectuada por meio de lubagem frigorífica em cobre, desoxidado e desidratado, espessura mínima de 1 mm. As linhas de líquido, quer a linha

Entidade gestora



Entidade supervisor



3/8

	CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR	Nº CER
Nº do ponto qualificado	Data de emissão	Data de validade
<p>de aspiração são isoladas termicamente e protegidas com barreira de vapor com tubo de esponja Armaflex tipo A/F. As tubagem montadas no exterior são revestidas a chapa de alumínio com uma espessura mínima de 0,5 mm.</p>		
SUBSISTEMA DE EMISSÃO/DIFUSÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIO) NOS ESPAÇOS TRATADOS		
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Será instalado um sistema de emissão/difusão de energia térmica num total de 274 unidades interiores, sendo 250 murais, 2 cassetes de 4 vias, 1 cassete de 2 vias e 21 de conduta, com potência térmica de aquecimento compreendida entre 2,5 kW e 25 kW, totalizando 967 kW e com potência térmica de arrefecimento compreendida entre 2,2 kW e 22,4 kW, totalizando 855 kW. A potência eléctrica total consumida por estes equipamentos é de 11,96 kW. Todos estes espaços serão alimentados a partir de unidades de ventilação com recuperação de energia (fluxos cruzados em placas de alumínio), da quantidade mínima de ar novo para garantir a renovação de ar no ambiente, directamente no espaço ou no pleno de retorno das unidades interiores de conduta de expansão directa. Todas as condutas de insuflação de ar tratado estão isoladas assim como os respectivos acessórios. Quando montadas no exterior estão ser revestidas a chapa de alumínio com uma espessura mínima de 0,5 mm. • A difusão do ar tratado é obtido através das unidades interiores do tipo conduta é feita no tecto falso através de difusores quadrados de baixa indução. 		
<p>OUTRAS CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO (DETERMINANTES NA ECONOMIA DE ENERGIA, CONFORTO E QUALIDADE DO AR INTERIOR)</p>		
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Está instalado um sistema de gestão técnica centralizada, para gestão de todos os equipamentos instalados, incluindo o "software" e "hardware" necessário para controlo e parametrização de toda a instalação, nomeadamente: Controlo de filtros colmatados, Estado de funcionamento de todos os equipamentos, Estado aberto ou fechado dos registos corta-fogo, Temperatura do ar exterior e temperatura média interior de cada zona controlada individualmente. O sistema de Gestão Técnica Centralizada incluirá, entre outro equipamento de campo: Sensores de temperatura interior, Pressóstato diferenciais para água (filtros), Pressóstato diferenciais para ar, PC (do Hotel), Monitor e impressora, Software, Ensaio. A escolha dos controladores das unidades a instalar deverá ser compatíveis com o sistema de gestão técnica seleccionado. A temperatura da água quente sanitária do depósito de acumulação solar e temperatura da água quente sanitária do depósito de reaquecimento será lido e controlada localmente. 		
8. ILUMINAÇÃO (INTERIOR E EXTERIOR)		
Consumo nominal estimado de energia primária para iluminação interior no edifício ou fracção autónoma		58562 kgep/ano
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Serão utilizadas lâmpadas do tipo fluorescente tubular, fluorescente compacta, dicrónica e incandescente em que a potência instalada por m2 varia consoante a área e tipo de ocupação, com as seguintes potências totais: fluorescente compacta – 19.235 kW, fluorescente tubular – 7.582 kW, dicrónica – 11.242 kW e led – 7.623 kW 		
9. PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)		
SISTEMAS CONVENCIONAIS (USAM ENERGIA NÃO RENOVÁVEL)		
Consumo nominal estimado de energia primária para preparação de Águas Quentes Sanitárias		31107 kgep/ano
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> • As caldeiras instaladas para o aquecimento de água terão queimador a gás natural modulante de condensação, construção em chapa de aço soldada, isolada e revestida a painéis de chapa pintada, com uma potência térmica unitária de 100 kW, com um total de 400kW, eficiência a 30% da carga nominal de 106%, alimentada a gás natural. Para produção/acumulação de água quente sanitária com painéis solares térmicos e apoio de caldeiras a gás, serão instalados dois depósitos ligados em série. O primeiro, com capacidade de 5m3, fará a acumulação de água quente produzida através dos painéis solares. O segundo, com capacidade de 3m3, tem por função fazer o reaquecimento até à temperatura desejada com apoio da caldeira a gás. Terão permutador de serpentina, sendo do tipo cilíndrico e vertical. As redes de tubagem de distribuição de AQS são isoladas termicamente com espuma elastomérica. 		
10. OUTROS CONSUMOS (INCLUINDO EQUIPAMENTOS)		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)		Consumo nominal estimado de energia primária
<ul style="list-style-type: none"> • Outros consumos de equipamentos existentes para funcionamento deste edifício de serviços, tais como: televisões, computadores, fotocopiadoras, fax, etc. Neste consumo também se encontram consumos com elevadores (1800 kWh.ano) e ventiladores extracção (1.2 kW) que não estejam associados à climatização, assim como com a iluminação exterior (0.582 kW). 		183071 kgep/ano



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

| Nº CER

Nº do ponto qualificado

Data de emissão

Data de validade

11. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	Energia fornecida pelo sistema
<p>Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> O sistema solar térmico para produção de água quente sanitária é composto 56 colectores solares do modelo SKE2.0S, perfazendo uma área total de 132,7 m², instalados na cobertura inclinada a 36° e com orientação a sul (azimute 0°), não existindo obstruções assinaláveis do horizonte. Os 2 depósitos de acumulação possuem 5000 (solar) e 3000 (acumulação) litros de capacidade unitária, localizados na Central Térmica e de instalação vertical, com permutador de placas interno, com eficácia de 55%. Todo o conjunto é isolado com espuma rígida de poliuretano injectado e revestido com um forro exterior acolchoado. O controlo do sistema solar é realizado através de um controlador ligado a sondas de temperatura NTC. A AQS é acumulada a 60°C (para prevenção da ampliação da bactéria Legionella) e misturada com água da rede à saída do depósito de acumulação através de sistema termostático modulante. A tubagem é isolada termicamente com espuma elastomérica e protegida mecanicamente com chapa de alumínio. Os painéis possuem certificação "Solar Keymark", o instalador dos mesmos é acreditado pela DGEG e existe contrato de manutenção do sistema por um período mínimo de 6 anos. 	93357 kWh/ano
OUTROS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	Energia fornecida pelo sistema
<p>Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> Não aplicável 	

12. CAUDAIS DE AR NOVO POR ESPAÇO

Descrição do espaço	Caudal de ar novo	
	da solução	mínimo regulamentar
• Foyer Piso -1	2900 m ³ /h	2294 m ³ /h
• Ginásio Piso -1	440 m ³ /h	330 m ³ /h
• Manutenção Piso -1	600 m ³ /h	293 m ³ /h
• Duche Vichy Piso -1	100 m ³ /h	60 m ³ /h
• Estética Piso -1	100 m ³ /h	60 m ³ /h
• Massagens 1 Piso -1	150 m ³ /h	120 m ³ /h
• Massagens 2 Piso -1	100 m ³ /h	60 m ³ /h
• Massagens 3 Piso -1	100 m ³ /h	60 m ³ /h
• Piscina + Jacuzzi Piso -1	3160 m ³ /h	2523 m ³ /h
• Recepção SPA Piso -1	265 m ³ /h	212 m ³ /h
• Refeitório do Pessoal Piso -1	1000 m ³ /h	700 m ³ /h
• Sala de Reuniões 1 Piso -1	800 m ³ /h	630 m ³ /h
• Sala de Reuniões 2 Piso -1	800 m ³ /h	630 m ³ /h
• Sala de Reuniões 3 Piso -1	800 m ³ /h	630 m ³ /h
• Sala de Reuniões 4 Piso -1	800 m ³ /h	630 m ³ /h
• Sala de Reuniões 5 Piso -1		

Entidade gestora



Entidade supervisor



5/8

 CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR Nº CER			
Nº do ponto qualificado	Data de emissão	Data de validade	
		800 m³/h	630 m³/h
• Sala de Reuniões 6 Piso -1		800 m³/h	630 m³/h
• Sala de Reuniões 7 Piso -1		6000 m³/h	4795 m³/h
• Sala de Reuniões 7 Piso -1		6000 m³/h	4795 m³/h
• Yoga Piso -1		265 m³/h	180 m³/h
• Circulações SPA Piso -1		110 m³/h	85 m³/h
• Gabinete Governanta Piso -1		150 m³/h	70 m³/h
• Gabinete Chefe Económico Piso -1		100 m³/h	70 m³/h
• Back-office Piso 0		150 m³/h	119 m³/h
• Biblioteca Piso 0		525 m³/h	420 m³/h
• Contabilidade/Sec Piso 0		150 m³/h	70 m³/h
• Director Piso 0		175 m³/h	140 m³/h
• Equipamento Piso 0		150 m³/h	70 m³/h
• Front-office Piso 0		300 m³/h	162 m³/h
• Lobby Piso 0		8700 m³/h	3664 m³/h
• Restaurante Piso 0		6000 m³/h	4515 m³/h
• Restaurante Inevitável Piso 0		3600 m³/h	2590 m³/h
• Sub-Director Piso 0		150 m³/h	70 m³/h
• Circulação Piso 1 a 4		1500 m³/h	1181 m³/h
• Quartos/Suites área > 27 Piso 1 a 4		75 m³/h	60 m³/h
• Quartos área < 27 Piso 1 a 4		75 m³/h	30 m³/h
• Circulação Piso 5		1250 m³/h	775 m³/h
• Quartos/Suites área > 27 Piso 5		75 m³/h	60 m³/h
• Quartos área < 27 Piso 5		75 m³/h	30 m³/h

13. CONCENTRAÇÕES DOS PRINCIPAIS POLUENTES NO AR INTERIOR (MEDIDOS EM AUDITORIA)	
Descrição sucinta da metodologia utilizada, observações, resultados e conclusões	Data da auditoria
• Não aplicável	

 CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR | Nº CER

Nº do perito qualificado _____ Data de emissão _____ Data de validade _____

Valores verificados em auditoria para os principais parâmetros e poluentes	Concentração medida	Concentração máxima de referência
Partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a 10 microns (PM10)	mg/m ³	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	mg/m ³	1800 mg/m ³
Monóxido de Carbono	mg/m ³	12,5 mg/m ³
Ozono	mg/m ³	0,2 mg/m ³
Formaldeído	mg/m ³	0,1 mg/m ³
Compostos Orgânicos Voláteis Totais	mg/m ³	0,6 mg/m ³
Microrganismos - bactérias	UFC/m ³	500 UFC/m ³
Microrganismos - fungos	UFC/m ³	500 UFC/m ³
Legionella	UFC/l	100 UFC/l
Radão	Bq/m ³	400 Bq/m ³

14. CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES E SISTEMAS ENERGÉTICOS

Descrição da(s) solução(ões) e/ou estratégia(s) adoptada(s) e elementos relevantes

• Não aplicável

15. TÉCNICOS RESPONSÁVEIS

TÉCNICO RESPONSÁVEL PELO FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS DE CLIMATIZAÇÃO E PELA QAI

Nome do técnico _____

Ordem ou Associação Profissional _____ Nº de membro _____

TÉCNICO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Nome do técnico _____

Empresa _____ Nº de alvará IMOPPI / InCI _____

TÉCNICO DE QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nome do técnico _____

Empresa _____ Nº de alvará IMOPPI / InCI _____

16. INPECÇÕES PERIÓDICAS A CALDEIRAS, SISTEMAS DE AQUECIMENTO E EQUIP. DE AR CONDICIONADO

CALDEIRAS

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

SISTEMAS DE AQUECIMENTO COM CALDEIRAS

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO

Entidade gestora  **ADENE**
AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade supervisonada  **Direção Geral de Energia e Geologia**

 **AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE**
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

7/8



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nº do perto qualificado Data de emissão | Nº CER Data de validade

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

- Não aplicável

OBSERVAÇÕES E NOTAS AO PRESENTE CERTIFICADO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

O certificado energético é relativo a uma fracção autónoma de serviços de um edifício a construir. A determinação da classe energética foi efectuada de acordo com os projectos das várias especialidades (Arquitectura, Estruturas, Águas quentes sanitárias, Climatização e Acústica), seguindo a metodologia do Decreto-lei n.º 79/2006, tendo recorrido ao ITE-50 para determinação de coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios.



APÊNDICE B - TABELA DE T-ESTATÍSTICO (EVO, 2012)

Degrees of Freedom DF	Confidence Level				Degrees of Freedom DF	Confidence Level			
	95%	90%	80%	50%		95%	90%	80%	50%
1	12.71	6.31	3.08	1.00	16	2.12	1.75	1.34	0.69
2	4.30	2.92	1.89	0.82	17	2.11	1.74	1.33	0.69
3	3.18	2.35	1.64	0.76	18	2.10	1.73	1.33	0.69
4	2.78	2.13	1.53	0.74	19	2.09	1.73	1.33	0.69
5	2.57	2.02	1.48	0.73	21	2.08	1.72	1.32	0.69
6	2.45	1.94	1.44	0.72	23	2.07	1.71	1.32	0.69
7	2.36	1.89	1.41	0.71	25	2.06	1.71	1.32	0.68
8	2.31	1.86	1.40	0.71	27	2.05	1.70	1.31	0.68
9	2.26	1.83	1.38	0.70	31	2.04	1.70	1.31	0.68
10	2.23	1.81	1.37	0.70	35	2.03	1.69	1.31	0.68
11	2.20	1.80	1.36	0.70	41	2.02	1.68	1.30	0.68
12	2.18	1.78	1.36	0.70	49	2.01	1.68	1.30	0.68
13	2.16	1.77	1.35	0.69	60	2.00	1.67	1.30	0.68
14	2.14	1.76	1.35	0.69	120	1.98	1.66	1.29	0.68
15	2.13	1.75	1.34	0.69	∞	1.96	1.64	1.28	0.67

Note: Calculate DF using the following,

- $DF = n - 1$ (for a sample distribution)
- $DF = n - p - 1$ (for a regression model)

Where,

n = sample size

p = # regression model variables

APÊNDICE C – HORÁRIO DO TARIFÁRIO DE ELETRICIDADE (ERSE, 2018b)

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h