

Eficiência Energética em Instalações Hospitalares – Hospital Pediátrico e Hospital Geral de Coimbra

Relatório de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Eletromecânica – Área de Especialização em Instalações e Equipamentos
em Edifícios

Autor

Pedro Miguel Vaz Teixeira

Orientadores

Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, fevereiro de 2020

AGRADECIMENTOS

Quero fazer um agradecimento especial à Professora Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho pelo seu total apoio, pela sua total disponibilidade e partilha de conhecimentos, o que foi uma valiosa contribuição e ajuda para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, agradeço o apoio, companheirismo e motivação incondicional que ajudaram em certos momentos difíceis.

Por último, e tendo plena consciência de que sozinho nada disto não teria sido possível, dirijo um especial agradecimento à minha esposa, Ana Catarina Lança, e aos meus filhos Francisco e Maria Clara, por me terem apoiado nesta etapa e pela compreensão em todos os momentos de ausência.

A todos muito OBRIGADO!

RESUMO

No âmbito do Despacho n.º 4860/2013, o Guia de Boas Práticas para o Sector da Saúde, que faz parte da estratégia de implementação do Plano Estratégico de Baixo Carbono e do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública no Ministério da Saúde, apresenta-se como um instrumento que visa promover a redução dos consumos e dos custos com energia e água, reduzir a produção de resíduos e difundir a adoção de comportamentos que fomentem economias de baixo carbono, através de medidas que implicam custos de investimento reduzidos.

Neste contexto, neste projeto são identificadas e avaliadas medidas de eficiência energética a implementar nos edifícios do Hospital Pediátrico e do Hospital Geral de Coimbra, tendo por base os resultados das Auditorias Energéticas realizadas naquelas duas estruturas hospitalares, no âmbito dos respetivos processos de certificação energética.

A metodologia seguida, com o apoio do *software* de simulação TRACE 700, envolveu a análise dos consumos energéticos atuais, a identificação de medidas de melhoria do consumo global de energia e a respetiva avaliação, tendo em vista a elaboração de uma candidatura ao programa do governo PO. SEUR - Programa Operacional de Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos.

Apesar de as duas instalações hospitalares terem o mesmo enquadramento no Serviço Nacional de Saúde e prestarem o mesmo tipo de serviços, os respetivos edifícios, com datas de construção muito distintas, apresentam características muito diferentes, nomeadamente quanto ao seu estado de conservação. Este facto justifica o maior número de medidas de melhoria propostas para o Hospital Geral, datado de 1927, com muitas carências estruturais e apresentando um elevado nível de degradação dos equipamentos das instalações técnicas especiais de suporte à atividade hospitalar, que se traduz num grande desperdício de energia consumida, em elevados custos de manutenção corretiva e paragens de atividade hospitalar na sequência dessa manutenção.

Palavras-Chave: Eficiência Energética, Edifícios Hospitalares, Certificação Energética de Edifícios, Medidas de Racionalização de Consumos.

ABSTRACT

Within the scope of the Ministerial Order No. 4860/2013, the Good Practice Guide for the Health Sector, which is part of the strategy for the implementation of the Low Carbon Strategic Plan and the Energy Efficiency in Public Administration Programme, an instrument is presented which is aimed at promoting the reduction of consumption and costs with energy and water, to reduce waste production and to disseminate the adoption of behaviours that promote low carbon economies, through measures with reduced investment costs.

In this context, this project identifies and evaluates energy efficiency measures to be implemented in two buildings: Hospital Pediátrico and Hospital Geral de Coimbra, based on the results of the Energy Audits carried out in those two hospital facilities, within the scope of the respective energy certification processes.

The methodology followed, with the support of the TRACE 700 simulation software, involved the analysis of current energy consumption, the identification of measures to improve global energy consumption and the corresponding assessment, with a view to preparing an application to the government program PO SEUR - Operational Programme for Sustainability and Efficient Use of Resources.

Although the two hospital facilities have the same framework in the Portuguese Health Service and provide the same type of services, the corresponding buildings have different construction dates and characteristics, namely in terms of their state of conservation. This fact justifies the greater number of improvement measures proposed for the General Hospital, dating back to 1927, with many structural deficiencies and presenting a high level of degradation of the special technical equipment to support the hospital activity, which translates into a great waste of energy consumed, high corrective maintenance costs and hospital activity outages.

Keywords: Energy efficiency, Hospital buildings, Energy Certification of Buildings, Consumption Rationalization Measures.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
ABREVIATURAS	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos Propostos.....	3
1.2. Estrutura do Relatório	4
2. Eficiência Energética em Edifícios Hospitalares.....	5
2.1. Enquadramento Legislativo e Regulamentar	5
2.2. Boas Práticas Nacionais	7
3. Hospital Geral de Coimbra	9
3.1. Caracterização Energética do Edifício	10
3.1.1. Iluminação.....	11
3.1.2. Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado.....	12
3.1.3. Equipamentos eletromecânicos	16
3.1.4. Análise dos consumos energéticos.....	17
3.2. Desempenho Energético do Edifício.....	26
3.3. Medidas de Eficiência Energética	27
3.3.1. Substituição das lâmpadas atuais por tecnologia LED.....	28
3.3.2. Reformulação da central técnica de produção de água quente.....	29
3.3.3. Instalação de sistema solar térmico para produção de AQS	30
3.3.4. Substituição dos equipamentos hidráulicos.....	31
3.3.5. Colocação de isolamento nas coberturas.....	32
3.3.6. Substituição de vãos envidraçados	32
3.3.7. Instalação de um sistema fotovoltaico em regime de autoconsumo	33
3.3.8. Substituição dos chillers existentes	34
4. Hospital Pediátrico de Coimbra.....	35
4.1. Caracterização do Edifício	36
4.2. Sistemas Técnicos do Edifício	40

4.3.	Sistemas eletromecânicos - Elevadores.....	42
4.4.	Produção de Água quente Sanitária.....	42
4.5.	Sistema de Iluminação	43
4.6.	Análise dos Consumos Energéticos	44
4.6.1.	Monitorização dos Consumos Elétricos.....	50
4.7.	Desempenho Energético do Edifício.....	52
4.8.	Medidas de Eficiência Energética	53
4.8.1.	Substituição das lâmpadas atuais e/ou instalação de LED's para iluminação.....	53
4.8.2.	Substituição dos equipamentos atuais e/ou instalação de variadores de velocidade nos motores dos ventiladores.....	54
4.8.3.	Instalação de sistema solar térmico para produção de AQS	55
4.8.4.	Instalação de sistema solar fotovoltaico para autoconsumo.....	55
5.	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1 - Hospital Geral de Coimbra	9
Figura 3. 2 - Hospital Geral - equipamentos do tipo chiller	12
Figura 3. 3 – Geradores de vapor e permutadores	13
Figura 3. 4 - Equipamentos de expansão direta.....	13
Figura 3. 5 - Depósitos para armazenamento de AQS	14
Figura 3. 6 - Equipamentos de climatização locais/terminais	15
Figura 3. 7 - Unidades de Tratamento de Ar (UTA)	15
Figura 3. 8 - Circuitos de bombagem.....	16
Figura 3. 9 – Tipos de elevadores existentes no edifício.....	16
Figura 3. 10 – Equipamento de diagnóstico	17
Figura 3. 11 – Consumos mensais de energia elétrica (kWh) por período tarifário (2016)	18
Figura 3. 12 – Consumos mensais de energia elétrica (kWh) por período tarifário (2017)	19
Figura 3. 13 – Consumos mensais de energia elétrica (kWh) por período tarifário (2018)	19
Figura 3. 14 - Consumos de eletricidade mensais (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018	20
Figura 3. 15 - Consumos mensais de gás natural (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018.....	21
Figura 3. 16 - Consumos globais anuais de gás natural (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018.....	22
Figura 3. 17 - Consumos mensais de água (m3) de 2016-2018	23
Figura 3. 18 - Consumos globais anuais (%) de eletricidade e de gás natural.....	24
Figura 3. 19 - Consumos mensais de eletricidade e de gás natural	24
Figura 4. 1 – Hospital Pediátrico de Coimbra	35
Figura 4. 2 - Modelo arquitetónico do Hospital Pediátrico	37
Figura 4. 3 – UTAN's	38
Figura 4. 4 – Ventiladores de extração.....	39
Figura 4. 5 – Bombas de circulação de um dos coletores de distribuição de água quente	39
Figura 4. 6 – Coletor de distribuição de água quente e água gelada	40
Figura 4. 7 – UTA com os respetivos circuitos do fluido térmico.....	40
Figura 4. 8 – Caldeiras a Gás Natural.....	41
Figura 4. 9 – Chillers no Hospital Pediátrico	41
Figura 4. 10 – Elevadores no Hospital Pediátrico	42
Figura 4. 11 – Depósitos de Água Quente no Hospital Pediátrico	42
Figura 4. 12 – Iluminação no Hospital Pediátrico.....	43
Figura 4. 13 – Outros grandes consumidores no Hospital Pediátrico.....	44
Figura 4. 14 – Consumos mensais de energia elétrica por período tarifário em kWh (2016)	45
Figura 4. 15 - Consumos mensais de energia elétrica por período tarifário em kWh (2017).....	45

Figura 4. 16 - Consumos mensais de energia elétrica por período tarifário em kWh (2018).....	46
Figura 4. 17 - Consumos de eletricidade mensais (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018	47
Figura 4. 18 – Consumos mensais de gás natural (kWh) de Jan2016 a Set2018 e média mensal.....	48
Figura 4. 19 – Consumo mensais de água (m3) de 2016-2018	49
Figura 4. 20 - Valores médios dos consumos de eletricidade e gás natural	50
Figura 4. 21 – Desagregação dos consumos elétricos por tipo de utilização	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3. 1 - Dados climáticos de referência para a localização do edifício em estudo, RECS.....	9
Tabela 3. 2 - Tipos de espaço	10
Tabela 3. 3 - Densidades de Iluminação interior por Tipologia	11
Tabela 3. 4 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2016.....	17
Tabela 3. 5 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2017.....	18
Tabela 3. 6 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2018.....	19
Tabela 3. 7 - Consumos mensais de gás natural de jan 2016 a dez 2018 e média mensal	21
Tabela 3. 8 - Consumos mensais de água de 2016, 2017 e 2018	23
Tabela 3. 9 - Consumos médios mensais de eletricidade, gás natural e água.....	25
Tabela 3. 10 - IEE Previsto [kWhEP/m ² .ano]	26
Tabela 3. 11 - IEE Referência [kWhEP/m ² .ano]	26
Tabela 3. 12 - Valores referência para a energia elétrica e gás natural	28
Tabela 3. 13 - Substituição da tecnologia de iluminação existente por tecnologia LED.....	28
Tabela 3. 14 - Reformulação de central técnica de produção de água quente + geradores de vapor	30
Tabela 3. 15 - Instalação de sistema solar térmico para produção de AQS.....	31
Tabela 3. 16 - Substituição de bombas de circulação.....	31
Tabela 3. 17 - Colocação de isolamento nas coberturas.....	32
Tabela 3. 18 - Substituição de vãos envidraçados	33
Tabela 3. 19 - Instalação de sistema fotovoltaico para autoconsumo.....	34
Tabela 3. 20 - Substituição de chillers existentes	34
Tabela 4. 1 - Dados climáticos de referência para a localização do edifício em estudo, RECS.....	35
Tabela 4. 2 - Potências das UTA's e UTAN's no Hospital Pediátrico	38
Tabela 4. 3 - Potências dos ventiladores no Hospital Pediátrico.....	39
Tabela 4. 4 - Potências das bombas de circulação no Hospital Pediátrico	39
Tabela 4. 5 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2016.....	44
Tabela 4. 6 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2017.....	45
Tabela 4. 7 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2018.....	46
Tabela 4. 8 - Consumos e custos mensais de gás natural (climatização e AQS) (2016 a 2018).....	47
Tabela 4. 9 - Consumos mensais de água de 2016, 2017 e 2018	48
Tabela 4. 10 - Médias dos consumos nos 3 anos (eletricidade, gás natural e água).....	49
Tabela 4. 11 - Consumos de cada circuito e contribuição de cada circuito no consumo global do edifício.....	50
Tabela 4. 12 - Degradação dos consumos elétricos por tipo de utilização	51
Tabela 4. 13 - Consumos de energia a considerar no IEE _S e no IEE _T	52

Tabela 4. 14 - IEE Previsto [kWhEP/m ² .ano]	52
Tabela 4. 15 - IEE Referência [kWhEP/m ² .ano]	52
Tabela 4. 16 - Substituição das lâmpadas atuais e/ou instalação de LED para iluminação	53
Tabela 4. 17 - Instalação de variadores de velocidade nos ventiladores e nos motores das bombas de circulação	55
Tabela 5. 1 - Medidas de eficiência energética para o Hospital Geral	58
Tabela 5. 2 – Medidas de eficiência energética no Hospital Pediátrico	59

ABREVIATURAS

ACSS, IP	Administração Central do Sistema de Saúde, Instituto Público
AQS	Água Quente Sanitária
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CHUC	Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra
ECO.AP	Programa de Eficiência Energética na Administração Pública
GES	Grande Edifício de Serviços
GLEC	Gestores Locais de Energia e Carbono
IEEs	Indicador de eficiência energética dos consumos de energia considerados no cálculo da classe energética
IEE _T	Indicador de eficiência energética dos consumos de energia não considerados no cálculo da classe energética
IEE _{ren}	Indicador de eficiência energética determinado com base na produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis
IEE _{pr}	Indicador Eficiência Energética Previsto
IEE _{ref}	Indicador Eficiência Energética de Referência
LED	Light Emitting Diode
PEBC	Plano Estratégico de Baixo Carbono
PO SEUR	Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos
RIEE	Rácio de Classe Energética
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
SNS	Serviço Nacional de Saúde
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo

1. INTRODUÇÃO

No âmbito do Despacho n.º 4860/2013 (Despacho, 2013), enquadra-se o Guia de Boas Práticas para o Sector da Saúde que faz parte da estratégia de implementação do Plano Estratégico de Baixo Carbono (PEBC) e do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP) no Ministério da Saúde, apresentando-se como um instrumento que visa promover a redução dos consumos e dos custos com energia e água, reduzir a produção de resíduos e difundir a adoção de comportamentos que fomentem economias de baixo carbono, através de medidas que implicam custos de investimento muito reduzidos.

As infraestruturas da saúde e, em especial, os hospitais, com um funcionamento de 24 horas, todos os dias do ano, caracterizam-se pelo consumo intensivo de energia, necessário para manter condições específicas de climatização, iluminação e para os serviços de atendimento de milhares de pacientes e utentes. Torna-se necessário introduzir critérios de eficiência energética, não apenas pelos efeitos que o consumo de energia tem sobre o ambiente, como também pelos elevados preços das diferentes formas de energia e pela repercussão no custo que representa para os serviços de saúde.

No setor da saúde, e indo ao encontro da necessidade de continuar a dar especial atenção à melhoria da eficiência energética do País, com o Estado como primeiro exemplo, e ao cumprimento dos objetivos de redução das emissões de gases com efeito de estufa, assumido no Programa do XIX Governo Constitucional, o Grupo Técnico para a Reforma Hospitalar assinalou a implementação de um programa de eficiência energética como uma das medidas prioritárias a implementar no curto – prazo, visando a redução dos custos com eletricidade, combustíveis e água das entidades públicas do sector da saúde, e também a redução da produção de resíduos (Despacho, 2013).

O Despacho n.º 8662/2012 (Despacho, 2012), de 28 de junho, determinou a nomeação de Gestores Locais de Energia e Carbono (GLEC) por todas as entidades públicas do sector da saúde e indicou a Administração Central do Sistema de Saúde, IP. (ACSS, IP), em conjunto com as administrações regionais de saúde (ARS), como coordenadora da implementação do Plano Estratégico do Baixo Carbono (PEBC – RCM, 2010, que estabelece que se proceda à elaboração de planos sectoriais de baixo carbono, para cada

Ministério, para as áreas da respetiva competência) e do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP – RCM, 2011, que visa obter um aumento do nível de eficiência energética nos serviços e organismos da Administração Pública), nas entidades públicas do sector da saúde, em articulação com as estratégias definidas pelo Ministério da Economia.

Os GLEC das entidades públicas do sector da saúde devem promover, junto das respetivas instituições, a implementação de medidas, com impacto na melhoria da eficiência energética e na redução das emissões de gases com efeito de estufa, que venham a ser consideradas como relevantes no âmbito das estratégias definidas pela ACSS, I. P., em conjunto com as ARS.

Os grandes objetivos definidos para as entidades públicas do sector da saúde envolvem, para além da monitorização trimestral dos consumos e custos com energia elétrica, gás (natural, propano ou butano), água e produção de resíduos, a implementação, em todas as entidades, das medidas de boas práticas identificadas no Guia de Boas Práticas para o Sector da Saúde e a implementação de outras medidas específicas a identificar pelos GLEC no âmbito das estratégias de baixo carbono e da eficiência energética e hídrica.

A maioria das medidas constantes no Guia de Boas Práticas para o Sector da Saúde é transversal e pode ser implementada na generalidade das entidades públicas do Sector da Saúde, caso ainda não o tenha sido. As medidas estão agrupadas em 3 domínios: eficiência energética, eficiência hídrica e produção de resíduos e foram selecionadas tendo em consideração os custos de implementação e período de retorno do investimento, complexidade de implementação e facilidade na replicação da medida. O Guia de Boas Práticas para o Sector da Saúde apresenta, ainda, exemplos de medidas já implementadas nas entidades públicas do setor da saúde, partilhando a experiência adquirida e potenciando a sua replicação.

Diversos serviços e estabelecimentos do Serviço Nacional de Saúde (SNS) já identificaram oportunidades de redução dos seus consumos de energia e de água, e implementaram medidas do foro comportamental, com reduzidos custos de investimento, nos domínios da conservação de energia e da redução das emissões de gases com efeito de estufa, designadamente, com a realização de ações de sensibilização direcionada aos utilizadores das instalações e equipamentos, redução dos níveis de iluminação em

algumas zonas, melhor aproveitamento da luz natural, regulação dos horários de funcionamento da iluminação e climatização, configuração dos equipamentos informáticos em modo de poupança, redução dos caudais de água, impressão frente e verso, entre outras medidas. Por outro lado, existem alguns serviços que implementaram medidas com maiores custos de investimento, designadamente com a instalação de centrais de trigeração, painéis solares térmicos, reutilização de águas ou aplicação de tecnologias de iluminação mais eficiente.

O Hospital Pediátrico e o Hospital Geral de Coimbra, integrados no Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra (CHUC), à semelhança de outros estabelecimentos do SNS têm vindo a desenvolver esforços no sentido de implementar boas práticas na área da eficiência energética, com o intuito de contribuir para o aumento da sustentabilidade do SNS.

1.1. Objetivos Propostos

O objetivo principal deste projeto consistiu na identificação e na avaliação técnica e económica de medidas de eficiência energética a implementar nos edifícios do Hospital Pediátrico e do Hospital Geral de Coimbra, tendo por base os resultados das Auditorias Energéticas realizadas naquelas duas estruturas hospitalares, no âmbito dos respetivos processos de certificação energética.

Apesar de as duas unidades hospitalares terem o mesmo enquadramento no Serviço Nacional de Saúde e prestarem o mesmo tipo de serviços, as medidas de eficiência energética analisadas tiveram em consideração tanto as características construtivas dos respetivos edifícios como o estado de conservação dos equipamentos das instalações técnicas especiais de suporte à atividade hospitalar.

As medidas de eficiência energética a considerar quer no Hospital Pediátrico quer no Hospital Geral de Coimbra, deverão permitir obter uma redução de 30% da energia anual consumida, para poderem ser incluídas numa candidatura no Projeto Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR).

1.2. Estrutura do Relatório

O presente Relatório de Projeto está estruturado em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo faz-se o enquadramento do trabalho de projeto, referem-se as principais motivações, indicam-se os objetivos do Projeto e apresenta-se a estrutura do Relatório.

No segundo capítulo, “Eficiência Energética em Edifícios Hospitalares” é feita referência aos elevados consumos neste tipo de edifícios e apresentado o enquadramento legislativo do desempenho energético dos edifícios. É ainda feita referência ao Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR).

Os terceiro e quarto capítulos, “Hospital Geral de Coimbra” e “Hospital Pediátrico de Coimbra”, apresentam uma organização semelhante, incluindo uma caracterização física e energética de cada um dos edifícios hospitalares analisados e as medidas de eficiência energética avaliadas para cada um dos edifícios considerados.

As principais conclusões deste trabalho de Projeto são apresentadas no quinto e último capítulo. Uma vez que as candidaturas ao PO SEUR são feitas individualmente, as principais conclusões são respeitadas a cada um dos edifícios hospitalares considerados. São indicadas linhas de ação para futuros trabalhos.

2. Eficiência Energética em Edifícios Hospitalares

Os hospitais e edifícios hospitalares são, regra geral, grandes consumidores de energia, já que funcionam todos os dias do ano, 24 horas por dia e necessitam de grandes quantidades de energia para garantir a qualidade do conforto e do atendimento dos pacientes.

Como grandes consumidores de energia, os edifícios hospitalares exigem uma gestão de energia eficaz e criteriosa, uma vez que a implementação de medidas de eficiência energética para a redução de consumos não deve afetar a qualidade do serviço prestado. Apesar da eficiência energética ser um requisito cada vez mais importante, num hospital, as considerações médicas devem ser a principal prioridade.

2.1. Enquadramento Legislativo e Regulamentar

Para o setor dos edifícios, a legislação nacional inclui num único diploma o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (DL, 2013). O Decreto-lei nº 118/2013 transpõe para a legislação nacional a Diretiva nº 2010/31/UE, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios. A legislação, aplicável aos novos edifícios, aos edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções e edifícios existentes, define requisitos específicos para o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas existentes. Para o caso dos edifícios de comércio e serviços, onde se incluem os edifícios hospitalares, acresce a instalação, a condução e a manutenção de sistemas técnicos.

O Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.AP) (RCM, 2011) foi criado em conformidade com o Plano Europeu de Eficiência Energética (Comunicação da Comissão Europeia nº 109/2011), que refere que o setor público deve dar o exemplo, nomeadamente através do incremento da eficiência energética nos organismos e serviços públicos (sem aumento da despesa pública), da renovação dos edifícios públicos e dos contratos de desempenho energético.

O Eco.AP traduz-se num conjunto de medidas de eficiência energética para a execução a curto, médio e longo prazo nos serviços, organismos e equipamentos públicos. O novo Decreto-lei estabelece o regime jurídico de contratação pública para a formação e execução dos contratos de desempenho energético que revistam a natureza de contratos de gestão de eficiência

energética, a celebrar entre os serviços e organismos da Administração Pública e as Empresas de Serviços de Energia (ESE), para implementação de medidas de eficiência energética em edifícios públicos e equipamentos afetos à prestação de serviços públicos.

A Diretiva 2018/844/UE (UE, 2018) de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE (UE, 2012) sobre a eficiência energética, introduz alterações específicas que visam acelerar a renovação dos edifícios existentes, com o objetivo de obter um parque imobiliário descarbonizado até 2050 e a mobilização de investimentos. Os Estados-Membros têm até ao próximo dia 10 de Março de 2020 para transpor esta nova diretiva europeia para a legislação nacional.

A Diretiva 2012/27/UE (UE, 2012) sobre a eficiência energética promove o incremento da eficiência energética modo a alcançar objetivo principal de obter cerca de 20% de poupança energética em 2020, de acordo com o Pacote Energia Clima. Em termos nacionais, a Portaria 60/2013, veio reforçar estas medidas estabelecendo uma meta específica para o Estado, de redução em 30% do consumo energético até 2020.

Neste contexto, o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos Energéticos (PO SEUR) representa um forte desafio a todas as instituições do Serviço Nacional de Saúde (SNS) pela oportunidade criada aos edifícios hospitalares de melhorarem o seu desempenho energético.

O PO SEUR pretende contribuir especialmente na prioridade de crescimento sustentável, respondendo aos desafios de transição para uma economia de baixo carbono, assente numa utilização mais eficiente de recursos e na promoção de maior resiliência face aos riscos climáticos e às catástrofes.

A estratégia para o PO SEUR alude a uma perspetiva multidimensional da sustentabilidade assente em três pilares estratégicos que estão na origem dos 3 Eixos de Investimento do Programa:

Eixo I - Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os sectores;

Eixo II - Promover a adaptação às alterações climáticas e a prevenção e gestão de riscos;

Eixo III - Proteger o ambiente e promover a eficiência dos recursos.

2.2. Boas Práticas Nacionais

Vários serviços e unidades do Serviço Nacional de Saúde (SNS) já identificaram, avaliaram e implementaram/vão implementar oportunidades de redução dos seus consumos de energia e de água.

Gordo et al., 2011, apresenta o estudo detalhado de várias medidas propostas para o incremento da eficiência energética do Bloco Central dos Hospitais da Universidade de Coimbra. As medidas de eficiência energética envolveram a substituição dos motores e sistemas de comando dos 13 ascensores existentes no edifício; a substituição dos 3 Chillers por novos equipamentos com melhor rendimento; a instalação de tecnologias eficientes em iluminação interior. Foram ainda analisadas outras medidas que envolvem a substituição de caixilharias nas fachadas com maiores necessidades energéticas; a reconversão do sistema de queima das caldeiras e a instalação de uma central de cogeração com motor a gás natural. As várias medidas analisadas apresentam diferentes custos de investimento, diferentes tempos de retorno do investimento e diferentes impactos nos consumos de energia e de emissões de GEE, sendo os principais resultados obtidos na avaliação de cada uma das medidas consideradas são apresentados no estudo.

O Centro Hospitalar de São João (CHSJ), no Porto, no qual se integra o Hospital de São João, anunciou um investimento de 4,1 milhões de euros (M€) em eficiência energética, para melhoria das condições de acolhimento dos doentes e de trabalho dos profissionais na consulta externa. O projeto "Desempenho Energético e Funcional do Edifício Externo Centro Hospitalar de São João" resulta de uma candidatura apresentada pelo Centro Hospitalar de São João, E.P.E., no âmbito do Aviso-Concurso para aumento da eficiência energética nas infraestruturas públicas no âmbito da Administração Central do Estado, com o código PO SEUR-03-2016-65.

Das medidas previstas, consta o aproveitamento para climatização das redes de transporte de água quente e fria, que vão ligar, respetivamente, a radiadores e à central de cogeração do hospital (produz água gelada), permitindo eliminar os equipamentos de ar condicionado existentes. Foram também contempladas as substituições dos envidraçados por vidros duplos mais eficientes. As melhorias nas condições de conforto vão sentir-se nas salas de consulta, de tratamentos, de exames e nas salas de espera da Consulta Externa. Foi igualmente prevista a instalação 2.832 painéis fotovoltaicos na cobertura dos edifícios, abrangendo uma área de 5.411 m². A energia produzida, para consumo interno, permitirá, no final do processo, atingir uma

poupança de 300 mil euros por ano, o equivalente ao consumo atual da área da Consulta Externa. A iluminação existente será substituída pelo sistema LED.

A Unidade Hospitalar de Bragança vai ser alvo de um investimento de 3,6 milhões de euros (M€) em obras de melhoria de infraestruturas e de reconversão dos sistemas energéticos. Este projeto da Unidade Local de Saúde (ULS) do Nordeste tem financiamento comunitário aprovado em 95%, no âmbito de uma candidatura apresentada ao PO SEUR – Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, pelo que está em curso a preparação do concurso para dar início aos trabalhos previstos.

A beneficiação vai ser realizada através da utilização de LED em toda a iluminação, de aquecimento de água por painéis solares térmicos, instalação de um sistema de gestão técnica centralizado, isolamento de fachadas, novos envidraçados, troca de equipamento de produção e distribuição térmica, e produção de eletricidade por painéis fotovoltaicos para autoconsumo. No total, a ULS Nordeste irá investir aproximadamente 10 M€ na melhoria dos espaços hospitalares. Além dos 3,6 M€ na Unidade de Bragança foram igualmente aprovadas candidaturas para igual beneficiação nas Unidades de Macedo de Cavaleiros e de Mirandela, orçamentadas, respetivamente, em 2,9 M€ e 3,5 M€.

3. Hospital Geral de Coimbra

Apesar do complexo hospitalar ter em funcionamento vários corpos com diferentes especialidades, foi somente analisado o edifício central (Figura 1), cuja matriz predial e equipamentos de climatização são independentes relativamente aos demais edifícios. Este edifício de serviços é denominado por Hospital Geral do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, com tipologia de “Centro Hospitalar com Internamento”. Encontra-se na zona climática I2 V2 a uma altitude de 91m e a uma distância à costa marítima de 38 km, aproximadamente.

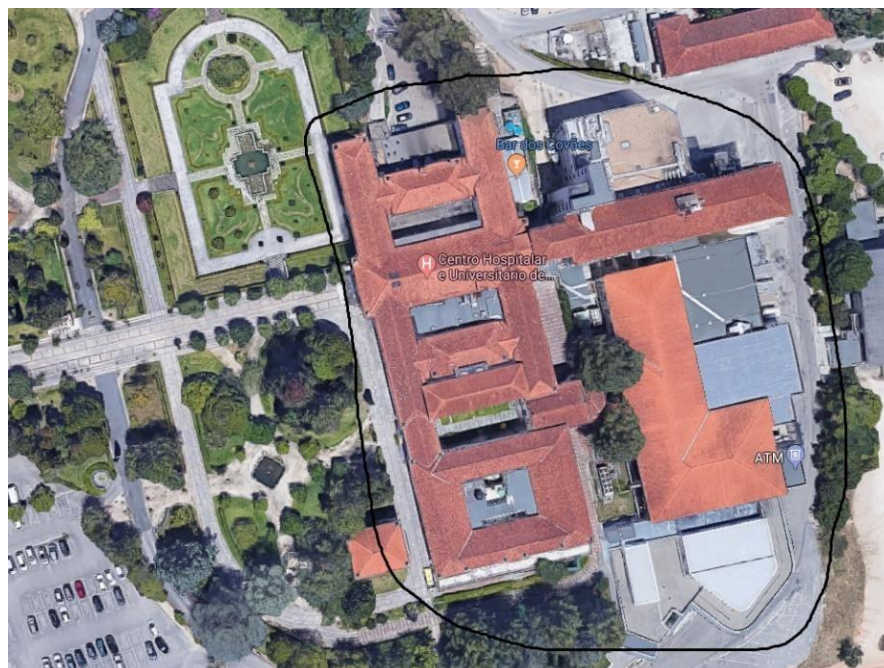


Figura 3. 1 - Hospital Geral de Coimbra

Tabela 3. 1 - Dados climáticos de referência para a localização do edifício em estudo, RECS

Hospital Geral	
Morada	Rua 5 de outubro Quinta dos Vales
Coordenadas GPS	N 40,195864° W -8,59655°
Concelho	Coimbra
Altitude [m]	91
Distância ao Litoral [km]	36
Zona Climática de Inverno	I2
Duração da estação de aquecimento [meses]	6,3
Temperatura exterior de inverno $\Theta_{ext,i}$ [°C]	9,6
Zona Climática de Verão	V2

O edifício em análise é essencialmente constituído pelos seguintes espaços:

- Gabinetes médicos
- Enfermarias
- Salas de exame
- Blocos operatórios
- Zonas de circulação de público e pessoal médico
- Instalações sanitárias
- Cozinha
- Datacenter
- Zonas técnicas

O edifício é constituído por 6 pisos, cuja área total é de 19 149 m². Tendo em conta o tipo de espaços presente no edifício em estudo, estes subdividem-se, segundo o RECS, nos tipos apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3. 2 - Tipos de espaço

Tipologia	Total [m²]	Complementar [m²]	Tipo A [m²]	Tipo B [m²]
Hospital	16121,7		16121,7	
Zonas Técnicas	2794	2794		2794
Cozinhas	208,2	208,2		208,2
Datacenter	24,9	24,9		24,9
Total	19148,8	3027,1	16121,7	3027,1

A área de espaços complementares é de 3 027,1 m² e, consequentemente, foram considerados 16 121,7m² para efeitos de enquadramento do edifício, segundo o artigo 3º do DL 118/2013. O edifício foi considerado um Grande Edifício de Serviços (GES). A tipologia predominante é a de Centro Hospitalar com Internamento.

3.1. Caracterização Energética do Edifício

No Hospital Geral de Coimbra consome-se energia elétrica e gás natural. O fornecimento de energia elétrica ao edifício é feito em média tensão, sendo o consumo global anual de, em média, 3,8 GWh/ano, a que corresponde um custo aproximado de 508 600 €/ano (considerando-

se um custo médio de 0,13 €/kWh elétrico). O consumo anual de gás natural ronda, em média, 10,3 GWh/ano, com um custo aproximado de 463 970 €/ano (considerando-se um custo médio de 0,055 €/kWh térmico).

Para a caracterização energética do Hospital Geral de Coimbra, procedeu-se à monitorização dos consumos energéticos do edifício, tendo as medições decorrido entre os dias 8 de novembro de 2018 e 26 de novembro de 2018. Para a caracterização dos equipamentos ou sistemas instalados (em particular dos respetivos valores de eficiência), foram prioritariamente considerados os elementos constantes no Relatório da Auditoria Energética anteriormente realizada no edifício e todas as especificações ou catálogos técnicos disponíveis. Nos casos em que tal informação não estava disponível nos equipamentos existentes ou inacessível (devida á antiguidade dos mesmos), houve uma tentativa de contactar o fornecedor ou fabricante do equipamento, com vista à obtenção dos dados necessários. Apenas na ausência de informação específica, se recorreu aos valores tabelados de fontes de informação de referência, tendo, nesses casos, utilizando as melhores opções aplicáveis e em coerência com a informação recolhida.

3.1.1. Iluminação

No edifício existem as seguintes tecnologias em iluminação interior: lâmpadas fluorescentes tubulares, lâmpadas de vapor de sódio e lâmpadas LED. O controlo do horário de funcionamento da iluminação interior dos espaços é feito localmente de forma manual. No caso da iluminação exterior, o controlo é feito através de fotocélulas. O edifício tem uma potência instalada em iluminação de, aproximadamente, 208 kW, repartida pelos 6 pisos e exterior. Na Tabela 3.3 apresenta-se a distribuição de potências por tipologia.

Tabela 3. 3 - Densidades de Iluminação interior por Tipologia

	Área (m ²)	Potencia (W)	Densidade (W/m ²)
Hospital	16121	187867	11,65
Zonas Técnicas	2794	11653	4,17
Cozinha	208	2340	11,22
Datacenter		281	11,22
Exterior		5893	

3.1.2. Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

O sistema de Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) engloba os sistemas de produção de energia térmica, os grupos produtores de água quente/gelada e os equipamentos de expansão direta.

Sistemas de produção de energia térmica

Os equipamentos centrais de produção de energia térmica, presentes no edifício, utilizam a água como fluido de trabalho, existindo ainda unidades de produção local de funcionamento a expansão direta.

Grupos produtores de água quente/gelada

A produção de água arrefecida para climatização é obtida através de um conjunto de equipamentos do tipo “Chiller”, cujos condensadores são arrefecidos a ar, como mostrado na Figura 3.2. Existem 4 “Chillers” instalados no edifício em estudo.



Figura 3. 2 - Hospital Geral - equipamentos do tipo chiller

A água quente sanitária é produzida através de duas caldeiras de vapor, com uma potência térmica de 2 MW cada uma e de eficiência de 91,4%, conforme medições. Este rendimento do equipamento, não reflete o rendimento real da instalação (caldeira + rede de distribuição). Esta energia de aquecimento é necessária para climatização, Água Quente Sanitária (AQS) e vapor para as autoclaves existentes na esterilização. A energia térmica é distribuída por todo o bloco central através de uma rede de vapor com pressões de funcionamento diferentes mediante a sua utilização final.

No caso da climatização - Unidades de Tratamento de Ar (UTA's) e radiadores - existem permutadores do tipo Vapor-Água para alimentação das baterias de água quente e respetivo circuito fechado para os radiadores. Já no caso da esterilização e AQS, os permutadores são

alimentados diretamente com vapor (ver Figura 3.3), que sofre, a montante, uma baixa de pressão de 8 para 2 bar.



Figura 3. 3 – Geradores de vapor e permutadores

Nota-se que a rede de distribuição se encontra com um nível de deterioração elevado, com fugas de vapor visíveis, consequência da idade e do tipo de instalação (enterrada) e das inúmeras ramificações da tubagem, não garantindo o fornecimento de um serviço adequado às atuais necessidades do edifício e das instalações técnicas.

Equipamentos de expansão direta

Para além dos equipamentos mencionados, existem também equipamentos de expansão direta, como os mostrados na Figura 3.4. São sistemas de refrigeração em que o fluído refrigerante (fonte fria) se expande em contato com o fluxo de ar do ambiente a climatizar (fonte quente). Estes equipamentos de expansão direta são responsáveis pela climatização da imagiologia e pelo arrefecimento do equipamento da ressonância magnética (magnetron).



Figura 3. 4 - Equipamentos de expansão direta

Nas várias alas que não são servidas por UTA's ou radiadores, a climatização é garantida através de equipamentos do tipo split, como é o caso da maioria das enfermarias, gabinetes e

salas de exame nas zonas fora dos blocos operatórios, urgências e cirurgia ambulatória (zona mais antiga do hospital).

Sistemas de produção de energia térmica – AQS

A produção de águas quentes sanitárias, como mencionado anteriormente, é garantida por 2 caldeiras, a gás natural e com a potência calorífica de 2 MW cada. Uma das caldeiras é uma caldeira Ambitermo, de 2005, com uma superfície de aquecimento de 109,37 m² e uma capacidade de 6761 litros. A outra, é uma caldeira TERMEC, mais antiga, de 1978, com uma superfície de aquecimento 100 m² e uma capacidade de 10790 litros.

Equipamentos de armazenamento de AQS

O edifício em análise possui seis depósitos para armazenamento de AQS, distribuídos pelas diversas zonas do hospital (ver Figura 3.5), com as seguintes capacidades: 4 depósitos de 1500 litros; 1 depósito de 2000 litros e 1 depósito de 750 litros.



Figura 3. 5 - Depósitos para armazenamento de AQS

Equipamentos de climatização locais/terminais (unidades interiores)

Dado o nível de degradação das tubagens da rede de distribuição de energia térmica, os radiadores/emissores térmicos têm vindo a ser desativados dos serviços, estando a ser progressivamente substituídos por unidades do tipo split, garantindo uma melhor adequação da temperatura às necessidades de conforto térmico que devem existir em meio hospitalar. Os radiadores estão nas áreas das enfermarias, salas de exame, gabinetes e nalgumas circulações, como mostrado na Figura 3.6.

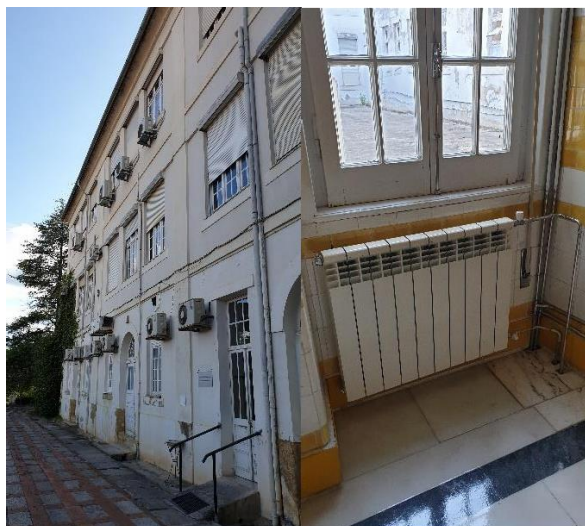


Figura 3. 6 - Equipamentos de climatização locais/terminais

Sistemas de ventilação

A ventilação do edifício nas zonas do Bloco Operatório, Unidade de Cuidados Intensivos, Urgências, Hemodinâmica e Cirurgia Ambulatória processa-se de forma mecânica com recurso a equipamentos do tipo:

- Unidades de tratamento de ar (ver Figura 3.7);
- Ventiladores de extração;
- Ventiloconvectores nas áreas de serviços administrativos.



Figura 3. 7 - Unidades de Tratamento de Ar (UTA)

Nos restantes espaços, a ventilação processa-se de forma natural através da abertura de janelas. A estrutura construtiva antiga do edifício torna difícil a instalação de equipamentos mecânicos para a renovação de ar.

Equipamentos hidráulicos

A circulação de água quente/fria para os diversos sistemas do edifício é efetuada através de vários equipamentos, responsáveis pelos circuitos primários e secundários de distribuição. Os circuitos de bombagem, mostrados na Figura 3.8, foram instalados em 2001, com tecnologia que já se encontra ultrapassada relativamente à existente atualmente, e apresenta já um grau de desgaste e baixa eficiência, devido à corrosão e ao tempo de funcionamento.

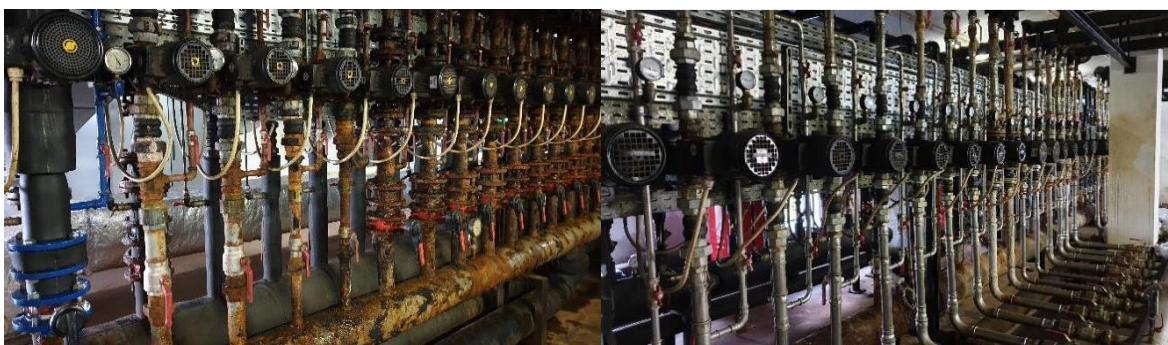


Figura 3. 8 - Circuitos de bombagem

3.1.3. Equipamentos eletromecânicos

Os equipamentos mecânicos englobam os elevadores e alguns equipamentos médicos, como é o caso dos equipamentos de ressonância magnética.

Elevadores

O edifício é servido por 7 elevadores, distribuídos pelos vários núcleos. Estes equipamentos são de gerações diferentes, com tecnologias distintas, como mostrado na Figura 3.9.

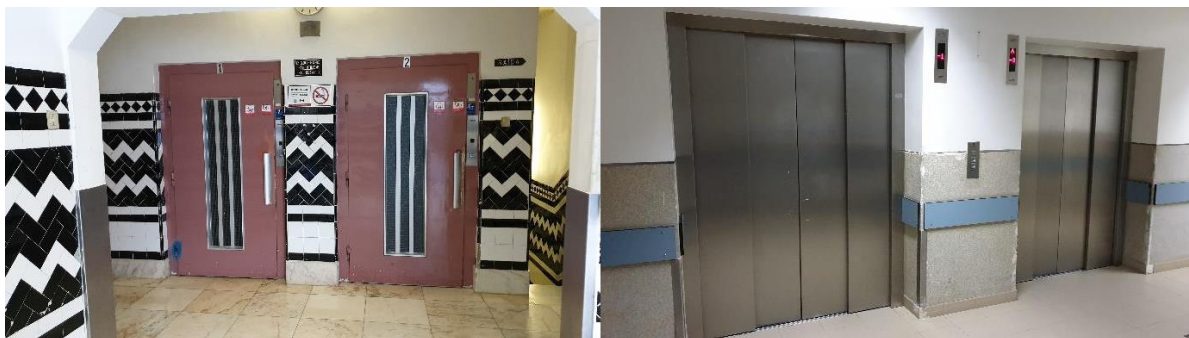


Figura 3. 9 – Tipos de elevadores existentes no edifício

Outros Grandes Consumidores

Existem diversos equipamentos no edifício, para utilização exclusivamente dedicada ao desempenho de funções hospitalares, tratamentos e diagnóstico (espaços médicos e de enfermagem), como o equipamento mostrado na Figura 3.10, até aos equipamentos de uso geral (zonas comuns, gabinetes e zonas de apoio).



Figura 3. 10 – Equipamento de diagnóstico

3.1.4. Análise dos consumos energéticos

A análise apresentada é feita com base nos dados de faturação/consumo referentes aos anos de 2016 a 2018.

Consumo de Energia Elétrica

Na Tabela 3.4 apresentam-se os dados relativos ao consumo de energia elétrica referente ao ano de 2016 e respetivo custo. No gráfico da Figura 3.11 é apresentada a evolução dos consumos mensais ao longo do ano 2016, desagregados por tipo de período tarifário.

Tabela 3. 4 – Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2016

	Energia Ativa (kWh)					Potência (kW)		Total	
	Ponta	Cheia	Vazio	S. Vazio	Total	Contratada	Horas Ponta	€	€/MWh
Total	604109	2090481	1143414	548201	4386205	730 - 912	541 - 678	571 159,69	130
Perc (%)	13,77	47,66	26,06	12,4					

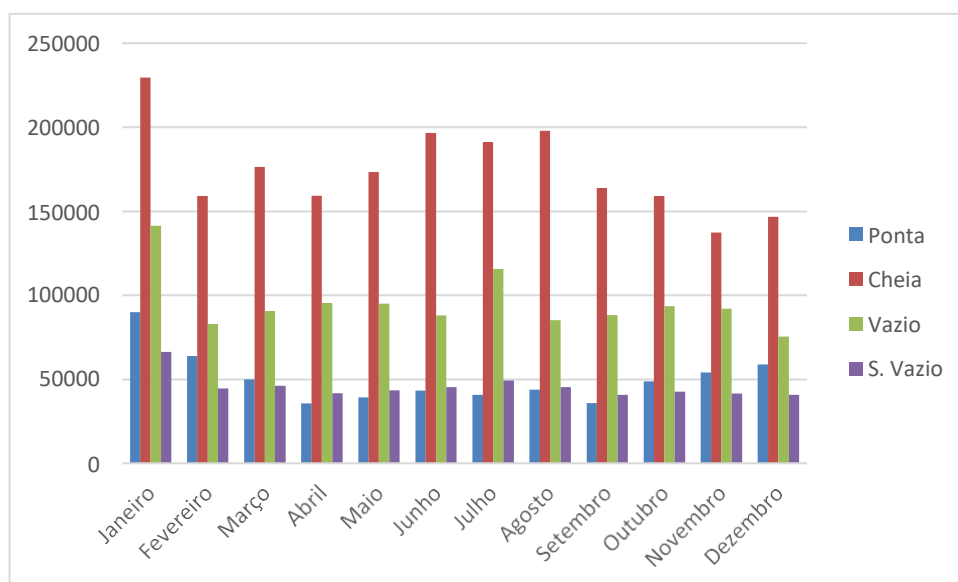


Figura 3. 11 – Consumos mensais de energia elétrica (kWh) por período tarifário (2016)

Como se pode observar a partir do gráfico da Figura 3.11, ao longo de todo o ano, o maior consumo de eletricidade é feito nas horas cheias, com 47,66% dos consumos, seguindo-se o período de vazio com 26,06%. Os períodos de ponta e de super vazio representam 13,77% e 12,41% dos consumos respetivamente.

Na Tabela 3.5 apresentam-se os dados relativos ao consumo de energia elétrica referente ao ano de 2017 e respetivo custo.

Tabela 3. 5 – Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2017

	Energia Ativa (kWh)					Potência (kW)		Total	
	Ponta	Cheia	Vazio	S. Vazio	Total	Contratada	Horas Ponta	€	€/MWh
Total	572624	2014030	1121694	512003	4220351	912 - 1027	534 -702	526 392,18 €	126 €/MWh
Perc (%)	13,56%	47,70%	26,50%	12,13%					

No gráfico da Figura 3.12 é apresentada a evolução dos consumos mensais ao longo do ano 2017, desagregados por tipo de período tarifário, onde 47,70% dos consumos dizem respeito ao período de cheias, seguindo-se o período de vazio com 26,50%. Os períodos de ponta e de super vazio representam 13,56% e 12,13%, respetivamente.

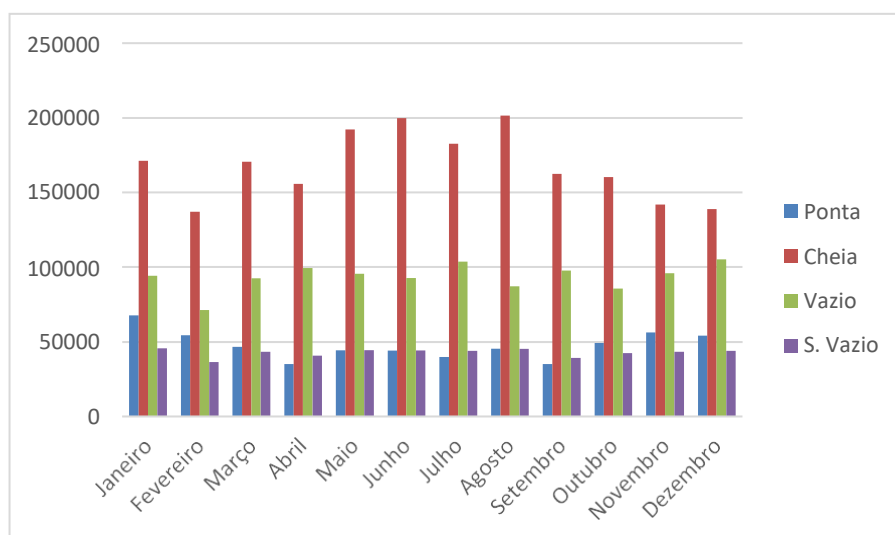


Figura 3. 12 – Consumos mensais de energia elétrica (kWh) por período tarifário (2017)

Os dados de consumo de energia elétrica referente ao ano de 2018 e respetivo custo são apresentados na Tabela 3.6 e no gráfico da Figura 3.13 é apresentada a evolução dos consumos mensais ao longo do ano, desagregados por tipo de período tarifário.

Tabela 3. 6 – Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2018

	Energia Ativa (kWh)					Potência (kW)		Total	
	Ponta	Cheia	Vazio	S. Vazio	Total	Contratada	Horas Ponta	€	€/MWh
Total	556529	1922890	1061875	498532	4039826	1027- 904	529 - 655	541 514,42	135
Perc (%)	13,77	47,59	26,28	12,34					

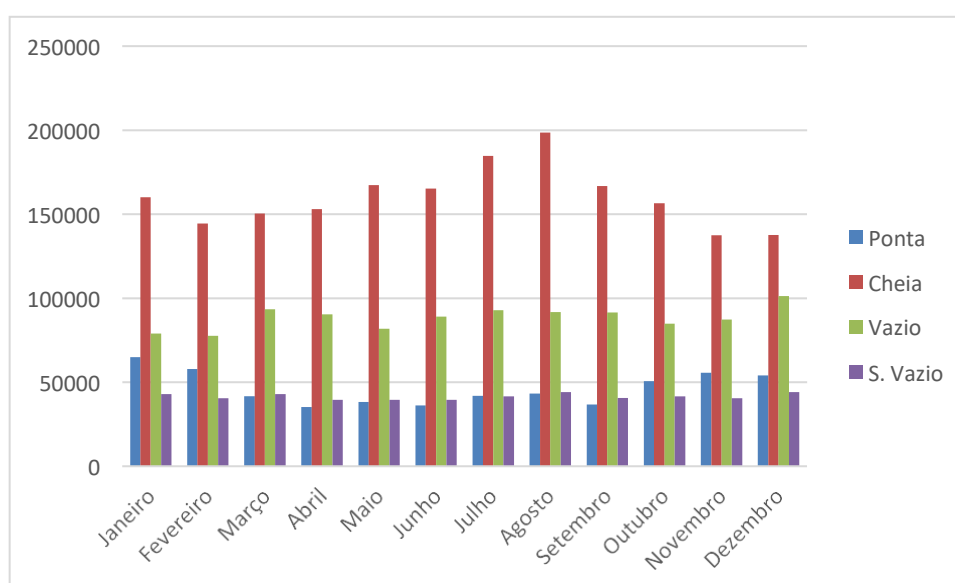


Figura 3. 13 – Consumos mensais de energia elétrica (kWh) por período tarifário (2018)

Para o ano de 2018, 47,59% dos consumos dizem respeito ao período de cheias, seguindo-se o período de vazio com 26,28%. Os períodos de ponta e de super vazio representam 13,77% e 12,34%, respetivamente.

No gráfico da Figura 3.14 são apresentados, para os anos em análise, os consumos mensais de eletricidade.

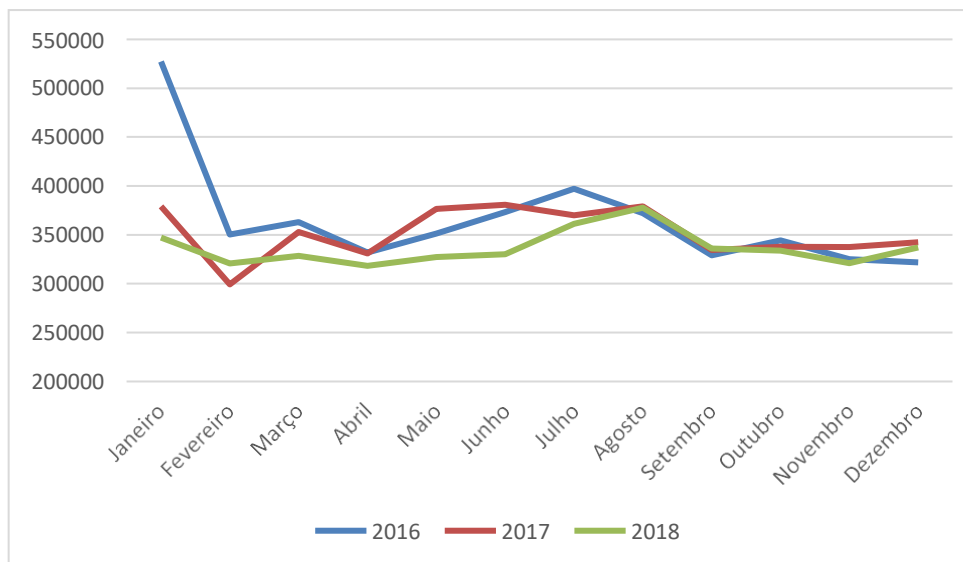


Figura 3. 14 - Consumos de eletricidade mensais (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018

Conforme se pode observar do gráfico da Figura 3.14, o perfil e valor do consumo de eletricidade permanece relativamente estável, tanto mensal como anualmente. Podemos afirmar que as cargas são constantes também durante esses períodos. De notar que o mês de janeiro de 2016 reflete um acerto de faturação que foi efetuado, na sequência de mudança de fornecedor.

Consumo de Gás Natural

Os consumos mensais de gás natural referentes aos anos de 2016 a 2018 (setembro) são apresentados na Tabela 3.7. Nesta tabela são ainda apresentados os respetivos custos mensais e a média mensal de consumo.

Tabela 3. 7 - Consumos mensais de gás natural de jan 2016 a dez 2018 e média mensal

	2016			2017			2018			
Meses	Consumo [kWh]	Custo		Consumo [kWh]	Custo		Consumo [kWh]	Custo		Média [kWh]
		€	€/MWh		€	€/MWh		€	€/MWh	
Jan	1203858	62215,75	51,7	1154059	38817,55	33,6	1173267	38383,67	32,7	1177061
Fev	885122	33077,93	37,4	951241	32107,24	33,8	927782	31671,8	34,1	921382
Mar	1214538	45659,69	37,6	918266	31173,77	33,9	947403	32325,61	34,1	1026736
Abr	1004044	35669,59	35,5	871419	29615,27	34,0	822650	28303,72	34,4	899371
Mai	898441	32481,23	36,2	840897	28752,69	34,2	766007	26588,36	34,7	835115
Jun	758673	27221,69	35,9	709319	24581,75	34,7	728422	25806,12	35,4	732138
Jul	711188	24178,32	34,0	720419	23966,35	33,3	660177	22494,96	34,1	697261
Ago	1154059	38817,55	33,6	752725	20574,39	27,3	653289	18725,06	28,7	853358
Set	665534	22583,63	33,9	792950	26028,89	32,8	667692	22656,42	33,9	708725
Out	810424	28549,56	35,2	830719	27232,22	32,8	723134	24433,43	33,8	788092
Nov	101987	35195,38	345,1	829441	27109,34	32,7	829745	27646,09	33,3	587058
Dez	1035225	36495,18	35,3	941460	30511,12	32,4	938440	31062,77	33,1	971708
TOTAL	10443093	422145,5	40,4	10312915	340470,58	33,0 €	9838008	330098,01	33,6 €	10198005

Com os gráficos das figuras 3.15 e 3.16 pretende-se comparar os consumos mensais de gás natural referentes aos anos de 2016 a 2018, assim como os consumos globais anuais.

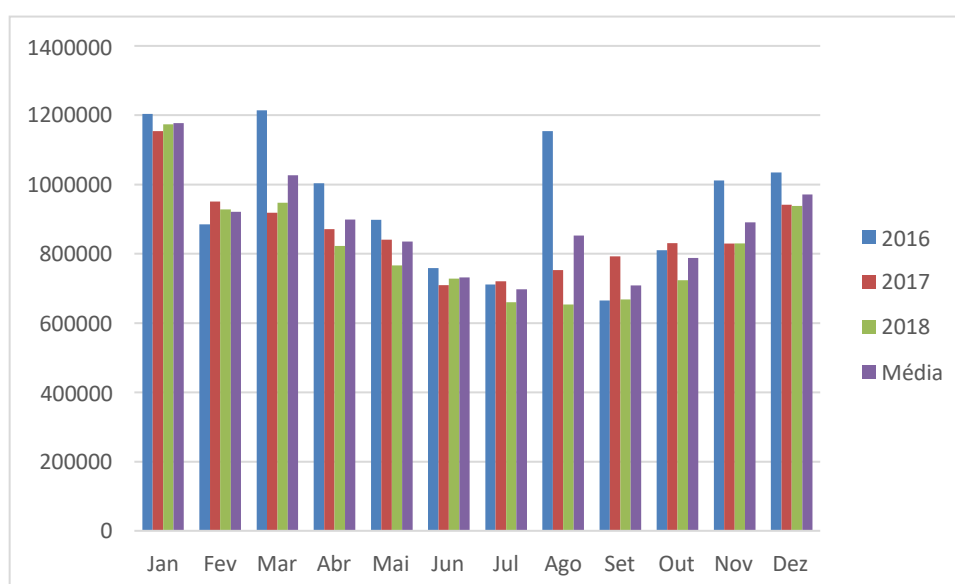


Figura 3. 15 - Consumos mensais de gás natural (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018

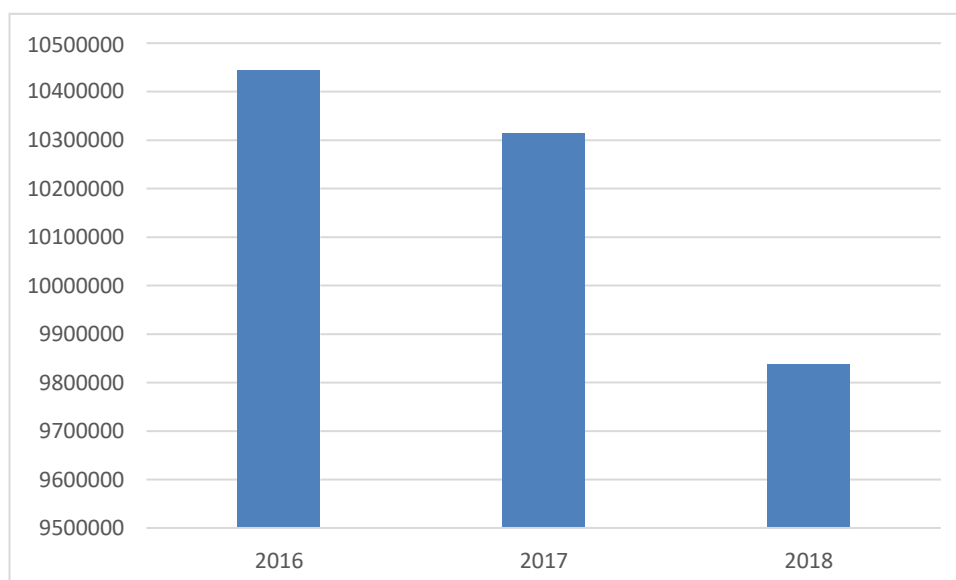


Figura 3. 16 - Consumos globais anuais de gás natural (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018

A redução do consumo do gás natural que se verifica deve-se à grande alteração do aproveitamento dos condensados. Ou seja, o condensado proveniente de todas as instalações técnicas e equipamentos é conduzido através das tubagens para um depósito primário e bombeado para o desgaseificador, donde é bombeado para a caldeira, a uma temperatura de 95°C, para ser sobreaquecido até aos 180°C.

Anteriormente, o aproveitamento do condensado tinha um funcionamento pouco eficiente, onde se desperdiçava muita energia para o meio ambiente através de purgas e mesmo pelas tubagens de segurança e ainda associada ao estado da tubagem como foi referido anteriormente.

Outra alteração implementada, que também contribuiu para a redução do consumo de gás natural, foi a substituição de alguns radiadores da água quente por ar condicionado tipo split, como já foi caracterizado anteriormente.

Consumo de Água

Na Tabela 3.8 estão indicados os valores mensais de consumo de água relativos aos anos de 2016 a 2018, assim como os valores médios mensais. Estes valores são apresentados graficamente na Figura 3.17.

Tabela 3. 8 - Consumos mensais de água de 2016, 2017 e 2018

Mês	Consumo [m3]			
	2016	2017	2018	Média
Jan	6327	5749	6053	6043
Fev	8016	7179	7142	7446
Mar	7123	5976	6771	6623
Abr	7559	8827	6527	7638
Mai	5409	5702	7280	6130
Jun	7138	9039	7373	7850
Jul	7979	7792	9004	8258
Ago	9816	10748	8197	9587
Set	6870	5434	8197	6834
Out	7525	8656	9686	8622
Nov	6491	5993	6260	6248
Dez	6321	6545	7480	6782
TOTAL	86574	87640	89970	88061

As grandes oscilações no consumo de água devem-se ao facto do sistema de rega funcionar diretamente da rede de abastecimento e, nos períodos de maior calor, ser mais usado. Em termos de funcionamento interior, não há evidências de mais ou menos utilizadores, permanecendo estáveis ao longo do ano.

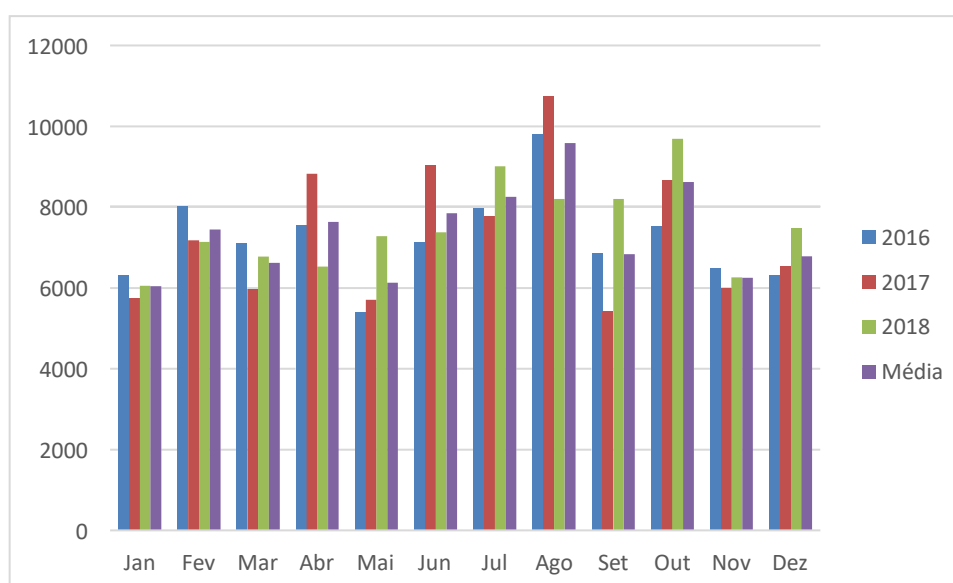


Figura 3. 17 - Consumos mensais de água (m3) de 2016-2018

Consumos Globais

Como anteriormente referido, no Hospital Geral de Coimbra consome-se energia elétrica e gás natural. A média dos consumos destes dois vetores energéticos referentes aos anos de 2016, 2017 e 2018, permitiu concluir que o consumo de eletricidade representa 29% do total de consumo anual e o gás natural representa 71%, como mostrado na Figura 3.18.

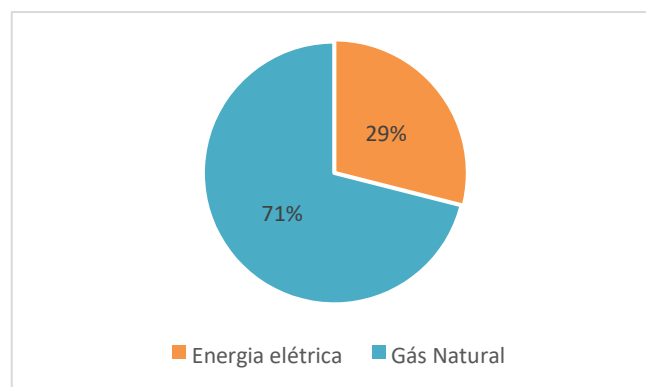


Figura 3. 18 - Consumos globais anuais (%) de eletricidade e de gás natural

Para os três anos em análise, a média mensal dos consumos de eletricidade e de gás natural é apresentada no gráfico da Figura 3.19.

Os valores mais elevados de consumo de gás natural verificam-se nos meses de baixas temperaturas, enquanto os valores mais elevados de consumo de eletricidade se verificam nos meses mais quentes.

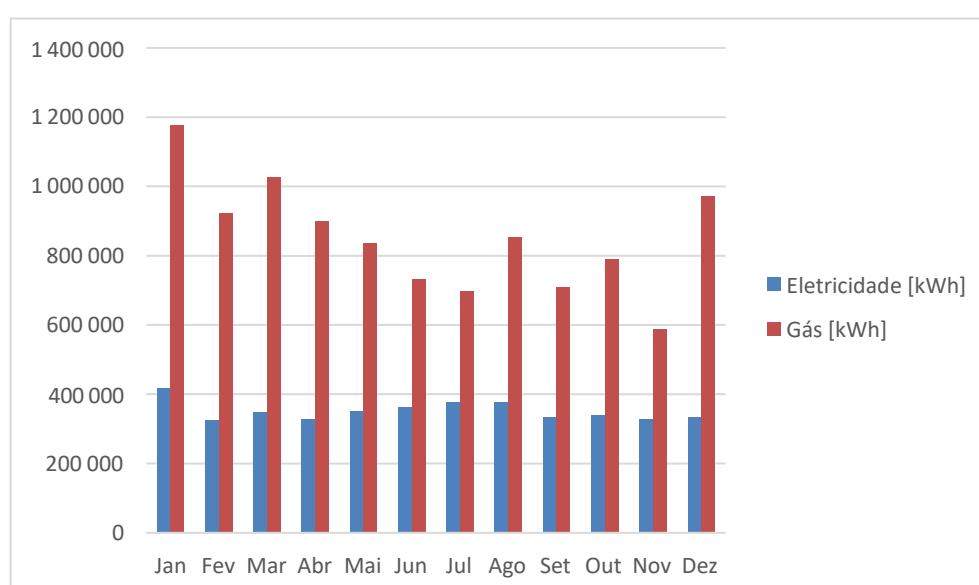


Figura 3. 19 - Consumos mensais de eletricidade e de gás natural

No entanto, verificou-se, durante a realização da auditoria energética, a existência de um consumo elevado de gás natural nos meses de verão, em que as necessidades de vapor/água quente são muito reduzidas, face aos meses de inverno. De forma a justificar estes consumos anormais, foi verificado, no local, o estado da rede de distribuição de vapor, através de observação direta e discussão com as equipas técnicas residentes do hospital. As principais conclusões foram as seguintes:

- desgaste muito acentuado do isolamento da rede de vapor;
- fugas de vapor, devido ao estado da própria tubagem;
- distâncias longas entre a casa das caldeiras e os pontos de consumo;
- existência de ramificações da rede de vapor com pontos de consumo desativados, mas cuja rede continua ativa;
- sobre dimensionamento dos equipamentos, dado que uma grande parte dos consumidores foram desativados, nomeadamente a lavandaria, a cozinha e um elevado nº de radiadores. No caso da cozinha existe atualmente um contador de gás independente.

Na Tabela 3.9 apresenta-se, em resumo, os valores médios mensais dos consumos de eletricidade, gás natural e água para o Hospital Geral de Coimbra, calculados com bases nos consumos verificados nos anos de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 3. 9 - Consumos médios mensais de eletricidade, gás natural e água

Mês	Eletricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m³]
Jan	417839	1177061	6043
Fev	323440	921382	7446
Mar	348208	1026736	6623
Abr	327085	899371	7638
Mai	351677	835115	6130
Jun	361440	732138	7850
Jul	376140	697261	8258
Ago	376422	853358	9587
Set	333127	708725	6834
Out	338570	788092	8622
Nov	327832	587058	6248
Dez	333680	971708	6782
TOTAL	4215461	10198005	88061
Percentagem	29,25	70,75	
TOTAL	14413466		

3.2. Desempenho Energético do Edifício

O desempenho energético de um edifício de serviços é aferido pelo seu Indicador de Eficiência Energética (IEE), sendo este indicador determinado pelo somatório dos diferentes consumos anuais de energia, agrupados em indicadores parciais e convertidos para energia primária por unidade de área interior útil de pavimento:

$$IEE = IEE_s + IEE_T - IEE_{ren}$$

sendo que:

IEE_s – consumos de energia considerados no cálculo da classe energética

IEE_T – consumos de energia não considerados no cálculo da classe energética

IEE_{ren} – determinado com base na produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis.

Cálculo do IEE

De acordo com os perfis reais de utilização do edifício (ocupação, iluminação, equipamentos, etc.), bem como das potências instaladas (iluminação, equipamentos, etc.), e com os levantamentos de informação das características dos sistemas de climatização/ventilação e de preparação de águas quentes, efetuou-se uma simulação de modo a obter os consumos de energia previstos e de referência.

A determinação da classe energética do edifício é efetuada por comparação do Indicador Eficiência Energética Previsto (IEE_{pr}) com o Indicador de Eficiência Energética de Referência (IEE_{ref}). O cálculo deste indicador deve considerar as condições de referência especificadas na Tabela I.07 do ponto 5 da Portaria 349-D/2013, alterada pela Portaria nº 17-A/2016 mantendo inalteradas todas as demais características e soluções previstas ou adotadas no edifício.

Indicadores de Eficiência Energética

Tabela 3. 10 - IEE Previsto [kWhEP/m².ano]

IEE_{pr}	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,T}$	$IEE_{pr,Ren}$
1165,15	692,30	478,73	5,88

Tabela 3. 11 - IEE Referência [kWhEP/m².ano]

IEE_{pr}	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,T}$	$IEE_{pr,Ren}$
815,39	336,66	478,73	-

Sendo:

IEE_S o Indicador de eficiência energética dos consumos de energia considerados no cálculo da classe energética;

IEE_T o Indicador de eficiência energética dos consumos de energia não considerados no cálculo da classe energética;

IEE_{ren} o Indicador de eficiência energética determinado com base na produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis.

Classe Energética

A classe energética é determinada através do Rácio de Classe Energética (RIEE):

$$RIEE = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{ren}}{IEE_{ref,S}}$$

O RIEE tem o valor de 2,04, tendo sido atribuída ao edifício a classe energética **E**.

3.3. Medidas de Eficiência Energética

Tomando por base o consumo e as condições previstas de funcionamento do edifício, propõe-se um total de oito medidas de intervenção/requalificação, que representam no seu conjunto uma possível redução anual de consumo de energia superior a 30%.

Na base da simulação para o cálculo do impacto das medidas de melhoria no consumo global de energia, fizeram-se algumas considerações a fim de estabilizar o modelo do edifício para que se analisem as medidas de melhoria no consumo global. O modelo de simulação dinâmica foi efetuado pelo programa TRACE 700 v6.3.2, acreditado pela norma ASHRAE 140-2004. O programa de *software* de design e análise que ajuda os profissionais de AVAC a otimizar o design do sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado de um edifício com base na utilização de energia e no ciclo de vida custo.

Os valores de consumo anual usados como referência para a energia elétrica e gás natural, considerando abertas as alas do hospital que estão encerradas, para se poder efetuar o estudo com o hospital estando a funcionar a 100%, são os apresentados na Tabela 3.12. Estes valores representam os valores médios de consumo dos anos 2016, 2017 e 2018 (ver Tabela 3.9). O custo energético apresentado na Tabela 3.12 é também um valor médio dos encargos anuais

com a energia nos mesmos anos de 2016, 2017 e 2018. Foram considerados os custos para os cálculos das medidas de melhoria de 0.17 €/kWh para eletricidade e de 0.055 €/kWh para o gás natural.

Tabela 3. 12 - Valores referência para a energia elétrica e gás natural

Energia Elétrica [kWh]	Gás Natural [kWh]	Total [kWh]	Custo Energético [€/ano]
4 505 230	11 048 067	15 553 297	1 373 532,79

3.3.1. Substituição das lâmpadas atuais por tecnologia LED

Propõe-se a substituição das luminárias e/ou lâmpadas existentes no sistema de iluminação interior, por luminárias e/ou lâmpadas de tecnologia LED.

A medida **Substituição das lâmpadas atuais por tecnologia LED**, apresentada na Tabela 3.13, envolveu a substituição das 2154 lâmpadas atuais e 1078 luminárias pela correspondente tecnologia LED (como exemplo, a substituição de lâmpadas convencionais T8/60mm de 18W por lâmpadas LED/60mm com 9W), o que permitiu reduzir a potência instalada, de aproximadamente 146,27 kW, para 71 kW.

A implementação desta medida envolve um investimento de 193 367,50 €, permitindo uma redução anual de eletricidade de 426 342 kWh (que corresponde a uma redução de 9,5% no consumo anual de energia elétrica e de 2,7% no consumo total anual de energia), que se traduz numa redução anual de, aproximadamente, 70 772 €. O período de retorno de investimento desta medida é de 3 anos.

Tabela 3. 13 - Substituição da tecnologia de iluminação existente por tecnologia LED

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Substituição das lâmpadas atuais e/ou instalação de LED's para iluminação	193 367,50	426 342	70 772	3

3.3.2. Reformulação da central técnica de produção de água quente

Tendo presente o rendimento da atual instalação de vapor, obsoleta e com elevadas perdas na rede existente, considerou-se a total substituição da central térmica. Atualmente, só se justifica ter vapor em unidades que possuam lavandaria, atendendo aos custos associados quer com a manutenção do sistema de distribuição quer com os recursos humanos (manobrador de gerador de vapor).

O sistema de geração térmica (AQS, Vapor e Aquecimento) apresenta um rendimento global elevado, de 94%. Contudo, este valor não traduz o rendimento do sistema global, que é muito reduzido, devido a um número elevado e indeterminado de pequenas fugas, troços sem isolamento e distâncias de alimentação muito longas. Desta forma, o vapor gerado apresenta custos por kWh muito elevados com consumos diários acima dos 1600 m³ de gás natural.

De uma forma geral, a solução passa por desmantelar toda a instalação principal. As ações a desenvolver, de forma sucinta, serão as seguintes:

- Desmantelamento das duas caldeiras;
- Desmontagem de equipamentos hidráulicos;
- Desmontagem de tubagens e coletores;
- Montagem de rede de gás até à nova localização da zona técnica (a determinar um local mais próximo dos pontos de consumo de água quente);
- Instalação de autoclaves com produção própria de vapor (elétricos) ou geradores de vapor (elétricos) para acoplar aos autoclaves existentes;
- Instalação de caldeiras de condensação e respetivas chaminés;
- Instalação da nova rede de água quente, devidamente isolada e protegida mecanicamente quando no exterior ou sujeita a choques/ações externas;
- Novos quadros elétricos;
- Remodelação total da GTC.

A água quente para aquecimento será obtida em caldeiras de produção de água quente e também através do sistema solar térmico para produção de AQS, que irá ser proposto. O número de caldeiras deve ser de três e cada unidade de produção de água quente satisfará, no mínimo, 35% das cargas totais.

Foram consideradas caldeiras de condensação que garantem rendimentos superiores a 97% com produção de água quente a 90°C e rendimentos de 109% para temperaturas entre 50 e 56 °C (AQS). Desta forma, o rendimento da geração térmica atinge valores superiores a 95%. No âmbito desta análise e de uma forma conservadora, foi considerado o valor 95% agravado em 5% para eventuais perdas da instalação na distribuição.

A **Reformulação da central técnica de produção de água quente + Geradores de vapor** (apresentada na Tabela 3.14) permitirá a redução de aproximadamente 5 174 979 kWh referente ao consumo de gás natural, que em grande parte se deve à anulação da rede de vapor e respetivas fugas e perdas térmicas. Esta redução equivale a 46,8% do consumo anual de gás natural, representando uma redução de 33,3% no consumo global anual de energia e uma redução de faturação de, aproximadamente, 284 623,85 €/ano.

O custo de investimento estimado é de cerca de 385 236 €. Nestes custos estão incluídos a aquisição de três geradores de vapor, para serem instalados nos autoclaves da esterilização central. O período de retorno simples é de 1 ano e 7 meses.

Tabela 3. 14 - Reformulação de central técnica de produção de água quente + geradores de vapor

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Reformulação da central técnica de produção de água quente + Geradores de vapor	385 236	5 174 979	284 623	1,6

3.3.3. Instalação de sistema solar térmico para produção de AQS

Foi efetuado um estudo indicativo considerando a instalação de sistema solar térmico em circulação forçada, através do programa EcoAP e o *software* da SCE.ER da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), constituído por coletores solar, marca Vulcano, modelo FKT-2W.

Propõe-se a instalação de 90 painéis solares térmicos, em conjunto com depósitos de acumulação de AQS, com uma capacidade total de 15 000 litros, dividida por 3 depósitos de 5000 litros cada. A instalação deverá contemplar permutadores externos de placas, com 75% de eficiência. Estes módulos devem ser instalados direcionados a sul com 30° de inclinação, e cada módulo deverá ter, no mínimo, 1,68 m² de área de captação.

Esta medida permitirá a produção anual de aproximadamente 692 061 kWh, que representa uma redução de 4,4% no consumo anual de gás natural e uma poupança de 38 063 €/ano.

O custo de investimento estimado é de cerca de 147 600 €. O período de retorno simples é de 4 anos (ver Tabela 3.15).

Tabela 3. 15 - Instalação de sistema solar térmico para produção de AQS

Medida Sugerida	Investimento (€)	Produção energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Instalação de sistema solar térmico para produção de AQS	147 600	692 061	38 063	4

3.3.4. Substituição dos equipamentos hidráulicos

Propõem-se a substituição das bombas existentes nos circuitos primários dos circuitos de água gelada, de água quente para aquecimento/climatização, e também bombas do secundário responsáveis pela distribuição de água quente e arrefecida, por equipamentos de velocidade variável, que deverá levar a uma maior eficiência de funcionamento e a um menor consumo elétrico, que se refletirá no consumo total do edifício.

No edifício do Hospital Geral, propõe-se a substituição dos equipamentos existentes em alternativa à instalação dos respetivos variadores de velocidade, uma vez que estes equipamentos já contabilizam um elevado número de horas de funcionamento e apresentam um acentuado grau de corrosão e de desgaste.

Esta medida de melhoria permitirá uma redução das necessidades anuais de energia de 4,1%, que representa cerca de 184 534 kWh/ano, de que resulta uma poupança anual de cerca de 31 370 €/ano. O custo estimado para a implementação desta medida é de 292 248 € e o período de retorno do investimento é de 9 anos (ver Tabela 3.16).

Tabela 3. 16 - Substituição de bombas de circulação

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Substituição das bombas de circulação dos circuitos de aquecimento e arrefecimento	292 248	184 534	31 370	9

3.3.5. Colocação de isolamento nas coberturas

Propõem-se a colocação de isolamento em todas as coberturas sob desvão do edifício em análise, de modo a minimizar as perdas de energia. A área total de isolamento considerado foi de 3360 m².

Esta medida permitirá a redução das necessidades anuais de energia elétrica em cerca de 0,4%, o que representa 18 074 kWh e de 2,2% de gás natural, que representa 243 015 kWh. Com um investimento de 103 320 € (ver Tabela 3.17), a implementação desta medida traduzir-se-á numa redução anual de 261 089 kWh, de que resulta uma redução anual de cerca de 16 438 €. O período de retorno do investimento é de 6 anos.

Tabela 3. 17 – Colocação de isolamento nas coberturas

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Isolamento nas coberturas	103 320	261 089	16 438	6

Esta medida, apesar do seu pequeno contributo para a redução do consumo total de energia, faz parte da manutenção do edifício, que tem que ser efetuada com alguma periodicidade, por forma a aumentar a longevidade das coberturas do edifício.

3.3.6. Substituição de vãos envidraçados

Propõem-se a substituição de todos os vãos envidraçados com caixilharia de madeira, de modo a aumentar o conforto dentro do edifício e simultaneamente reduzir os consumos de energia com cargas de climatização.

A implementação desta medida deverá ser avaliada em consonância com a ventilação mecânica/natural dos espaços que serve, de modo a salvaguardar a salubridade dos mesmos.

Esta medida de melhoria prevê a substituição cerca de 380 vãos envidraçados o que permitirá a redução das necessidades de energia em cerca de 399 561 kWh/ano, equivalente a uma poupança anual de 2,6% e representando uma redução da faturação anual de cerca de 20 345 €. Esta medida tem um custo estimado de 275 520 €, e terá um período de retorno é de 11 anos (ver Tabela 3.18).

Tabela 3. 18 – Substituição de vãos envidraçados

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Substituição de vãos envidraçados	275 520	399 561	20 345	11

3.3.7. Instalação de um sistema fotovoltaico em regime de autoconsumo

O autoconsumo fotovoltaico responde às necessidades dos consumidores com consumos elétricos significativos durante o dia. Em Portugal, o autoconsumo fotovoltaico é regulamentado pelo Decreto-Lei nº 153/2014, de 20 de outubro e as Portaria nº 14/2015 e Portaria nº 15/2015, ambas de 23 de janeiro.

Uma Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) deve ser dimensionada de modo a que a maior parte, se não a totalidade, da eletricidade produzida pelo sistema fotovoltaico seja consumida pela instalação consumidora. No caso deste edifício, a instalação do sistema fotovoltaico deve ser harmonizada com a arquitetura e restantes especialidades de engenharia, nomeadamente civil e mecânica (AVAC), pela influência em termos de impacto visual exterior dos painéis fotovoltaicos, bem como as respetivas cargas (estáticas e sob influência aerodinâmica) e possíveis constrangimentos gerados na localização dos equipamentos integrantes do sistema de AVAC na cobertura das edificações (chillers, UTA's, UTAN's, etc.).

Tendo em consideração a área disponível para a instalação do sistema e o perfil de consumo de eletricidade do edifício, sugere-se a instalação de um sistema fotovoltaico ligado à rede, sem acumulação, de 360 kW, com a instalação de 1000 módulos fotovoltaicos que irão ocupar uma área sensivelmente de 2700 m². Como referência foram considerados painéis da marca Canadian Solar – CS3U-360P e usado o *software* da SCE.ER da DGEG.

A implementação desta medida de melhoria, conforme valores representados na Tabela 3.19, irá permitir uma produção anual de eletricidade que ronda os 514 009 kWh, que se traduzirá numa redução anual da fatura de eletricidade de 87 381 €, equivalendo a uma redução de 11,4% do consumo global de eletricidade (fornecida pela rede) e a uma redução de 3,3% do consumo global de energia. Com um investimento estimado em 553 500 €, o período de retorno do investimento nesta medida é de 6 anos.

Tabela 3. 19 – Instalação de sistema fotovoltaico para autoconsumo

Medida Sugerida	Investimento (€)	Produção energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Instalação de sistema fotovoltaico para autoconsumo	553 500	514 009	87 381	6

3.3.8. Substituição dos chillers existentes

Propõe-se a substituição dos atuais equipamentos de produção de água gelada (que se encontram em funcionamento há 20 anos, no caso do Bloco Operatório e há 14 anos, no caso das urgências) por equipamentos de melhor desempenho (elevada eficiência) e tecnologia mais recente.

Nos chillers do Bloco Operatório, o fluído de trabalho é o R-22. O refrigerante R22 era muito utilizado em equipamentos de refrigeração e ar condicionado até há alguns anos atrás. Este refrigerante pertence ao grupo dos hidroclorofluorocarbonos (HCFC), compostos que danificam a camada de ozono. Por este motivo a União Europeia, através do Regulamento 1005/2009 sobre substâncias empobrecedoras da camada de ozono, estabeleceu um calendário para a eliminação total do refrigerante R22 em 2015. Este encontra-se atualmente proibido, pelo que as ações de manutenção estão limitadas, nomeadamente no que respeita ao recarregamento do fluido no equipamento. Dai a proposta de substituição deste tipo de equipamentos por equipamentos mais eficientes e amigos do ambiente.

Esta medida de melhoria permitirá uma poupança de aproximadamente 86 166 kWh/ano no consumo de energia elétrica, que representa uma redução anual na faturação de energia elétrica de 14 648 €. Com um custo de investimento de cerca de 252 150, o período de retorno do investimento previsto é de 17 anos (ver Tabela 3.20).

Tabela 3. 20 – Substituição de chillers existentes

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Substituição dos Chillers	252 150	86 166	14 648	17

4. Hospital Pediátrico de Coimbra

O Hospital Pediátrico de Coimbra (Figura 4.1) está localizado na freguesia de Santo António dos Olivais, concelho do Coimbra, a uma altitude de 85 metros e distância a costa Atlântica superior a 5 km.

Esta situação geográfica é classificada como zona climática I2 V2 no Baixo Mondego (referência NUTS III), com uma duração da estação de aquecimento de 6.3 meses, e temperatura média do ar exterior de 20.9°C na estação de arrefecimento e de 9,6°C na estação aquecimento.



Figura 4. 1 – Hospital Pediátrico de Coimbra

Tabela 4. 1 - Dados climáticos de referência para a localização do edifício em estudo, RECS

Hospital Pediátrico	
Morada	Avenida Afonso Romão, Sto António dos Olivais
Coordenadas GPS	N 40,2236606°W -8,4488373°
Concelho	Coimbra
Altitude [m]	85
Distância ao Litoral [km]	39
Zona Climática de Inverno	I2
Duração da estação de aquecimento [meses]	6,3
Temperatura exterior de inverno $\Theta_{ext,i}$ [°C]	9,6
Zona Climática de Verão	V2

4.1. Caracterização do Edifício

O edifício apresenta uma área total de 68748 m² e área útil de 38448 m², sendo categorizado como Grande Edifício de Serviços (GES) e tendo sido enquadrado na tipologia centro hospitalar com internamento, com espaços complementares, cozinha, armazéns, zonas técnicas e parques de estacionamento.

O edifício desenvolve-se em 13 pisos, sendo os pisos -7 a -3, total ou parcialmente enterrados e destinados a estacionamento. Nos pisos -2 e -1 localizam-se os serviços necessários ao funcionamento do hospital (Cozinha, Rouparia, Farmácia, Central Limpeza, Armazéns, Casa Mortuária, Refeitório, Urgência, Arquivo Clínico e Zona Técnica. Os restantes pisos são ocupados pelos diversos serviços hospitalares, serviços administrativos e ensino.

A renovação do ar é efetuada por unidades de tratamento de ar (UTAN's e UTA's) e por ventiladores de extração.

A produção de energia térmica é efetuada por três caldeiras a gás natural e dois chillers de condensação a água, não só para as unidades de tratamento de ar, como também para os ventiloconvectores, responsáveis pela climatização da maioria do edifício. A produção de AQS é efetuada pelas caldeiras água-água, a gás natural.

O sistema de iluminação é composto por lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas e lâmpadas de iodetos metálicos.

Modelo arquitetónico

O modelo arquitetónico do Hospital Pediátrico, apresentado na Figura 4.2, resulta da descrição detalhada da geometria tridimensional do edifício tendo por base as plantas de arquitetura e especialidades.

Efetuiu-se a caracterização dimensional das superfícies de transferência energética correspondentes a paredes, pavimentos, coberturas e vãos envidraçados que delimitam o edifício do exterior. Teve-se ainda em consideração a orientação geográfica do edifício, bem como a presença de elementos arquitetónicos cujo efeito de sombreamento afeta os ganhos por radiação nos envidraçados, tais como palas e edifícios vizinhos. A adjacência com o solo, quando existente, foi também tomada em consideração.

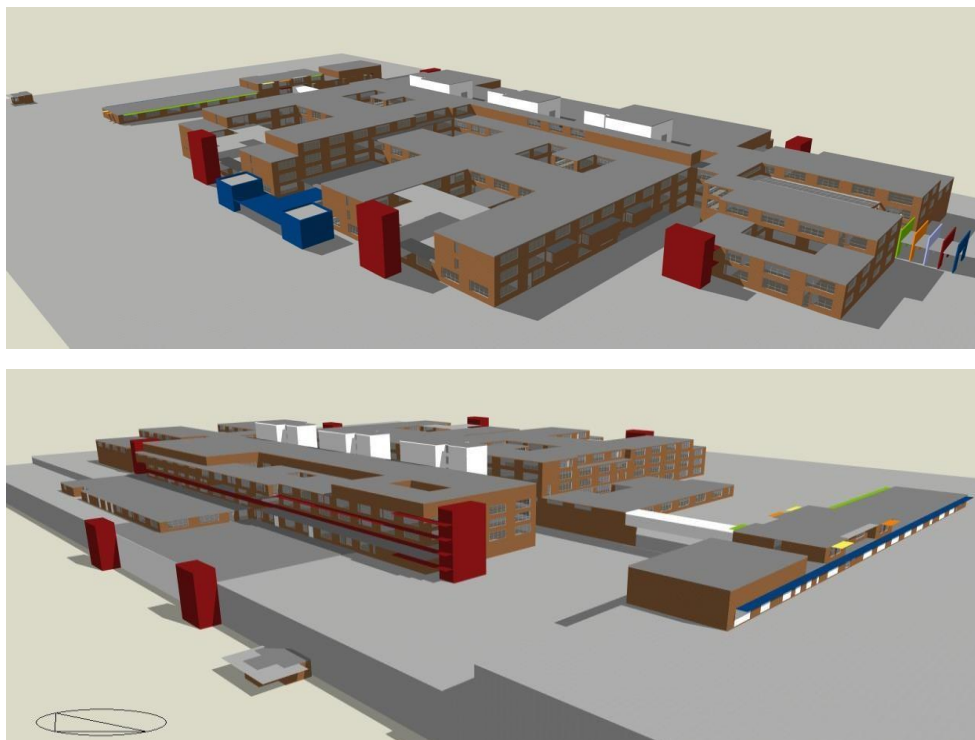


Figura 4. 2 - Modelo arquitetónico do Hospital Pediátrico

Zonamento Térmico

Os critérios de zonamento aplicados permitiram agrupar espaços com características semelhantes na mesma zona térmica, de forma a reduzir o número total de zonas a considerar, agrupando o número de cálculos. O zonamento térmico interno teve como critério, para a divisão do edifício em diferentes zonas térmicas, o tipo de utilização dos diversos compartimentos, o tipo de climatização/ventilação e a orientação solar.

Atividades e tipologias do edifício

A área interior útil de pavimento é o somatório da área de pavimento de todas as zonas térmicas do edifício ou fração, desde que tenha consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização. A área total de pavimento do edifício é de 68748 m². Para efeitos de verificação do regulamento o edifício foi enquadrado nas seguintes tipologias:

- Centro hospital com internamento = 37657 m² (Pé Direito = 3 m);
- Cozinhas = 791 m² (Pé Direito = 3 m);
- Armazéns = 3108 m² (Pé Direito = 3 m);
- Zonas técnicas = 10895 m² (Pé Direito = 3 m);
- Estacionamento = 16297 m² (Pé Direito = 2,6 m).

Os dados considerados na caracterização da envolvente foram obtidos com base na melhor informação disponível, tendo sido considerados os valores de condutibilidade térmica e de densidade indicados no Manual-Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios (Santos e Matias, 2006).

Ventilação

A renovação do ar é efetuada por 29 unidades de tratamento de ar novo (UTAN – Figura 4.3) e 27 unidades de tratamento de ar (UTA), com baterias de água quente e água fria. Foram ainda identificadas 2 unidades de termoventilação e uma unidade desumidificadora. As características que foi possível obter são as apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4. 2 - Potências das UTA's e UTAN's no Hospital Pediátrico

ID	Modelo	Ar Insuf. m ³ /h	Ar Novo m ³ /h	Aquec. kW	Arref. kW
UTAN 02.1	UTA 80 Plus 25	19620	19620	254	130
UTA 1.12	UTA 30 Plus 25	1475	1033	18,1	11,4



Figura 4. 3 – UTAN's

Apresenta-se na Tabela 4.3 a variação das potências dos ventiladores de extração, mostrados na Figura 4.4. A Tabela 4.4 apresenta a variação potências dos equipamentos responsáveis pela circulação do fluido térmico, exemplificado na Figura 4.5. A Figura 4.6 mostra os coletores de distribuição do fluido térmico.

Tabela 4. 3 - Potências dos ventiladores no Hospital Pediátrico

ID	Modelo	Caudal m ³ /h	Potência kW
VE 07.1	HT1250 AxBH/50/4-8	90000	10,6
VE 1.33	DP 9/9	2000	0,18

**Figura 4. 4 – Ventiladores de extração****Tabela 4. 4 - Potências das bombas de circulação no Hospital Pediátrico**

ID	Modelo	Caudal m ³ /h	Potência kW
EB.AF1	Wilo IL 200/260		7,50
BAQ SR4	Wilo IP-Z 25/6	0,3	0,12

**Figura 4. 5 – Bombas de circulação de um dos coletores de distribuição de água quente**



Figura 4. 6 – Coletor de distribuição de água quente e água gelada

4.2. Sistemas Técnicos do Edifício

Climatização

A climatização dos diferentes espaços é efetuados através de ar novo, insuflado pelas unidades de tratamento de ar (Figura 4.7) e dos ventiloconvetores instalados nos diversos compartimentos e dispõem de termostato de parede para que se possa regular a temperatura interior. Contudo, estes ventiloconvectores são de dois tubos e estão associados ao mesmo circuito das UTAS, existindo apenas a possibilidade de fazer ou quente ou frio.



Figura 4. 7 – UTA com os respetivos circuitos do fluido térmico

Caldeiras

A produção de água quente é efetuada por três caldeiras a gás natural, modelo WHC 20 da Ambitermo (Figura 4.8), cada uma com capacidade nominal de aquecimento de 2000 kW e de rendimento de 93%, instaladas em 2008.



Figura 4. 8 – Caldeiras a Gás Natural

Chiller

A produção de água gelada é efetuada por dois chillers de condensação a água, Climaveneta, modelo FOCS 8404/HT, cada um com capacidade nominal de arrefecimento de 1744 kW e ratio de eficiência energética (EER) de 2,71.



Figura 4. 9 – Chillers no Hospital Pediátrico

4.3. Sistemas eletromecânicos - Elevadores

O edifício possui sete conjuntos de elevadores, sendo os conjuntos 1 e 2 constituídos por 2 elevadores cada, o conjunto 7 constituído apenas por um elevador e os restantes conjuntos (3,4,5 e 6) são constituídos por 3 elevadores cada.



Figura 4. 10 – Elevadores no Hospital Pediátrico

4.4. Produção de Água quente Sanitária

A produção de AQS é centralizada, sendo efetuada pelas caldeiras a gás natural referidas anteriormente. A acumulação é feita em quatro depósitos de água quente, cada um com 3000 litros, regulados para a temperatura de acumulação de 60°C (Figura 4.11). Cada depósito abastece um determinado núcleo do hospital, existindo um depósito de uso exclusivo para a cozinha e refeitório e um outro para o serviço de medicina de reabilitação/hidroterapia.



Figura 4. 11 – Depósitos de Água Quente no Hospital Pediátrico

Existe ainda um depósito de 3000 litros, para pré-aquecimento das AQS a partir do permutador colocado na caldeira que reaproveita a energia dos gases de exaustão. Este quarto depósito abastece os outros 3 depósitos, com água pré aquecida.

4.5. Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação artificial do edifício é do tipo fluorescente (tubular e compacta) e iodetos metálicos, verificando-se uma potência total instalada no interior de 314 kW, densidade total de iluminação instalada de $8,15 \text{ W/m}^2$ e por tipologia de:

Centro hospitalar com internamento = $7,73 \text{ W/m}^2$

Cozinhas = $3715,3 \text{ W} = 5,30 \text{ W/m}^2$

Armazéns = $12245 \text{ W} = 3,94 \text{ W/m}^2$

Zonas técnicas = $5474,87 \text{ W} = 1,99 \text{ W/m}^2$

Estacionamento = $15319 \text{ W} = 0,94 \text{ W/m}^2$

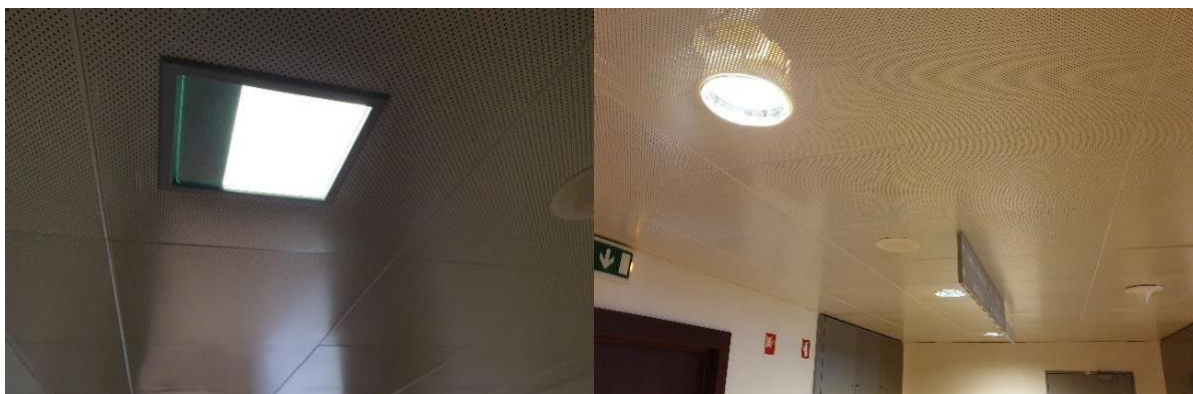


Figura 4. 12 – Iluminação no Hospital Pediátrico

Outros Grandes Consumidores

Existem diversos equipamentos no edifício, para utilização exclusivamente dedicada ao desempenho de funções hospitalares, tratamentos e diagnóstico (espaços médicos e de enfermagem), até aos equipamentos de uso geral (zonas comuns, gabinetes e zonas de apoio). Contudo, é de destacar a Hidroterapia pediátrica (Figura 4.13).



Figura 4. 13 – Outros grandes consumidores no Hospital Pediátrico

4.6. Análise dos Consumos Energéticos

À semelhança do que foi feito para o Hospital Geral, a análise dos consumos de energia do Hospital Pediátrico teve por base os dados de faturação/consumo referentes aos anos de 2016 a 2018.

No Hospital Pediátrico consome-se energia elétrica e gás natural. O fornecimento de energia elétrica ao edifício é feito em média tensão.

Consumo de Energia Elétrica

Na Tabela 4.5 apresentam-se os dados de consumo de energia elétrica referente ao ano de 2016 e respetivo custo. No gráfico da Figura 4.14 é apresentada a evolução dos consumos mensais ao longo do ano 2016, desagregados por tipo de período tarifário.

Tabela 4. 5 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2016

	Energia Ativa (kWh)					Potência (kW)		Total	
	Ponta	Cheia	Vazio	S. Vazio	Total	Contratada	Horas Ponta	€	€/MWh
Total	792354	2970498	1811230	915912	6489995	1860	720-1076	694.98	107,1
Perc (%)	12,20	45,80	27,90	14,10	-				

O maior consumo de eletricidade, 45,8%, verifica-se nas horas cheias, seguindo-se o período de vazio com 27,9% do consumo. Os períodos de ponta e de super vazio representam 12,2% e 14,1%, respetivamente.

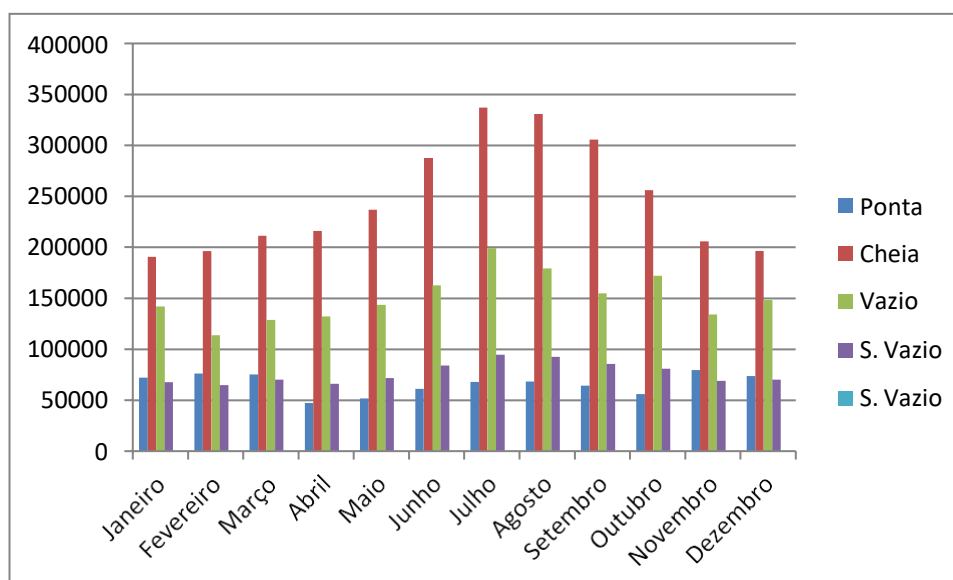


Figura 4. 14 –. Consumos mensais de energia elétrica por período tarifário em kWh (2016)

Os consumos de eletricidade referentes ao ano de 2017 estão apresentados na Tabela 4.6, juntamente com o respetivo custo. No gráfico da Figura 4.15 é apresentada a evolução dos consumos mensais ao longo do ano 2017, desagregados por tipo de período tarifário.

Tabela 4. 6 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2017

	Energia Ativa (kWh)					Potência (kW)		Total	
	Ponta	Cheia	Vazio	S. Vazio	Total	Contratada	Horas Ponta	€	€/MWh
Total	1225764	4400977	2772956	949216	9759692	1860	716-1100	684.699	100
Perc (%)	12,9	45,1	28,1	13,9	-	-	-	-	-

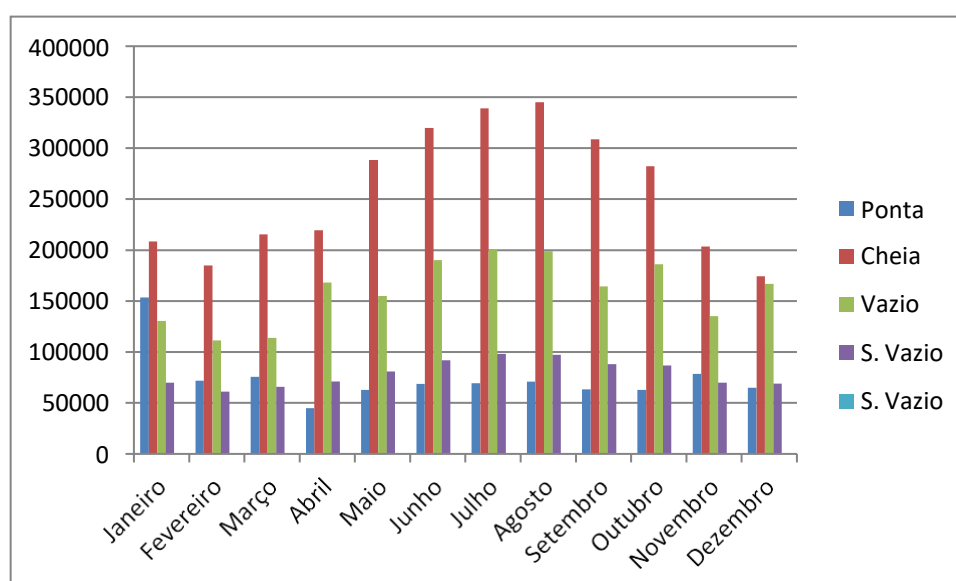


Figura 4. 15 - Consumos mensais de energia elétrica por período tarifário em kWh (2017)

Em 2017, 45,1% dos consumos de eletricidade foram efetuados no período de horas cheias, seguindo-se o período de vazio com 28,1%. Os períodos de ponta e super vazio, representam 12,9 e 13,9%, respetivamente.

Os dados de consumo de energia elétrica referente ao ano de 2018 e respetivo custo são apresentados na Tabela 4.7 e no gráfico da Figura 4.16 é apresentada a evolução dos consumos mensais ao longo do ano, desagregados por tipo de período tarifário.

No ano de 2018, 45,5% dos consumos de eletricidade dizem respeito ao período de cheias, seguindo-se o período de vazio com 28,1%. Os períodos de ponta e super vazio representam 12,2% e 14,1%, respetivamente.

Tabela 4. 7 - Consumo e custo de energia elétrica do ano de 2018

	Energia Ativa (kWh)					Potência (kW)		Total	
	Ponta	Cheia	Vazio	S. Vazio	Total	Contratada	Horas Ponta	€	€/MWh
Total	773156	2881831	1778784	893403	6327174	1860	688-1032	680883	107,6
Perc (%)	12,2	45,5	28,1	14,1					

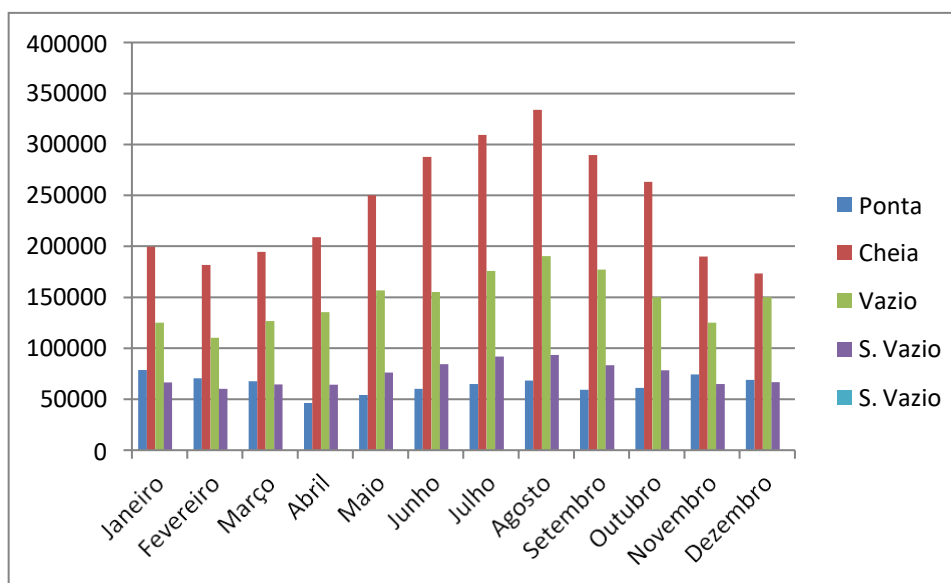


Figura 4. 16 - Consumos mensais de energia elétrica por período tarifário em kWh (2018)

No gráfico da Figura 4.17 são apresentados, para os anos em análise, o perfil e valor dos consumos mensais de eletricidade.

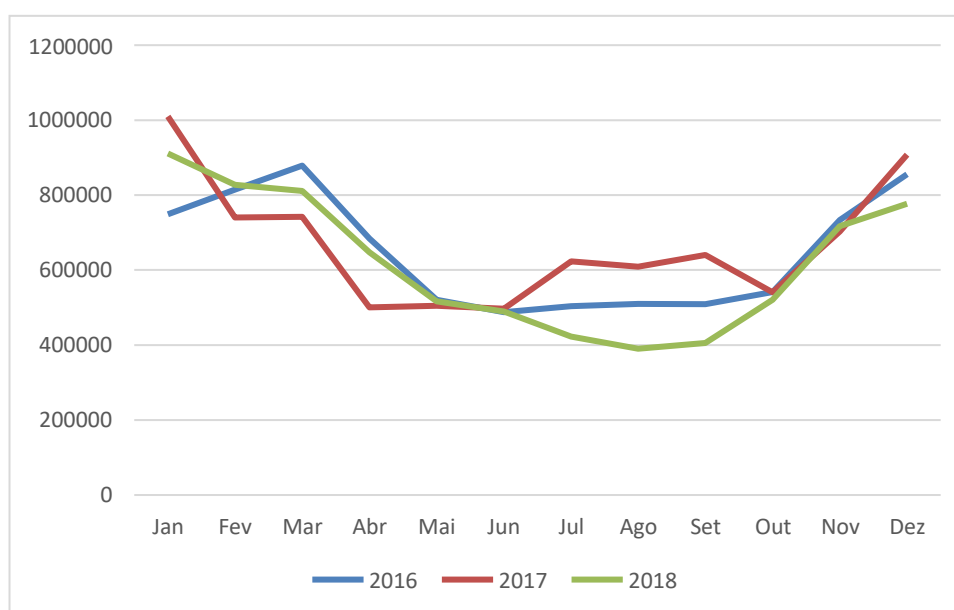


Figura 4. 17 - Consumos de eletricidade mensais (kWh) nos anos 2016, 2017 e 2018

Consumo de Gás Natural

Os consumos de gás natural são registados em dois contadores, um para o consumo com climatização e AQS e um segundo para o consumo nas cozinhas. Foram analisadas as faturas de gás natural entre janeiro de 2016 e setembro de 2018. Na Tabela 4.8 apresentam-se os consumos mensais e respetivos custos referentes à climatização + AQS nos anos de 2016, 2017 e 2018. Na Figura 4.19 estes valores de consumo são apresentados sob a forma gráfica.

Tabela 4. 8 - Consumos e custos mensais de gás natural (climatização e AQS) (2016 a 2018)

	2016			2017			2018			
Meses	Consumo [kWh]	Custo		Consumo [kWh]	Custo		Consumo [kWh]	Custo		Média [kWh]
		€	€/MWh		€	€/MWh		€	€/MWh	
Jan	748640	39.673	53,0	1010039	35.275	34,9	911086	33.111	36,3	889922
Fev	814594	33.583	41,2	740657	26.296	35,5	827221	30.271	36,3	794157
Mar	878782	33.152	37,7	741737	26.374	35,6	810970	29.958	36,9	810496
Abr	684114	24.562	35,9	500777	18.680	37,3	647520	24.338	37,6	610804
Mai	520898	19.500	37,4	504584	18.885	37,4	516522	19.976	38,7	514001
Jun	487825	18.409	37,7	496986	18.522	37,3	489649	18.986	38,8	491487
Jul	504286	17.931	35,6	623438	22.394	35,9	422624	16.182	38,3	516783
Ago	509468	13.914	27,3	608849	17.029	28,0	390199	12.154	31,1	502839
Set	509035	17.903	35,2	640855	22.868	35,7	405706	15.552	38,3	518532
Out	541660	20.041	37,0	540758	19.759	36,5	521092	19.424	37,2	541209
Nov	733276	26.556	36,2	702440	24.832	35,4	717117	25.807	35,9	717858
Dez	855244	31.103	36,4	907777	31.459	34,7	776989	27.851	35,8	881511
TOTAL	7787822	296.328	38,1	8018897	282.373	35,2	5421497	20.0527	37,0	7789598

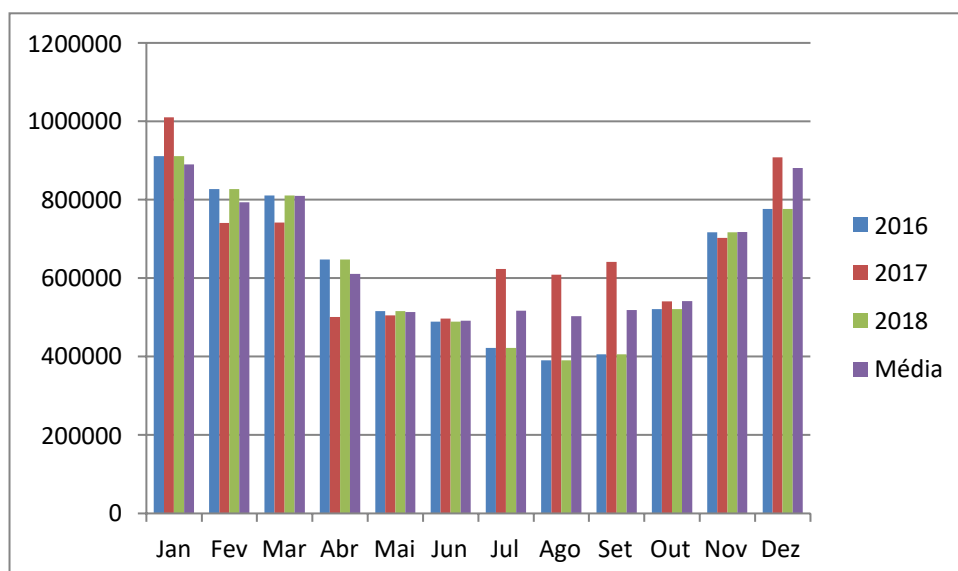


Figura 4. 18 – Consumos mensais de gás natural (kWh) de Jan2016 a Set2018 e média mensal

Em geral, o comportamento dos consumos é muito semelhante de ano para ano, verificando-se algumas diferenças pontuais. As oscilações nos meses de julho, agosto e setembro de 2017 deveram-se ao facto das temperaturas exteriores terem variado.

Consumo de Água

Na Tabela 4.9 estão indicados os valores de consumo mensais de água, relativos aos anos de 2016 a 2018, assim como os valores médios mensais.

Tabela 4. 9 - Consumos mensais de água de 2016, 2017 e 2018

Mês	Consumo [m ³]			
	2016	2017	2018	Média
Jan	2237	2390	2568	2398
Fev	2380	2368	2372	2373
Mar	2546	3015	2485	2682
Abr	2560	2063	2059	2227
Mai	2438	2407	2938	2594
Jun	2675	3150	2848	2891
Jul	3153	3117	3148	3139
Ago	3836	2723	2852	3137
Set	2850	2390	2648	2629
Out	2716	2184	2495	2465
Nov	2490	2300	2285	2358
Dez	2192	2657	2558	2469
TOTAL	32076	30764	34017	32286

Os valores de consumo de água são apresentados graficamente na Figura 4.20.

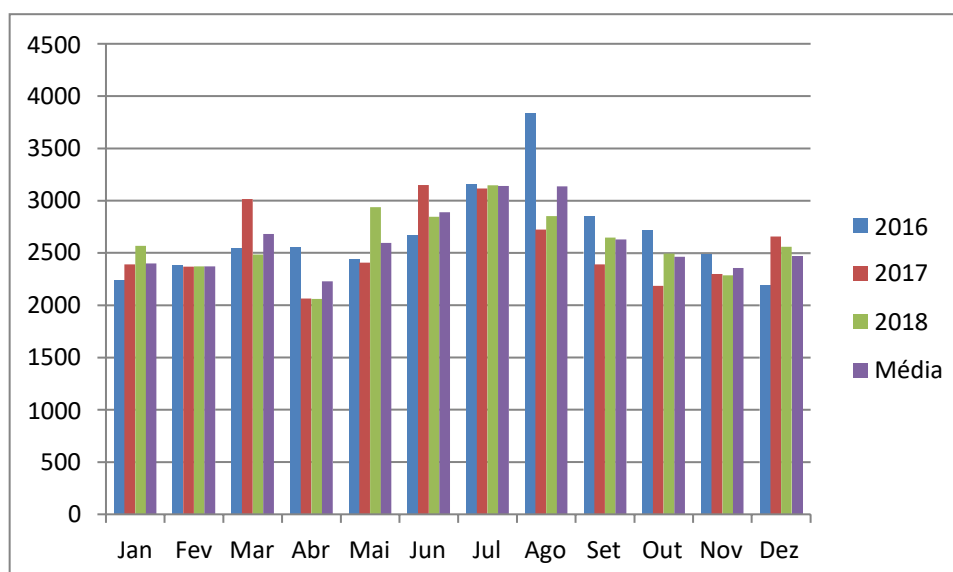


Figura 4. 19 – Consumo mensais de água (m³) de 2016-2018

Consumos Globais

À semelhança do que foi feito para o Hospital Geral, para os cálculos do certificado energético do Hospital Pediátrico foram consideradas as médias dos consumos nos três anos. Na Tabela 4.10 são apresentados os valores considerados para os consumos de eletricidade, de gás natural e de água.

Tabela 4. 10 - Médias dos consumos nos 3 anos (eletricidade, gás natural e água)

Mês	Eletricidade [kWh]	Gás Natural [kWh]	Água [m³]
Jan	501118	898181	2398
Fev	434015	802144	2373
Mar	469715	818877	2682
Abr	473311	618655	2227
Mai	542314	522382	2594
Jun	617872	499760	2891
Jul	682534	524803	3139
Ago	689500	510861	3137
Set	614627	526343	2629
Out	591265	548741	2465
Nov	487677	725147	2358
Dez	481262	889590	2469
TOTAL	6585209	7885485	32286
Porcentagem	45.5%	54.5%	
TOTAL	14470694		

Em termos médios, verificou-se um consumo anual de energia de 14 471 MWh, sendo que 45,5% diz respeito a energia elétrica (6 585 MWh) e os restantes 54,5% a gás natural (7 885 MWh), como mostrado no gráfico da Figura 4.21. A variação mensal dos consumos de eletricidade e de gás natural espelha o funcionamento do hospital. Durante os meses em que se verificam temperaturas baixas (inverno) consome-se mais gás natural para o aquecimento do fluido térmico nas caldeiras e durante os restantes meses (em que se verificam temperaturas mais elevadas), aumenta o consumo de energia elétrica para arrefecimento do fluído no chiller.

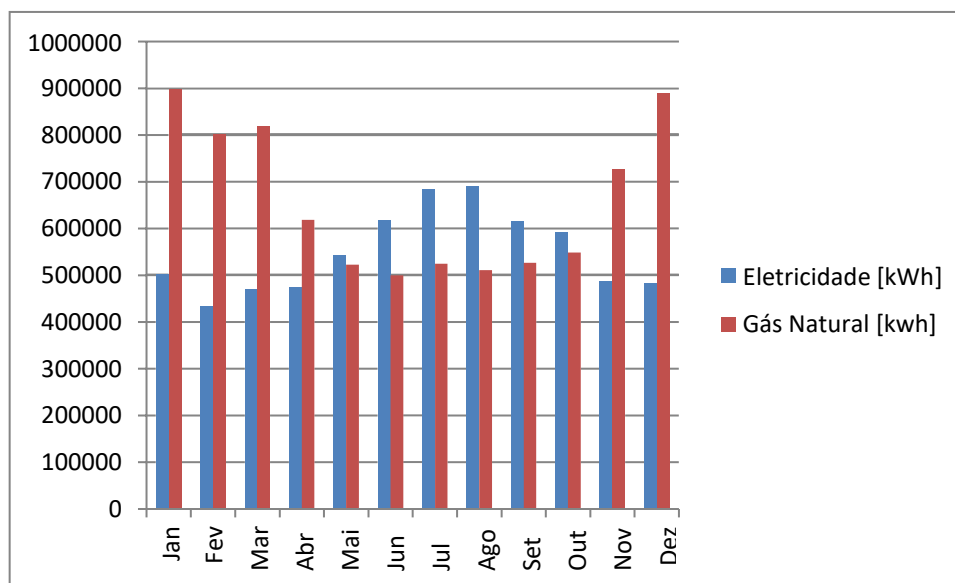


Figura 4. 20 - Valores médios dos consumos de eletricidade e gás natural

4.6.1. Monitorização dos Consumos Elétricos

Na Tabela 4.11 são apresentados os consumos registados em cada circuito, bem como a contribuição de cada circuito no consumo global do edifício.

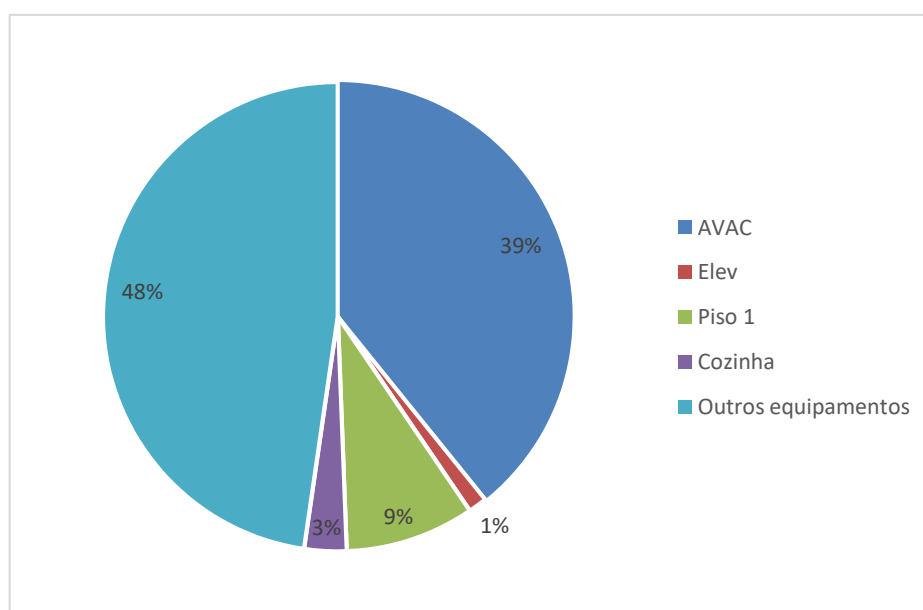
Tabela 4. 11 - Consumos de cada circuito e contribuição de cada circuito no consumo global do edifício

Q.E	6a	Sáb.	Dom	2a	3a	4a	5a	6a	Sáb.	Dom	2a	3a	Total	% de consumo
	26/out	27/out	28/out	29/out	30/out	31/out	01/nov	02/nov	03/nov	04/nov	05/nov	06/nov	kWh	
PT1	6052	5579	5510	6251	6443	6541	5810	6290	5665	5624	6450	6550	66715	40
PT2	5755	5288	5234	5947	6106	6207	5498	5972	5366	55315	6100	6195	63229	38
PT3	5353	4356	4417	3678	2886	2944	2871	3459	2978	2979	2958	3061	36588	22
Total													166532	100

Na Tabela 4.12 são apresentados os consumos diários medidos e desagregados por tipo de utilização e na Figura 4.22 apresenta-se o peso de cada utilização no consumo elétrico global.

Tabela 4. 12 - Degradação dos consumos elétricos por tipo de utilização

Q.E	6a	Sáb.	Dom	2a	3a	4ª	5a	6a	Sáb.	Dom	2a	3a	Total	% de consumo	
	26/out	27/out	28/out	29/out	30/out	31/out	01/nov	02/nov	03/nov	04/nov	05/nov	06/nov	kWh		
QMEC 1	1704	1701	1688	1703	1725	1710	1708	1724	1721	1712	1700	1688	20484	12,3	AVAC 39,2
QMEC 2	941	936	859	900	950	863	834	944	580	540	796	727	9870	5,9	
QMEC 3	627	567	558	613	617	622	632	637	574	571	627	625	7270	4,4	
Chiller	3664	3134	2663	830	0	0	0	0	0	0	0	0	10291	6,2	
Hidrot.	76	76	76	79	80	79	75	77	75	75	79	79	926	0,6	
QMEC 0.5	1293	1302	1341	1394	1418	1415	1392	1357	1345	1353	1387	1400	16397	9,8	
QMEC 4.1	90	73	62	98	101	99	63	94	64	65	95	97	1001	0,6	Elev 1,3
QMEC 4.2	55	30	29	65	69	70	34	62	32	32	67	68	613	0,4	
QMEC 4.3	50	41	40	56	53	55	41	52	40	41	54	56	579	0,3	
Q 1.1	94	57	57	108	108	109	78	104	65	62	129	135	1106	0,7	Piso 1 8,9
Q 1.2	676	46	45	65	65	69	51	72	51	48	74	73	1335	0,4	
Q 1.3	1034	938	811	1215	1243	1271	946	1157	984	929	1212	1244	12984	7,8	
Cozinha	443	415	360	374	416	436	387	417	412	412	413	413	4898	2,9	Cozinha 2,9

**Figura 4. 21 – Desagregação dos consumos elétricos por tipo de utilização**

Os consumos nos sistemas AVAC têm o maior peso nas faturas de energia elétrica do edifício, sendo que no período de medições representaram 39,2% dos consumos elétricos globais. No mesmo período, os consumos na cozinha representam 2,9% e os consumos dos elevadores 1,3%. Os consumos verificados no Piso 1 representaram 8,9% dos consumos elétricos globais. Selecionou-se este piso, por se tratar do piso onde se encontram os blocos operatórios, unidade

de cuidados intensivos, laboratório central e cirurgia de ambatório, com consumos superiores aos outros serviços.

4.7. Desempenho Energético do Edifício

Usando os mesmos conceitos apresentados no ponto 3.2 (referente ao desempenho energético do edifício do Hospital Geral), são apresentados na Tabela 4.13 os consumos a considerar no IEE_S e no IEE_T .

Tabela 4. 13 - Consumos de energia a considerar no IEE_S e no IEE_T

Consumos IEE_S	Consumos IEE_T
• Aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humedificação e desumidificação. • Ventilação e bombagem em sistemas de climatização • Aquecimento de águas quentes sanitárias e piscinas • Iluminação exterior • Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes • Iluminação exterior	• Ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica • Equipamentos de frio. • Iluminação dedicada e de utilização pontual • Todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEE_S

A determinação do IEE do edifício foi efetuada pelo método de previsão do IEE_{pr} por simulação dinâmica multizona.

Indicadores de Eficiência Energética

Tabela 4. 14 - IEE Previsto [kWhEP/m².ano]

IEE_{pr}	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,T}$	$IEE_{pr,Ren}$
345,1	259,4	85,7	0

Tabela 4. 15 - IEE Referência [kWhEP/m².ano]

IEE_{pr}	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,T}$	$IEE_{pr,Ren}$
339,2	253,3	85,9	-

Classe Energética

O RIEE tem o valor de 1,02, tendo sido atribuída ao edifício a classe energética C.

4.8. Medidas de Eficiência Energética

Os cálculos das medidas de melhoria energética foram determinados considerando um custo de eletricidade de 0.17 €/kWh e de gás natural de 0.055 €/kWh. A implementação das medidas de melhoria pode ainda conduzir à redução da potência contratada e custos associados. O modelo de simulação dinâmica foi também efetuado pelo programa TRACE 700 v6.3.2.

As medidas propostas para o edifício do Hospital Pediátrico não envolvem questões estruturais, como no caso do edifício do Hospital Geral. Sendo um edifício de construção muito mais recente, toda a estrutura é mais adequada às necessidades.

Para a análise das medidas de eficiência propostas, os valores de consumo anual, usados como referência para a energia elétrica e gás natural e de faturação anual, são os valores médios de consumo dos anos 2016, 2017 e 2018.

4.8.1. Substituição das lâmpadas atuais e/ou instalação de LED's para iluminação.

Esta medida, apresentada na Tabela 4.16, consistiu na substituição das lâmpadas e das luminárias existentes, tanto no interior como no exterior, por tecnologia LED, mantendo o mesmo nível de iluminância (lux).

O edifício tem uma potência instalada de iluminação de, aproximadamente, 314 kW (considerando apenas a potência das lâmpadas). Com a substituição das 6122 lâmpadas e 4120 luminárias, será reduzida em cerca de 50%, ou seja, passará para os 166 kW. Considerando um consumo total anual estimado de energia elétrica de 6 553 722 kWh, esta medida permitirá uma redução anual de 657 276 kWh, o que corresponde a uma redução de 10% no consumo total de energia e a uma poupança anual a rondar os 111 736 €. Exigindo um investimento inicial de 245 327 €, esta medida apresenta um período de retorno de 2 anos.

Tabela 4. 16 - Substituição das lâmpadas atuais e/ou instalação de LED para iluminação

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Substituição do atual sistema de iluminação por tecnologia LED	245 327	657 276	111 736	2

4.8.2. Substituição dos equipamentos atuais e/ou instalação de variadores de velocidade nos motores dos ventiladores.

A variação de velocidade está na ordem do dia. As funcionalidades que nos proporcionam os variadores de frequência no acionamento de motores elétricos, bem como o seu contributo na eficiência energética, despertam-nos a atenção para identificar oportunidades de aplicação destes sistemas.

Propõe-se a instalação de variadores de velocidade nos ventiladores das unidades de tratamento de ar (UTAN's/UTA's) e nos ventiladores de extração, associados a sondas de medição dos níveis de CO₂ nos diferentes espaços. Desta forma, o caudal de ar novo irá variar de acordo com os níveis de CO₂ medidos nos espaços, garantindo a renovação do ar e reduzindo a energia consumida na correção da temperatura do ar a insuflar e na ventilação. Propõe-se, ainda, a alteração de algumas UTAN's de 2 para 4 tubos, pois torna-se mais fácil o controlo da temperatura, não oscilando tanto o seu funcionamento.

A aferição dos consumos de energia elétrica deve ser obtida através de analisadores de rede para validação das poupanças de energia. Esta instalação, bem como as sondas de CO₂ têm que ser monitorizados na Gestão Técnica Centralizada (GTC) existente.

Adicionalmente, e de forma a reduzir os consumos associados ao sistema de circulação (uma vez que as necessidades de energia térmica variam significativamente durante todo o período de funcionamento da unidade hospitalar), sugere-se a substituição dos equipamentos atuais e/ou instalação de variadores de velocidade nos motores das bombas de circulação do sistema de climatização e a conversão/substituição das válvulas de 3 vias para 2 vias nas unidades de tratamento de ar e ventiloconvectores.

A implementação desta medida conforme representação na Tabela 4.17, pode conduzir a uma redução do consumo global de energia elétrica de pelo menos 13%, o que representa uma redução de 838 762 kWh no consumo anual de energia elétrica. Esta medida tem um custo estimado de 774 900 €, respeitante aos seguintes equipamentos a intervencionar: 32 UTA's para serem convertidas de 2 tubos para 4 tubos, 77 ventiladores de extração para se aplicar os variadores de velocidade e 77 bombas de circulação para se aplicar os variadores de velocidade (circuitos de água quente e fria). Estimou-se que com esta medida se obtenha uma redução anual na fatura energética de 142 590 €, com um período de retorno do investimento de 6 anos.

Tabela 4. 17 - Instalação de variadores de velocidade nos ventiladores e nos motores das bombas de circulação

Medida Sugerida	Investimento (€)	Redução energética (kWh/ano)	Benefício (€/ano)	Payback (anos)
Instalação de variadores de velocidade nos ventiladores das UTAN's, UTA's e VE's associados a sondas de CO ₂	713 400	633 817	142 590	6
Substituição dos equipamentos atuais e instalação de variadores de velocidade nos motores das bombas de circulação dos sistemas de climatização	61 500	204 945		

4.8.3. Instalação de sistema solar térmico para produção de AQS

Esta medida vai de encontro às recomendações técnicas das Especificações Técnicas para Instalações de AVAC (UIE/ACSS, 2014) para edifícios hospitalares *“O estudo técnico-económico com vista à inclusão de painéis solares para o aquecimento ou pré-aquecimento da água é obrigatório, exceto quando não for possível a sua instalação, devendo neste caso ser justificada”*.

Tendo sido previamente efetuado o dimensionamento do sistema solar térmico para o edifício do Hospital Geral, optou-se por propor um sistema idêntico para o edifício do Hospital Pediátrico.

A produção anual de energia e impactos na faturação de gás natural terão valores idênticos ao sistema dimensionado para o Hospital Geral (ver Tabela 3.15). No entanto, o impacto em termos do consumo global anual será diferente, atendendo aos valores de consumo verificados em cada um dos edifícios. No edifício do Hospital Pediátrico, o impacto desta medida significa uma redução de cerca de 9% no consumo anual de gás natural, e 4,8% no consumo total de energia do edifício.

4.8.4. Instalação de sistema solar fotovoltaico para autoconsumo

Considerando a elevada superfície disponível de coberturas no Hospital Pediátrico, torna-se simples a instalação de uma central fotovoltaica para autoconsumo. Assim, e à semelhança do que foi feito relativamente à medida respeitante à instalação de um sistema solar térmico, optou-se por propor um sistema idêntico ao analisado para o edifício do Hospital Geral.

Os valores da produção anual de energia e impactos na faturação anual de eletricidade são iguais aos obtidos no sistema fotovoltaico proposto para o edifício do Hospital Geral (ver Tabela 3.19), equivalendo esta medida no Hospital Pediátrico a uma redução de 8,1% do consumo global de eletricidade (proveniente da rede de abastecimento) e a uma redução de 3,6% do consumo global de energia

5. CONCLUSÕES

O principal objetivo deste projeto consistiu na identificação e na avaliação de medidas de eficiência energética a implementar em dois edifícios hospitalares localizados na cidade de Coimbra: o Hospital Pediátrico e o Hospital Geral de Coimbra. O projeto teve por base os resultados das Auditorias Energéticas realizadas no âmbito dos processos de certificação energética dos dois edifícios e as medidas de eficiência energética a analisar tiveram em consideração as características específicas de cada uma das unidades hospitalares, nomeadamente as características construtivas e os diferentes serviços/cuidados médicos prestados.

Adicionalmente, as medidas de eficiência energética consideradas no Hospital Pediátrico e no Hospital Geral de Coimbra serão incluídas numa candidatura no Projeto Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR).

O edifício do Hospital Geral é um edifício mais antigo, datado de 1927, onde foi possível apresentar mais propostas de melhoria relativamente ao edifício do Hospital Pediátrico, já que o primeiro apresenta muitas carências quer estruturais (devido à degradação) quer ao nível dos equipamentos das instalações técnicas especiais de suporte à atividade hospitalar (por serem obsoletos e energeticamente pouco eficientes). Esta situação traduz-se num grande desperdício de energia consumida, bem como gastos em manutenção corretiva e paragem da atividade hospitalar para a execução da referida manutenção.

Para o edifício do Hospital Geral são sugeridas e avaliadas 8 medidas, que podemos agrupar em três categorias: tecnologias eficientes, renovação do edifício e energias renováveis. Assim, no grupo de tecnologias eficientes incluem-se a substituição das tecnologias de iluminação, a modernização da central térmica, a substituição dos equipamentos hidráulicos e a substituição dos chillers. A renovação do edifício envolve o isolamento de coberturas e a substituição de vãos envidraçados e o grupo energias renováveis inclui a instalação de dois sistemas solares: um sistema solar térmico para produção de AQS e um sistema solar fotovoltaico para produção de energia elétrica.

Um resumo da avaliação/impacto das 8 medidas analisadas para o edifício do Hospital Geral é mostrado na Tabela 5.1.

Tabela 5. 1 - Medidas de eficiência energética para o Hospital Geral

Medida	Redução do consumo de energia (kWh/ano)	Valor estimado de investimento (c/ IVA) (€)	Impacto de redução no consumo total (%)	Payback (anos)
Substituição iluminação	426 342	193 367	2,7	2,7
Central térmica	5 174 979	284 624	33,3	1,3
Solar Térmico	692 061	147 600	4,4	3,8
Substituição eq. hidráulicos	184 534	292 248	1,2	9,5
Isolamento coberturas	261 089	103 320	1,7	6,3
Vãos envidraçados	427 915	275 520	2,8	10,9
Solar fotovoltaico	514 010	553 500	3,3	6,5
Substituição dos chillers	86 166	252 150	0,6	17,6
Total	7 767 096	2 102 329	50	

As medidas analisadas apresentam resultados diferentes nos diferentes critérios de avaliação, nomeadamente no montante do investimento necessário para a sua implementação, no impacto de redução no consumo global do edifício e no tempo de retorno do investimento. Destaca-se a medida respeitante à modernização da central térmica que, não sendo a medida que envolve o maior investimento, permitirá uma redução anual de consumo superior à soma das reduções das restantes medidas propostas, equivalendo a uma redução no consumo global superior a 30%, mínimo exigido para uma candidatura no Projeto Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR).

Se todas as 8 medidas forem implementadas, de acordo com os resultados da nossa análise, consegue-se atingir os 50% de redução de energia consumida, sendo exigido um investimento total superior a 2 milhões de €.

Para o edifício do Hospital Pediátrico, apesar de se tratar de um edifício hospitalar muito mais recente do que o Hospital Geral, com soluções construtivas já são mais eficientes, tanto nas instalações técnicas como na estrutura construtiva do edifício, estando o hospital equipado com tecnologia mais recente e eficiente, foram sugeridas e avaliadas 4 medidas.

É de salientar que, embora a utilização do edifício se tenha iniciado em 31 de janeiro de 2011, o projeto é bastante mais antigo, datando de 2000 e, como tal, apresenta alguns equipamentos e soluções já em desuso, e até consideradas nalguns casos obsoletas e ultrapassadas. É o caso da não aplicação de bombas circuladoras com variação de velocidade (tanto nos circuitos

primários como nos circuitos secundários), bem como a utilização de equipamentos de climatização a 4 tubos. Relativamente às infraestruturas dos circuitos de transporte de energia, estas mantêm ainda o isolamento térmico e mecânico em bom estado de conservação.

Um resumo da avaliação/impacto das 4 medidas analisadas para o edifício do Hospital Pediátrico: substituição das tecnologias de iluminação, instalação de variadores de velocidade nos motores dos ventiladores e instalação de dois sistemas solares (um sistema térmico e outro fotovoltaico) é mostrado na Tabela 5.2.

Tabela 5. 2 – Medidas de eficiência energética no Hospital Pediátrico

Medida	Redução do consumo de energia (kWh/ano)	Valor estimado de investimento (c/ IVA) (€)	Impacto de redução no consumo total (%)	Payback (anos)
Substituição iluminação	657 276	245 327	4,6	2,2
Variadores de velocidade	838 762	774 900	12,8	5,4
Solar térmico	692 061	147 600	4,8	3,8
Solar fotovoltaico	514 010	553 500	3,6	6,3
Total	2 702 109	1 721 327	25,8	

À semelhança do que se verificou no edifício do Hospital Geral, também para o edifício do Hospital Pediátrico as medidas analisadas apresentam resultados diferentes nos diferentes critérios de avaliação. Mesmo que todas as medidas sugeridas sejam implementadas, não se atingirá uma redução de 30% do consumo global do edifício.

Como expetável, e analisando as medidas de melhoria propostas e o seu impacto nos edifícios hospitalares em estudo, observa-se que facilmente se atingem valores de redução energética mais elevados em edifícios mais antigos do que em edifícios de construção mais recente. No caso destes dois edifícios analisados essa evidência é clara. Com a aplicação de uma das medidas propostas atingimos facilmente os 30% de redução energética no edifício do Hospital Geral (Requalificação da central térmica).

Dada a natureza do programa PO SEUR, não se contemplou, neste projeto, a identificação e avaliação de medidas de eficiência de consumo de água. No caso do consumo de água das duas unidades hospitalares, terá que ter-se em consideração os protocolos internos de combate à Legionella, que cada vez são mais exigentes.

Quando nos propomos estudar processos de racionalização energética, temos, à priori, algumas limitações, principalmente quando envolvem edifícios deste tipo (hospitalar), que funcionam 24 horas por dia e onde estão presentes profissionais da instituição, profissionais de empresas contratadas, utentes e seus acompanhantes. A implementação de boas práticas passa não apenas pelos profissionais, mas por um número elevado de utilizadores, muitas vezes sem formação ou sensibilização para estas questões. Maus hábitos, como a permanências de portas e janelas abertas, iluminação permanentemente ligada ou uso abusivo de água, são alguns dos exemplos, difíceis de combater.

Por outro lado, e sendo espaços que funcionam em contínuo, não é possível introduzir pausas nos consumos diários, o que dificulta a redução pretendida.

REFERÊNCIAS

Despacho (2012). Despacho nº 8662/2012, Ministério da Saúde, Gabinete do Secretário de Estado da Saúde. Diário da República nº124/2012 – II Série de 28 de junho de 2012.

Despacho (2013). Despacho nº 4860/2013, Ministério da Saúde, Gabinete do Secretário de Estado da Saúde. Diário da República nº69/2013 – II Série de 9 de abril de 2013.

DL (2013). Decreto-Lei nº 118/2013, Ministério da Economia e do Emprego. Diário da República nº 159/2013, Série I de 20 de agosto de 2013.

E. Gordo, A. Campos, D. Coelho (2011). Energy Efficiency in a Hospital Building. Case Study: Hospitais da Universidade de Coimbra, *Proceedings of the 3rd International Youth Conference on Energetics 2011*, julho, Leiria, Portugal.

RCM (2010). Resolução do Conselho de Ministros nº 93/2010, Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República nº 230/2010 – I Série de 26 de novembro de 2010.

RCM (2011). Resolução do Conselho de Ministros nº 2/2011, Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República nº8/2011 – I Série de 12 de janeiro de 2011.

Santos, Pina dos, Matias, Luís (2006). Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios - ITE 50. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa 2006.

UE (2012). Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012. Jornal Oficial da União Europeia de 14 de novembro de 2012.

UE (2018). Diretiva 2018/844/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, Jornal Oficial da União Europeia de 19 de junho de 2018.

UIE/ACSS (2014) Especificações Técnicas para Instalações de AVAC – ET 06/2008-V.2014, Unidade de Instalações e Equipamentos/Administração Central do Sistema de Saúde, IP, Ministério da Saúde, Lisboa 2014.