

**Avaliação de Soluções Energéticas em Ambiente Hospitalar na
Perspectiva de uma ESCO**

Hospitais da Universidade de Coimbra

Joaquim Alfredo Matos Saraiva de Sá e Abreu

Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Orientador nos HUC: Engenheiro Avaro Lapa

Orientador na FEUP: Professor José Luís Alexandre



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Julho de 2011

*“If I have seen further than others, it is
by standing upon the shoulders of giants.”*

Sir Isaac Newton

Resumo

Os hospitais representam, de uma forma geral, um tipo de edifícios cuja actividade apresenta um potencial de poupança energético importante. O tipo de actividade aí desenvolvida, aliada às especificidades do sector da saúde, faz deste tipo de edifícios um alvo de análise e optimização energética bastante apetecíveis, por parte de um tipo de negócio: a comercialização de poupanças energéticas. As empresas de serviços de energia, também conhecidas como ESCO (*Energy Service Company*), desenvolvem a sua actividade em torno do negócio das poupanças energéticas. Genericamente, apresentam soluções de optimização e eficiência energéticas que aplicadas às reais condições de funcionamento de um determinado edifício ou sector específico lhes permite rentabilizar os potenciais investimentos e partilhar os lucros da factura energética com o seu cliente. No fundo, trata-se de um negócio energético com risco partilhado entre a entidade que apresenta a solução e o cliente final. No caso específico dos hospitais, mais concretamente de hospitais centrais, esta análise pretende elaborar uma caracterização das necessidades energéticas do sector e apresentar um conjunto de soluções energéticas adequadas à realidade hospitalar. É, também, objecto de análise toda a aproximação de um modelo de negócio energético a explorar por uma, hipotética, ESCO.

Este trabalho, realizado no âmbito dos Hospitais da Universidade de Coimbra (HUC), pretende projectar as bases para um hipotético contrato entre uma ESCO e estes Hospitais, com vista a optimizar recursos e consumos energéticos. É inicialmente efectuado um levantamento das necessidades energéticas, de modo a identificar os sectores prioritários de actuação. Caracteriza-se o consumo energético a nível global, sendo descrito o consumo e o custo anual de combustível e de energia eléctrica, ao longo da última década. O produto final desta análise é a obtenção de rácios de consumo específico de forma possibilitar a comparação com edifícios semelhantes. Após esta caracterização, é efectuado um *benchmarking* de energia eléctrica, de modo a caracterizar o consumo eléctrico dos HUC por zona, obtendo-se para a iluminação e para o grupo de arrefecimento 6 e 5% do consumo total de energia eléctrica. A análise térmica cinge-se ao conhecimento empírico das necessidades de arrefecimento dos HUC, não tendo sido possível, em tempo útil, a correcta definição do comportamento térmico do edifício. Para as necessidades de aquecimento, é caracterizado o consumo de vapor num típico mês da estação de aquecimento e num outro mês típico de arrefecimento.

Actualmente existe uma crescente propagação dos sistemas de produção combinada de energia em Portugal e dos sistemas de armazenamento térmico com recurso a bancos de gelo nos EUA. Assim, são analisados dois cenários com sistema de Bancos de Gelo: um cenário com um banco de gelo a operar em regime parcial na estação de arrefecimento e em regime total na estação de aquecimento (cenário 1), e um outro com um banco de gelo a operar em regime total em ambas as estações (cenário 2). O cenário 1 mostra ser o mais vantajoso para ambas partes intervenientes no contrato, sendo possível obter poupanças de 23,3% no custo anual de produção de energia térmica de arrefecimento. São também apresentados dois cenários de trigeriação: um com um motor alternativo a gás natural para produção de vapor (cenário 3), e outro com uma turbina a gás natural (cenário 4).

Após escolha dos cenários mais rentáveis, foi aplicado um modelo ESCO com partilha de poupança económica, dado o presente risco inerente à incerteza de remuneração para as instalações de produção combinada que se encontrem ao abrigo da nova legislação. O cenário com motor a gás natural demonstrou ser o mais rentável, apresentando lucros na ordem dos 128% para os HUC e 304% para a ESCO no modelo de negócio considerado.

Evaluation of energy efficiency solutions in a hospital facility from an ESCO perspective

Abstract

In a general way, hospitals represent a building type whose activity has an important energy saving potential. The type of activity developed, combined with the specificities of the health sector, makes this type of buildings a great target for analysis and energy optimization, by a new type of business: the energy savings market. The Energy Service Companies also known as an ESCO, work around the business of energy savings. Generally, they present solutions to optimize energy efficiency and apply them to the real operating conditions of a certain building or specific industry, which allows them to capitalize on potential investments and share the profits of the energy bill with their clients. Basically, it's an energy business with a shared risk between the entity submitting the solution and the customer. In the hospitals case, central hospitals specifically, this analysis is meant to provide a characterization of the energy needs of the sector and present a set of adequate energy solutions for the hospital. It also evaluates an entire energy business model approach to explore by an adequate ESCO.

This work, done in the Coimbra's University Hospitals (Hospitais da Universidade de Coimbra - HUC), intends to elaborate the foundations for a hypothetical contract between an ESCO and these hospitals in order to optimize resources and energy consumption. Initially it's carried out a survey of energy needs, in order to identify priority areas for action. The global energy consumption is characterized with the description of the annual cost of fuel and electricity, over the last decade. The final product of this analysis is to obtain specific consumption ratios, in order to enable comparison with similar buildings. After this characterization, an electrical benchmarking is made, in order to characterize the electrical consumption by zone of activity of HUC. It was obtained a electric energy global consumption of 6 and 5% for the illumination and cooling group. Thermal analysis confines itself to the empirical knowledge of the cooling requirements of HUC, but unfortunately it was not possible, with the available time, to obtain the correct definition of the thermal behavior for the building. For heating needs it's characterized the steam consumption on a typical month in heating season and on one typical month in cooling season.

Currently there is an increasing spread of combined heating and power (CHP) production systems in Portugal and thermal storage systems using ice banks in the United States of America. Therefore, two scenarios are analyzed with an ice bank system: one operating under partial cooling on cooling season and under full storage on heating season (scenario 1), and another with an ice bank operating under the full storage on both seasons (scenario 2). Scenario 1 shows to be the most advantageous for both parties of the contract, obtaining savings of 23% for the thermal cooling production annual cost. It's also presented two scenarios for trigeneration: one with an alternative engine running on natural gas for steam production (scenario 3), and another with a gas turbine (scenario 4).

After the selection of the most profitable scenario, it's applied an ESCO performance contract in shared savings type, given the remuneration present risk for the CHP facilities under the new legislation. The scenario with the alternative engine running on natural gas has proven to be the most profitable, showing gains of about 128% of the investment for HUC and 304% for the ESCO on the considered business model.

Agradecimentos

Quero transmitir o mais profundo agradecimento a toda a minha família, em especial aos meus pais e irmãos, pelo apoio transmitido ao longo da minha vida académica.

Ao Professor José Luís Alexandre agradeço a oportunidade concedida para a realização deste trabalho, bem como toda orientação concedida.

Ao Engenheiro Álvaro Lapa, expresse a minha enorme gratidão, por todo o empenho e paciência demonstrados ao longo da orientação deste projecto.

A todos funcionários dos Serviços de Instalações e Equipamentos (SIE) dos HUC pela boa vontade e disponibilidade demonstrada para me ajudar neste trabalho ao facultar todos os dados e informações necessárias.

A todos os funcionários da SUCH energia eléctrica e SUCH mecânica pelo imprescindível apoio que me foi dado na altura das leituras e caracterização do funcionamento dos HUC.

Quero agradecer aos meus amigos pela amizade partilhada nestes anos de curso sobretudo nesta fase final.

Á minha namorada, um obrigado muito especial pelo apoio e compreensão constante dados ao longo de toda a minha vida académica.

Nomenclatura

| | | |
|-------------------|---|-------------------|
| CHP $H\eta$ | Eficiência Térmica do Processo | % |
| Ref $H\eta$ | Valor de referência da eficiência para a produção separada de calor | % |
| CHP $E\eta$ | Eficiência Eléctrica do Processo | % |
| Ref $E\eta$ | Valor de referência da eficiência para a produção separada de energia eléctrica | % |
| \dot{W} | Potência Mecânica | kW |
| \dot{Q}_a | Potência térmica fornecida á fonte quente | kW |
| \dot{Q}_b | Potência térmica retirada á fonte fria | kW |
| COP | <i>Coefficient of Performance</i> | - |
| EER | <i>Energy Efficiency Ratio</i> | - |
| E_{saida} | Energia na saída | kWh |
| $E_{entrada}$ | Energia na Entrada | kWh |
| $\eta_{caldeira}$ | Rendimento da Caldeira | % |
| p_i | Pressão estática | Pa |
| h_{f1} | Entalpia de vapor de líquido à pressão p_1 | kJ/kg |
| h_{f2} | Entalpia de vapor de líquido à pressão p_2 | kJ/kg |
| h_{fg1} | Entalpia de evaporação à pressão p_2 | kJ/kg |
| \dot{Q} | Potência térmica | kW |
| \dot{m} | Caudal de água | kg/m ³ |
| cp | Calor específico a pressão constante | kJ/kg K |
| ΔT | Diferença de temperatura | °C |

Índice

| | |
|--|-----|
| Índice de Figuras | xv |
| Índice de Tabelas | xix |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Estrutura do Trabalho..... | 1 |
| 2 Enquadramento..... | 3 |
| 2.1 Paradigma Energético..... | 3 |
| 2.2 Modelo ESCO | 6 |
| 2.2.1 Definição | 7 |
| 2.2.2 Principais Vantagens | 7 |
| 2.2.3 Situação em Portugal | 8 |
| 2.2.4 Modo de Actuação | 8 |
| 2.2.5 Tipos de contractos de Performance | 9 |
| 2.3 Medidas de Conservação de Energia | 11 |
| 3 Caso de Estudo: Hospitais da Universidade de Coimbra | 15 |
| 3.1 Localização e Caracterização do Edifício..... | 15 |
| 3.2 Necessidades Globais de Energia | 18 |
| 3.3 Índices de Consumo Energético | 22 |
| 3.4 Desagregação do Consumo e Custo Energético | 24 |
| 3.4.1 Central Térmica..... | 24 |
| 3.5 Leituras da Energia Eléctrica | 38 |
| 4 Intervenção ESCO | 43 |
| 4.1 Armazenamento Térmico | 43 |
| 4.1.1 Cenário 1: Banco de Gelo com Regime de Carga Parcial e com Regime de Carga Total na Estação de Aquecimento | 44 |
| 4.1.2 Cenário 2: Banco de Gelo com Regime de Carga Total na Estação de Aquecimento e Arrefecimento..... | 48 |
| 4.1.3 Contrato de Performance para o Banco de Gelo | 50 |
| 4.2 Trigeração..... | 52 |
| 4.2.1 Cenário 3: Trigeração com Motor Alternativo..... | 52 |
| 4.2.2 Cenário 4: Trigeração com Turbina a Gás | 57 |
| 4.2.3 Contrato de Performance..... | 61 |
| 5 Conclusão | 63 |
| 5.1 Propostas de Trabalhos Futuros | 64 |

| | |
|--|-----|
| 6 Bibliografia | 65 |
| Anexo A Sistemas e Medidas de Conservação e Transformação de Energia | 69 |
| Anexo B Área de Pavimento Útil dos HUC | 93 |
| Anexo C Descrição Pormenorizada do Edifício Principal dos HUC..... | 96 |
| Anexo D Características das zonas dos HUC..... | 99 |
| Anexo E Consumo e Factura anual energética | 101 |
| Anexo F Estatísticas Hospitalares | 102 |
| Anexo G Propriedades do Combustível Utilizado nos HUC..... | 105 |
| Anexo H Dados Relativos ao Consumo de Vapor dos HUC..... | 106 |
| Anexo I Método de Cálculo do Custo de Vapor..... | 108 |
| Anexo J Características dos <i>Chillers</i> de compressão dos HUC | 114 |
| Anexo K Características dos <i>Chillers</i> de Absorção dos HUC..... | 117 |
| Anexo L Registos de Consumos do Grupo de Arrefecimento | 118 |
| Anexo M Leituras Efectuadas ao Grupo de Arrefecimento dos HUC..... | 119 |
| Anexo N Levantamento da Iluminação dos HUC..... | 121 |
| Anexo O Características das Lâmpadas dos HUC | 126 |
| Anexo P Carga e Consumo anual da iluminação | 131 |
| Anexo Q Características do Equipamento de Medição Utilizado | 133 |
| Anexo R Especificações Técnicas e Desenhos de Princípio Para o Banco de Gelo | 136 |
| Anexo S Tabelas para o cálculo dos Bancos de Gelo | 139 |
| Anexo T Características Motor Jenbacher Type 6..... | 143 |
| Anexo U Horário do Ciclo Semanal..... | 145 |
| Anexo V Características Turbina <i>Solar</i> [®] <i>Saturn 20</i> | 146 |
| Anexo W Vapor Flash | 148 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Consumo mundial de energia primária <i>per capita</i> | 3 |
| Figura 2 – Evolução do consumo mundial por fonte de energia [3]. | 4 |
| Figura 3 – Previsão da procura mundial [2]. | 4 |
| Figura 4 – Consumo de energia primária final por sector [54]. | 5 |
| Figura 5 - Consumo específico por área útil de pavimento [54]. | 5 |
| Figura 6 – <i>Energy Benchmarking</i> de um Hospital típico dos EUA [6]. | 6 |
| Figura 7 – <i>Energy Benchmarking</i> de um Hospital típico Europeu [43]. | 6 |
| Figura 8 – Exemplo de um modelo de contrato <i>Guaranteed Savings</i> | 10 |
| Figura 9 – Exemplo de um modelo de contrato <i>Shared Savings</i> | 10 |
| Figura 10 – Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação de energia eléctrica [46]. | 12 |
| Figura 11 – Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação com cogeração [46]. | 12 |
| Figura 12 - Logótipo dos Hospitais da Universidade de Coimbra. | 15 |
| Figura 13 – Perspectiva 3D dos Hospitais da Universidade de Coimbra. | 16 |
| Figura 14 – Principais zonas dos HUC. | 16 |
| Figura 15 – Representatividade da área útil de cada categoria de serviços..... | 17 |
| Figura 16 – Vectores principais energéticos dos HUC. | 19 |
| Figura 17 - Evolução do consumo de fuelóleo..... | 19 |
| Figura 18 - Evolução do consumo e custo de energia eléctrica. | 20 |
| Figura 19 – Consumo total de energia primária. | 20 |
| Figura 20 – Consumos de fuelóleo e de energia eléctrica dos HUC. | 21 |
| Figura 21 – Média mensal do consumo de fuelóleo e energia eléctrica entre 2007 e 2010. | 21 |
| Figura 22 - Custos totais em energia. | 22 |
| Figura 23 – Repartição dos custos totais médios em energia. | 22 |
| Figura 24 – Consumo energético por cama ocupada e número médio de camas ocupadas. | 23 |

| | |
|---|----|
| Figura 25 – Pormenor da Central Térmica..... | 24 |
| Figura 26 – Tanques de Fuelóleo..... | 24 |
| Figura 27 – Caldeiras..... | 24 |
| Figura 28 – Ventilador da cadeira..... | 25 |
| Figura 29 – Colector de vapor..... | 26 |
| Figura 30 – Utilizadores de vapor..... | 27 |
| Figura 31 - Consumo médio de vapor na estação de arrefecimento..... | 28 |
| Figura 32 - Consumo médio de vapor na estação de aquecimento..... | 28 |
| Figura 33 – <i>Chiller</i> de compressão..... | 30 |
| Figura 34 – <i>Chiller</i> de absorção..... | 30 |
| Figura 35 – Identificação do grupo dos <i>chillers</i> dos HUC..... | 30 |
| Figura 36 – Consumo energético do grupo de arrefecimento num dia típico de verão..... | 31 |
| Figura 37 - <i>Display</i> idêntico ao existente nos <i>chillers</i> dos HUC [50]..... | 31 |
| Figura 38 – Consumo registado para o grupo de arrefecimento dos HUC..... | 32 |
| Figura 39 – Distribuição do consumo por tarifa na estação de arrefecimento..... | 33 |
| Figura 40 – Distribuição do consumo por tarifa na estação de aquecimento..... | 33 |
| Figura 41 – Posto de Transformação 2..... | 34 |
| Figura 42 – Peso de cada categoria na potência instalada..... | 35 |
| Figura 43 – Peso do consumo de energia eléctrica na iluminação de cada categoria..... | 36 |
| Figura 44 – Representatividade da iluminação no consumo global de energia eléctrica dos HUC..... | 37 |
| Figura 45 – Equipamento Microvip3 Plus [®] utilizado nas leituras..... | 38 |
| Figura 46 – Repartição da energia eléctrica para o quadro A/1 entre os pisos +1 e +10..... | 39 |
| Figura 47 – Repartição da energia eléctrica para o quadro A/2, entre os pisos +1 e +10..... | 39 |
| Figura 48 – Repartição da energia eléctrica dos quadros B/4, entre os pisos +1 e +10..... | 39 |
| Figura 49 – Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas dos quadros C/3 do piso +1 até ao piso +10..... | 40 |
| Figura 50 – Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas dos quadros D/5 entre os pisos +1 e +10..... | 40 |
| Figura 51 - Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas dos quadros D/6 entre os pisos +1 e +10..... | 40 |
| Figura 52 – Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas para o quadro do serviço de urgência..... | 41 |
| Figura 53 – Representatividade do grupo de arrefecimento e da iluminação no total de consumo eléctrico dos HUC..... | 41 |

| | |
|--|----|
| Figura 54 – Banco de gelo Calmac [®] | 43 |
| Figura 55 - Evolução das potências térmicas em jogo na estação de arrefecimento para o cenário 1..... | 44 |
| Figura 56 – Evolução das potências térmicas em jogo na estação de aquecimento para o cenário 1..... | 46 |
| Figura 57 - Evolução das potências térmicas em jogo na estação de arrefecimento para o cenário 2..... | 48 |
| Figura 58 - Evolução das potências térmicas em jogo na estação de aquecimento para o cenário 2..... | 49 |
| Figura 59 - Evolução dos proveitos para os HUC e a ESCO | 50 |
| Figura 60 – Gerador Jenbacher Type 6 modelo 624 [51]..... | 52 |
| Figura 61 – Esquema de funcionamento da instalação. | 53 |
| Figura 62 – Regime de funcionamento da caldeira e do gerador instalados. | 53 |
| Figura 63 - Repartição do total da energia térmica produzida pelo motor. | 54 |
| Figura 64 – Turbina <i>Saturn 20</i> da <i>Solar[®] Turbines</i> | 57 |
| Figura 65 – Regime de funcionamento da caldeira e da turbina instalados. | 58 |
| Figura 66 – Esquema de funcionamento para uma instalação de trigeriação com turbina a gás.. | 58 |
| Figura 67 - <i>Cash flow</i> acumulado para a ESCO durante o contrato..... | 60 |
| Figura 68 - <i>Cash flow</i> acumulado para os HUC durante o contrato..... | 60 |
| Figura 69 – Esquema de funcionamento de um <i>Chiller</i> de compressão. | 69 |
| Figura 70 – Principio de funcionamento de um <i>chiller</i> de absorção..... | 70 |
| Figura 71 – Vista exterior de um típico <i>chiller</i> arrefecido a ar, da marca <i>Carrier</i> [30]. | 71 |
| Figura 72 – Vista exterior de um típico <i>chiller</i> arrefecido a água, da marca <i>Carrier</i> [44]. | 71 |
| Figura 73 – Esquema de caldeira pirotubular..... | 73 |
| Figura 74 – Esquema de caldeira áquotubular. | 73 |
| Figura 75 – Exemplo de um sistema TES [17](Adaptado da fonte). | 77 |
| Figura 76 – Sistema TES de fusão interna [17]..... | 78 |
| Figura 77 – Sistema TES de fusão externa [17]..... | 78 |
| Figura 78 – Ciclo de topo [18] (adaptado da fonte). | 79 |
| Figura 79 – Ciclo de fundo [18] (adaptado da fonte). | 80 |
| Figura 80 – Esquema de repartição de energia numa trigeriação..... | 80 |
| Figura 81 – Esquema de funcionamento e correspondente diagrama Temperatura Entropia [29]. | 81 |
| Figura 82 – Aspecto típico de uma turbina a gás. | 81 |

| | |
|--|-----|
| Figura 83 – <i>Layout</i> típico de uma central de cogeração com turbina a gás [48]. | 82 |
| Figura 84 – Processo típico do funcionamento de um circuito de turbina a vapor e correspondente evolução no diagrama Temperatura-Entropia. | 82 |
| Figura 85 – Esquema típico de uma central de cogeração com turbina de vapor [48]. | 83 |
| Figura 86 – Esquema dos quatro tempos de um motor alternativo [47]. | 83 |
| Figura 87 – Evolução do ciclo Otto. | 84 |
| Figura 88 – Sequência de funcionamento de um motor Diesel [47]. | 84 |
| Figura 89 – Evolução do ciclo Diesel. | 85 |
| Figura 90 – <i>Layout</i> típico de uma central de cogeração com tecnologia de motores alternativos [48]. | 85 |
| Figura 91 – <i>Layout</i> típico de uma central de cogeração de ciclo combinado [48]. | 86 |
| Figura 92 – Interior de uma lâmpada fluorescente (©2001 HowStuffWorks). | 88 |
| Figura 93 – Interior de uma CFL (©2001 HowStuffWorks). | 88 |
| Figura 94 – Iluminação LED. | 89 |
| Figura 95 – Comparativo entre tecnologias de iluminação [37]. | 89 |
| Figura 96 – Perspectiva 3D da fachada principal dos edifícios do Bloco Central, Cirurgia Cardiorádica e Hospital de S. Jerónimo. | 96 |
| Figura 97 - Esquemas de princípio dos depósitos de gelo [32]. | 138 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Reservas Mundiais das três principais fontes de energia fóssil no fim de 2009 [1]. ... | 3 |
| Tabela 2 – Principais características entre tecnologias [12] [20] [18](adaptado das fontes). | 13 |
| Tabela 3 – Resumo de características e custos operacionais das várias tecnologias [21]. | 14 |
| Tabela 4 – Dados climáticos para a cidade de Coimbra..... | 15 |
| Tabela 5 – Principais características dos HUC. | 16 |
| Tabela 6 – Horários de funcionamento diário. | 18 |
| Tabela 7 - Custo médio consoante o período horário entre 2008 e 2010. | 20 |
| Tabela 8 – Especificações técnicas das caldeiras. | 25 |
| Tabela 9 – Propriedades térmicas do vapor..... | 26 |
| Tabela 10 – Pressão de serviço do vapor. | 28 |
| Tabela 11 – Consumo diário médio de combustível em 2010. | 29 |
| Tabela 12 – Custo total anual de produção de vapor. | 29 |
| Tabela 13 – Principais características dos <i>Chiller</i> dos HUC..... | 29 |
| Tabela 14 – Dados meteorológicos registados nos dias 23 e 24 de Maio de 2010 [23]..... | 32 |
| Tabela 15 – Consumo energético médio para o grupo de arrefecimento. | 32 |
| Tabela 16 - Custo do consumo energético do grupo de arrefecimento dos HUC | 33 |
| Tabela 17 - Resumo dos custos anuais de operação do grupo de arrefecimento..... | 33 |
| Tabela 18 - Número de lâmpadas nos vários edificios dos HUC..... | 34 |
| Tabela 19 - Potência instalada por área útil de pavimento dos HUC..... | 35 |
| Tabela 20 - Peso de cada tipologia conforme parâmetro. | 36 |
| Tabela 21 – Quadros eléctricos de cada zona do Bloco Central dos HUC | 38 |
| Tabela 22 - Planeamento das leituras efectuadas no serviço de urgência. | 41 |
| Tabela 23 - Potências nominais térmicas necessária para o novo grupo de arrefecimento dos HUC. | 45 |
| Tabela 24 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do chiller 2 na estação de arrefecimento..... | 45 |

| | |
|---|----|
| Tabela 25 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do chiller 1 na estação de arrefecimento..... | 45 |
| Tabela 26 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do chiller 2 na estação de aquecimento. | 46 |
| Tabela 27 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do chiller 1 na estação de aquecimento. | 46 |
| Tabela 28 - Resumo de Consumos Energéticos Totais Anuais..... | 47 |
| Tabela 29 - Custos de manutenção anuais..... | 47 |
| Tabela 30 - Custos de Operação Totais Anuais. | 47 |
| Tabela 31 - Resultados da análise económica para o cenário 1. | 48 |
| Tabela 32 - Resultados da análise económica para o cenário 2. | 49 |
| Tabela 33 - Parcelas de investimento e proveitos dos intervenientes | 50 |
| Tabela 34 - <i>Cash flows</i> da ESCO durante o contrato..... | 51 |
| Tabela 35 - <i>Cash flows</i> dos HUC durante o contrato..... | 51 |
| Tabela 36 - Propriedades do Gás Natural..... | 52 |
| Tabela 37 – Características principais do gerador alternativo..... | 52 |
| Tabela 38 – Regime de funcionamento e produção energética anual. | 54 |
| Tabela 39 - Regime de funcionamento anual do chiller de absorção..... | 54 |
| Tabela 40 - Proveitos anuais da venda de energia..... | 55 |
| Tabela 41 - Custo anual com O&M | 55 |
| Tabela 42 - Custo com combustível..... | 55 |
| Tabela 43 - Balanço anual..... | 56 |
| Tabela 44 – Valor do investimento do sistema. | 56 |
| Tabela 45 - Resultados da análise económica. | 56 |
| Tabela 46 – Valor da poupança de energia primária..... | 56 |
| Tabela 47 - Rendimento global da instalação de cogeração | 57 |
| Tabela 48 – Comparativo de emissões de CO ₂ | 57 |
| Tabela 49 - Principais características da turbina a gás..... | 57 |
| Tabela 50 – Valores anuais do resultado da operação..... | 59 |
| Tabela 51 – Poupança de energia Primária. | 59 |
| Tabela 52 – Parcelas de investimento e proveitos de ambos intervenientes. | 61 |
| Tabela 53 - <i>Cash Flows</i> da ESCO durante o contrato..... | 61 |
| Tabela 54- <i>Cash flows</i> dos HUC durante o contrato..... | 62 |
| Tabela 55 – Valores de COP típicos | 72 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 56 – Comparativo entre tecnologias de arrefecimento. | 72 |
| Tabela 57 – Comparação entre fluidos de transferência de calor..... | 76 |
| Tabela 58 – Áreas úteis do edifício Bloco Central (m ²)..... | 93 |
| Tabela 59 - Áreas úteis do edifício de S. Jerónimo (m ²)..... | 94 |
| Tabela 60 - Áreas úteis do edifício de Cirurgia Cardiorácica (m ²)..... | 94 |
| Tabela 61 - Área útil de pavimento consoante a categoria de serviço. | 95 |
| Tabela 62 - Quantidade de fuelóleo consumido, respectiva energia primária equivalente e custo total anual..... | 101 |
| Tabela 63 – Consumos totais anuais de energia eléctrica e correspondente energia primária equivalente. | 101 |
| Tabela 64 – Estatísticas Hospitalares dos HUC | 103 |
| Tabela 65- Indicadores de consumo específico..... | 104 |
| Tabela 66 - Propriedades do fuelóleo utilizado nos HUC..... | 105 |
| Tabela 67 – Poder calorífico inferior e factor de emissão para o fuelóleo..... | 105 |
| Tabela 68 – Factores de conversão para a energia eléctrica..... | 105 |
| Tabela 69 - Consumo de vapor num típico mês da estação de arrefecimento | 106 |
| Tabela 70 - Consumo de vapor num típico mês da estação de aquecimento. | 107 |
| Tabela 71 – Custo e consumo médio mensal no ano de 2010..... | 108 |
| Tabela 72 – Valores empíricos para os custos das etapas | 108 |
| Tabela 73 – Propriedades da água..... | 109 |
| Tabela 74 – Características do vapor antes de passar no permutador das AQS..... | 110 |
| Tabela 75 – Custos de operação e manutenção da produção de vapor | 111 |
| Tabela 76 – Condições normais de funcionamento..... | 111 |
| Tabela 77 - Distribuição do custo eléctrico para o grupo de arrefecimento dos HUC..... | 118 |
| Tabela 78- Dados retirados do grupo de arrefecimento dos HUC. | 119 |
| Tabela 79 - Consumo típico diário do grupo de arrefecimento consoante a estação do ano..... | 120 |
| Tabela 80 – Levantamento da iluminação no edifício do bloco central dos HUC..... | 121 |
| Tabela 81 - Potência típica da iluminação do Bloco Central (excepto zona das Urgências). ... | 123 |
| Tabela 82 – Iluminação do serviço de urgência | 124 |
| Tabela 83 – Levantamento da iluminação no edifício da Cirurgia Cardiorácica | 124 |
| Tabela 84 - Potência e número de luminárias do edifício da Cirurgia Cardiorácica..... | 125 |
| Tabela 85 - Levantamento da iluminação no edifício do Hospital de S. Jerónimo..... | 125 |
| Tabela 86 - Potência e quantidade de luminárias no edifício Hospital de S. Jerónimo. | 125 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 87 - Carga de iluminação conforme a tipologia. | 131 |
| Tabela 88 - Consumo anual da iluminação por categoria de serviço. | 132 |
| Tabela 89 - Dados do Fabricante dos depósitos do banco de gelo [32](adaptado da fonte) | 136 |
| Tabela 90 - Consumo e custos energéticos da operação do chiller 2 em 24 horas na estação de arrefecimento..... | 139 |
| Tabela 91 - Consumo e custos energéticos da operação do chiller 1 em 24 horas na estação de arrefecimento..... | 140 |
| Tabela 92 - Consumo e custos energéticos da operação do chiller 2 em 24 horas na estação de aquecimento. | 141 |
| Tabela 93 - Consumo e custos energéticos da operação do chiller 2 em 24 horas na estação de aquecimento. | 142 |
| Tabela 94 - Horário do ciclo semanal para consumidores em média, alta e muito alta tensão para Portugal continental [42]..... | 145 |

1 Introdução

Na actual conjuntura mundial, a energia é vital para o funcionamento da sociedade tal como a conhecemos. De um modo geral, todo o tipo de actividade necessita de energia sobre as mais variadas formas.

Na área da saúde, mais concretamente nos hospitais, a necessidade de tratamentos e equipamentos progressivamente mais sofisticados, traz consigo um acréscimo nas necessidades energéticas. Paralelamente, o consumo de energia num hospital constitui uma parte considerável do seu orçamento pelo que merece ser objecto de estudo.

A intervenção por parte de uma Empresa de Serviços Energéticos (*Energy Service Company*, ESCO) é de grande interesse, tanto para um hospital, como para o mercado de energia. Neste sentido, o presente trabalho irá projectar uma intervenção do tipo ESCO nos Hospitais da Universidade de Coimbra. O principal objectivo é conhecer os principais vectores energéticos dos HUC, de maneira a propor um possível contrato de *performance* de modo a melhorar a eficiência energética. Assim, serão analisados diversos cenários, para armazenamento térmico recorrendo a um sistema de bancos de gelo e para a produção combinada de energia (trigeração).

1.1 Estrutura do Trabalho

O trabalho encontra-se dividido em três secções distintas. A primeira parte contém um enquadramento teórico (capítulo 2) que situa o trabalho e introduz alguns conceitos posteriormente utilizados. Começará por referir-se a actual situação do consumo energético mundial, de um modo simples, com o objectivo de clarificar algumas noções e introduzir a poupança energética como medida de atenuação do aumento do preço dos combustíveis. De seguida, é apresentado o conceito de ESCO e são abordados os principais aspectos deste tipo de negócio, nomeadamente, os tipos de contractos de *performance* e os modos de actuação. O enquadramento termina com a apresentação de algumas das soluções mais comuns que se encontram numa intervenção ESCO.

Depois, na segunda parte (capítulo 3), são apresentados os HUC e as características mais importantes que compõem os seus edifícios, bem como o funcionamento de cada um. Efectua-se, ainda, o levantamento das necessidades energéticas globais dos HUC, sendo efectuada uma análise de custo/consumo de combustível e energia eléctrica, de modo a caracterizar a evolução e os índices do consumo energético. De seguida, é efectuada uma desagregação dos consumos energéticos, onde é descrito o modo de utilização da energia adquirida pelos HUC para a produção de vapor e água gelada e para a iluminação e equipamentos. Por fim, são apresentados os resultados das leituras

da energia eléctrica efectuadas, onde se procura definir a influência da iluminação e dos equipamentos no consumo energético diário dos HUC.

Por fim, no capítulo 4, são avaliados os cenários propostos como soluções a incluir num hipotético contrato de performance a celebrar entre a ESCO e os HUC; apresentam-se quatro casos de estudo focados em tecnologias de transformação térmica, duas para a energia térmica de arrefecimento e outras duas para aquecimento.

No capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho realizado e propostas de trabalhos futuros.

2 Enquadramento

2.1 Paradigma Energético

O actual estado da economia mundial apresenta-se muito volátil, o custo dos combustíveis fósseis apresenta uma tendência para aumentar nos próximos anos, o que tem levado várias nações a uma corrida às fontes alternativas e/ou renováveis de energia. Com o crescimento das economias emergentes (países BRIC¹), o consumo energético em grande escala por parte destas nações acompanha a mesma tendência.

No ano de 2009, as reservas de combustíveis fósseis eram as representadas na tabela 1.

Tabela 1 – Reservas Mundiais das três principais fontes de energia fóssil no fim de 2009 [1].

| | | |
|-------------|--------|----------------------------|
| Carvão | 826001 | Milhões de toneladas |
| Petróleo * | 1476,4 | Biliões de toneladas |
| Gás Natural | 187,49 | Triliões de metros Cúbicos |

* Inclui reservas de areias betuminosas Canadianas.

Hoje em dia, o consumo mundial *per capita* é estimado em cerca de 1,8 toneladas equivalentes de petróleo (tep), por ano, com um crescimento de 0,3% ao ano [2].

A figura 1 representa o consumo de energia primária *per capita*, a nível mundial, onde é notório o crescimento do consumo energético médio por cada habitante a nível mundial.

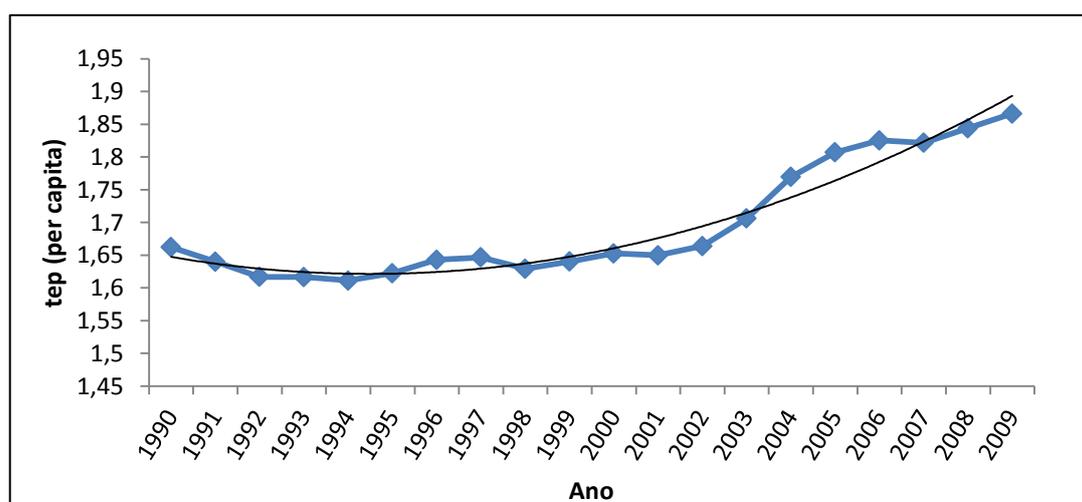


Figura 1 – Consumo mundial de energia primária *per capita*.

¹ Brasil, Rússia Índia e China.

A disponibilidade e viabilidade económica na prospecção das fontes fósseis não é a mesma entre elas, daí que exista uma certa preferência por algumas em detrimento de outras, contudo também se terá que ter em conta o impacto ambiental que cada uma tem.

A figura 2 refere-se à evolução do consumo mundial de energia primária final, entre 1971 e 2008 [3].

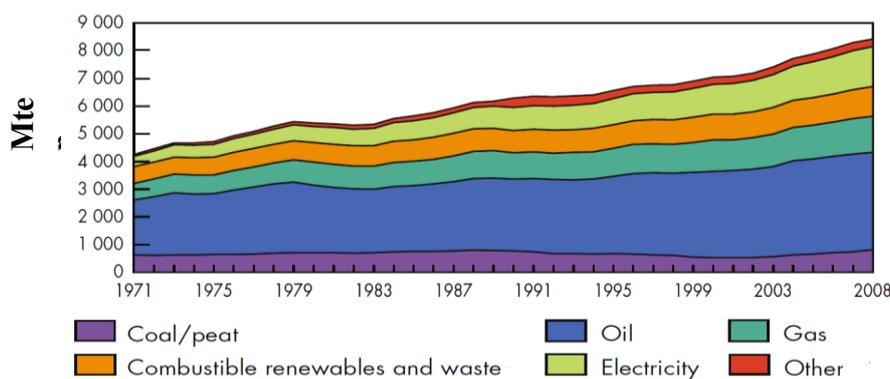


Figura 2 – Evolução do consumo mundial por fonte de energia [3].

É esperado um crescimento da ordem dos 35% na procura mundial de energia sendo os principais intervenientes nesse aumento apresentados na figura 3.

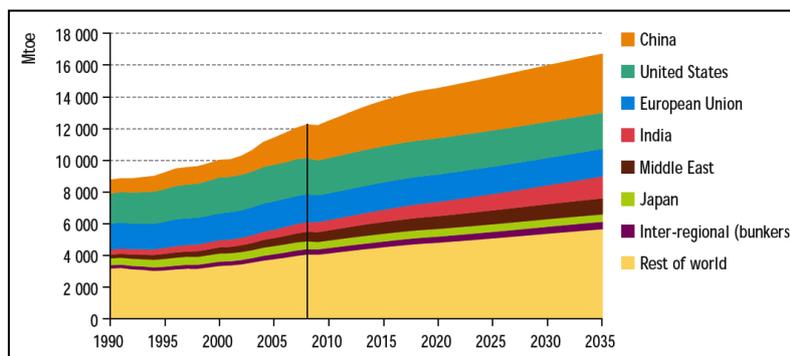


Figura 3 – Previsão da procura mundial [2].

O carvão continua a ser o recurso mais abundante e barato, mas também o mais poluente, daí que a sua utilização não seja tão massificada como há uns anos atrás.

A termodinâmica explica o porquê de só ser possível aproveitar cerca de metade de toda a energia consumida pela humanidade (Segunda Lei da Termodinâmica). É na eficiência dos processos e equipamentos e na formação da sociedade que existe espaço para desenvolver políticas e estratégias, que minimizem este impacto [4].

A gestão de energia torna-se parte do processo de transformação, com forte impacto no custo e gestão da actividade. Uma análise cuidada dos consumos energéticos e processos de transformação da instalação, tendo sempre como objectivo a economia de energia, terá cada vez mais de ser o *modus operandi* para uma mais correcta e eficiente utilização da energia com as consequentes reduções nos custos de operação.

Recentemente, a Comunidade Europeia elaborou um conjunto de medidas [5], com o objectivo de reduzir o consumo de energia primária em 20%, o que representa cerca de 390Mtep, até 2020. Estas medidas foram aprovadas a 17 de Dezembro de 2008 e são vulgarmente conhecidas como a directiva dos “três vintes”.

Panorama Nacional

Em Portugal, a distribuição do consumo energético por sector de actividade foi, em 2009, a representada na figura 4, sendo que os hospitais se inserem no sector dos serviços.

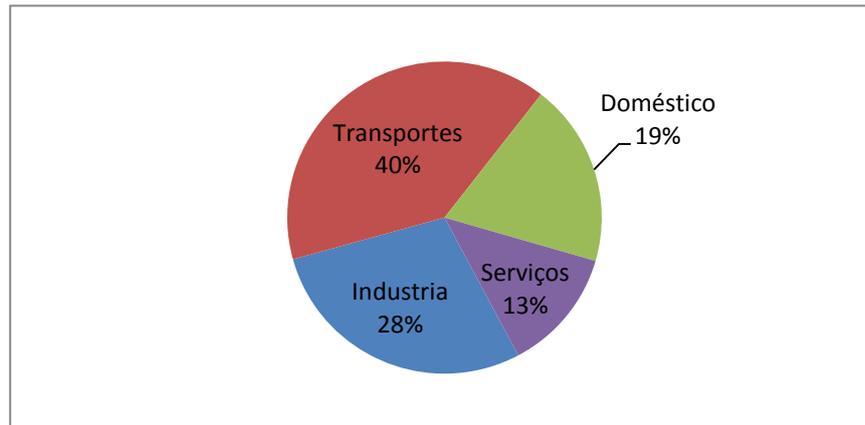


Figura 4 – Consumo de energia primária final por sector [54].

Considerando o grupo dos serviços o consumo específico em 2009 foi o representado na figura 5. Note-se que o consumo dos serviços hospitalares é dos mais elevados representando cerca de 7% do total do consumo específico por área útil.

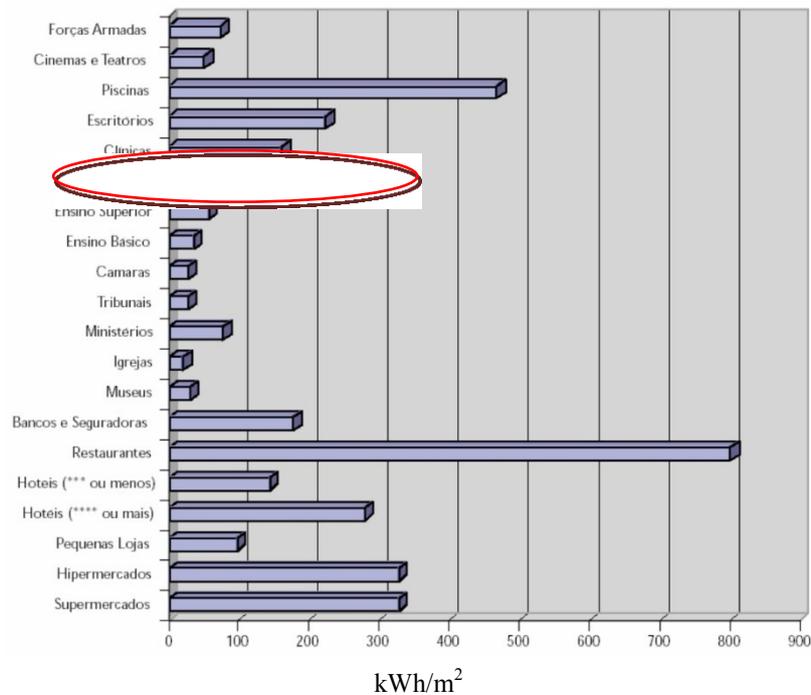


Figura 5 - Consumo específico por área útil de pavimento [54].

Energia no Sector da Saúde

Tal como se pode ver, os hospitais são grandes consumidores de energia sob diversas formas. Para além de possuírem necessidades de iluminação, aquecimento e arrefecimento durante praticamente 24 horas por dia, necessitam também de grandes quantidades de energia para outros serviços (ventilação, esterilização, lavandaria e restauração) [6]. Ainda que exista um grande potencial de redução de consumos, a sua implementação está fortemente condicionada pelo investimento que a maioria das soluções acarreta.

Nas figuras 6 e 7 estão representados os consumidores finais de energia de um hospital típico dos EUA e do norte da Europa, respectivamente.

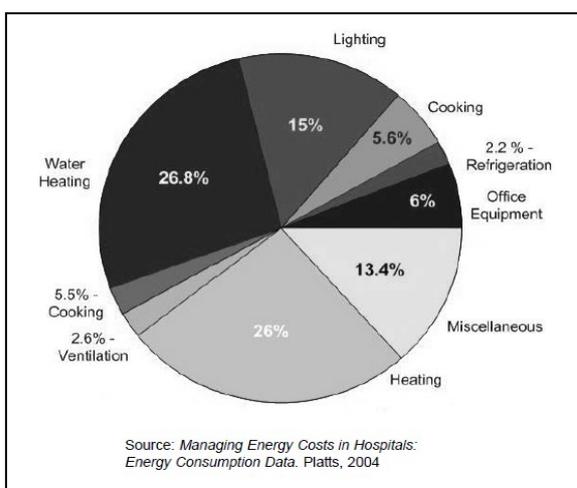


Figura 6 – *Energy Benchmarking* de um Hospital típico dos EUA [6].

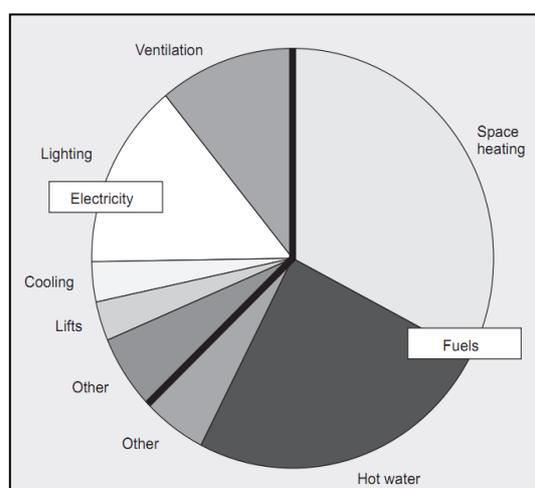


Figura 7 – *Energy Benchmarking* de um Hospital típico Europeu [43].

2.2 Modelo ESCO

As primeiras empresas a fornecerem serviços de energia aplicando o conceito de Empresas de Serviços Energéticos (ESE) ou *Energy Service Company* (ESCO), apareceram na Europa, mais concretamente em França, no século IX (Dupont and Adnot, 2004, in [7]). O conceito atravessou o Atlântico, chegando aos Estados Unidos da América, onde teve o seu “boom” no século XX com empresas a oferecerem serviços integrados de energia.

Inicialmente, a área com maior incidência deste tipo de empresa na Europa era o mercado de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), onde a intervenção era específica, junto dos construtores e instaladores desses equipamentos. Hoje em dia, as áreas de actuação são de tal maneira diversificadas que é possível encontrar o modelo ESCO em praticamente todos os sectores e actividades transformadoras e consumidoras de energia [8].

2.2.1 Definição

A directiva 2006/32/CE, vulgarmente conhecida por *Energy Service Directive*, veio uniformizar as definições principais sobre a utilização final, a eficiência e os serviços de energia. Nesse documento, são estabelecidas as seguintes terminologias, no que se referente ao universo das ESCOs:

Empresas de Serviço de Energia (ESCO) – é uma entidade singular ou colectiva que fornece serviços de energia e/ou serviços de eficiência energética numa dada instalação ou processo, assumindo parte do risco financeiro que daí advêm. O pagamento dos serviços prestados é estipulado previamente pelo contrato de performance (EPC), baseando-se no todo ou em parte das poupanças obtidas com a implementação das medidas de eficiência energética que também fazem parte desse mesmo contrato.

Contrato de Performance Energético (Energy Performance Contracting, EPC) – é o contrato de performance acordado previamente entre os intervenientes - o beneficiário (cliente) e o fornecedor (ESCO) -, sobre a implementação de medidas com vista à eficiência energética; também é descrito o tipo de financiamento e pagamento pelos serviços prestados, onde geralmente é tido em conta o nível de desempenho ou sucesso das medidas estabelecidas;

Acordo de Financiamento Externo (Third-Party Financing, TPF) – é um acordo contratual que envolve uma terceira entidade, que fornece total ou parcialmente o investimento inicial para a implementação das medidas do EPC; podendo obter uma parcela da poupança conseguida pelas medidas acordadas, esta terceira entidade poderá ser a própria ESCO ou uma outra entidade (p.e. Banco).

Também nesse documento é definido um outro conceito de empresa de serviço de energia:

Empresa Prestadora de Serviços de Energia (Energy Service Provider Company, ESPC) - é um tipo de entidade que difere da ESCO por ser uma entidade que fornece um serviço de energia a um taxa fixa ou como incremento ao fornecimento de energia. Este tipo de actuação, liberta o fornecedor do serviço de energia de qualquer responsabilidade caso não se verifique o sucesso das medidas implementadas.

2.2.2 Principais Vantagens

As vantagens associadas ao modelo ESCO dependem do tipo de contrato estabelecido entre beneficiário e cliente. Em todo o caso, as duas grandes mais-valias são:

- **Risco partilhado entre ambos os intervenientes:** quanto melhor for o desempenho da ESCO, mais eficiente se torna o processo de consumo energético, que resulta, inevitavelmente, na redução da factura energética para o cliente;
- **As empresas ESCO fornecem um gama bastante alargada de serviços,** desde a concepção, financiamento, instalação, operação, manutenção e monitorização, o que permite ao cliente focar-se na sua principal actividade de negócio.

ESCO no Mundo

Nos Estados Unidos da América (EUA), o mercado ESCO cresceu cerca de 7% ao ano, entre 2006 e 2008, movimentando cerca de 2,8 mil milhões de euros (4,1 biliões de dólares) e é expectável que aumente o volume de negócios em cerca de 50% (previstos entre \$7,1 e \$7,3 biliões). Ainda nos EUA, a actuação das ESCO no sector público e institucional, representava 84% do volume de negócio verificados no ano de 2008, demonstrando assim a vontade e aposta na eficiência energética [9].

Na Europa, é esperado um crescimento do mercado das ESCOs de cerca de 7% entre 2010 e 2016, o que representa um volume de negócio da ordem dos €18,4 mil milhões (\$26,7 biliões) [8] [10].

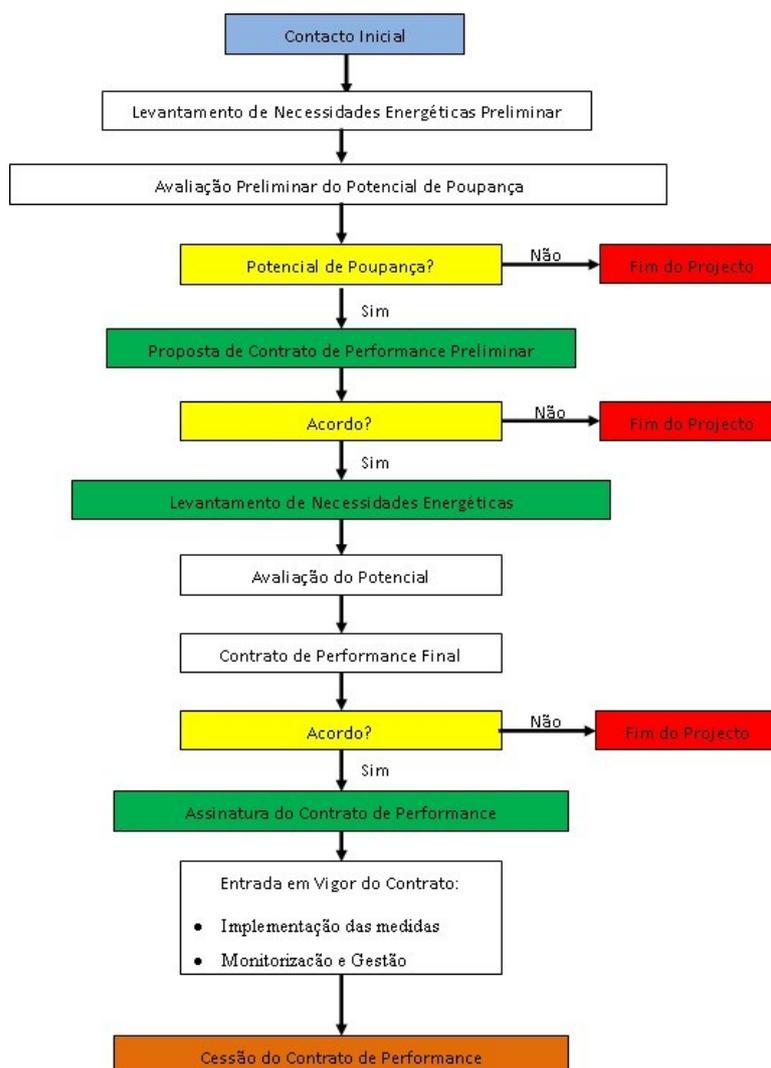
Países como a Alemanha, França, Reino Unido, Espanha e Itália apresentam os maiores mercados, destacando-se dos restantes países membros.

2.2.3 Situação em Portugal

Portugal situa-se num patamar onde ainda existe alguma dificuldade na proliferação deste modelo, apesar do elevado potencial, existindo um longo caminho a percorrer. Em 2009, existiam cerca de 10-12 empresas identificadas como ESCO, a maioria de pequena dimensão e subsidiárias de grandes corporações nacionais ou multinacionais. Algumas nasceram de parcerias público-privadas e apresentavam, como actividade principal, a aplicação do conceito ESCO [8].

2.2.4 Modo de Actuação

O modo de actuação deste tipo de empresas passa por um levantamento das necessidades energéticas de um determinado processo, onde se caracteriza todo o processo de transformação energética. Findo este processo, são apresentadas soluções técnicas adequadas, acompanhadas de um estudo económico/financeiro. Desse estudo nasce o contrato de performance a ser acordado entre ambas as partes. O financiamento das alterações pode, ou não, depender da intervenção de um terceiro agente financeiro. Geralmente, a ESCO assume todos os riscos ligados à realização do projecto, dado que o seu lucro é obtido mediante a poupança conseguida ao longo do período a que o contrato diz respeito. Cessado o contrato, a exploração é totalmente transferida para o cliente, podendo continuar parcialmente sob a alçada da ESCO, p.e., nas questões de manutenção e exploração. Seguidamente é apresentado um fluxograma com a metodologia típica de actuação de uma ESCO.



2.2.5 Tipos de contractos de Performance

Os contractos de performance são distinguidos consoante o tipo de financiamento a que a operação se vai efectuar. Estes podem ser, geralmente, de dois tipos [11], ou a garantia de poupança económica, ou a partilha de poupança económica.

Garantia de poupança económica

No modelo de garantia de poupança económica fixa (*Guaranteed Savings*), a ESCO garante sempre a mesma poupança ao cliente; este método geralmente apresenta um maior risco para a ESCO, dado que caso os custos da energia aumentem ou não se verifique a poupança contratualizada, a ESCO terá de compensar de modo a manter o valor contratualizado. Na figura 8 apresenta-se um exemplo deste tipo de contrato, ao longo do período em que este se encontra em vigor. O conjunto da zona A (zona verde) e B (zona vermelho) correspondem aos proveitos resultantes da intervenção ESCO. Para este modelo, caso não se verifique o nível de poupança desejado, a ESCO poderá ter

lucro zero (como exemplificado no quarto e décimo ano de contrato) ou até mesmo prejuízo.

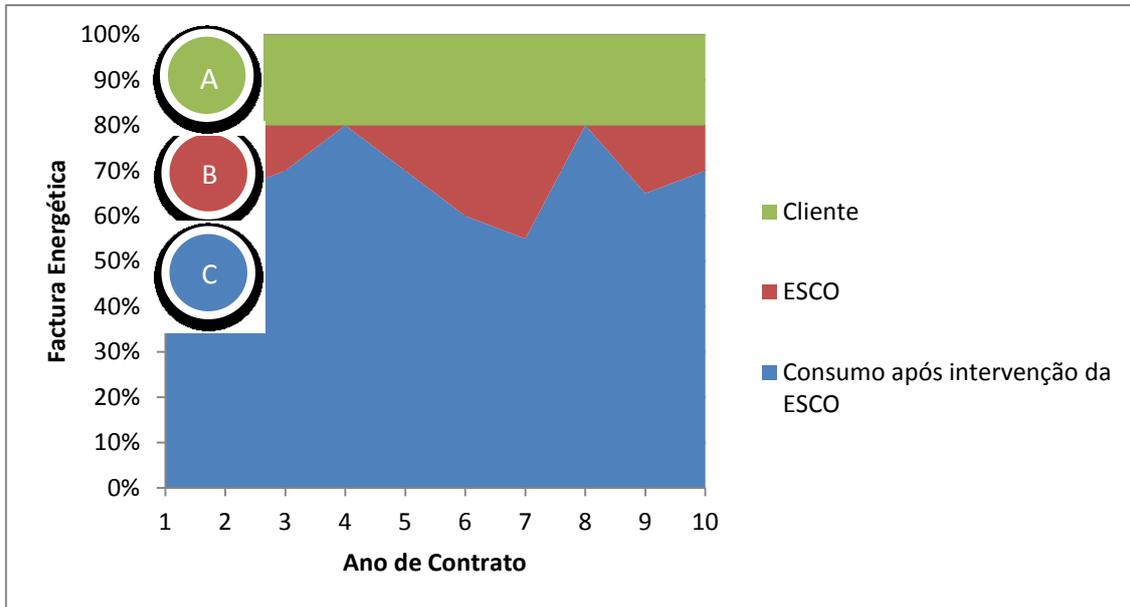


Figura 8 – Exemplo de um modelo de contrato Guaranteed Savings.

Partilha de poupança económica

No modelo de partilha de poupança económica (*Shared Savings*), os proveitos da poupança são repartidos de acordo com um valor percentual estipulado a quando do contrato. Este tipo de contrato apresenta uma certa vantagem para a ESCO, dado que o risco é partilhado por ambos (cliente e ESCO). A figura 9 representa a evolução de um contrato deste tipo, onde é notório que independentemente do nível de poupança atingido, os proveitos serão sempre repartidos (com base num valor estabelecido previamente).

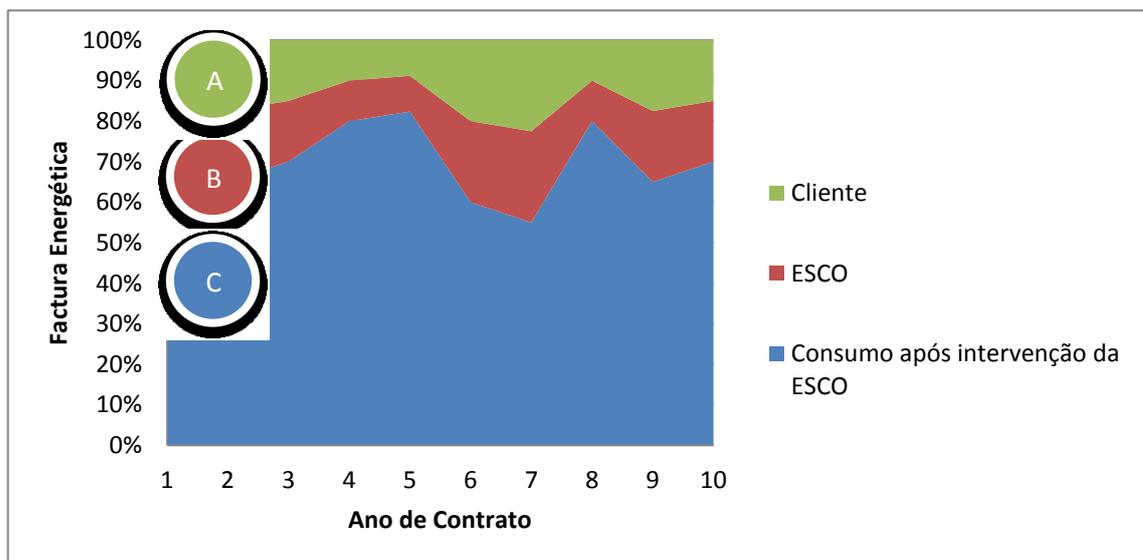


Figura 9 – Exemplo de um modelo de contrato Shared Savings.

2.3 Medidas de Conservação de Energia

As medidas de conservação de energia (MCE), são medidas que podem ser aplicadas desde a estrutura do edifício até um equipamento ou comportamento específico. Encontra-se no Anexo A uma descrição das medidas e tecnologias mais frequentes aplicadas à envolvente do edifício e aos equipamentos eléctricos do edifício [12].

Seguidamente são apresentados alguns dos equipamentos onde é mais comum aplicar uma MCE.

Equipamento de Arrefecimento

Os principais equipamentos utilizados para arrefecimento são denominados por *chillers* e podem ser de dois tipos: *chillers* de compressão e *chillers* de absorção.

Os *chillers* de compressão são equipamentos que realizam o ciclo termodinâmico com recurso a um compressor. Quanto aos *chillers* de absorção, estes absorvem calor de uma fonte quente, operando segundo um processo quase exclusivamente termodinâmico, pois é necessário fornecer energia mecânica para fazer circular os fluidos intervenientes neste sistema.

Caldeiras

As caldeiras são equipamentos que fornecem energia térmica a um fluido através da combustão de um combustível [13]. Podem ser classificadas de diversas formas, desde o tipo de combustível utilizado ao tipo de escoamento dos gases de escape. Estes equipamentos são os principais responsáveis pelo fornecimento de energia térmica de aquecimento numa instalação.

Instalações de Vapor

Numa instalação deste tipo, o vapor é utilizado como fluido de transporte de energia térmica ou cinética, consoante as necessidades do consumidor [14].

O vapor é produzido numa caldeira e transportado para os diversos sectores de consumo. Este tipo de instalação encontra-se com bastante frequência nos hospitais, sendo obrigatórias no caso de este possuir uma lavandaria [15] [16].

A maior parte da energia é armazenada sob a forma de calor latente, o que faz com que seja possível armazenar e transferir grandes quantidades de calor.

Sistemas de Armazenamento Térmico

Um sistema de armazenamento térmico (*Thermal Energy Storage*, TES) é um sistema de armazenamento temporário de energia térmica (aquecimento ou arrefecimento) [12] [17].

Os sistemas TES podem servir para armazenar energia térmica a altas temperaturas (superiores a 20°C) ou a baixas temperaturas (inferiores a 20°C) [12]; no presente trabalho serão abordadas soluções para o armazenamento a baixas temperaturas (arrefecimento).

Actualmente, os sistemas TES têm demonstrado ser uma mais-valia na gestão de energia. Este tipo de sistema possibilita uma redução nos custos de operação dado que permite produzir energia útil fora das horas em que ela se apresenta mais cara².

O sistema mais simples consiste num reservatório onde se encontra um fluido (geralmente água) ao qual é fornecida energia para, posteriormente, ser aproveitada.

Sistemas Combinados de Energia

Os Sistemas Combinados de Energia (ou *Combined Heat and Power Systems*, CHP) surgem como uma alavanca para a minimização das perdas energéticas que resultam do processo de transformação, possibilitando a conversão da energia do combustível em energia mecânica e térmica [4]. Estes sistemas, são também conhecidos como cogeração ou trigeração, dependendo da utilização final do aproveitamento térmico.

Numa configuração típica de uma instalação transformadora de energia eléctrica, a energia do combustível é tipicamente repartida conforme representado na figura 10.

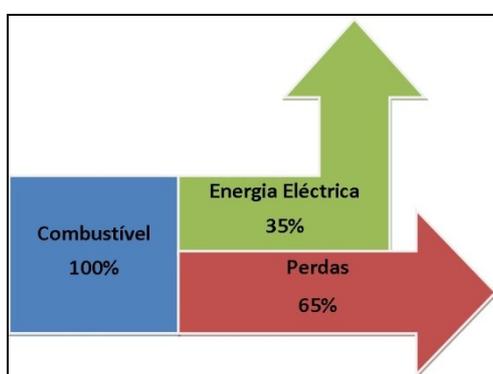


Figura 10 – Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação de energia eléctrica [46].

Numa instalação de trigeração é efectuado o aproveitamento de parte das perdas térmicas que resultam do processo de transformação, assim, a repartição da energia contida no combustível passa a ser a representada na figura 11.

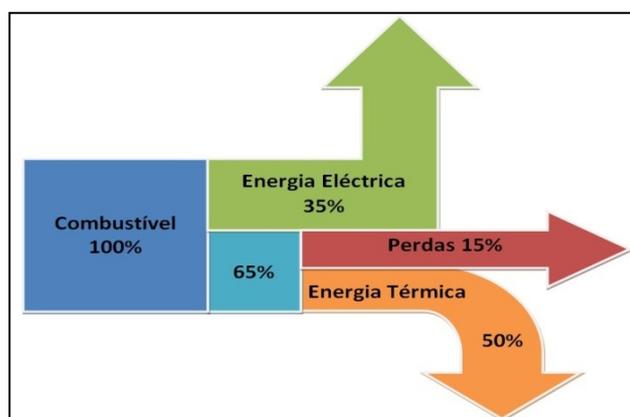


Figura 11 – Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação com cogeração [46].

² Os horários de facturação da rede eléctrica são definidos pela *Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, ERSE*, e encontram-se no Anexo U.

A classificação dos sistemas combinados é geralmente caracterizada conforme o tipo de energia prioritária e a máquina térmica que utilizam, sendo divididas em duas categorias: de ciclos de topo e de ciclos de fundo [18]. Quanto à máquina térmica utilizada para a produção combinada, estas podem ser: motores de combustão interna (ciclo Otto ou Diesel), turbinas a gás, turbinas a vapor ou pilhas de combustível.

Comparativo de Tecnologias de Sistemas Combinados

Para a selecção da tecnologia de sistemas combinados, é necessário ter em conta o tipo de instalação e necessidades a que se querem corresponder. Não existe uma tecnologia superior às demais, existem sim tecnologias que se enquadram melhor em determinada situação do que outras.

Alguns factores que se deverão ter em conta são [12] [19] (adaptado das fontes):

- As necessidades energéticas totais da instalação, bem como o intervalo de tempo em que se regista o máximo e mínimo;
- A prioridade das necessidades;
- A rapidez de resposta exigida;
- A conjuntura em torno do mercado de combustíveis (preço, *stocks*, etc.);
- A disponibilidade comercial dos diversos equipamentos;
- A facilidade e qualidade da manutenção;
- O espaço disponível para a instalação;
- O tempo de instalação das diversas tecnologias (casos das conversões);
- O impacto ambiental e social (pegada ecológica, ruído, segurança);
- Os custos associados a cada uma das possíveis escolhas.

Nas tabelas 2 e 3, estão apresentadas as principais vantagens e desvantagens que cada tecnologia possui a nível geral e a nível de características e custos operacionais, respectivamente.

Tabela 2 – Principais características entre tecnologias [12] [20] [18](adaptado das fontes).

| Tipo de tecnologia | Vantagens | Desvantagens |
|---|---|---|
| Turbinas a gás | <ul style="list-style-type: none"> • Elevada fiabilidade; • Baixo nível de emissões poluentes e vibrações; • Não necessitam de sistemas de arrefecimento; • Disponibilizam calor a elevadas temperaturas, normalmente entre 500 °C a 600°C; • Manutenção simples e rápida; • Arranque rápido. | <ul style="list-style-type: none"> • Rendimento reduzido em funcionamento a carga parcial; • Operação com gás a alta pressão; • Potência de saída diminui com o aumento da temperatura ambiente; • Menor eficiência em processos com poucas necessidades térmicas; • Limitação no tipo de combustível. |
| Turbinas de vapor em contrapressão | <ul style="list-style-type: none"> • Rendimento global elevado; • Possibilidade de operação com diversos tipos de combustível; • Disponibilizam calor a temperaturas muito elevadas; • Elevada fiabilidade; • Tempo de vida útil elevado. | <ul style="list-style-type: none"> • Rendimento eléctrico baixo; • Arranque lento. |
| Motores alternativos | <ul style="list-style-type: none"> • Bom desempenho em funcionamento a carga parcial; • Rendimento eléctrico elevado; • Arranque rápido; • Operação com gás a baixa pressão; • Dois níveis de temperatura: gases de escape e arrefecimento do motor. | <ul style="list-style-type: none"> • Custos de manutenção elevados; • Apenas disponibilizam calor a baixas temperaturas; • Nível mais elevado de emissões poluentes; • Necessidade de refrigeração; • Ruído de baixa frequência. |

Tabela 3 – Resumo de características e custos operacionais das várias tecnologias [21].

| Tipo de tecnologia | Turbinas | | Motores Alternativos | |
|--|--|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | Gás | Vapor | Otto a Gás Natural | Diesel |
| Rendimento eléctrico | 15% - 35% | 10% - 40% | 22% - 40% | 25% - 45% |
| Rendimento térmico | 40% - 60% | 40% - 60% | 40% - 60% | 40% - 60% |
| Rendimento global | 60% - 85% | 60% - 85% | 70% - 80% | 70% - 85% |
| Potência típica (MWe) | 0,2 - 100 | 0,5 - 100 | 0,05 - 5 | 0,015 - 30 |
| Relação Pt ³ /Pe ⁴ | 1,25- 2 | 2 - 10 | 0,4 – 1,7 | 0,4 – 1,7 |
| Desempenho a carga parcial | Mau | Bom | Médio | Bom |
| Custo de Investimento (€/kWe) | 600 - 800 | 700 – 1.900 | 700 – 1.400 | 700 – 1.400 |
| Custos de Operação e Manutenção (€/MWh) | 2 - 7 | 3 | 7- 15 | 6- 12 |
| Intervalos de manutenção (h) | 30.000 – 50.000 | > 50.000 | 24.000 – 60.000 | 25.000 – 30.000 |
| Tempo de arranque | 10 min. – 1 h | 1h – 1dia | 10 seg. | 10 seg. |
| Pressão do Combustível (bar) | 8- 35 | - | 0,07 – 3,1 | < 0,35 |
| Ruído | Médio | Alto | Alto | Alto |
| Uso do calor | Água Quente, Vapor a alta pressão, Vapor a baixa pressão | Vapor a alta pressão, Vapor a baixa pressão | Água Quente, Vapor a baixa pressão | Água Quente, Vapor a baixa pressão |
| NO _x (kg/MWh total) | 0,2 - 2 | 0,9 | 0,5 | 1 - 14 |

Legislação Portuguesa

O Decreto-Lei n.º 23/2010 de 25 de Março estabeleceu o novo regime jurídico e remuneratório para a actividade de cogeração. Um dos parâmetros mais significativos é na remuneração da energia. Não existe legislação para o preço a que é transaccionada a energia eléctrica de uma central de cogeração, o preço de venda é acordado aquando do contrato de compra e venda entre o produtor (cogrador) e o cliente. Outro parâmetro importante é a introdução do índice de poupança de energia primária (PEP). Este índice, veio distinguir entre uma cogeração de elevada eficiência (PEP >10%) e uma cogeração eficiente (PEP <10%). A expressão (1) é a que permite calcular o valor de PEP.

$$PEP = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHP H\eta}{Ref H\eta} + \frac{CHP E\eta}{Ref E\eta}} \right] \times 100\% \quad (1)$$

³ Potência térmica.

⁴ Potência eléctrica.

3 Caso de Estudo: Hospitais da Universidade de Coimbra

3.1 Localização e Caracterização do Edifício

Localizados no distrito de Coimbra, a norte do centro da cidade, na freguesia de Santo António do Olivais, os Hospitais da Universidade de Coimbra, HUC, constituem um hospital geral, central e universitário. A sua acção assistencial é dirigida à população da região centro do país, possuindo várias referências regionais e nacionais em algumas especialidades médicas.



Figura 12 - Logótipo dos Hospitais da Universidade de Coimbra.

Os dados meteorológicos da cidade são os representados na tabela 4 [22] [23].

Tabela 4 – Dados climáticos para a cidade de Coimbra.

| Estação | Latitude | Longitude | Altitude | Zona Climática | | Temperatura média °C |
|------------------|----------|-----------|----------|----------------|----------------|-------------------------|
| | | | | Verão | Inverno | |
| Coimbra/Bencanta | 40°12'N | 8°27'W | 35 m | V ₂ | I ₁ | 15 |

Fazem parte dos HUC três edifícios, o Edifício Principal (alvo da análise), o Bloco de Celas, situado nas imediações do Edifício Principal, e a Clínica Obstétrica Dr. Daniel de Matos, localizada no centro da cidade de Coimbra. De referir que estes dois últimos edifícios são energeticamente independentes do Edifício Principal.

O Edifício Principal dos HUC está dividido em três blocos, nomeadamente, o Bloco Central, onde se situa o foco da actividade médica, o Hospital de S. Jerónimo, o edifício da Cirurgia Cardiorádica e a central térmica, inserindo-se este último no edifício do bloco central.

Na figura 13 apresenta-se uma vista em perspectiva do conjunto dos três edifícios em análise.

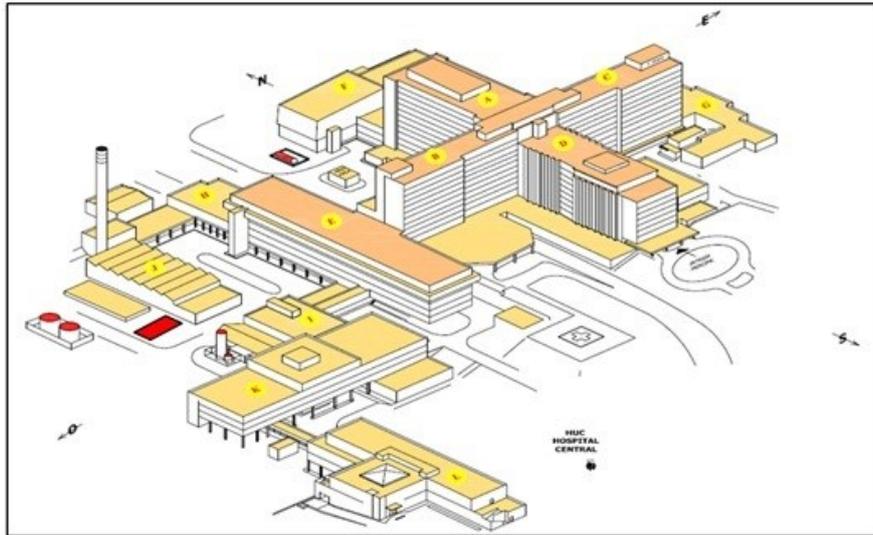


Figura 13 – Perspectiva 3D dos Hospitais da Universidade de Coimbra.

Foi efectuado um levantamento das áreas úteis de pavimento para o conjunto dos três blocos, com base nas plantas em CAD (*computer aided drawing*) [24], as quais se encontram na tabela 5, juntamente com o ano de inauguração de cada uma dos blocos.

Tabela 5 – Principais características dos HUC.

| Edifício | Ano de Inauguração | Identificação das Zonas | Área Útil de pavimento [m ²] |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|--|
| Bloco Central | 1987 | A, B, C, D, E, F, G, H, I, J | 99439 |
| Cirurgia Cardiorácica | 2002 | K | 7976 |
| Hospital de S. Jerónimo | 2000 | L | 6908 |

Na figura 14 estão visíveis as áreas referidas na tabela 5.

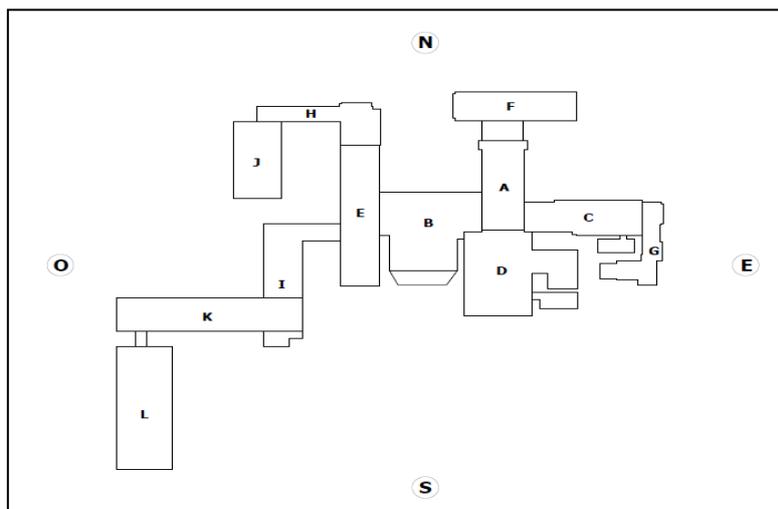


Figura 14 – Principais zonas dos HUC.

Para uma consulta mais pormenorizada, encontram-se no Anexo B as áreas diferenciadas por piso, zona e edifício a que correspondem. Do mesmo modo, pode consultar-se o Anexo C para obter informação detalhada sobre as características dos serviços destes blocos.

Categorias de Serviços

Foram definidas categorias típicas de serviços para os HUC, com o objectivo de agrupar serviços que apresentem comportamento semelhante, de modo a não tornar a análise demasiado complexa e extensa.

Assim, as categorias definidas são:

- Administrativas;
- Armazenamento;
- Bloco Operatório;
- Consultas;
- Casa Mortuária;
- Exames;
- Restauração;
- Internamento;
- Laboratórios;
- Lavandaria;
- Urgência;
- Zona Técnica.

A descrição de cada uma das presentes categorias é definida no Anexo D .

Distribuição de Serviços

Foi efectuado um levantamento da área útil dos HUC em análise, com base em cada piso de cada edifício de cada categoria, encontrando-se estes valores no Anexo B , que resultou numa área total aproximada de 100.000 m². A representatividade de cada categoria está representada na figura 15.

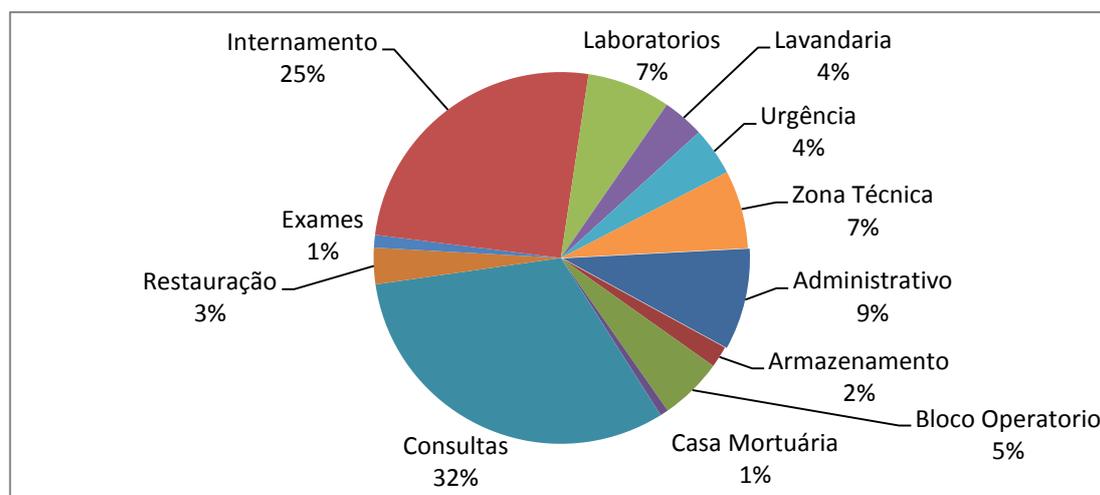


Figura 15 – Representatividade da área útil de cada categoria de serviços.

Conforme se pode observar, os serviços de internamento e de consultas representam mais de metade (57%) do total da área útil dos HUC.

Funcionamento de Serviços

Foram recolhidos, junto dos funcionários dos HUC, os horários de funcionamento dos serviços, apresentando-se na tabela 6 as horas de funcionamento diário de cada um. Para facilitar a análise assume-se que todos os serviços entram em funcionamento às oito horas (08:00).

Tabela 6 – Horários de funcionamento diário.

| Categorias | Dias de Semana ⁵ | Dias de Fim-de-semana ⁶ |
|------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| | horas | horas |
| Administrativo | 8 | 0 |
| Armazenamento | 10 | 0 |
| Bloco Operatório | 12 | 0 |
| Casa Mortuária | 24 | 24 |
| Consultas | 8 | 0 |
| Restauração | 24 | 24 |
| Exames | 12 | 0 |
| Internamento | 12 ⁷ | 12 ⁸ |
| Laboratórios | 10 | 0 |
| Lavandaria | 16 | 10 |
| Urgência | 12 | 12 |
| Zona Técnica | 10 | 0 |

3.2 Necessidades Globais de Energia

Os HUC necessitam de energia sob duas distintas formas para funcionar: energia eléctrica e fuelóleo. O fuelóleo é exclusivamente utilizado como combustível no processo de transformação do vapor. A energia eléctrica, não só é consumida directamente pelo hospital na iluminação e nos equipamentos, como também é necessária no processo de transformação da energia térmica, uma vez que o accionamento de bombas, ventiladores e alguns *chillers* é inteiramente realizado por motores eléctricos.

⁵ De segunda a sexta-feira.

⁶ Sábados e domingos.

⁷ O serviço de internamento nunca se encontra totalmente fora de serviço, pois existe sempre actividade metabólica; as 12 horas referem-se às horas de visita que é quando existe um maior movimento.

⁸ O serviço de internamento nunca se encontra totalmente fora de serviço, existe sempre actividade metabólica; as 12 horas referem-se às horas de visita que é quando existe um maior movimento.

A figura 16 pretende ilustrar a aplicação de cada uma das formas de energia.

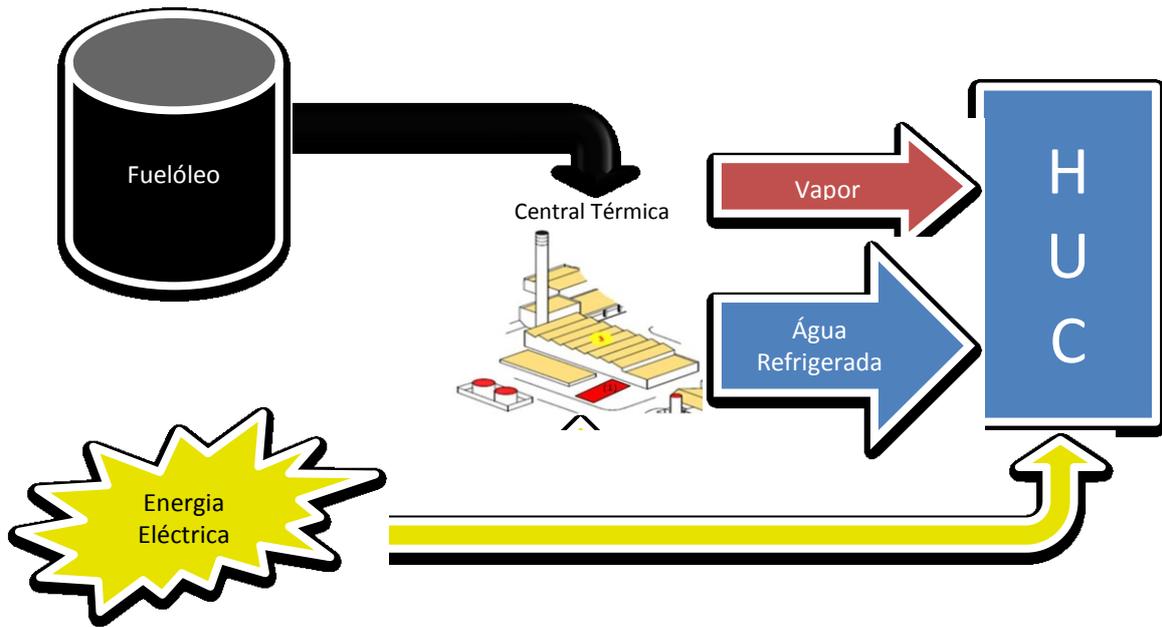


Figura 16 – Vectores principais energéticos dos HUC.

Seguidamente são apresentados os consumos de fuelóleo e de energia eléctrica dos HUC no período compreendido entre o ano 2000 e 2010.

Fuelóleo

O fornecimento de fuelóleo aos HUC é efectuado via concurso público, sendo estipulada uma determinada quantidade de combustível a fornecer num período de tempo. O custo praticado pelos fornecedores do fuelóleo era de aproximadamente 400 €/ton, sendo este o valor considerado para efeitos de cálculo.

O custo total anual de fuelóleo e a energia primária equivalente consumida (em milhares de tep) pela Instituição nos últimos dez anos encontra-se no anexo E (tabela 62), sendo a correspondente evolução a representada na figura 17.

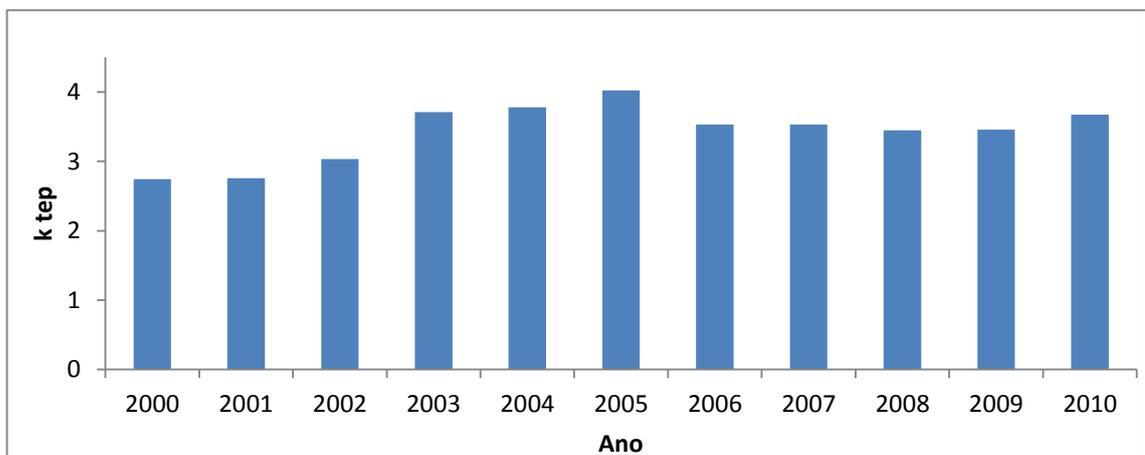


Figura 17 - Evolução do consumo de fuelóleo.

Energia Eléctrica

O consumo eléctrico dos HUC, o equivalente em energia primária (tep em milhares) e o respectivo custo, são representados no anexo E (tabela 63), estando a correspondente evolução ilustrada na figura 18.

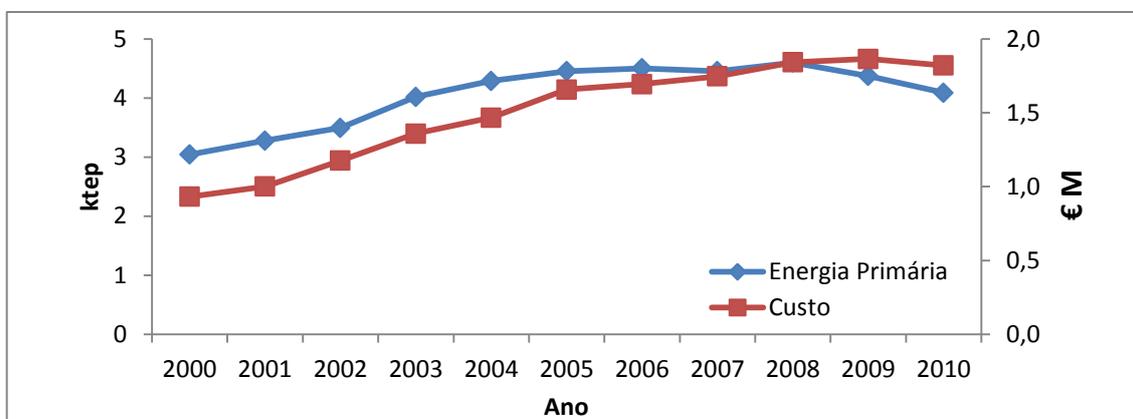


Figura 18 - Evolução do consumo e custo de energia eléctrica.

O aumento acentuado do consumo a partir de 2002 deve-se a intervenções a que os HUC foram sujeitos, desde a entrada em funcionamento do edifício da Cirurgia Cardiorácica, à modernização permanente de equipamentos médicos e técnicos.

Note-se que a partir de 2008, embora o consumo energético tenha diminuído, os custos não acompanharam esse decréscimo, facto que se deverá às sucessivas actualizações das tarifas de energia.

Os custos médios da energia eléctrica, consoante o horário, entre 2008 e 2010, estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Custo médio consoante o período horário entre 2008 e 2010.

| Estação | Custo por período horário €/kWh | | | |
|---------------|------------------------------------|--------|-------|-------------|
| | Ponta | Cheias | Vazio | Super Vazio |
| Aquecimento | 0,107 | 0,080 | 0,051 | 0,048 |
| Arrefecimento | 0,104 | 0,079 | 0,050 | 0,047 |

Consumo Total Energético

Com base nos valores anteriores, o consumo total de energia primária no período considerado, foi o apresentado na figura 19.

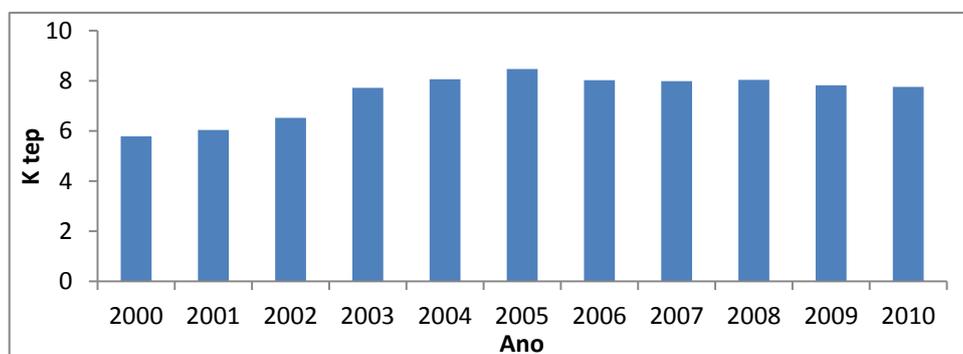


Figura 19 – Consumo total de energia primária.

Como se pode verificar na figura 20, os consumos de fuelóleo e de energia eléctrica, em unidades de energia primária, são próximos um do outro.

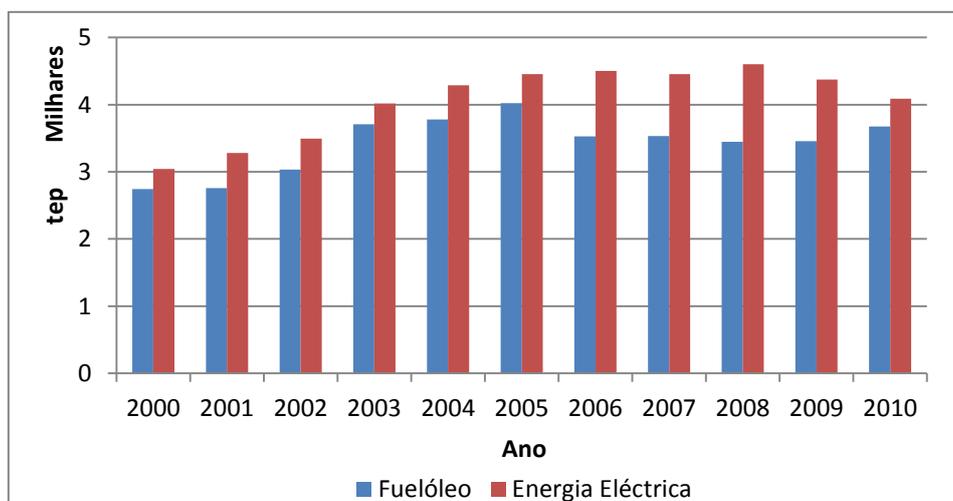


Figura 20 – Consumos de fuelóleo e de energia eléctrica dos HUC.

Para efeitos de sazonalidade, foi analisado o consumo de fuelóleo e energia eléctrica ao longo do ano de 2010, estando a sua evolução representada na figura 21.

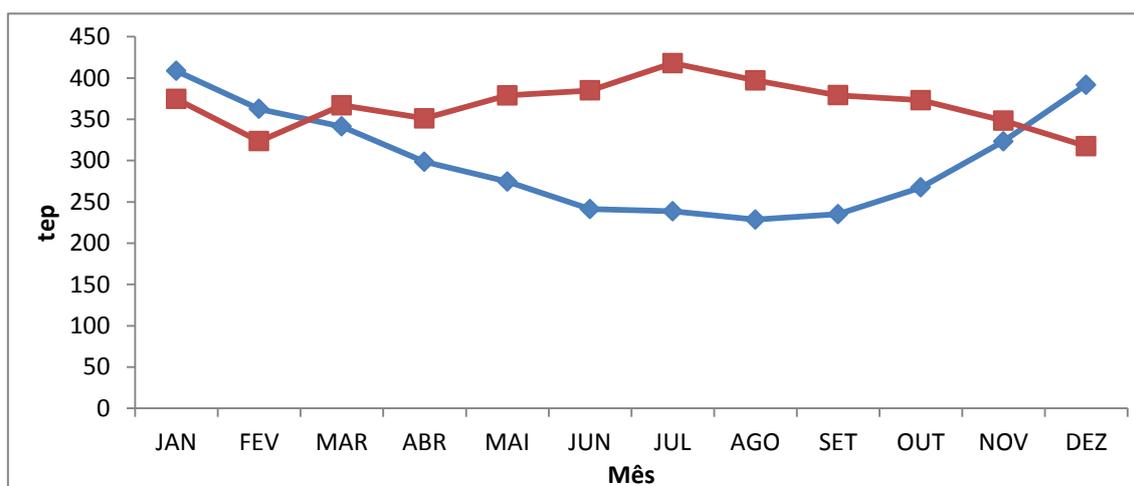


Figura 21 – Média mensal do consumo de fuelóleo e energia eléctrica entre 2007 e 2010.

Convém lembrar que o fuelóleo é exclusivamente utilizado para produção de vapor, assim, verifica-se um decréscimo do consumo de vapor nas estações da Primavera e Verão (estações de arrefecimento) e um aumento nas estações de Outono e Inverno (estações de aquecimento). De um modo semelhante, a energia eléctrica tem o seu pico de consumo nas estações de arrefecimento devido à maior carga a que os *chillers* se encontram, apesar de apresentar uma menor variação entre as estações.

Custos Totais de Energia

Os valores dos custos totais (em milhões de euros) com energia foram os representados na figura 22.

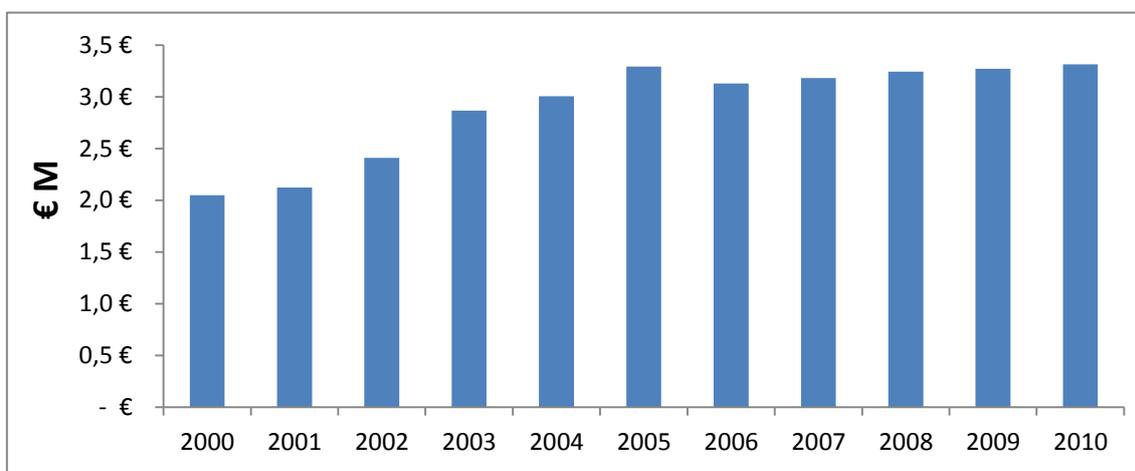


Figura 22 - Custos totais em energia.

A contribuição média de cada fonte de energia para o custo energético total dos HUC é apresentada na figura 23. Como se verifica, os custos da energia eléctrica e do fuelóleo são próximos.

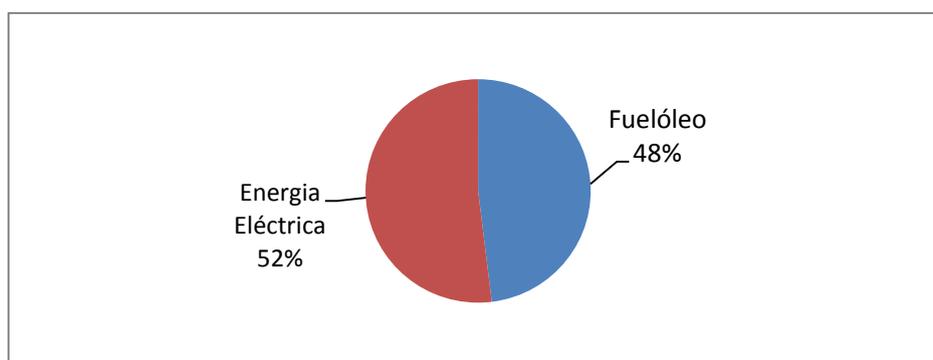


Figura 23 – Repartição dos custos totais médios em energia.

3.3 Índices de Consumo Energético

Os índices ou rácios de consumo energético podem ser considerados como um conjunto de dados anteriores à auditoria. Permitem quantificar, de uma forma explícita, o consumo específico de um determinado edifício, possibilitando a comparação do edifício em estudo com referências de outros edifícios que partilham a mesma tipologia, no que respeita, por exemplo, à actividade aí desenvolvida. Esses índices podem ser úteis, nomeadamente para [4] [12] [25]:

- Determinar se o edifício possui um elevado consumo energético e se uma auditoria energética melhorará o conhecimento deste;
- Determinar se um determinado objectivo foi atingido (por exemplo, se uma solução ao nível da iluminação teve um impacto positivo ou não no consumo

energético), e caso não se verifique, o índice encontrado poderá indicar a magnitude da redução necessária para atingir o objectivo proposto;

- Estimar o consumo típico por fonte de energia para novos edifícios;
- Monitorizar a evolução de parâmetros como o consumo, a eficácia e economia real da gestão de energia aplicada.

Encontra-se no Anexo F informação concreta dos HUC acerca destes índices e também de alguns parâmetros estatísticos.

Aos valores do consumo total de fuelóleo e de energia eléctrica, juntam-se as estatísticas hospitalares relativas aos HUC, presentes no Anexo F . A figura 24 traduz a evolução no período considerado para o consumo energético por cama ocupada.

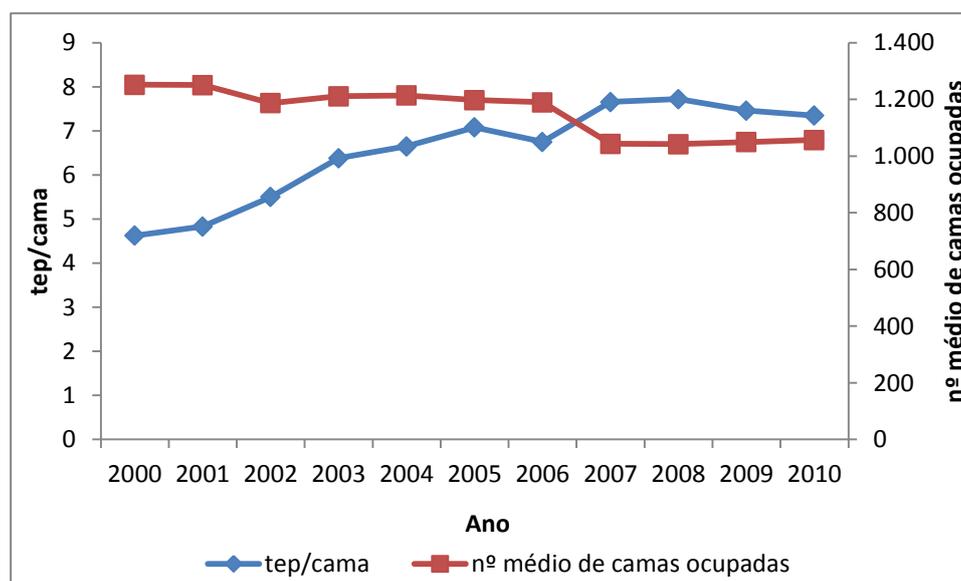


Figura 24 – Consumo energético por cama ocupada e número médio de camas ocupadas.

Verifica-se que entre os anos de 2000 e 2006, existiu um aumento no consumo específico de cerca de 35% com uma redução de apenas 4% no número de camas ocupadas. Este comportamento indica um crescimento no consumo energético por cama ocupada apesar de existir uma variação negativa (redução) no número de camas). Entre o ano de 2007 e 2010, verifica-se um crescimento de 4% com um decréscimo de 11% no número total de camas ocupadas. Quer isto dizer que existiu um abrandamento no crescimento do consumo específico por cama ocupada, fruto da política energética que os HUC têm implementado, tanto ao nível da eficiência de equipamentos, como na gestão de energia. Uma das medidas implementadas pelos HUC foi a substituição da totalidade da iluminação dos espaços comuns por lâmpadas com tecnologia LED, o que permitiu atingir poupanças de cerca de 15% no total do consumo da iluminação (segundo dados fornecidos pelos HUC).

3.4 Desagregação do Consumo e Custo Energético

Seguidamente é efectuada uma desagregação do consumo energético dos HUC onde se abordam os mecanismos de produção e distribuição da energia térmica (vapor e água gelada) e os valores de potência instalada e de consumos de iluminação.

3.4.1 Central Térmica

Das zonas técnicas existentes, destaca-se a central térmica, dado o seu importante papel na transformação de energia. A central térmica dos HUC é definida como sendo o conjunto do edifício J com as baterias dos *Chiller* (1), como esquematizado na figura 25.

Construída na década de 80, representava o que de melhor havia no país para este tipo de centrais, encontrando-se ainda alguns dos equipamentos originais em bom funcionamento.

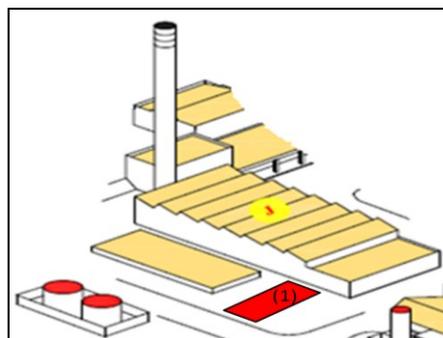


Figura 25 – Pormenor da Central Térmica.

Produção de vapor

O fuelóleo, cujas propriedades se encontram no anexo F, é armazenado nas imediações da central térmica, em dois reservatórios cilíndricos sem isolamento. Cada um com 300 m³ de capacidade, que se podem ver na figura 26.

Para o seu funcionamento, a central térmica necessita de energia eléctrica (fornecida pela rede de distribuição de energia eléctrica), para operar todos os dispositivos de bombagem e controlo, bem como as baterias de *chiller*.

A produção de vapor é levada a cabo por três caldeiras (figura 27), que funcionam em regime de três turnos, alternadamente. Enquanto uma se encontra em funcionamento, as restantes encontram-se paradas, uma sob pressão⁹, para a



Figura 26 – Tanques de Fuelóleo.



Figura 27 – Caldeiras.

⁹Situação em que a caldeira se encontra em funcionamento unicamente para manter a pressão dentro desta.

eventualidade de uma emergência, e a outra sob operação de manutenção.

As três caldeiras são idênticas e têm como principais características, fornecidas pelo fabricante, as descritas na tabela 8.

Tabela 8 – Especificações técnicas das caldeiras.

| | Marca | Pressão | | Capacidade [m ³] | Potência [MW] | Tipo |
|------------|--------|------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------|---------------|
| | | Funcionamento [kPa] | Máxima [kPa] | | | |
| Caldeira 1 | Termec | 1000 | 1300 | 27,250 | 13 | Tubos de Fogo |
| Caldeira 2 | Termec | 1000 | 1300 | 27,250 | 13 | Tubos de Fogo |
| Caldeira 3 | Termec | 1000 | 1300 | 27,250 | 13 | Tubos de Fogo |

Circuito de Produção de Vapor

O circuito de produção de vapor inicia-se nos tanques de fuelóleo, a partir dos quais este é bombeado até às caldeiras. Na base de cada reservatório encontra-se um permutador do tipo carcaça e tubos, de vapor/fuelóleo, que efectua um pré-aquecimento do fuelóleo até cerca de 60°C. Ao chegar às caldeiras, o combustível é novamente aquecido, por um permutador, do mesmo tipo do que se encontra na base do reservatório. O permutador aquece o fuelóleo até uma temperatura de 110°C, sendo esta a temperatura de injeção nos queimadores da caldeira a uma pressão de 400 bar. O fuelóleo é propositadamente bombeado com algum excesso no circuito de alimentação, de modo a que nem todo seja injectado, retornando o excesso para os tanques. Este modo de funcionamento permite prevenir a deposição de quaisquer aglomerados que possam existir no combustível, existindo assim sempre fuelóleo em movimento, actuando também como controlo do caudal que circula na alimentação.

O ar é forçado a entrar para a caldeira por um ventilador (figura 28) misturando-se com o fuelóleo que juntamente com uma fonte de ignição (faísca) dá início à combustão.



Figura 28 – Ventilador da caldeira.

A água de alimentação entra na caldeira a cerca de 100°C; as propriedades do vapor à saída da caldeira, são as apresentadas na tabela 9:

Tabela 9 – Propriedades térmicas do vapor.

| Temperatura [°C] | Pressão [kPa] | Entalpia vapor [kJ/kg.K] | Estado |
|---------------------|------------------|-----------------------------|----------------|
| 180 | 1176 | 2777,23 | Vapor Saturado |

A partir das caldeiras, o vapor é recebido num colector (figura 29), que o distribui para os serviços consumidores do mesmo. Não existe nenhum tipo de medidor de caudal de vapor em toda a instalação de vapor.



Figura 29 – Colector de vapor.

Após utilização, os condensados resultantes são recolhidos num depósito próprio para o efeito, sendo novamente bombeados para o interior da caldeira, dando novamente início ao processo. Esse depósito encontra-se no interior do edifício J.

Utilização do Vapor

O vapor produzido nas caldeiras da central térmica é utilizado em diversos serviços e operações, nomeadamente em:

- Aquecimento de águas quentes sanitárias, AQS;
- Aquecimento das águas utilizadas nos circuitos de aquecimento;
- Conectores de fachada;
- Baterias de aquecimento das unidades de tratamento de ar;
- Serviço das piscinas;
- Serviços e equipamentos de esterilização;
- Serviços e equipamentos da lavandaria;
- *Chillers* de Absorção.

A figura 30 pretende ilustrar sumariamente, os serviços que necessitam de vapor.

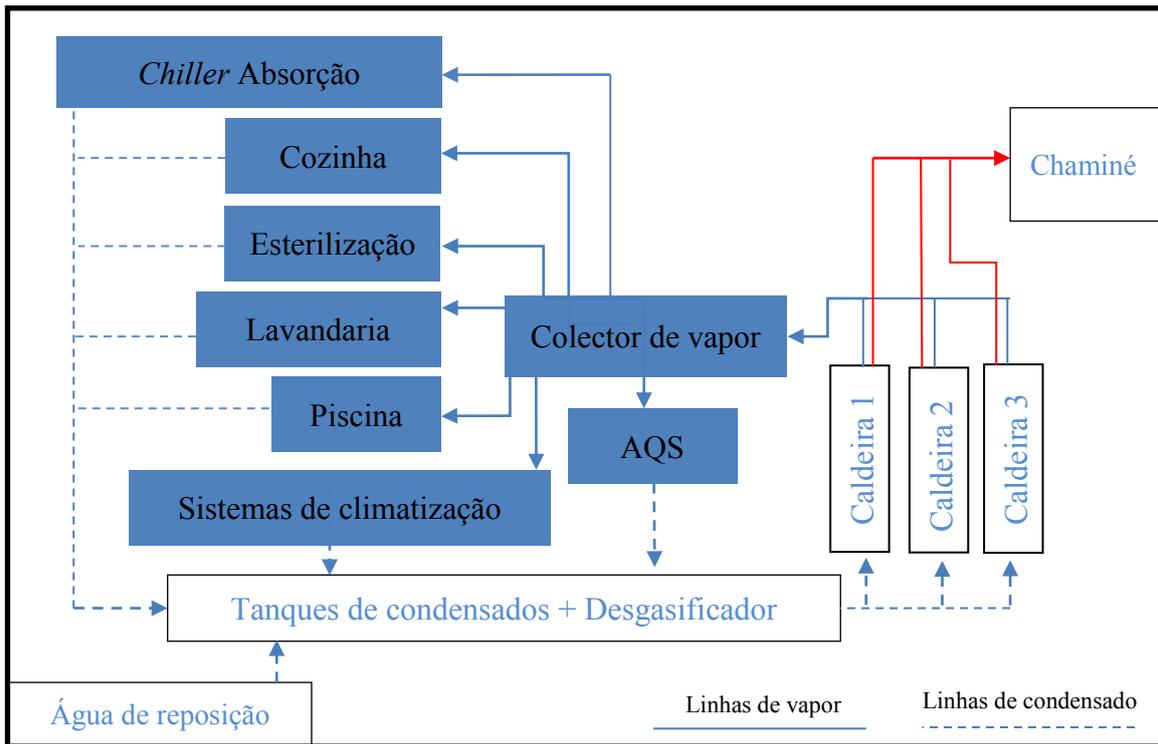


Figura 30 – Utilizadores de vapor.

Nos serviços de lavandaria, piscina, esterilização e cozinha, a energia do vapor é transferida localmente, ou seja, o vapor é transportado para o local destes serviços. A utilização de vapor é diferente em cada serviço. Na esterilização e lavandaria, o vapor é utilizado directamente nos autoclaves (esterilização) [26] e nos vários equipamentos da lavandaria (máquinas de lavar, secar e calandras [27]). Nos restantes serviços (AQS e sistemas de climatização), o vapor transfere energia para uns depósitos existentes no interior da central térmica, através de permutadores de calor de carcaça.

Nos serviços de esterilização e lavandaria, devido ao risco de contaminação, estes dois circuitos são parcialmente abertos, ou seja, não se efectua o aproveitamento da totalidade dos condensados.

Como já foi referido, o vapor é produzido a aproximadamente 1000 kPa (10 bar), contudo, nem todos os serviços necessitam de vapor a esta pressão, além do mais, a capacidade térmica do vapor é prejudicada com o aumento da pressão [28].

A capacidade do vapor em armazenar calor latente aumenta inversamente com a temperatura [29], contudo, o diâmetro da tubagem também aumenta (de maneira a manter o mesmo caudal).

Na tabela 10 representam-se as pressões a que o vapor é consumido pelos vários serviços.

Tabela 10 – Pressão de serviço do vapor.

| Serviço | Pressão [kPa] |
|----------------|---------------|
| Lavandaria | 1000 |
| Esterilização | 343 |
| Cozinha | 588 |
| Piscina | 1000 |
| AQS | 245 |
| Climatizadores | 1000 |

Consumo de vapor

Dado que não existe nenhum contador de vapor na instalação, o registo destes valores é levado a cabo por funcionários da central térmica, que executam as leituras de entrada e saída de água na instalação, fazendo esta operação, parte da rotina de cada turno. Para contabilizar o vapor consumido pelos HUC em 2010, é necessário conhecer a quantidade de água de alimentação e o retorno da caldeira.

O funcionamento da central térmica, é repartido por três turnos de 8 horas cada, o primeiro turno (turno 1) inicia-se às 00 horas, o segundo (turno 2) às 8 horas e o terceiro (turno 3) às 16 horas, com fim às 00 horas do dia seguinte.

Foi recolhido um conjunto de dados relativos a um típico mês da estação de aquecimento (Janeiro) e de arrefecimento (Julho), encontrando-se estes dados no Anexo H. Nas figura 31 e 32 apresentam-se os valores médios dos diferentes turnos, para cada estação.

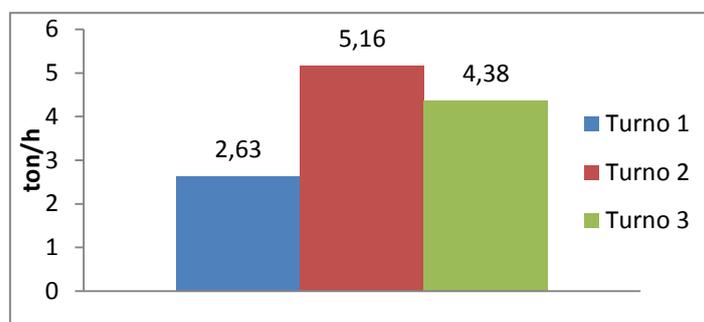


Figura 31 - Consumo médio de vapor na estação de arrefecimento

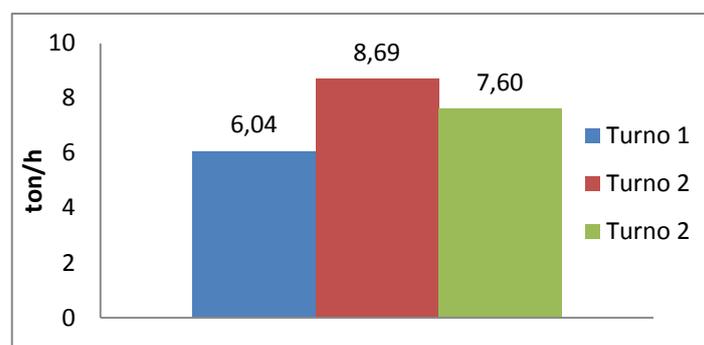


Figura 32 - Consumo médio de vapor na estação de aquecimento.

Custo do Vapor

O custo do vapor é calculado utilizando um método semi-empírico, onde parte dos valores utilizados são estimativas feitas com base na experiência de alguns funcionários. Em 2010, o consumo anual médio de combustível, foi o representado na tabela 11.

Tabela 11 – Consumo diário médio de combustível em 2010.

| |
|---------------------------|
| Consumo médio de fuelóleo |
| [ton/dia] |
| 10,2 |

Aplicando o método de cálculo descrito no anexo I, o custo da produção de vapor é o representado na tabela 12.

Tabela 12 – Custo total anual de produção de vapor.

| Custo de vapor | Custo da água de reposição | Custo total anual da operação |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| [€/kg _{vapor}] | [€/m ³] | [€] |
| 0,0285 | 3 | 1.695.742,55€ |

Produção de Água Gelada

Encontram-se em funcionamento dois tipos de *chiller*: os de absorção (localizados no interior do edifício K) e os de compressão (situados nas imediações do edifício J). Os primeiros servem exclusivamente os edifícios K e L, que compõe os serviços do Hospital de S. Jerónimo e o edifício de Cirurgia Cardiorácica, respectivamente, encontrando-se um em funcionamento e o outro de reserva. As principais características de cada um destes tipos de equipamento estão representadas na tabela 13.

Tabela 13 – Principais características dos *Chiller* dos HUC.

| Serviço | Qt. | Marca | Modelo | Potência [kW] | | COP | OBS. |
|-------------------------------------|-----|----------------|------------|---------------|--------|-----|----------|
| | | | | Frio | Quente | | |
| Centrais | 3 | <i>Carrier</i> | 30XA | 1200 | - | 3,5 | - |
| S. Jerónimo e Cirurgia Cardiorácica | 2 | <i>Century</i> | AR- W360G2 | 1620 | - | 0,9 | Absorção |

Estas e outras características de cada um dos equipamentos de arrefecimento, encontram-se no anexo J (Características dos *chillers* de Compressão dos HUC) e no Anexo K (Características dos *Chillers* de Absorção dos HUC).

Nas figura 33 e figura 34, representam-se os dois maiores grupos de arrefecimento que se encontram nos HUC, no que respeita o nível de potência instalada.



Figura 33 – Chiller de compressão.



Figura 34 – Chiller de absorção.

Para a contabilização das necessidades de arrefecimento, foi somente considerado o funcionamento do grupo dos *chillers* de compressão dada a sua representatividade face aos restantes equipamentos de transformação de energia térmica de arrefecimento, existindo porém outros sistemas de arrefecimento espalhados por todo os HUC.

Grupo de arrefecimento Existente

Como descrito anteriormente, existem nos HUC três *chillers* idênticos, sendo a sua representada na figura 35.

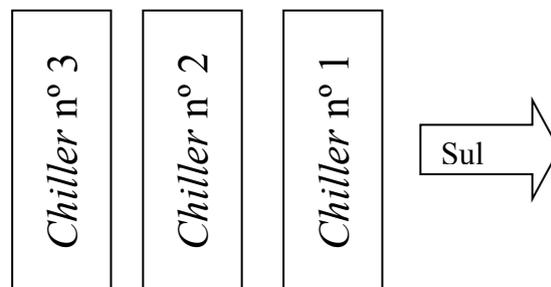


Figura 35 – Identificação do grupo dos *chillers* dos HUC.

Os *chillers* não operam em simultâneo, durante o turno 2 (das 8h às 16h) o fornecimento de água gelada é levado a cabo pelo *chiller* 3 e/ou o *chiller* 1. A selecção é feita com base nas horas anteriores de funcionamento e a carga a que um ou outro se encontra. Geralmente, quando a carga do que se encontra em funcionamento ultrapassa os 70%, a eficiência começa a decrescer rapidamente [30], assim, é ligado o outro. A operação do grupo de *chillers* é da responsabilidade dos funcionários dos SUCH (Serviços de Utilização Comum dos Hospitais). Nos turnos 1 e 3 (das 0h às 8h e das 16h às 24h, respectivamente), dado o baixo valor de necessidades de arrefecimento e também devido a questões de ruído, apenas o *chiller* n.º 2 se encontra em funcionamento.

Consumo energético Actual

Foram recolhidos, durante 24 horas, a carga de funcionamento dos três *chillers* que compõem o grupo de arrefecimento cujos dados se encontram no anexo L.

O consumo energético eléctrico do grupo de arrefecimento foi o apresentado na figura 36, sendo de referir que esta evolução representa um mês típico da estação de arrefecimento.

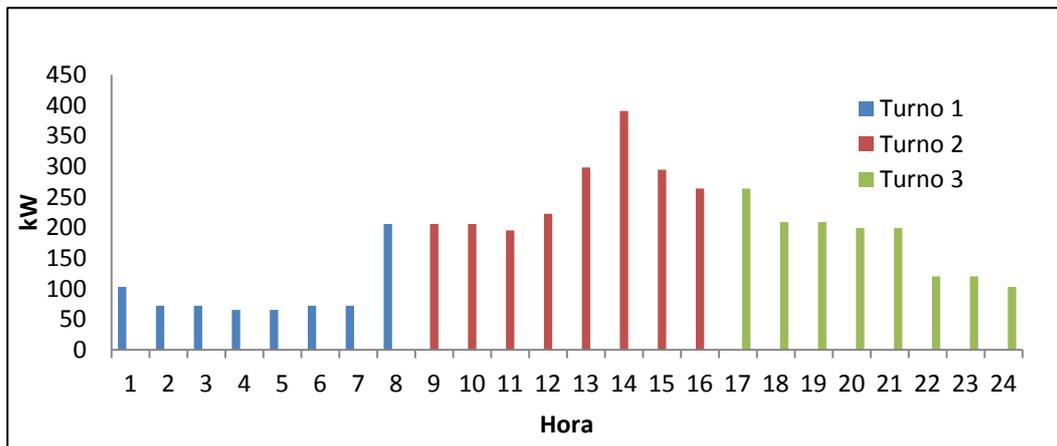


Figura 36 – Consumo energético do grupo de arrefecimento num dia típico de verão.

Como se pode observar, o maior consumo e o pico de necessidades situa-se no turno 2, aquando do pleno funcionamento de todo o hospital, sendo também nessa a altura do dia que a radiação solar está no seu pico de influência. Nos restantes turnos, o consumo é menor devido ao reduzido número de serviços em funcionamento e ao menor valor da radiação solar existente.

Devido à inexistência de dados relativos ao Inverno e à impossibilidade de realizar uma simulação térmica em tempo útil, foi assumida uma redução do consumo em 70% para a estação de aquecimento.

Situação Actual

I - Leituras do Grupo de Arrefecimento

Não foi possível medir o grupo de arrefecimento com o equipamento utilizado para as leituras nos quadros, dada a robustez dos cabos de alimentação dos *chillers*.

Os *chillers* dos HUC possuem um *display* cada um, idêntico ao da figura 37, que permite consultar as características operacionais em que o *chiller* se encontra.



Figura 37 - *Display* idêntico ao existente nos *chillers* dos HUC [50].

As leituras foram efectuadas entre os dias 23 e 24 de Maio de 2011, tendo sido registados os valores da carga e da intensidade de corrente em cada compressor. As leituras foram efectuadas de hora em hora durante 24 horas com início às 16 horas do dia 23.

As condições meteorológicas registadas no dia 23 e 24 de Maio foram as representadas na tabela 14.

Tabela 14 – Dados meteorológicos registados nos dias 23 e 24 de Maio de 2010 [23].

| | | 23 de Maio | 24 de Maio |
|-------------------------|----|------------|------------|
| Temperatura Máxima | °C | 28,9 | 31,9 |
| Temperatura Mínima | °C | 15,8 | 16,5 |
| Temperatura Média | °C | 21,5 | 23,2 |
| Humidade Relativa média | - | 36% | 29% |

As tabelas com os valores das leituras encontram-se no Anexo L e foi delas que resultou a distribuição da figura 38.

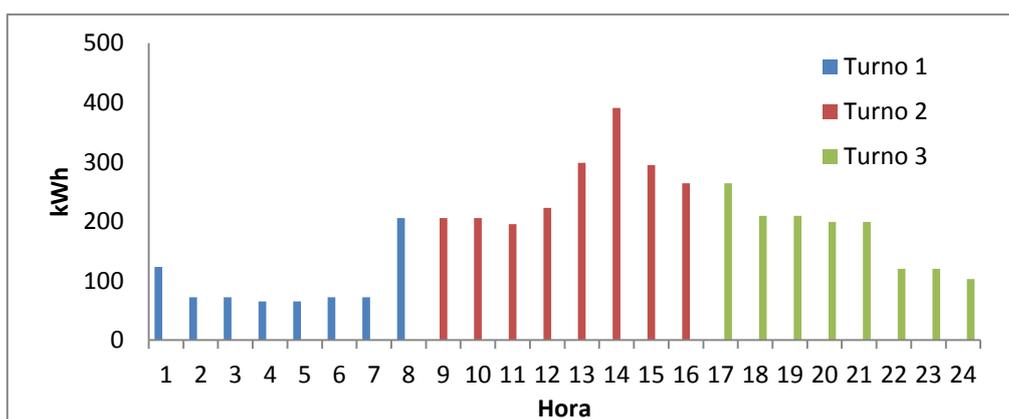


Figura 38 – Consumo registado para o grupo de arrefecimento dos HUC.

O sistema funciona num total de 365 dia por ano, com 5 dias de paragens alternadas para manutenção, ou seja, o sistema funciona, efectivamente, 360 dias por ano, que correspondem a 180 dias para cada estação. Na tabela 15 encontra-se o resumo do consumo para o grupo de arrefecimento dos HUC.

Tabela 15 – Consumo energético médio para o grupo de arrefecimento.

| Estação | Aquecimento | Arrefecimento |
|---------------------------------|-------------|---------------|
| MWh _e /dia | 4,2 | 1,2 |
| MWh _e /ano | 764 | 229 |
| Total Anual MWh _e | 994 | |

II - Custos de Operação

Nos períodos horários em que esses consumos ocorrem¹⁰ (tabela 7), os custos relativos ao consumo de energia por parte do grupo de arrefecimento são os apresentados na tabela 16.

Tabela 16 - Custo do consumo energético do grupo de arrefecimento dos HUC

| Estação | Aquecimento | Arrefecimento |
|--------------|-------------|---------------|
| Custo diário | 345 € | 104 € |
| Custo anual | 62.138 € | 18.851 € |
| Total anual | 80.990 € | |

Foram recolhidos junto de diversos fabricantes e operadores, incluindo a equipa de manutenção dos HUC, uma estimativa para o valor da manutenção. Foi assumido o valor de 0,02 € por cada quilowatt hora consumido pelo grupo de arrefecimento. Assim, os custos totais de operação destes equipamentos são os representados na tabela 17.

Tabela 17 - Resumo dos custos anuais de operação do grupo de arrefecimento.

| Sistema Convencional | | |
|----------------------|---------------|-------------|
| Estação | Arrefecimento | Aquecimento |
| Energia | 62.138 € | 18.851 € |
| Manutenção | 19.880 € | |
| Total anual | 100.870 € | |

Os custos de manutenção englobam os custos com o pessoal e a manutenção preventiva. A distribuição dos custos consoante a tarifa horária é a representada na figura 39 e na figura 40.

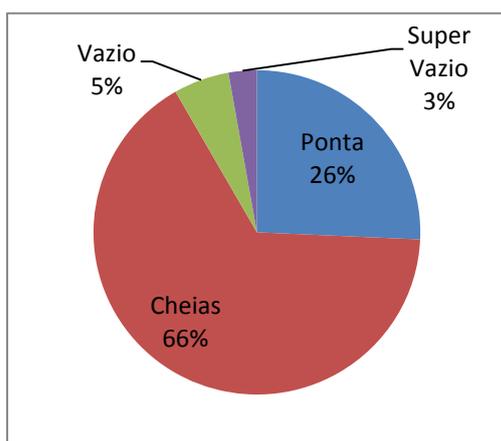


Figura 39 – Distribuição do consumo por tarifa na estação de arrefecimento.

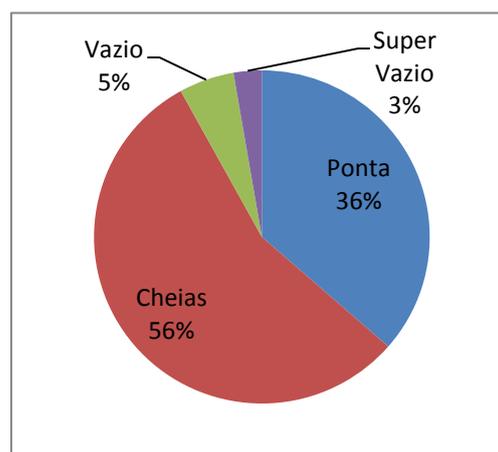


Figura 40 – Distribuição do consumo por tarifa na estação de aquecimento.

¹⁰ No Anexo L encontram-se os custos apurados para 24 horas de funcionamento em cada estação.

Alimentação de Energia Eléctrica

A alimentação de energia eléctrica para os HUC é assegurada a partir de três postos de transformação próprios. O Posto de Transformação 2 (PT2), ilustrado na figura 41, alberga a totalidade dos quadros eléctricos do Bloco Central.



Figura 41 – Posto de Transformação 2.

O sistema de alimentação está dividido em três grupos:

- Normal - generalidade dos serviços;
- Emergência – serviços em que a alimentação é prioritária;
- Emergência de Emergência – serviços em que a alimentação é altamente prioritária.

A alimentação de todo o Bloco Central dos HUC é assegurada pela empresa EDP (*Energias de Portugal Distribuição e Energia S.A.*). A entrega é efectuada a uma tensão de 15 kV (média tensão), sendo a distribuição dentro do hospital de 400V.

Potência Instalada e Consumo Eléctrico de Iluminação e Equipamentos

I - Iluminação

Foi efectuado um levantamento do número de luminárias e da potência instalada de iluminação existente nos edifícios dos HUC que fazem parte da análise, encontrando-se os valores desse levantamento no Anexo M. No anexo O estão as características fornecidas pelo fabricante para cada tipo de lâmpadas.

No total, o número de lâmpadas existentes nos três edifícios (sem contar com iluminação exterior) é o representado na tabela 18.

Tabela 18 - Número de lâmpadas nos vários edifícios dos HUC.

| Edifício | Número de luminárias |
|-------------------------|----------------------|
| Bloco central | 11158 |
| Hospital de S. Jerónimo | 850 |
| Cirurgia Cardiorácica | 575 |
| Total | 11158 |

Potência de iluminação instalada

O valor da potência total de iluminação instalada, por área útil dos HUC, é apresentado na tabela 19.

Tabela 19 - Potência instalada por área útil de pavimento dos HUC.

| | m ² | kW | W/m ² |
|-------|----------------|-----|------------------|
| Total | 114322 | 306 | 2,7 |

Na figura 42, é apresentada a representatividade de cada categoria de serviço na totalidade da potência instalada.

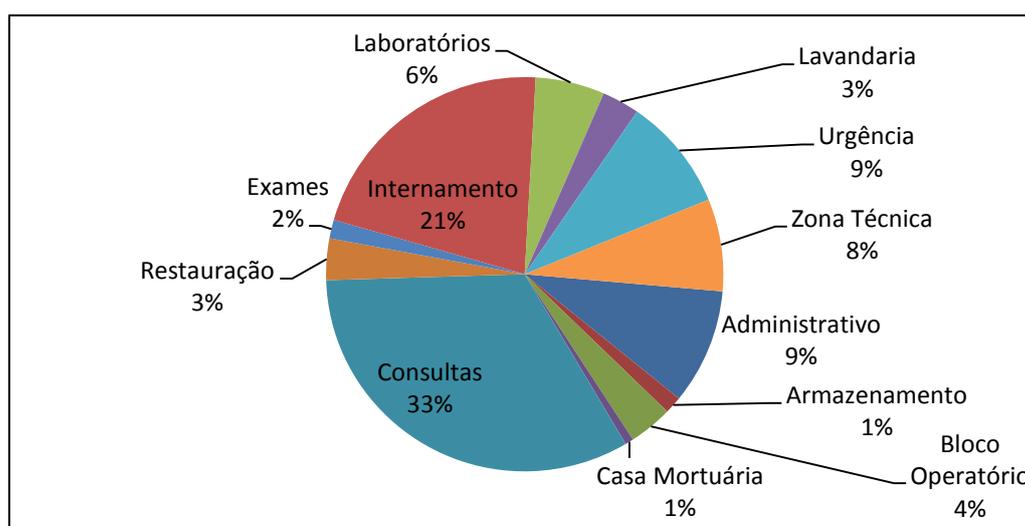


Figura 42 – Peso de cada categoria na potência instalada.

Consumo da iluminação

Para as necessidades energéticas de cada categoria, foi recolhido, junto dos funcionários dos HUC, as cargas de iluminação das várias categorias encontrando-se estas representadas no anexo P (tabela 87), juntamente com o correspondente consumo em cada categoria (tabela 88).

A figura 43 ilustra a representatividade de cada categoria no consumo total da iluminação.

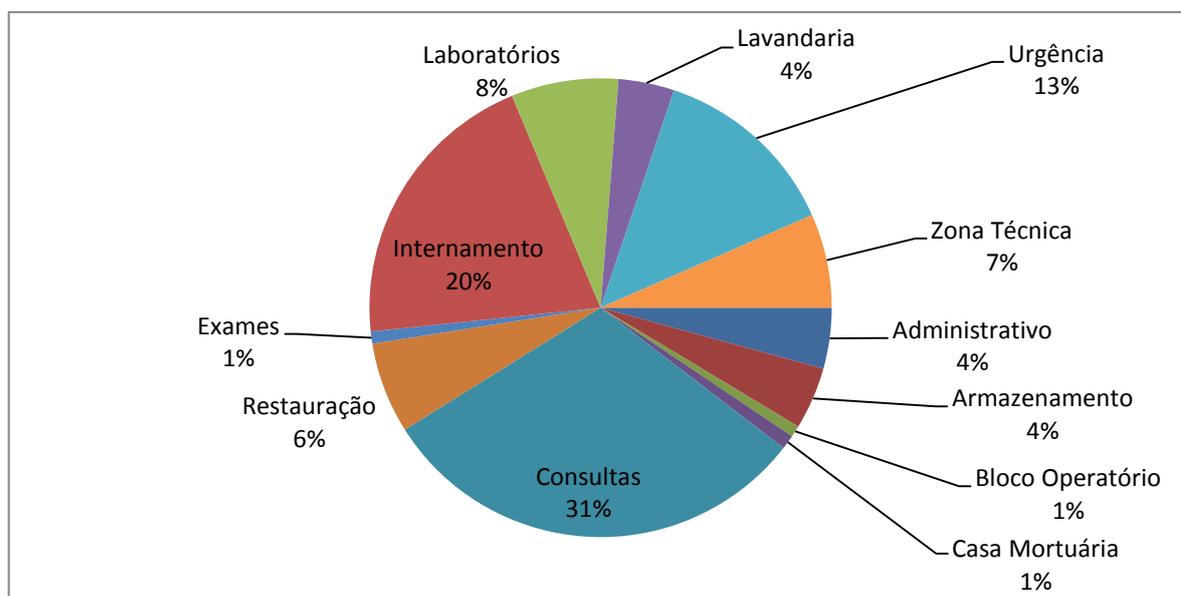


Figura 43 – Peso do consumo de energia eléctrica na iluminação de cada categoria.

A tabela 20 resume a área, potência instalada e consumo de todas as categorias, com base nos valores encontrados do levantamento.

Tabela 20 - Peso de cada tipologia conforme parâmetro.

| Categoria | Área | Potência Instalada | Consumo |
|------------------|------|--------------------|---------|
| Administrativo | 9% | 9% | 4% |
| Armazenamento | 2% | 2% | 4% |
| Bloco Operatório | 5% | 3% | 1% |
| Casa Mortuária | 1% | 1% | 1% |
| Consultas | 32% | 33% | 31% |
| Restauração | 3% | 3% | 6% |
| Exames | 1% | 2% | 1% |
| Internamento | 25% | 21% | 20% |
| Laboratórios | 7% | 5% | 8% |
| Lavandaria | 4% | 3% | 4% |
| Urgência | 4% | 9% | 13% |
| Zona Técnica | 7% | 8% | 7% |

Da tabela anterior, retira-se que as categorias de consultas e internamentos são as que representam uma maior percentagem do total de parâmetros. Destaca-se o serviço de urgência que regista o maior consumo face à potência total instalada, facto que se deve parcialmente ao funcionamento permanente deste serviço.

Consumo global da iluminação

A representatividade da iluminação no consumo total de energia eléctrica dos HUC é a apresentada na figura 44. O que é identificado como resto serão todos os equipamentos hospitalares e não hospitalares.

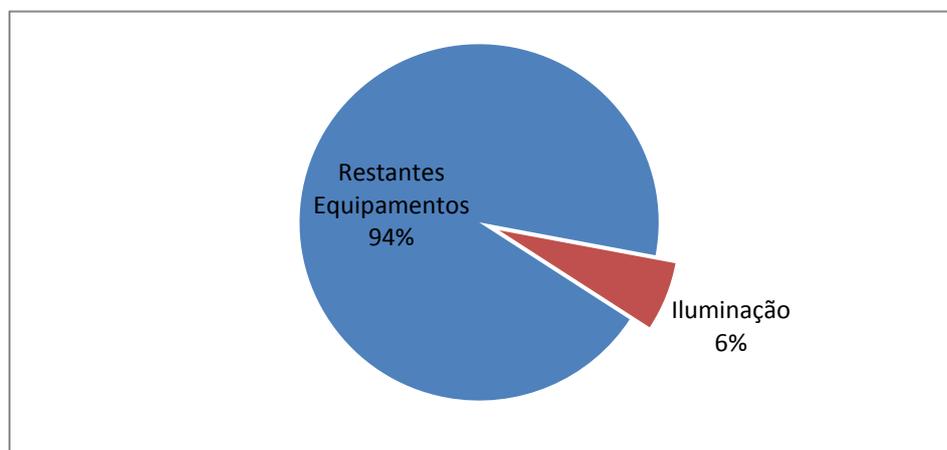


Figura 44 – Representatividade da iluminação no consumo global de energia eléctrica dos HUC.

II - Equipamentos

Para alguns dos grandes equipamentos existem saídas específicas dos postos de transformação existentes nos HUC.

A medição dos consumos só foi possível realizar em alguns pisos do Bloco Central, por razões de limitação estrutural por parte do equipamento de medição¹¹. A impossibilidade de, em tempo útil, obter o equipamento necessário e efectuar as leituras com o rigor desejado, condicionou a desagregação total dos consumos.

Seguidamente são apresentados os valores obtidos com as leituras efectuadas, para o edifício do Bloco Central e o grupo de arrefecimento.

¹¹ As pinças do equipamento não possuíam abertura suficiente para a espessura dos cabos de alimentação.

III - Quadros eléctricos

Em cada piso, para cada zona existe um quadro específico que alimenta a iluminação e as tomadas de energia eléctrica. Do PT2, saem linhas de alimentação específicas para um conjunto de pisos de uma determinada zona; por exemplo, os pisos +8 +9 e +10 da zona A/2 possuem a mesma saída do PT2, embora cada piso tenha o seu próprio quadro.

A tabela 21 indica os quadros existentes conforme as zonas do Bloco Central dos HUC.

Tabela 21 – Quadros eléctricos de cada zona do Bloco Central dos HUC

| Zona | Quadros | |
|------|---------|------|
| A | A/1 | A/2 |
| B | B/4 | |
| C | C/3 | |
| D | D/5 | D/6 |
| E | E/8 | E/9 |
| F | F | |
| G | G | |
| H | H/10 | H/11 |
| I | I/13 | I/14 |
| J | J | |

O equipamento utilizado para as leituras foi um Microcip3 Plus[®] (figura 45), cujas características se encontram no Anexo P .

Não estão incluídos os edifícios da Cirurgia Cardiorácica nem do Hospital de S. Jerónimo, pois estes possuem postos de transformação próprios independentes do PT2.



Figura 45 – Equipamento Microcip3 Plus[®] utilizado nas leituras.

3.5 Leituras da Energia Eléctrica

Foram efectuadas leituras em alguns pisos do Bloco Central, de modo a desagregar os consumos de cada piso.

Todas as leituras tiveram a duração de 24 horas e o equipamento foi programado para registar as leituras de hora em hora. Os valores registados foram os valores da potência instantânea em cada fase, o factor de potência e o acumulado de energia (quilowatt hora).

Dada a semelhança de consumo entre os pisos, foi admitido que o consumo era igual dentro da mesma zona, ou seja, para cada quadro de cada zona, a distribuição das necessidades de energia eléctrica é independente do piso a que correspondem (somente entre os pisos +1 e +10).

Zona A

Para o quadro A/1, as leituras foram efectuadas entre 31 de Maio e 1 de Junho de 2011, com início às 10 horas do dia 31. A repartição entre a energia consumida pela iluminação e a energia consumida nas tomadas do piso +1 ao piso +10 foi a representada na figura 46.

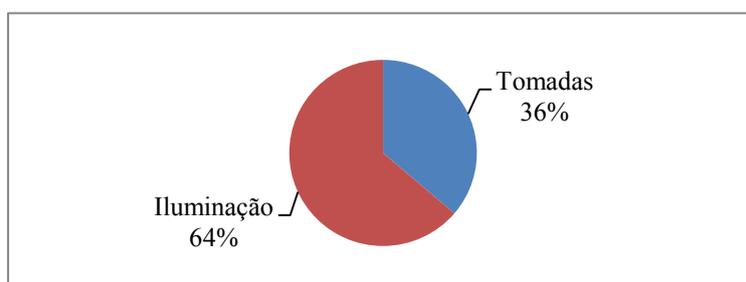


Figura 46 – Repartição da energia eléctrica para o quadro A/1 entre os pisos +1 e +10.

Para o quadro A/2 do bloco central, as leituras foram efectuadas entre 24 e 25 de Maio de 2011, com início às 10 horas do dia 24 e apresentaram a repartição da figura 47.

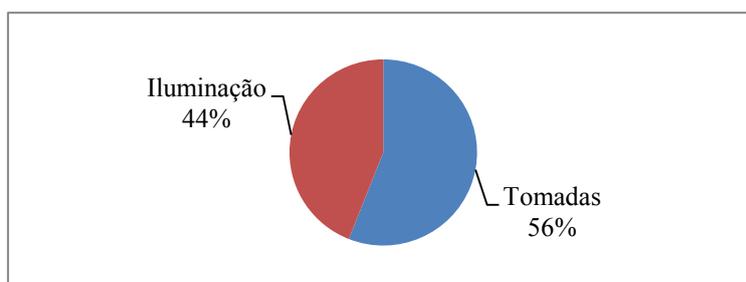


Figura 47 – Repartição da energia eléctrica para o quadro A/2, entre os pisos +1 e +10.

Zona B

Para a zona B, quadro B/4, as leituras foram efectuadas entre 25 e 26 de Maio de 2011, com início às 11 horas do dia 25, e apresentaram a distribuição da figura 48.

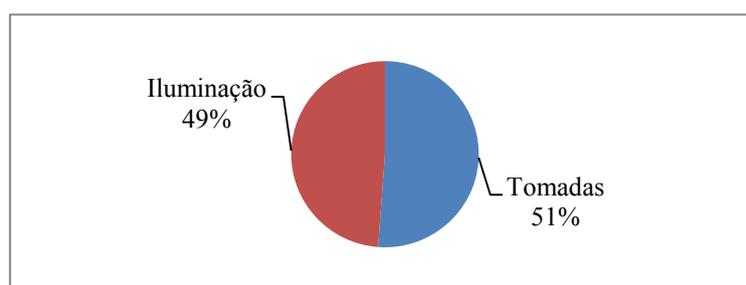


Figura 48 – Repartição da energia eléctrica dos quadros B/4, entre os pisos +1 e +10.

Zona C

Para o quadro C/3, as leituras foram efectuadas entre 26 e 27 de Maio de 2011, com início às 10 horas do dia 26, e a distribuição do consumo de energia eléctrica entre a iluminação e as tomadas foi a representada na figura 49.

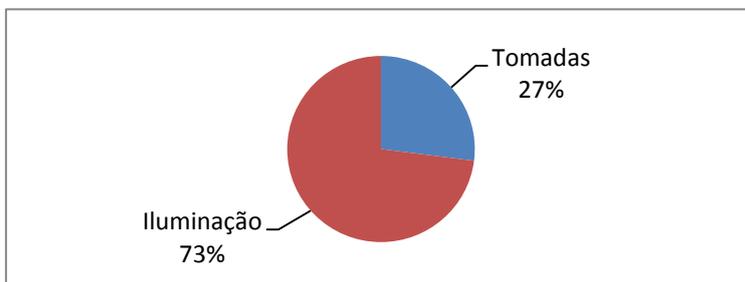


Figura 49 – Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas dos quadros C/3 do piso +1 até ao piso +10.

Zona D

Para o quadro D/5 da zona D, as leituras foram efectuadas entre os dias 30 e 31 de Maio de 2011, com início às 10 horas do dia 30. A distribuição do consumo de energia entre as tomadas e a iluminação foi a representada na figura 50.

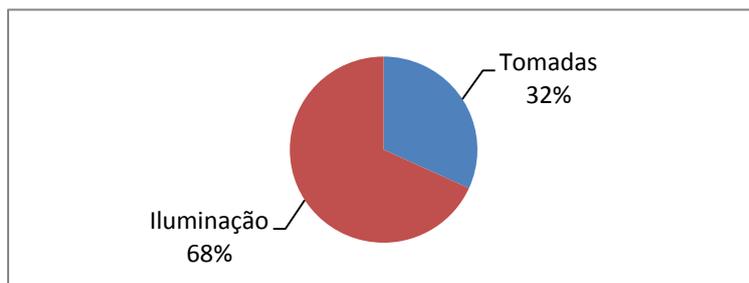


Figura 50 – Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas dos quadros D/5 entre os pisos +1 e +10.

No quadro D/6, as leituras foram efectuadas entre os dias 27 e 28 de Maio de 2011, com início às 11 horas do dia 27. A repartição do consumo energético entre a iluminação e as tomadas foi a representada na figura 51.

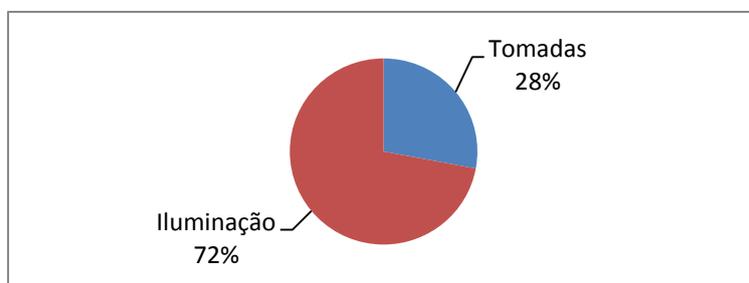


Figura 51 - Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas dos quadros D/6 entre os pisos +1 e +10.

Serviço de Urgência

Também foram efectuadas leituras no serviço de urgências. As leituras foram efectuadas nos mesmos moldes que as anteriores, ou seja, durante 24 horas foram monitorizadas os parâmetros relativos à potência instantânea de cada fase, e à energia eléctrica acumulada. Contudo, dada a especificidade do serviço, foram também medidas as alimentações de Emergência e de Emergência de Emergência.

As leituras tiveram o planeamento representado na tabela 22.

Tabela 22 - Planeamento das leituras efectuadas no serviço de urgência.

| Alimentação | Dia | Hora de Início |
|--------------------------|------------|----------------|
| Normal | 1 de Junho | 10 |
| Emergência | 3 de Junho | 10 |
| Emergência de Emergência | 2 de Junho | 11 |

Das leituras resultou o balanço apresentado na figura 52.

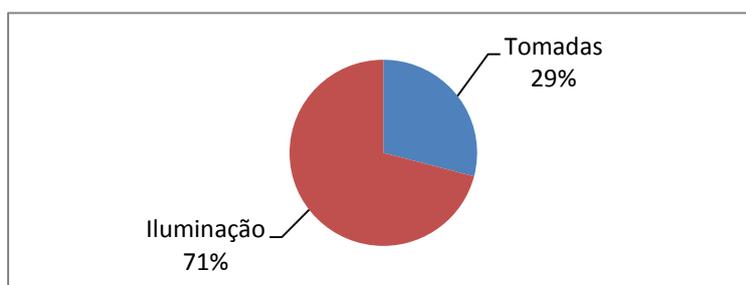


Figura 52 – Repartição do consumo entre a iluminação e as tomadas para o quadro do serviço de urgência.

Conjugando o consumo dos *chillers* e da iluminação, a representatividade destes dois parâmetros no consumo global dos HUC é o representado na figura 53.

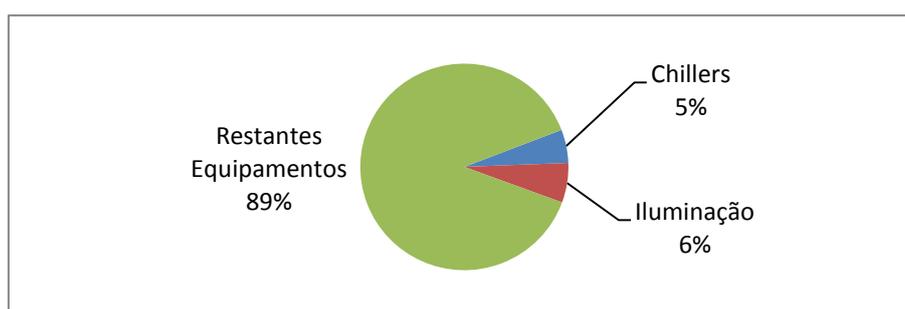


Figura 53 – Representatividade do grupo de arrefecimento e da iluminação no total de consumo eléctrico dos HUC.

4 Intervenção ESCO

Seguidamente, são apresentadas situações possíveis para transformação de energia térmica, quer para o arrefecimento, quer para o aquecimento. As situações descritas resultam da identificação, através do levantamento energético, das áreas prioritárias de intervenção. Dada a grande propagação da trigeriação em Portugal [31] e dos sistemas de armazenamento térmico com bancos de gelo nos EUA [32], estes serão os sistemas analisados neste trabalho.

Os contractos de performance seguem o modelo *Shared Savings* visto este ser o modelo que oferece um menor risco para a ESCO.

4.1 Armazenamento Térmico

Neste capítulo será abordada a viabilidade de um sistema de armazenamento térmico para o fornecimento de água gelada aos HUC.

Dado que os HUC procederam recentemente à aquisição de um novo conjunto de *chillers*, a abordagem efectuada considera que não serão adquiridos novos *chillers*, minimizando assim o investimento inicial.

Para o presente trabalho, foi escolhido um sistema de armazenamento com mudança de fase, mais concretamente, um sistema de bancos de gelo.

Na energia para o arrefecimento, é apresentado um sistema de bancos de gelo, onde se armazena energia térmica de arrefecimento durante os períodos nocturnos, quando a energia eléctrica é mais barata, para a libertar durante o período diurno, não havendo necessidade dos equipamentos de arrefecimento trabalharem à carga máxima.

O espaço disponível e a proximidade da central térmica com o Edifício Principal são factores que pesam na escolha do sistema, para além da sua capacidade térmica. Além do mais, a solução de bancos de gelo permite um menor atravancamento e, conseqüentemente, um menor custo inicial nas infra-estruturas [33]. Os bancos de gelo a instalar são os representados na figura 54, estando disponíveis no anexo R as especificações técnicas e desenhos de princípio do tanque proposto.



Figura 54 – Banco de gelo Calmac®.

Seguidamente, são apresentados dois possíveis cenários com recurso a bancos de gelo, um com regime de carga parcial na estação de arrefecimento e com regime de carga total na estação de aquecimento (cenário 1) e outro com regime de carga total, em ambas as estações (cenário 2).

4.1.1 Cenário 1: Banco de Gelo com Regime de Carga Parcial e com Regime de Carga Total na Estação de Aquecimento

Estação de Arrefecimento – Carga Parcial

Para a estação de arrefecimento, foi considerado que existe um *chiller*, identificado como *chiller 1* (verde), que suprime a totalidade das necessidades de arrefecimento do turno 1. Nos turnos 2 e 3, este equipamento encontra-se a carga constante, suprimindo parcialmente as necessidades de arrefecimento, sendo estas complementadas pelo banco de gelo. Existe ainda outro *chiller*, responsável por efectuar o carregamento do banco de gelo durante o turno 1, identificado como *chiller 2* (vermelho).

Porém, na prática, este funcionamento separado poderá ser evitado através de alterações no controlo do sistema que permita ao *chiller 2* acumular as funções de carregar o banco de gelo e suprimir as necessidades de arrefecimento do turno 1 [33].

A figura 55 representa o funcionamento térmico num dia típico da estação de arrefecimento.

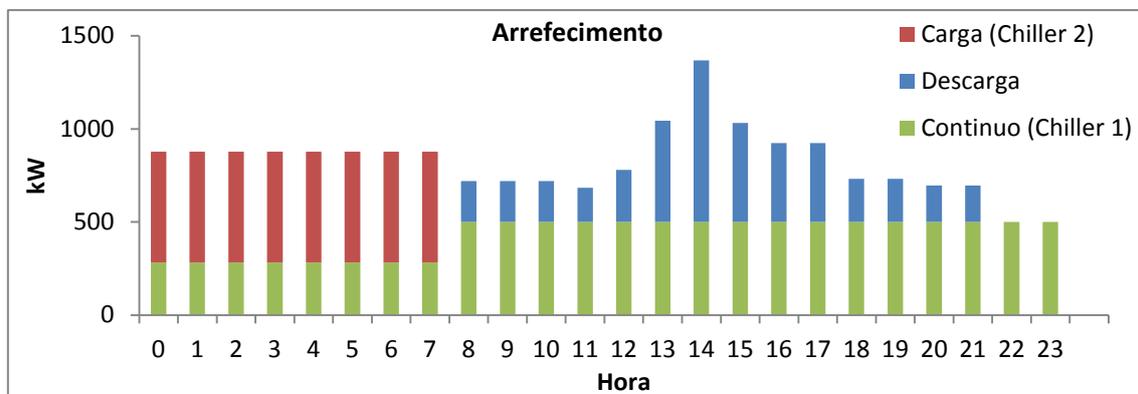


Figura 55 - Evolução das potências térmicas em jogo na estação de arrefecimento para o cenário 1

De acordo com a tabela 78 do Anexo L as necessidades médias no turno 1 são de 282 kW_t (térmico), o que significa que o *chiller 1* teria de operar, no mínimo, nesta potência durante este turno. Nos turnos 2 e 3 optou-se por colocar o *chiller 1* a trabalhar na gama dos 500 kW_t, visto que este valor apresenta o melhor compromisso entre o custo energético nos referidos turnos e o custo de carregamento do banco de gelo durante o turno 1. Quer isto dizer que, caso o valor de potência nos turnos 2 e 3 fosse mais baixo, seria necessário aumentar a potência do *chiller 2*, para efectuar o carregamento do banco de gelo, o que resultaria num aumento do custo de energia total consumida. Caso o valor de potência do *chiller 1* operasse em valores mais altos, o *chiller 2* apresentaria níveis mais baixos de consumo, mas durante o dia o consumo por parte do *chiller 1*

prejudicaria o custo total de operação. Assim, as potências térmicas ótimas em jogo são as apresentadas na tabela 23.

Tabela 23 - Potências nominais térmicas necessária para o novo grupo de arrefecimento dos HUC.

| Equipamento | Potência mínima kW _t | COP |
|-------------|------------------------------------|-----|
| Chiller 1 | 500 | 3,5 |
| Chiller 2 | 600 | 3,5 |

De acordo com os valores das necessidades de potência térmica de arrefecimento apresentadas no anexo M, considerando o modo de funcionamento proposto, o banco de gelo terá de ter a capacidade de armazenar um total de 4772 kWh_t (quilowatt-hora térmico) de gelo.

A tabela 24 apresenta um resumo da energia e custos associados à operação do *chiller 2*.

Tabela 24 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do *chiller 2* na estação de arrefecimento.

| Equipamento | Tarifa | Energia consumida kWh _e | Custo diário |
|------------------|-------------|---------------------------------------|--------------|
| <i>Chiller 2</i> | Super Vazio | 511,3 | 24,39 € |
| | Vazio | 681,7 | 34,97 € |
| | Cheia | 170,4 | 13,65 € |
| | TOTAL | 1363,4 | 73,01 € |

No que respeita ao *chiller 1*, apresenta-se na tabela 25 um resumo dos custos e consumos associados durante 24 horas.

Tabela 25 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do *chiller 1* na estação de arrefecimento.

| Equipamento | Tarifa | Energia Consumida kWh _e | Custo diário |
|-------------|-------------|---------------------------------------|--------------|
| Chiller 1 | Super Vazio | 241,7 | 11,53 € |
| | Vazio | 322,3 | 16,53 € |
| | Cheias | 1794,9 | 143,71 € |
| | Pontas | 571,4 | 61,10 € |
| | TOTAL | 2930,3 | 232,88 € |

Os dados mais detalhados dos consumos energéticos e custos associados estão disponíveis no Anexo S.

Estação de Aquecimento – Carga Total

Para a estação de aquecimento, dado que as necessidades de arrefecimento são menores, o sistema funcionaria em regime total. Recorrer-se-ia a um *chiller* (*chiller 1*) que suprimisse as necessidades do turno 1, enquanto um outro carregasse o banco de gelo para a totalidade de necessidades nos restantes turnos (*chiller 2*).

A figura 56 representa a evolução do sistema na estação de aquecimento.

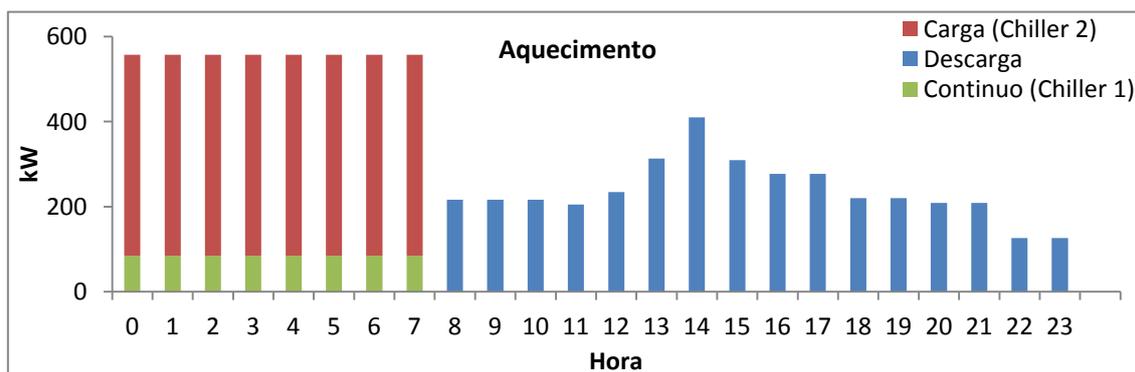


Figura 56 – Evolução das potências térmicas em jogo na estação de aquecimento para o cenário 1.

Para a estação de aquecimento, o modo mais favorável de funcionamento é o de carga total, onde as necessidades dos turnos 2 e 3 são totalmente suprimidas pela energia armazenada no banco de gelo. Na tabela 26 são apresentados para o *chiller 2*, os custos e consumos energéticos totais.

Tabela 26 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do *chiller 2* na estação de aquecimento.

| Equipamento | Tarifa | Energia consumida kWh _e | Custo diário |
|------------------|-------------|------------------------------------|--------------|
| <i>Chiller 2</i> | Super Vazio | 405,4 | 18,97 € |
| | Vazio | 540,5 | 27,08 € |
| | Cheia | 135,1 | 10,69 € |
| | TOTAL | 1081,0 | 56,74 € |

Para o *chiller 1*, os custos diários do consumo energético são os representados na tabela 27.

Tabela 27 - Resumo de consumos e custos para 24 horas de operação do *chiller 1* na estação de aquecimento.

| Equipamento | Tarifa | Energia consumida kWh _e | Custo diário |
|------------------|-------------|------------------------------------|--------------|
| <i>Chiller 1</i> | Super Vazio | 72,5 | 3,39 € |
| | Vazio | 96,7 | 4,84 € |
| | Cheia | 24,2 | 1,91 € |
| | Ponta | 0,0 | - € |
| | TOTAL | 193,4 | 10,15 € |

Os dados mais detalhados dos consumos energéticos e custos associados estão disponíveis no Anexo S.

Consumo Anual

Seguidamente serão apresentados na tabela 28, os valores totais anuais do consumo energético do sistema de bancos de gelo para o cenário 1.

Tabela 28 - Resumo de Consumos Energéticos Totais Anuais.

| | Arrefecimento | Aquecimento |
|---|---------------|-------------|
| Energia Total diária [kWh _e] | 4356 | 1250 |
| Dias de funcionamento | 180 | 180 |
| Energia Total Anual [kWh _e] | 1002260 | |

Custo de Manutenção

Os custos de manutenção da totalidade do sistema, foram estimados juntamente com dados fornecidos por empresas da área. Em média, um sistema de bancos de gelo requer 0,01 € por cada quilowatt eléctrico consumido pelo sistema. Assim, os custos da manutenção são os representados na tabela 29.

Tabela 29 - Custos de manutenção anuais.

| Sistema Bancos de gelo | Consumo energético Anual kWh _e | Custo Anual Manutenção |
|------------------------|--|------------------------|
| | 1002260 | 10.022 € |

Custos Finais de Operação

Para os custos de operação, a tabela 30 resume os valores totais anuais.

Tabela 30 - Custos de Operação Totais Anuais.

| | Arrefecimento | Aquecimento |
|-----------------------|---------------|-------------|
| Custo Total Diário | 309 € | 65 € |
| Dias de funcionamento | 180 | 180 |
| Manutenção | 10.022 € | |
| Custo Total Anual | ≈77.500€ | |

Investimento

O custo de investimento, foi obtido com base em dados de fabricantes, que estima um custo de 30€ por cada quilowatt hora de armazenamento térmico. Considerando para o tanque o modelo 1500C, cujas características se encontram no Anexo R , o número de tanques considerado será o correspondente à estação de arrefecimento, dado que esta estação apresenta necessidades superiores de armazenamento. Cada tanque tem uma capacidade de armazenamento de 1710 kWh_t, resultando daí uma necessidade de 3 tanques, face às necessidades térmicas totais. Na tabela 31, apresenta-se um resumo da análise económica correspondente ao cenário 1.

Tabela 31 - Resultados da análise económica para o cenário 1.

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| Número de tanques | 3 |
| Custo de Aquisição | 153.900,00 € |
| Poupança face ao Sistema convencional | 23.700 € (23,5%) |
| SPB (anos) | 6,5 |
| TIR ¹² | 9% |
| VAL | 37.200€ |

Face aos resultados obtidos, observa-se que este cenário permite uma redução de custos na ordem dos 23,5% face ao sistema existente.

4.1.2 Cenário 2: Banco de Gelo com Regime de Carga Total na Estação de Aquecimento e Arrefecimento

Neste cenário, é admitido um *chiller* (*chiller* 1), que funciona durante o turno 1 e que suprime as necessidades totais desse turno, enquanto um outro *chiller* (*chiller* 2) carrega o banco de gelo, dimensionado de modo a suprimir as necessidades totais dos turnos 2 e 3. Assim, a evolução das potências térmicas será a representada nas figura 57 e 58, para as estações de arrefecimento e aquecimento, respectivamente.

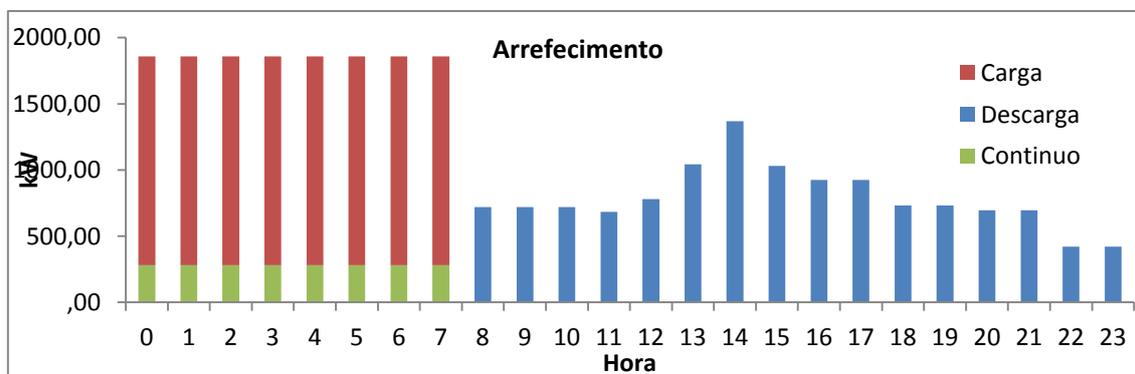


Figura 57 - Evolução das potências térmicas em jogo na estação de arrefecimento para o cenário 2

¹² Taxa Interna de Rentabilidade

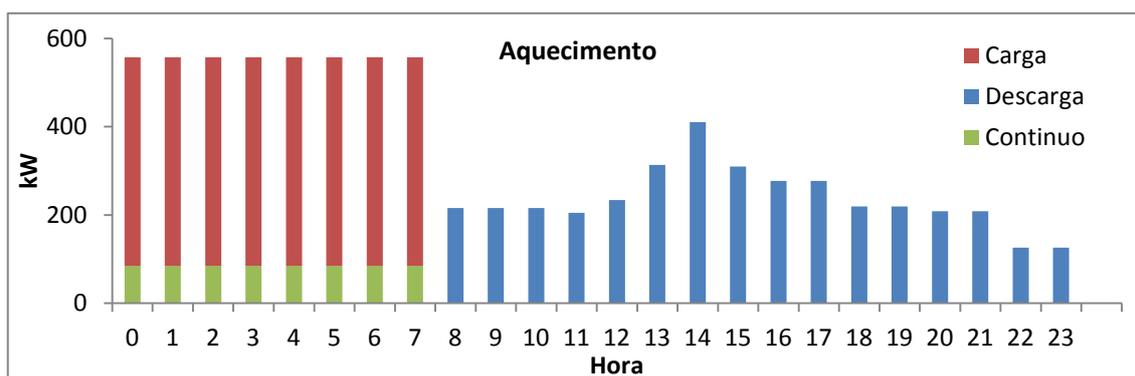


Figura 58 - Evolução das potências térmicas em jogo na estação de aquecimento para o cenário 2

Utilizando o mesmo procedimento do cenário 1, e tendo em conta que nos turnos 2 e 3 não existe nenhum *chiller* em funcionamento, apresenta-se na tabela 32 o resumo da análise económica para o cenário 2.

Tabela 32 - Resultados da análise económica para o cenário 2.

| | Arrefecimento | Aquecimento |
|---------------------------------------|------------------|-------------|
| Custos com Energia | 40.900 € | 12.000 € |
| Manutenção | 9.90 € | |
| Número de tanques | 8 | |
| Custo de Aquisição | 410.400 € | |
| Poupança face ao Sistema convencional | 39.140 € (38,8%) | |
| SPB | 10,5 | |
| TIR | -1,4% | |
| VAL | -68.174 € | |

De imediato se conclui que, na perspectiva da ESCO, o cenário 1 é o que representa melhores benefícios, na medida em que apresenta um tempo de retorno do investimento inferior. Ainda que as poupanças nos custos totais do cenário 2 sejam superiores, os indicadores económicos/financeiros correspondentes ao cenário 1 apresentam valores mais aliciantes para a TIR e VAL.

4.1.3 Contrato de Performance para o Banco de Gelo

Nesta secção são apresentados os resultados de um estudo económico simplificado para um hipotético contrato de *performance* entre a ESCO e os HUC no que respeita à implementação de uma instalação de acordo com o cenário 1 descrito anteriormente, no modelo de partilha de poupança económica. A escolha do tipo de contrato prende-se com o facto de o risco da operação ser partilhado por ambos os intervenientes. No fim do contrato, os proveitos por parte dos HUC apresentarão a evolução da figura 59.

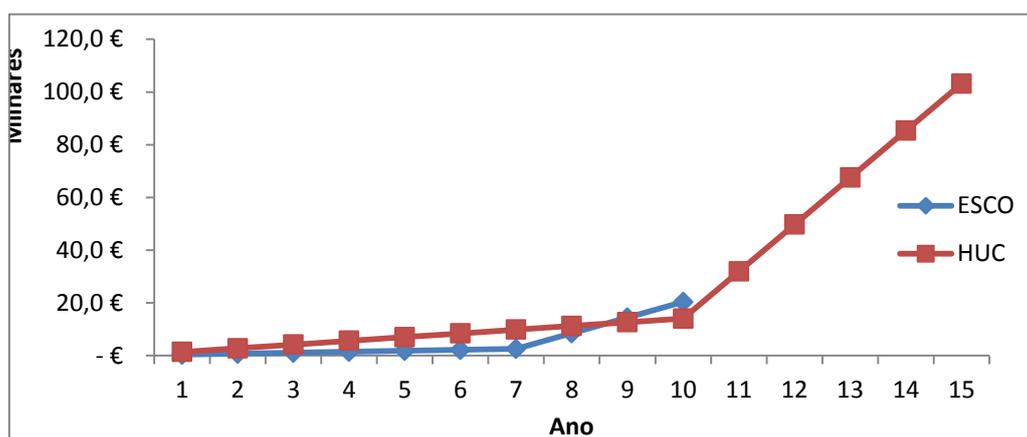


Figura 59 - Evolução dos proveitos para os HUC e a ESCO

As parcelas de investimento e proveitos dos intervenientes são as apresentadas na tabela 33.

Tabela 33 - Parcelas de investimento e proveitos dos intervenientes

| | ESCO | HUC |
|-------------------------------|-------------|--------------|
| Investimento Inicial | 20% | 80% |
| | 30.780,00 € | 123.120,00 € |
| Proveitos do Exercício | 25% | 75% |
| | 5.937,32 € | 17.811,96 € |

O investimento feito pela ESCO representaria 20% do investimento inicial e os HUC o restante. Nos proveitos do exercício, a ESCO assume a responsabilidade da instalação durante o período do contrato, retendo 25% dos proveitos obtidos anualmente com esta nova instalação.

O financiamento da ESCO será obtido junto de uma entidade externa (p.e. um banco) que financiará o valor do investimento, o qual será pago em prestações mensais calculadas com uma taxa de juro fixa de 7% ao ano durante 7 anos, calculada sobre um valor total de 39.022 €

Nos dez anos em que o contrato ESCO se encontra em vigor, apresentam-se na tabela 34 os *cash flows* da ESCO.

Tabela 34 - *Cash flows* da ESCO durante o contrato.

| Ano | Gastos | Poupança | Poupança acumulada |
|-----|---------|----------|--------------------|
| 1 | 5.574 € | 5.937 € | 362 € |
| 2 | 5.574 € | 5.937 € | 725 € |
| 3 | 5.574 € | 5.937 € | 1.088 € |
| 4 | 5.574 € | 5.937 € | 1.450 € |
| 5 | 5.574 € | 5.937 € | 1.813 € |
| 6 | 5.574 € | 5.937 € | 2.176 € |
| 7 | 5.574 € | 5.937 € | 2.538 € |
| 8 | - € | 5.937 € | 8.476 € |
| 9 | - € | 5.937 € | 14.413 € |
| 10 | - € | 5.937 € | 20.350 € |

Os *cash flows* da ESCO são positivos durante todo contrato, sendo que o lucro acumulado no final do contrato apresenta o valor de 20.350 €. Esta operação possui um retorno do investimento de 6,6 anos para a ESCO.

No caso dos HUC, o financiamento para o investimento, será também obtido através de uma entidade externa, e pago em prestações mensais com uma taxa de juro fixa de 6% ao ano durante 10 anos, calculada sobre um valor total de 164.026 €. A taxa mais baixa deve-se ao baixo risco que a instituição possui junto da entidade credora, uma vez que os HUC são uma organização do tipo Empresa Pública Empresarial (EPE). Na tabela 35 estão apresentados os *cash flows* dos HUC no período decorrente do contrato.

Tabela 35 - *Cash flows* dos HUC durante o contrato

| Ano | Gastos | Poupança | Poupança acumulada |
|-----|----------|----------|--------------------|
| 1 | 16.402 € | 17.811 € | 1.409 € |
| 2 | 16.402 € | 17.811 € | 2.818 € |
| 3 | 16.402 € | 17.811 € | 4.228 € |
| 4 | 16.402 € | 17.811 € | 5.637 € |
| 5 | 16.402 € | 17.811 € | 7.046 € |
| 6 | 16.402 € | 17.811 € | 8.456 € |
| 7 | 16.402 € | 17.811 € | 9.865 € |
| 8 | 16.402 € | 17.811 € | 11.274 € |
| 9 | 16.402 € | 17.811 € | 12.684 € |
| 10 | 16.402 € | 17.811 € | 14.093 € |

O retorno do investimento desta operação para os HUC situa-se nos 9 anos. No final da operação, os HUC conseguirão uma poupança acumulada de 14.093 €.

Caso ocorram actualizações no preço da energia eléctrica, este sistema de armazenamento térmico será tanto mais vantajoso quanto maior for a diferença de preço das horas de vazio e super vazio para as horas de cheias e pontas.

4.2 Trigeração

Neste capítulo apresenta-se um estudo de viabilidade económica para a instalação de um sistema de trigeração nos HUC. A metodologia utilizada baseia-se no princípio da maximização do aproveitamento térmico da instalação. Para o efeito, é efectuado um estudo comparativo entre duas soluções, com tecnologias bem distintas na transformação de energia. No primeiro cenário, é utilizado um motor alternativo para produção de vapor com aproveitamento nos circuitos de arrefecimento, e no segundo cenário, uma turbina. Em ambos os casos, o combustível utilizado é o gás natural e a energia eléctrica produzida será vendida ao *Sistema Eléctrico Público* (SEP).

Para a energia térmica de arrefecimento, serão aproveitados os equipamentos de ciclo de absorção e circuitos já existentes, anulando assim os custos de aquisição destes. Dado que os *chillers* são alimentados a vapor, a análise do sistema centra-se na produção do mesmo.

Combustível

O combustível utilizado é o gás natural, que possui importantes vantagens quando comparado com o fuelóleo, nomeadamente, maior poder calorífico e baixo nível de emissões de CO₂. Na tabela 36 são apresentadas as propriedades do gás natural, necessárias para a análise da viabilidade da trigeração.

Tabela 36 - Propriedades do Gás Natural.

| Combustível | Poder Calorífico Inferior [MJ/kg] | Factor de Emissões [kgCO ₂ /GJ] |
|-------------|--------------------------------------|---|
| Gás Natural | 54,1 | 64,1 |

Valores presentes no Despacho n.º 17313/2008

4.2.1 Cenário 3:Trigeração com Motor Alternativo

Para a instalação de trigeração com motor alternativo, é proposto um gerador da General Electric (GE), modelo Jenbacher Type 6 (figura 60), cujas principais características se apresentam na tabela 37. As restantes características, encontram-se especificadas no Anexo T T.



Figura 60 – Gerador Jenbacher Type 6 modelo 624 [51].

Tabela 37 – Características principais do gerador alternativo.

| | |
|------------------------------------|------------------|
| Marca | GE |
| Modelo | Jenbacher Type 6 |
| Tipo | 624 |
| Potência Térmica [kW] | 3635 |
| Rendimento Térmico ¹³ | 41,2% |
| Potência Eléctrica [kW] | 4029 |
| Rendimento Eléctrico ¹³ | 45,6% |

¹³ Dados fornecidos do catálogo do fabricante.

Neste cenário, o motor permite a produção do vapor que suprime parte das necessidades mínimas de vapor (tanto para aquecimento como para o ciclo de absorção), enquanto na caldeira de recuperação será injectado combustível de modo a compensar as restantes necessidades. Nos períodos de vazio e super-vazio (turno 1), a caldeira de recuperação funciona como uma caldeira convencional, suprimindo a totalidade das necessidades. Assume-se, para efeito de cálculo, que a caldeira de recuperação possui uma eficiência de 75% e que se encontra sempre sob pressão, de modo a entrar em funcionamento quase instantaneamente, na eventualidade de um pico de necessidade ou na transição para o turno 1. Para a produção de energia de arrefecimento (*chiller* de absorção), todo o vapor necessário para o funcionamento do chiller é fornecido pelo motor.

O esquema de funcionamento da trigeriação é o representado na figura 61.

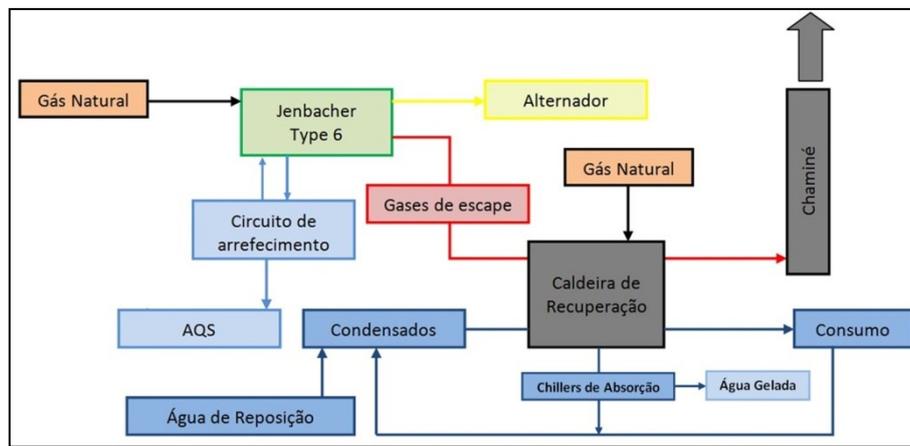


Figura 61 – Esquema de funcionamento da instalação.

Regime de Funcionamento

O sistema de trigeriação funciona 17 horas por dia, de segunda a sábado, ou seja, só opera nas horas de cheias e ponta estabelecidas pela ERSE (*Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos*), cujos horários do ciclo semanal se encontram no Anexo U . O apoio dado pela caldeira de recuperação, nos turnos 2 e 3 varia entre 5,9 e 20,2%, como representado na figura 62.

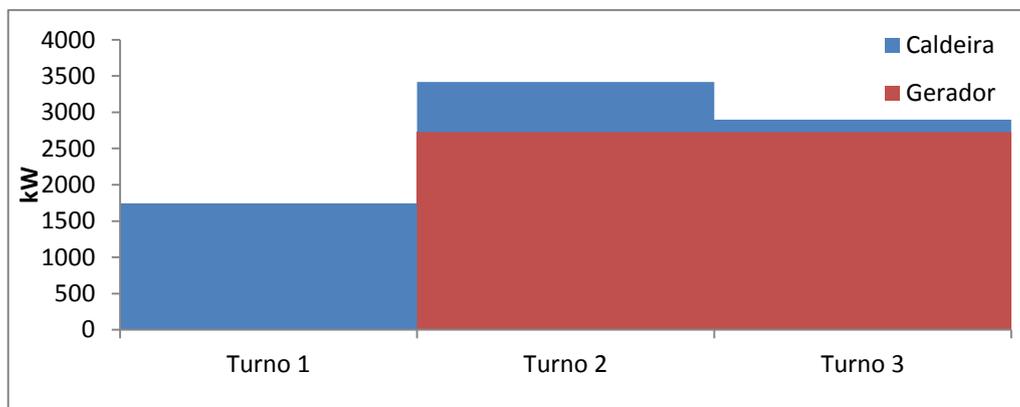


Figura 62 – Regime de funcionamento da caldeira e do gerador instalados.

Na tabela 38 apresenta-se o regime de funcionamento do motor.

Tabela 38 – Regime de funcionamento e produção energética anual.

| | | |
|------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Horas de funcionamento anual | 4726 | Horas |
| Rotações por Minuto | 1500 | rpm |
| Energia Produzida | Térmica | 12,88 GWh _{vapor} |
| | Eléctrica | 19,04 GWh _{água gelada} |

No que diz respeito à energia térmica para os *chillers* de absorção, o regime de funcionamento é o apresentado na tabela 39.

Tabela 39 - Regime de funcionamento anual do chiller de absorção.

| | | |
|----------------------------|-------|---------|
| Caudal de Vapor necessário | 1620 | kg/h |
| Potência Térmica | 1266 | kW |
| COP | 0,9 | |
| Carga média anual | 70% | |
| Energia Térmica de vapor | 46,53 | GWh/ano |

Da energia térmica total produzida pelo motor, a repartição entre energia térmica para aquecimento (vapor) e energia térmica de arrefecimento (água gelada) produzida é a representada na figura 63.

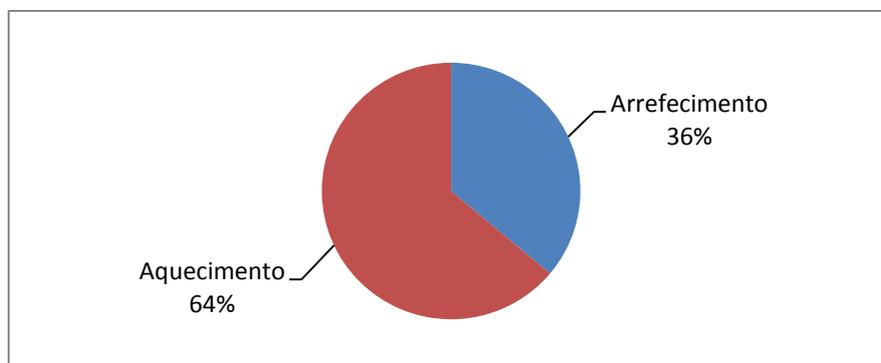


Figura 63 - Repartição do total da energia térmica produzida pelo motor.

Valorização da energia eléctrica

No actual panorama jurídico, não existe legislação que estipule a remuneração da energia fornecida à rede eléctrica. Assim, o preço entre ambas as partes (produtor e receptor) é habitualmente acordado aquando do contrato de fornecimento de energia eléctrica. No entanto, foi utilizado como aproximação, o valor calculado pelo método estipulado pela portaria n.º 58/2002, que se encontrava em vigor até 2010. Desse cálculo resultou o valor de 0,13€ por quilowatt hora entregue.

Valorização da energia térmica de arrefecimento

Para a valorização da energia térmica de arrefecimento, é considerado o custo da água gelada caso esta fosse produzida por um chiller eléctrico convencional, que é avaliado em 0,03€ por cada quilowatt hora de água gelada.

Valorização da energia térmica de aquecimento

No que respeita aos proveitos térmicos que advêm da venda de vapor aos HUC, estes são avaliados em 0,04€ por cada quilowatt hora de vapor entregue. Este valor foi calculado partindo do princípio que será vendido ao preço de custo, que por sua vez foi calculado segundo o método de trabalho como subproduto [4].

Proveitos

Os proveitos que resultam da venda destes produtos são os representados na tabela 40.

Tabela 40 - Proveitos anuais da venda de energia.

| Proveito | | Valor anual |
|-----------|---------------|-------------|
| Eléctrico | | 2.548.419 € |
| Térmicos | Arrefecimento | 134.921 € |
| | Aquecimento | 246.921 € |

Custos

A operação e manutenção (O&M) representam custos relativos à operação da instalação, salários com pessoal e manutenção do equipamento. Após consulta de profissionais da área, o valor estimado foi de 0,02€ por quilowatt hora eléctrico produzido, que resulta no valor apresentado na tabela 41.

Tabela 41 - Custo anual com O&M

| | |
|-------|----------|
| O & M | 380.821€ |
|-------|----------|

Para o combustível, o consumo expectável de gás natural é calculado com base no poder calorífico inferior e tem o valor apresentado na tabela 42.

Tabela 42 - Custo com combustível.

| | | |
|------------------------|-------------------|-------------|
| Caudal médio | m ³ /s | 0,23 |
| Preço de compra | €/m ³ | 0,35 |
| Custo anual expectável | - | 1.388.142 € |

Balanço Anual

O balanço anual de proveitos e custos é o apresentado na tabela 43.

Tabela 43 - Balanço anual.

| | |
|------------------|-------------|
| Proveitos Anuais | 2.930.262 € |
| Custos Anuais | 1.768.963 € |
| Balanço Anual | 1.161.298 € |

Investimento

Após consulta de fabricantes e fornecedores da área, os valores médios de investimento para um sistema deste tipo são na ordem dos 900€ por quilowatt eléctrico; o valor representa custos com o motor, óleo, permutadores e outros acessórios, ou seja, representa o preço de “chave na mão”. Assim, o valor do investimento para o motor seleccionado, é o apresentado na tabela 44.

Tabela 44 – Valor do investimento do sistema.

| | |
|--------------|------------|
| Investimento | 3.626.100€ |
|--------------|------------|

Análise Económica

Do estudo económico realizado para este cenário, resultaram os indicadores apresentados na tabela 45.

Tabela 45 - Resultados da análise económica.

| | |
|------------|-------------|
| SPB (anos) | 3,1 |
| TIR | 45,5 |
| VAL | 5.932.539 € |

Valor da Poupança de Energia Primária

De acordo com o Decreto-Lei n.º 23/2010 de 25 de Março, o valor expectável da poupança de energia primária (PEP), será a apresentada na tabela 46.

Tabela 46 – Valor da poupança de energia primária.

| | |
|-----|--------|
| PEP | 18,8 % |
|-----|--------|

De acordo com o mesmo Decreto-Lei, a instalação será classificada como uma trigeiração de elevada eficiência, dado que a PEP apresenta um valor superior a 10%.

Apresenta-se na tabela 47 a eficiência global da instalação, definida como o quociente entre a energia total produzida e a energia do combustível consumido.

Tabela 47 - Rendimento global da instalação de cogeração

| | |
|-------------------|--------|
| Rendimento Global | 76,5 % |
|-------------------|--------|

Emissões

No que diz respeito às emissões de dióxido de carbono, (CO₂), apresenta-se na tabela 48 uma comparação entre as emissões da trigeriação proposta e do sistema convencional, com base no despacho n.º 17313/2008.

Tabela 48 – Comparativo de emissões de CO₂

| | | |
|----------------------|------|----------------------|
| Trigeriação | 0,57 | kgCO ₂ /s |
| Sistema Convencional | 0,76 | kgCO ₂ /s |

A trigeriação apresenta uma redução de cerca de 25% nas emissões de CO₂.

4.2.2 Cenário 4: Trigeriação com Turbina a Gás

Para o cenário com turbina a gás natural, a metodologia foi semelhante ao do motor alternativo. Com base nas necessidades anteriormente estipuladas (escolha pela maximização do aproveitamento térmico), o equipamento que mais se aproxima das características necessárias é a turbina a gás natural da *Solar® Turbines*. O modelo considerado é a turbina *Saturn 20* (figura 64), cujas características principais se apresentam na tabela 49. No Anexo U V, estão disponíveis, para consulta mais detalhada, as características do equipamento.

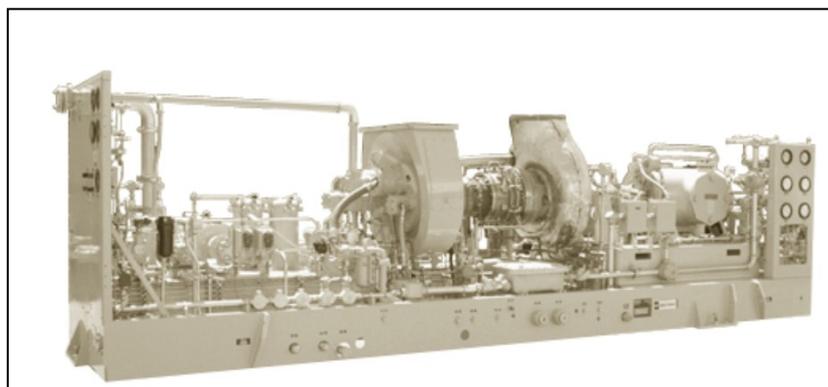


Figura 64 – Turbina Saturn 20 da Solar® Turbines.

Tabela 49 - Principais características da turbina a gás.

| | | |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Marca | <i>Solar® Turbines</i> | |
| Modelo | <i>Saturn 20</i> | |
| Potência Eléctrica | 1200 | [kW] |
| Taxa de Calor (<i>Heat Rate</i>) | 14795 | [kJ/kWh _{eléctrico}] |
| Rendimento Eléctrico | 24% | |
| Temperatura dos Gases de Escape | 511 | [°C] |
| Caudal dos Gases de Escape | 6,5 | [kg/s] |

Regime de funcionamento

O sistema de trigeração funciona 17 horas por dia, de segunda a sábado, ou seja, só opera nas horas de cheias e ponta estabelecidas pela ERSE (*Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos*). Assume-se, para efeito de cálculos, que a caldeira de recuperação possui uma eficiência de 75%. O funcionamento do sistema de trigeração seria semelhante ao cenário com o motor alternativo, diferenciando-se no facto do aproveitamento térmico existir exclusivamente nos gases de escape (ao contrário do motor que permite o aproveitamento nos circuitos de arrefecimento).

A caldeira de recuperação estaria sempre em actividade, o apoio desta varia entre 28 e 15% nos turnos 2 e 3. O regime de funcionamento da caldeira e da turbina seria o representado na figura 65.

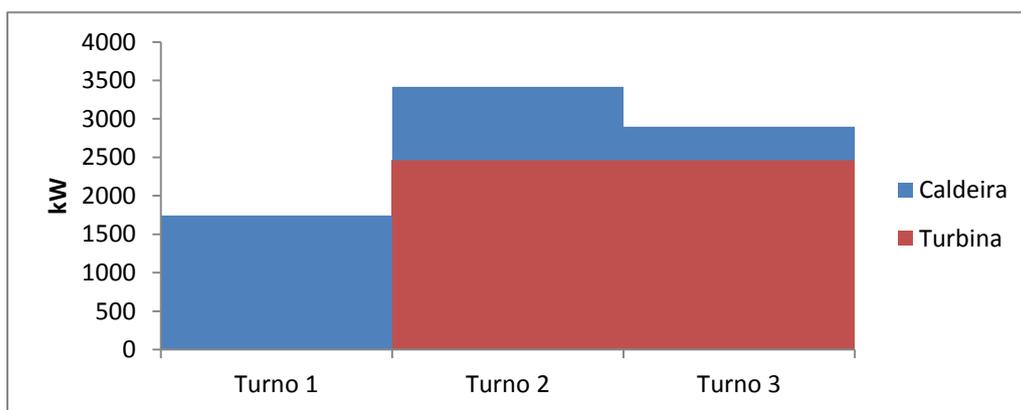


Figura 65 – Regime de funcionamento da caldeira e da turbina instalados.

O esquema de funcionamento de uma instalação deste tipo é o apresentado na figura 66.

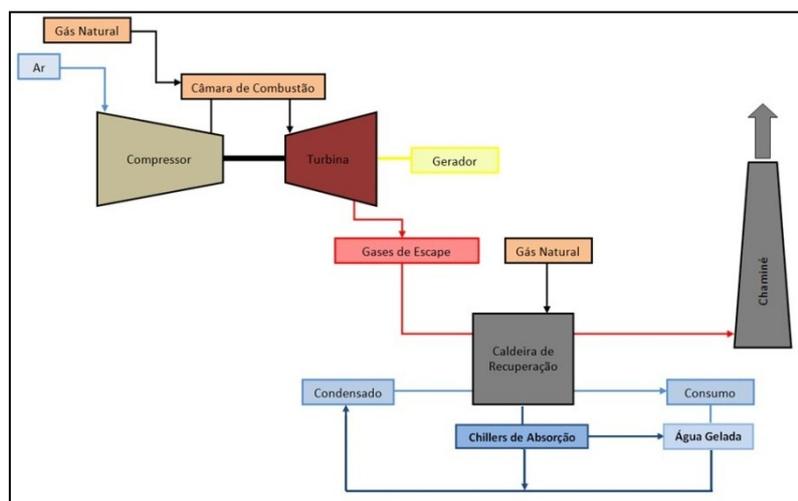


Figura 66 – Esquema de funcionamento para uma instalação de trigeração com turbina a gás.

Para a produção água gelada, o funcionamento é semelhante ao do cenário 3.

Resultado da operação

Os valores anuais da actividade de trigeriação, são os apresentados na tabela 50.

Tabela 50 – Valores anuais do resultado da operação.

| | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------------------------|
| Horas de funcionamento anual | | 4726 | Horas |
| Energia Produzida | Eléctrica | | 5,67 GWh _{eléctrico} |
| | Térmica | Aquecimento | 6,98 GWh _{vapor} |
| | | Arrefecimento | 4,65 GWh _{água gelada} |
| Proveitos | | | |
| Eléctricos | | 849.467 € | |
| Térmicos | Aquecimento | | 349.012 € |
| | Arrefecimento | | 134.921 € |
| Custos | | | |
| Operação e Manutenção | | 28.356 € | |
| Combustível | | 774.810 € | |
| Investimento | | 1.080.000 € | |
| SPB | | 2,0 | Anos |
| TIR | | 47,6 % | |
| VAL | | 2.752.378 € | |

O valor da poupança de energia primária, seguindo a metodologia utilizada para o motor, é a representada na tabela 51.

Tabela 51 – Poupança de energia Primária.

| | |
|-----|------|
| PEP | 6,7% |
|-----|------|

Escolha do sistema

Através dos dados apresentados nas tabelas 50 e 51, observa-se que o cenário 4 não é tão interessante do ponto de vista financeiro, visto que, apesar de apresentar um retorno de investimento mais baixo, os valores da TIR e VAL são claramente inferiores. Do ponto de vista energético, esta turbina apresenta uma poupança de energia primária inferior, em relação ao cenário 3 (com motor alternativo). Uma das razões pela qual a PEP é fortemente penalizada é o facto de a turbina possuir um rendimento eléctrico muito baixo, isto porque uma grande parte da energia gerada como trabalho de veio, é deslocada para o compressor.

Nas figura 67 e 68 são apresentados os valores dos *cash flows* acumulados ao longo dos 10 anos do contrato para a ESCO e os HUC, respectivamente.

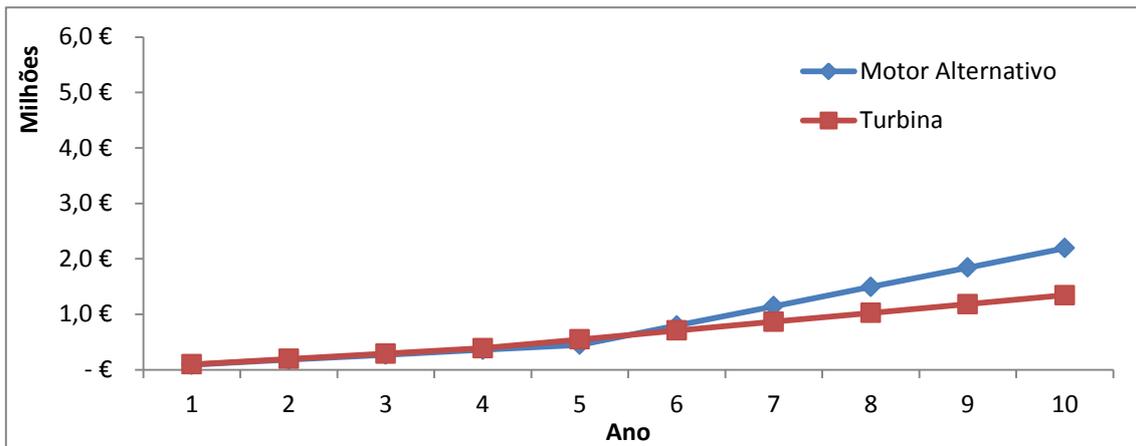


Figura 67 - Cash flow acumulado para a ESCO durante o contrato

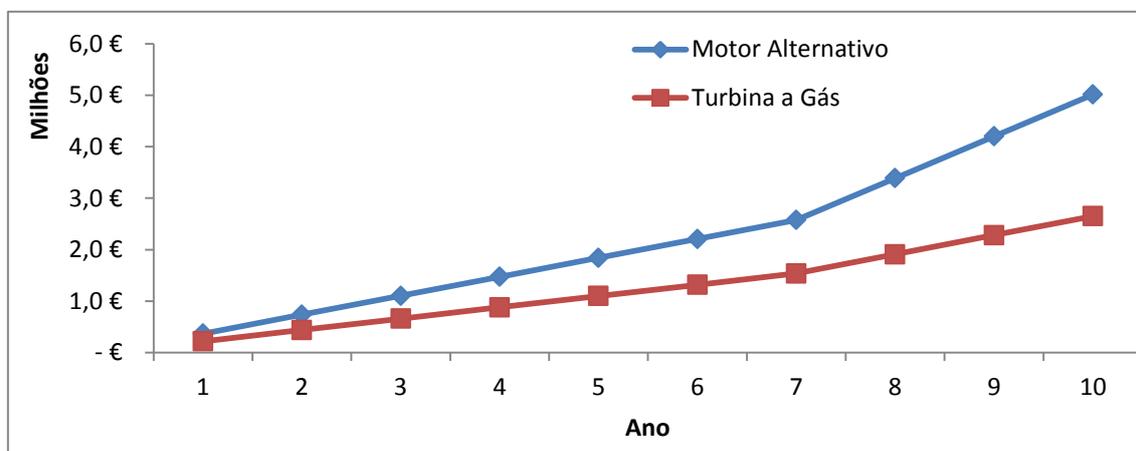


Figura 68 - Cash flow acumulado para os HUC durante o contrato

Conclui-se desta forma que a instalação da trigeriação com a turbina a gás, não representa a melhor opção e que o sistema a instalar será o motor alternativo (cenário 3).

4.2.3 Contrato de Performance

Apresenta-se agora um modelo de contrato de performance a celebrar entre a ESCO e os HUC para a instalação de uma trigeriação. As parcelas referentes à ESCO e aos HUC seriam as apresentadas na tabela 52. Dado o presente risco da incerteza na remuneração da injeção energia eléctrica na rede, o tipo de contrato escolhido para este cenário foi o de partilha de poupança (ou proveito) económica, de maneira a partilhar o risco da operação.

Tabela 52 – Parcelas de investimento e proveitos de ambos intervenientes.

| | ESCO | HUC |
|----------------------|-----------|-------------|
| Investimento Inicial | 20% | 80% |
| | 725.220 € | 2.900.880 € |
| Proveitos | 30% | 70% |
| | 348.389 € | 812.909 € |

O investimento feito pela ESCO representaria 20% do investimento inicial sendo o restante assumido pelos HUC. Nos proveitos, a ESCO assume a responsabilidade da instalação durante o período do contrato, retendo 30% das poupanças obtidas anualmente com esta nova instalação.

O financiamento da ESCO será obtido junto de uma entidade externa (p.e.. um banco), que financiará o valor do investimento. Este, será pago em prestações mensais calculadas com uma taxa de juro fixa de 7% ao ano, durante 5 anos. O valor total do empréstimo será de 861.613€.

No decorrer dos dez anos do contrato, os *cash flows* da ESCO, relativamente a este projecto, serão os apresentados na tabela 53.

Tabela 53 - Cash Flows da ESCO durante o contrato.

| Ano | Custos | Proveitos | Diferença |
|-----|-----------|-----------|-------------|
| 1 | 172.322 € | 348.389 € | 176.066 € |
| 2 | 172.322 € | 348.389 € | 352.133 € |
| 3 | 172.322 € | 348.389 € | 528.200 € |
| 4 | 172.322 € | 348.389 € | 704.267 € |
| 5 | 172.322 € | 348.389 € | 880.334 € |
| 6 | -€ | 348.389 € | 1.228.724 € |
| 7 | -€ | 348.389 € | 1.577.114 € |
| 8 | -€ | 348.389 € | 1.925.503 € |
| 9 | -€ | 348.389 € | 2.273.893 € |
| 10 | -€ | 348.389 € | 2.622.283 € |

No tempo em que o contrato se encontra em vigor, a ESCO consegue gerar liquidez suficiente para pagar o investimento. No final do contrato, é expectável que a ESCO acumule um rendimento total de 2.622.283€.

No caso dos HUC, o financiamento para o investimento será obtido também através de uma entidade externa e será pago em prestações mensais, com uma taxa de juro fixa de 6% ao ano, durante 7 anos. O total do empréstimo será de 3.559.723 €, obtendo-se os *cash flows* apresentados na tabela 54.

Tabela 54- *Cash flows* dos HUC durante o contrato.

| Ano | Custos | Proveitos | Diferença |
|-----|------------|-----------|-------------|
| 1 | 508.5316 € | 812.909 € | 304.377 € |
| 2 | 508.5316 € | 812.909 € | 608.754 € |
| 3 | 508.5316 € | 812.909 € | 913.131 € |
| 4 | 508.5316 € | 812.909 € | 1.217.509 € |
| 5 | 508.5316 € | 812.909 € | 1.521.886 € |
| 6 | 508.5316 € | 812.909 € | 1.826.263 € |
| 7 | 508.5316 € | 812.909 € | 2.130.640 € |
| 8 | -€ | 812.909 € | 2.943.550 € |
| 9 | -€ | 812.909 € | 3.756.459 € |
| 10 | -€ | 812.909 € | 4.569.368 € |

Para os HUC, tal como no caso da ESCO, as receitas da actividade de trigeriação são superiores aos custos inerentes à mesma, o que significa que o investimento se paga a ele próprio. No final do contrato, os proveitos acumulados dos HUC serão de 4.569.368 €.

5 Conclusão

Os HUC, na sua generalidade, são um complexo conjunto de múltiplos sistemas energéticos, englobando diversas áreas com especificidades e características próprias. Dada a sua magnitude, uma correcta caracterização do perfil do seu consumo energético permite identificar as áreas prioritárias de actuação.

As leituras que foram efectuadas não chegaram a ser conclusivas quanto às áreas de maior consumo energético nos HUC, pois não foi possível obter valores de consumo na totalidade das áreas desejadas, dadas as limitações do próprio equipamento. Ainda assim, com as leituras que foram possíveis efectuar, conclui-se que a iluminação apresenta um peso na ordem dos 3%, no consumo energético total, já no que respeita ao grupo de arrefecimento, estima-se que represente cerca de 3% do consumo total do edifício. No que respeita ao consumo de energia eléctrica, o peso da iluminação e dos *chillers* sobem para 6% e 5%, respectivamente, o restante serão outros equipamentos.

Bancos de Gelo

Nos cenários analisados para o sistema de armazenamento térmico com bancos de gelo, conclui-se que o cenário mais vantajoso para a ESCO é o cenário 1, pois é o que apresenta melhores indicadores económicos tais como, uma TIR de 9 % e um VAL da ordem dos 20% (do valor do investimento). Este cenário, permite reduzir em 23% o custo anual de produção de água gelada, apesar de um aumento de cerca de 1,5% no consumo energético. Este sistema representa, para a ESCO, um lucro de 50% do valor do investimento, no fim do contrato. No caso dos HUC, nos primeiros 10 anos, o lucro representa apenas 7% do investimento total (no final do contrato). Uma das mais-valias deste tipo de sistema é o facto de introduzir um baixo nível de complexidade ao sistema já existente, sendo um sistema quase passivo (quando comparado com o convencional). Este sistema será tanto mais vantajoso quanto maior for a diferença entre as tarifas de ponta e Cheias e as tarifas de vazio e super vazio.

Trigeração

A trigeração demonstrou ser, sem dúvida, um sistema interessante, tanto para os HUC como para a ESCO, permitindo aos HUC lucrar, no fim do contrato, 128% do valor do investimento, gerando assim, proveitos suficientes para pagar o crédito contraído. Para a ESCO, a trigeração representa um lucro, no fim do contrato, de 304% do valor do investimento. Em caso de falha da rede eléctrica, o motor alternativo poderá actuar como gerador de emergência, juntamente com os dois já existentes. Contudo, é necessário ter em conta que esta análise foi efectuada com o princípio remuneratório da

anterior legislação (portaria 58/2002 de 15 de Janeiro) simplesmente como referência, apresentando o cenário 3 um Rendimento eléctrico equivalente (REE) de 62%; actualmente, a legislação em vigor poderá não gerar os mesmos proveitos que o previsto com a anterior, daí que hoje em dia o investimento neste tipo de sistema acarrete um risco superior.

5.1 Propostas de Trabalhos Futuros

De futuro, seria interessante analisar os sistemas de AVAC de todo o edifício de modo a perceber o potencial de poupança energética na climatização dos HUC, bem como uma profunda auditoria aos sistemas de bombagem e ventilação. Equipamentos variadores de frequência seria uma interessante medida dado a elevada quantidade destes equipamentos.

A implementação de um sistema de controlo centralizado seria interessante, de modo a monitorizar e gerir consumos em zonas chave, como por exemplo, o controlo centralizado das estações informáticas.

A modernização da instalação de transformação e distribuição de vapor também é uma área a ter em consideração, pois apesar de alguns dos equipamentos se encontrarem em bom funcionamento, a totalidade de instalação já apresenta sinais de degradação e desactualização. A implementação de contadores de vapor permitiria conhecer a repartição de consumos da totalidade do hospital, para além de que facilitaria eventuais análises futuras, permitindo identificar áreas a intervir de um modo mais rápido e eficiente.

6 Bibliografia

- [1] British Petrol, "BP Statistical Review of World Energy," June 2010.
- [2] International Energy Agency, "World Energy Outlook," 2010.
- [3] International Energy Agency, "Key World Energy Statistics," 2010.
- [4] Carlos Manuel Pinho, *Gestão de Energia Térmica*. Porto, Portugal, 2009, Sebenta das aulas teóricas da disciplina de Gestão de Energia Térmica.
- [5] Parlamento Europeu, DIRECTIVA 2009/28/CE, 2009.
- [6] Consortium for Energy Efficiency, Inc., *Commercial Building Performance: Healthcare Facilities*., 2005.
- [7] Telmo Adriano Rocha Santos, *Serviços de Energia Aplicados à Cogeração*.: FEUP, 2010, Tese de Fim de Curso.
- [8] Institute for Energy, "Energy Service Companies Market in Europe," Joint Research Centre, European Commission, Luxembourg, 2010.
- [9] Andrew Satchwell, Charles Goldman, Peter Larsen, Donald Gilligan, and Terry Singer, "A Survey of the U.S. ESCO Industry: Market Growth and Development from 2008 to 2011," Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2010.
- [10] (Acedido peal ultima vez a 1 de Maio de 2011) Pike Research. [Online]. <http://www.pikeresearch.com/>
- [11] Albert Thumann and Eric Woodroof, *Energy Project Financing: Resources and Strategies for Success*.: CRC Press, 2009.
- [12] Moncef Krarti, *Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach*. Florida, United States of America: CRC Press, 2000.
- [13] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "Boilers," in *HVAC Systems and Equipment*., 2008, ch. 31.
- [14] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "Steam Systems," in *HVAC Systems and Equipments*., 2008, ch. 10.
- [15] Administração Central do Sistema de Saude, IP, "Epecificações Técnicas para

Instalações de AVAC," June 2008.

- [16] Administração Central do Sistema de Saude, IP, *Recomendações e Especificações Técnicas do Serviço Hospitalar.*, 2010.
- [17] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "Thermal Storage," in *HVAC Applications.*, 2009, ch. 33.
- [18] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "Combined Heat and Power Systems," in *HVAC Systems and Equipments.*, 2008, ch. 7.
- [19] Devki Energy Consultancy Pvt. Ltd., "Best Practice Manual: Cogeneration," 2006.
- [20] Carlos Pinho, Apontamentos da disciplina de Máquinas Térmicas, 2008.
- [21] André Fernando Ribeiro de Sá, *Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética.*: Publindústria, 2010.
- [22] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, Decreto-Lei n.º 80/2006, 2006, Regulamento das Características e Comportamento Térmico dos Edifícios.
- [23] Instituto de Meteorologia de Portugal, IP. Acedido pela última vez a 30 de Maio de 2011. [Online]. <http://www.meteo.pt/pt/oclima/clima.normais/006/>
- [24] (Acedido pela última vez a 10 de Maio de 2011) Wikipédia. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design
- [25] Frank Kreith and D. Yogi Goswami, Eds., *Energy Management and Conservation Handbook.*: CRC Press, 2008.
- [26] (Acedido pela última vez a 11 de Maio de 2011) Wikipédia. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Autoclave>
- [27] (Acedido pela última vez a 11 de Maio de 2011) Encyclopedia.com. [Online]. <http://www.encyclopedia.com/doc/1E1-calender.html>
- [28] Spirax Sarco, *The Steam and Condensate Loop.*: Spirax-Sarco Limited, 2007.
- [29] Yunus A. Çengel, Robert H. Turner, and John M. Cimbala, *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*, 3rd ed., McGraw Hill, Ed., 2003.
- [30] Carrier, Catálogo do producto 30 XAS 242 - 482, 2009.
- [31] Cogen Portugal. (Acedido pela última vez a 21 de Maio de 2011) Cogen Portugal. [Online]. <http://www.cogenportugal.com/default.aspx>
- [32] Calmac. (Acedido pela última vez a 15 de Maio de 2011) Calmac. [Online]. http://www.calmac.com/products/icebankc_specs.asp
- [33] Ibrahim Dinçer and Marc A. Rosen, *Thermal Energy Storage: Systems and Applications*, 2nd ed., 2011.

- [34] Wolfgang Wagner and Hans-Joachim Kretzschmar, *Internationa Steam Tables*, 2nd ed.: Springer-Verlag, 2008, Propriedades da água e vapor baseadas na formulação industrial IAPWS-IF97.
- [35] American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, "Refrigerants," in *Fundamentals.*, 2009, ch. 29.
- [36] Albert Thumann and William J. Younger, *Handbook of Energy Audits*, 7th ed.: The Fairmont Press, 2008.
- [37] United States Department of Energy, "Comparing White Light LEDs to Conventional Light Sources," Energy Efficiency and Renewable Energy, 2008.
- [38] International Energy Agency, "Things that go Blip in the Night: Stanby Power and How to Limit it," OECD/EIA, 2001.
- [39] ASHRAE, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy," ASHRAE, Standard 55-2004.
- [40] Instituto Nacional de Estatística, Documento Metodológico.
- [41] Frank P. Incropera, David P. DeWitt, Theodore L. Bergman, and Adrienne S. Lavine, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer," 2011.
- [42] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, ERSE. Acedido pela ultima vez a 10 de Maio de 2011. [Online].
<http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/CiclosconsumidoresMATATMT.aspx>
- [43] Center for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies, CADDET, Saving Energy With Energy Efficiency in Hospitals, 1997.
- [44] Carrier, Catálogo do producto 30 HXC, 2003.
- [45] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "Thermodynamics and Refrigeration Cycles," in *Fundamentals.*, 2009, ch. 7.
- [46] Eficiência Energética. (Acedido pela última vez a 12 de Maio de 2011) Eficiência Energética. [Online].
<http://www.eficiencia-energetica.com/html/cogeracao/cogeracao.htm>
- [47] Mecanico Maniacos. (Acedido pela última vez a 13 de Maio de 2011) Mecanico Maniacos. [Online].
<http://mecanicomaniacos.blogspot.com/p/mecanica-basica.html>
- [48] Associação Portuguesa para a Eficiência Energética e Promoção da Cogeração, "Manual de Apoio ao Cogrador," 2009.
- [49] Brian Silveti, "Application Fundamentals of Ice-Based Thermal Storage,"

ASHRAE Journal, Fevereiro 2002.

- [50] Carrier, Catálogo do produto 30 XA 252-1702, 2010.
- [51] General Electric, Catálogo do producto Jenbacher Type 6, 2010.
- [52] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, Portaria n.º 58/2002 de 15 de Janeiro.
- [53] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, *Design Guide For Cool Thermal Storage.*, 1994.
- [54] Direcção Geral de Energia e Geologia. (Consultado pela última vez a 10 de Maio de 2011) Direcção Geral de Energia e Geologia. [Online]. <http://www.dgge.pt/upload/membro.id/imagens/i007329.jpg>

Anexo A Sistemas e Medidas de Conservação e Transformação de Energia

Anexo A1 - Sistemas de arrefecimento

Chiller de compressão ou eléctricos

Este tipo de equipamento utiliza um compressor mecânico, geralmente accionado por um motor eléctrico, como representado na figura 69. O compressor poderá ser de três tipos [12]:

- Centrifugo – Utiliza pás rotativas para aumentar a pressão e temperatura do fluido refrigerante; capacidades entre 300kW e 25000kW;
- Alternativo – Utiliza o sistema de biela-manivela (êmbolo) para aumentar a pressão e temperatura do fluido refrigerante; capacidade entre 35 e 700 kW;
- Rotativo – Utiliza o movimento rotativo para comprimir o fluido refrigerante; os mais usuais são os do tipo parafuso sem-fim; capacidade entre 3 e 1750 kW.

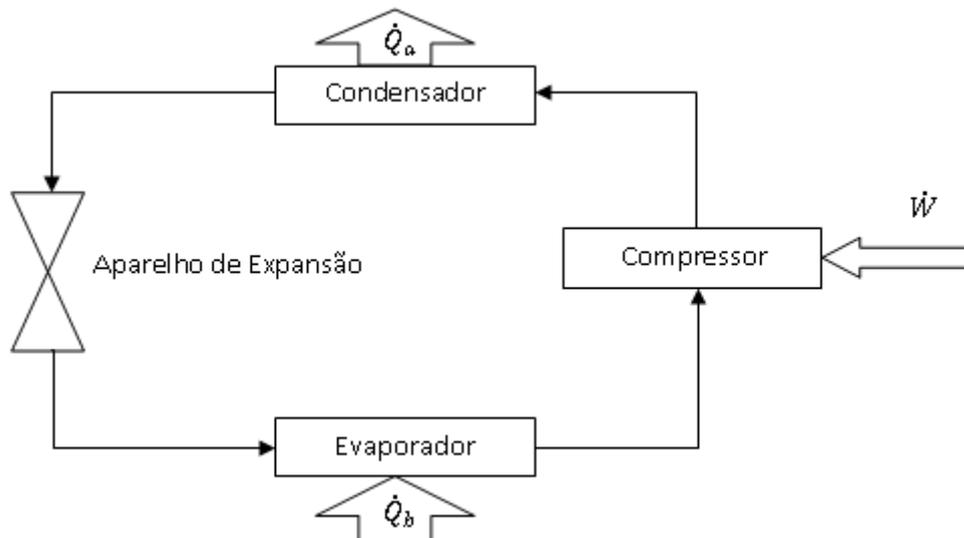


Figura 69 – Esquema de funcionamento de um *Chiller* de compressão.

Chiller de absorção

Os *Chiller* de absorção, possuem o mesmo tipo de expansão e de evaporação que o ciclo da figura 69, contudo, em vez de um compressor mecânico, estes utilizam uma fonte de calor.

Utilizando uma solução de brometo de lítio para alternadamente absorver calor a baixa temperatura e rejeitando-o a uma temperatura mais elevada.

O princípio básico de uma máquina de refrigeração por absorção está ilustrado na figura 70.

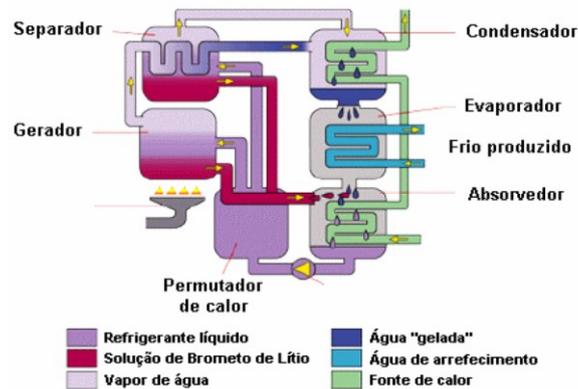


Figura 70 – Princípio de funcionamento de um *chiller* de absorção.

Podem possuir um de dois tipos de ignição:

- **Directo** – o calor é obtido directamente pela queima de um combustível, tipicamente gás natural;
- **Indirecta** – o calor é obtido sob a forma do vapor (mínimo 140°C), a baixa pressão.

Para além do tipo de ignição, também podem ser de simples ou duplo efeito.

- **Simple efeito** – existe um só absorvedor que consegue absorver todo o calor;
- **Duplo efeito** – também conhecidos como ciclo com recuperação de calor; quando existe mais do que um absorvedor no ciclo.

Para o seu funcionamento, os *Chiller* de absorção, utilizam uma de duas soluções, brometo de lítio (LiBr) ou amónia (NH₃).

Arrefecimento do *Chiller*

O arrefecimento no condensador do *Chiller*, na maioria dos casos, é provocado utilizando uma de duas formas:

- Água – mais compactos que os arrefecidos a ar, mas necessitam de equipamento auxiliar (torres de arrefecimento) – figura 71;
- Ar – mais baratos, manutenção mais simples – figura 72.



Figura 71 – Vista exterior de um típico *chiller* arrefecido a ar, da marca *Carrier* [30].



Figura 72 – Vista exterior de um típico *chiller* arrefecido a água, da marca *Carrier* [44].

Eficiência energética

A eficiência energética de um sistema de produção de frio é caracterizada pelo seu Coeficiente de Performance (*Coeficient of Performance*, COP). O COP é um parâmetro adimensional e é definido pela razão entre o calor extraído e a energia consumida.

Considerando a figura 69, o COP é dado por:

$$COP = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{W}}$$

Também é usual caracterizar a eficiência de um equipamento deste tipo pelo seu *Energy Efficiency Ratio*, EER. Este parâmetro adimensional caracteriza a eficiência de arrefecimento de um equipamento e relaciona-se com o COP da seguinte forma [12]:

$$EER = COP \times 3,413$$

Comparativo de Equipamentos de Arrefecimento

A escolha da tecnologia de arrefecimento recai sobretudo nas potências térmicas em jogo. Os *chillers* eléctricos possuem um *Coeficient of Performance* (COP) bastante superior em relação aos *chillers* de absorção. Contudo se existir uma fonte considerável de calor ou se o preço da energia eléctrica for considerável, o *chiller* de absorção poderá ser a escolha acertada (entre estas duas tecnologias).

A tabela 55 compara os valores típicos do COP para diferentes tipos de *chiller* [12]:

Tabela 55 – Valores de COP típicos

| Tipo de <i>Chiller</i> | Pequenos eléctricos | Grandes Eléctricos | | Absorção | |
|------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| | Arrefecidos a ar | Arrefecidos a ar | Arrefecidos a água | Simples Efeito | Duplo Efeito |
| COP | 2,2 - 3,2 | 3,7 – 4,1 | 4,6 – 5,3 | 0,4 – 0,6 | 0,8 – 1,1 |

A tabela 56 ilustra as principais vantagens e desvantagens de ambas as tecnologias.

Tabela 56 – Comparativo entre tecnologias de arrefecimento.

| Tipo de <i>Chiller</i> | Vantagens | Desvantagens |
|------------------------|---|---|
| Eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • COP elevado; • Investimento Inicial; | <ul style="list-style-type: none"> • Consumo eléctrico; • Manutenção; |
| Absorção | <ul style="list-style-type: none"> • Consumo eléctrico; • Manutenção; | <ul style="list-style-type: none"> • COP baixo; • Investimento Inicial; • Contribui para o aparecimento de vapor “Flash”¹⁴; |

Anexo A2 - Caldeiras

Classificação

Existem bastantes considerações a ter em conta no dimensionamento/escolha de uma caldeira, é importante ter em conta diversas características, tais como [12] [13]:

- Tipo de combustível;
- Método de escoamento dos gases de combustão;
- Pressão e temperatura de funcionamento;
- Material em que é construída;
- Capacidade térmica.

As características mais comuns são o tipo de escoamento dos gases de combustão e o combustível.

¹⁴ Este fenómeno encontra-se descrito no anexo V.

Tipo de escoamento

Assim, quanto ao tipo de escoamento dos gases de escape, estes podem ser do tipo:

- **Pirotubular** (tubos de fumo ou fogo) – Os gases de escape circulam dentro dos tubos interiores da caldeira, como exemplificado na figura 73;

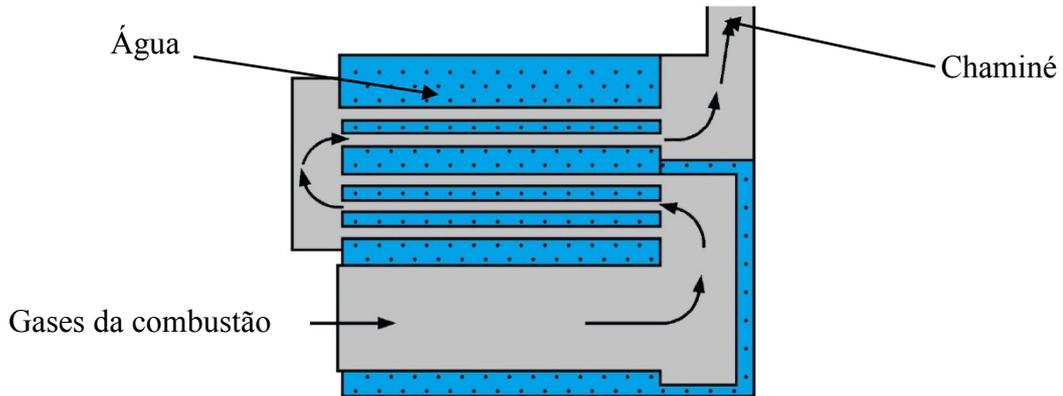


Figura 73 – Esquema de caldeira pirotubular.

- **Aquatubular** (tubos de água) – Os gases circulam pelo exterior dos tubos interiores, como exemplificado na figura 74.

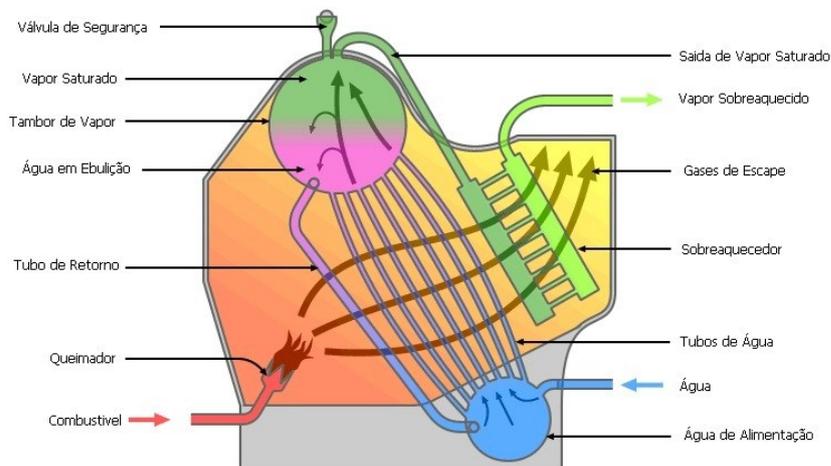


Figura 74 – Esquema de caldeira áquotubular.

As caldeiras pirotubulares apresentam menores custos de construção, razão pela são dominantes nas pequenas potências [4]. Dado o seu impacto económico para grandes potências, a maior capacidade deste tipo de caldeiras é de 10000 kg/h de vapor, a uma pressão de funcionamento de 1621,20 kPa (16 atm) [12]. São de simples instalação e possibilitam o funcionamento em regimes de carga flutuantes sem grande alteração de temperatura [12].

As caldeiras aquatubulares, são classificadas conforme o tipo e tamanho do tambor de vapor. Possuem uma gama de utilização mais alargada que as pirotubulares, podem ir de 400kg/h até 250000kg/h de vapor [12].

Combustível

O combustível utilizado na caldeira influencia directamente o tipo de queimador que esta irá ter [12].

Uma caldeira pode funcionar com qualquer¹⁵ combustível:

- Sólido (p.e. carvão);
- Líquido (p.e. fuelóleo);
- Gasoso (p.e. gás natural).

Sólido

A alimentação deste tipo de caldeira pode ser de dois tipos [12]:

- Pulverizador – Sistema que pulveriza, seca, classifica e transporta o carvão para o queimador;
- Depósito de carvão¹⁶ - Sistema que consiste em alimentar a caldeira por meio de uma “cama de carvão”.

Líquido

Este tipo de combustível necessita de ser tratado antes de ser injectado na caldeira. Filtragem, pré-aquecimento e aditivos, são algumas das arções necessários antes da combustão.

Gasoso

Os combustíveis gasosos são os mais simples de utilizar, misturam-se facilmente, não sujam, nem criam cinzas (gás natural). O rendimento deste tipo de caldeiras é superior às anteriores, dado que não existe a formação de cinzas, a queima é mais completa (excessos de ar maiores) e os produtos de combustão não são tão tóxicos (ausência de enxofre), também impacto ambiental é reduzido, visto o gás natural não formal enxofre e outras substância altamente tóxicas.

Eficiência Térmica

A definição geral para a eficiência térmica de uma caldeira, é caracterizada pela razão entre a energia que se obtém, E_{saida} , e a energia que se introduz, $E_{entrada}$ [12] [6].

$$\eta_{térmico} = \frac{E_{saida}}{E_{entrada}}$$

¹⁵ Único para cada caldeira

¹⁶ *Coal stoker unit* – cama de carvão, semelhante à alimentação do comboio a vapor.

Para uma análise mais próxima da realidade, é necessário proceder a algumas leituras de forma a caracterizar o processo de combustão. Assim, o rendimento é contabilizado em função das perdas que a caldeira tem, ou seja, terá de se contabilizar as perdas devido [20]:

- Aos combustíveis das cinzas volantes;
- Ao combustível nas cinzas de fumo;
- Ao calor sensível nos gases secos de combustão;
- À Entalpia de vapor de água nos gases de combustão;
- Aos gases de combustão não queimados;
- À radiação, convecção e outras não contabilizáveis;
- À purga.

No final de todo este processo, o rendimento da caldeira será [20]:

$$\eta_{caldeira} = 100 - \sum Perdas$$

Anexo A3 – Principais Características de uma Instalação a Termofluido

As instalações de vapor têm como principais vantagens [14]:

- O vapor circular por toda a instalação sem necessidade de ajuda externa (p.e. bombas);
- Dada a sua baixa densidade, poderem ser utilizados em edifícios com altura considerável, onde sistemas a água exerceriam pressões mais elevadas;
- A reparação/alteração deste tipo de sistemas ser facilitada, dado que não é necessário efectuar o esvaziamento (e posterior enchimento) do sistema;
- O vapor possui propriedades bem conhecidas para cada par pressão/temperatura, o que possibilita um controlo da instalação mais simplificado;
- O vapor poder ser distribuído sem grandes perdas de temperatura.

As principais características de uma instalação a operar com termofluido são [4]:

- Permitem o funcionamento das instalações para grandes diferenças de temperaturas;
- A quantidade de calor transferido pode ser facilmente regulada actuando simplesmente no caudal de fluido nos equipamentos;
- Permitem à instalação ter aquecimento e arrefecimento no mesmo sistema;
- Possuem um arranque rápido;
- Possibilitam respostas rápidas a mudanças de carga que possam ocorrer;
- Quando se desliga a instalação, não é necessário purgar ou ventilar, em condições de funcionamento normal.

Seguidamente na tabela 57 é efectuada uma comparação entre três das tecnologias disponíveis para instalações térmicas (centrais de vapor, de água quente a alta pressão e termofluido) [4].

Tabela 57 – Comparação entre fluidos de transferência de calor.

| Fluido de transferência de calor | Vantagens | Desvantagens |
|----------------------------------|---|---|
| Água quente a alta pressão | <ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de transferência de calor elevado; • Excelente estabilidade térmica; • Não tóxico nem inflamável; • Diâmetro pequeno de tubagens; • É desnecessário uso de purgadores e sistemas de purga; • Baixo preço do fluido; • Controlo mais simples quando comparado com instalações de vapor. | <ul style="list-style-type: none"> • Fluido corrosivo; • Elevada pressão de vapor para temperaturas elevadas; • Requer um sistema de pressurização do fluido para se trabalhar só na fase líquida; • A velocidade de circulação do líquido deve ser elevada; • A caldeira requer a presença permanente de fogueiro, • Tratamento de água necessário. |
| Vapor de água | <ul style="list-style-type: none"> • Elevado coeficiente de transferência de calor; • Até uma pressão de 20 bar a relação entre a temperatura e a respectiva pressão de saturação é razoável; • Calor latente elevado; • Estabilidade térmica do fluido; • Não tóxico nem inflamável; • Dados técnicos acerca do fluido muito acessíveis; • Baixo custo (para temperaturas abaixo de 300°C); • Bomba de circulação nem sempre necessária; • Pode ser usado como fluido de processo. | <ul style="list-style-type: none"> • Fluido corrosivo; • Pouco económico a altas temperaturas, acima de 300 °C¹⁷; • Necessita de sistemas de purga; • Requer controlo e observação cuidadosa do funcionamento da caldeira; • Necessita de sistema de pressurização; • Perdas de calor elevadas associadas a fugas de vapor e funcionamento deficiente de purgadores; • Tratamento de água necessário. |
| Termofluidos orgânicos | <ul style="list-style-type: none"> • Baixa pressão de vapor; • Sistemas não pressurizados, excepto para temperaturas acima dos 450 °C; • Podem atingir facilmente os 340 °C; • Os diferenciais térmicos disponíveis para a transferência de calor são elevados o que possibilita reduções nas superfícies de transferência de calor; • Ausência de corrosões e incrustações • Ausência de obrigatoriedade de exames periódicos às caldeiras; • Economias de energia comparativamente ao vapor de água por menores perdas de fluido; • Menores problemas de congelação; • Os reactores existentes podem ser facilmente transformados de vapor de água para termofluido. | <ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de transferência de calor inferior ao da água; • Fluidos altamente inflamáveis; • Fluidos mais caros do que a água; • Mudanças de viscosidade do fluido com o aumento da temperatura o que implica um arranque cuidadoso das instalações; • Obrigatoriedade do emprego de uma bomba de circulação, habitualmente bastante cara devida às altas temperaturas de funcionamento do fluido; • É necessária uma purga de ar e voláteis bem executada durante o primeiro arranque da instalação¹⁸; • É necessário evitar a todo o custo o contacto do termofluido quente com o ar. |

¹⁷ Obriga ao uso de tubagens e acessórios de uma classe de pressão elevada (PN120)

¹⁸ Este primeiro arranque é uma operação bastante laboriosa que demora várias horas.

Anexo A4 – Sistemas de Armazenamento Térmico

Um típico sistema TES é representado na figura 75.

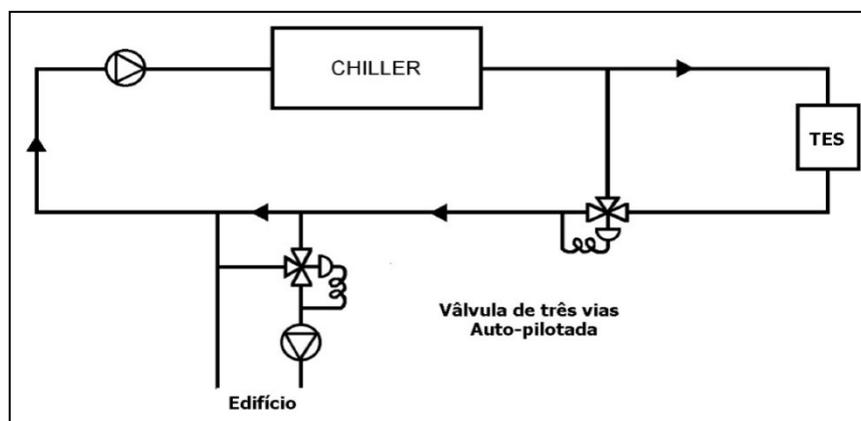


Figura 75 – Exemplo de um sistema TES [17](Adaptado da fonte).

Durante a fase de carga, o *chiller* fornece energia para o sistema TES, não havendo consumo por parte do edifício. Quando o edifício necessita de energia, esta é fornecida pelo sistema TES, com apoio ou não do *chiller*; diz-se que o sistema está em fase de descarga [17].

Tipos de Sistemas de Armazenamento de Energia

Tipicamente a água é o elemento principal mais utilizado nestes sistemas, por ser, entre os mais comuns, o material com melhor relação calor específico¹⁹ e preço [34].

Os mecanismos de armazenamento de energia podem ser obtidos de duas formas [12]:

- Sistemas sem mudança de fase ou sistemas de calor sensível [33];
- Sistemas com mudança de fase ou sistemas de calor latente [33].

Sistemas sem mudança de fase

Nos sistemas com mudança de fase, o armazenamento de energia é feito sob a forma de calor sensível, onde se destacam dois tipos:

Sistemas de água gelada - Estes sistemas consistem, tipicamente, em tanques onde se armazena água gelada (acima da temperatura de solidificação) durante as horas de vazio.

Sais Eutéticos – Neste tipo de sistemas, são utilizadas misturas de soluções de sais para armazenar energia a baixas temperaturas (energia de frio). A vantagem deste sistema é que permite obter temperaturas abaixo dos 0°C sem existir solidificação da solução, podendo no entanto operar também como um sistema com mudança de fase.

¹⁹ Calor específico da água - 4,18 kJ/kg.K.

Sistemas com mudança de fase

Nos sistemas com mudança de fase, o armazenamento de energia é efectuado sob a forma de calor latente.

Sistemas de armazenamento de gelo ou “bancos de gelo” – Neste tipo de sistemas, a água é congelada durante as horas de vazio (carga), sendo a energia térmica de arrefecimento posteriormente utilizada nas horas de cheia (descarga). Os sistemas de armazenamento de gelo possuem diferentes modos de operação aquando da sua transferência de energia. Dado que se trata de um sistema com mudança de fase, os mais comuns modos de transferência são [12]:

Fusão Interna – são inseridos no tanque tubos, por onde passará o fluido frigorífero, o gelo formar-se-á inicialmente nas paredes dos tubos (carga) e o seu aproveitamento (descarga) é efectuado pelo mesmo fluido frigorífero (tipicamente uma mistura de água com Etilenoglicol [35]), provocando a fusão da água do interior para o exterior, como demonstrado na figura 76.

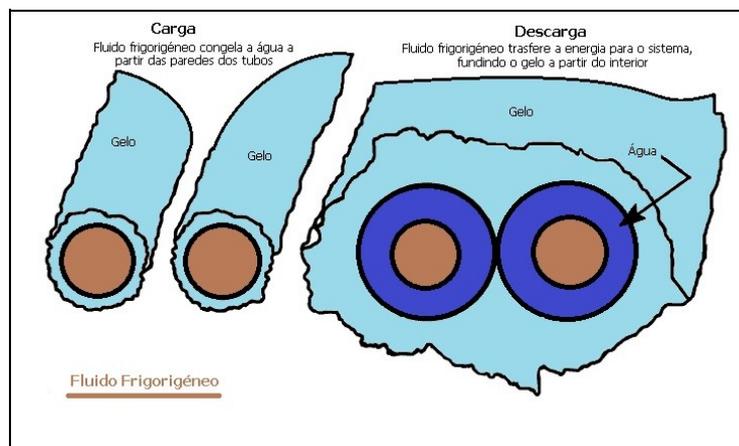


Figura 76 – Sistema TES de fusão interna [17]

Fusão Externa – é semelhante ao anterior, com a diferença que é a própria água do reservatório que leva a energia térmica para a instalação, como exemplificado pela figura 77.

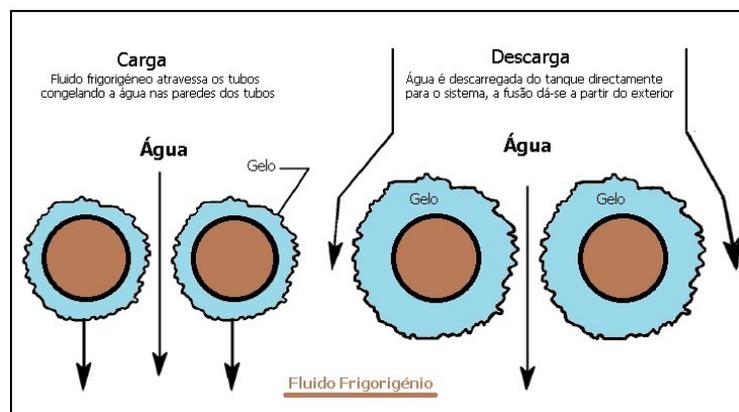


Figura 77 – Sistema TES de fusão externa [17]

Modo de operação TES

Um factor importante destes sistemas é o seu modo de operação, o sistema TES pode ser dimensionado para operar em regime total ou parcial [12].

Regime Total

No regime total, o sistema TES assegura todas as necessidades de arrefecimento do edifício. O *chiller* apenas funciona para carregar o sistema TES. Este tipo de sistema é o mais indicado quando o pico das necessidades é de muito curta duração, quando comparado com o tempo de fora de pico. Contudo, o *chiller* e o reservatório serão de maior capacidade do que o que seria utilizado em regime parcial (para as mesmas necessidades), o que faz com que o custo de aquisição seja maior.

Este tipo de regime possui um sistema de controlo bastante simples, visto que só necessita de um controlo on/off para iniciar o processo de carga ou descarga [17] [33].

Regime Parcial

Neste tipo de regime, o sistema TES assegura parte das necessidades de arrefecimento, as restantes ficam a cargo do *chiller*.

Este tipo de regime possui um custo inicial mais baixo que o anterior, dado que o tamanho do reservatório e a potência do *chiller* são menores, no entanto, o sistema de controlo é mais complexo.

Anexo A5 – Sistemas Combinados de Energia

Os sistemas combinados de energia são separados em dois grupos: ciclo de topo e ciclo de fundo.

Ciclo de topo

Num ciclo de topo, a energia contida no combustível é convertida, o mais possível, para trabalho de veio por um motor (turbina, motor alternativo, etc.), ou seja, a prioridade é a energia do tipo eléctrica (energia eléctrica).

A figura 78 esquematiza um ciclo deste tipo.

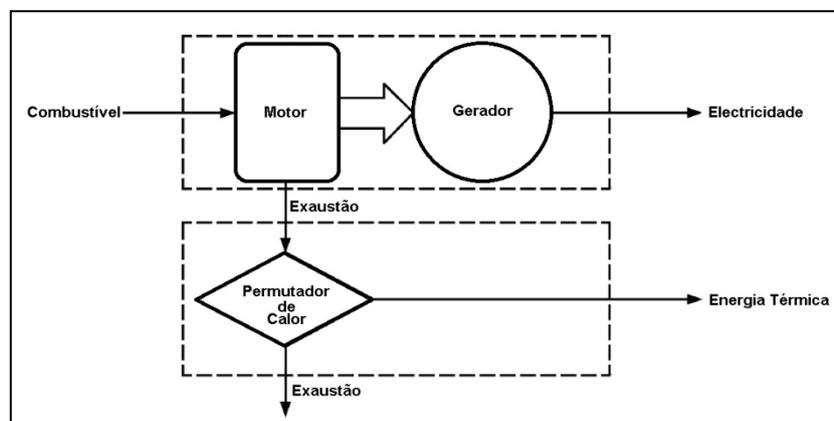


Figura 78 – Ciclo de topo [18] (adaptado da fonte).

Ciclo de Fundo

Num ciclo de fundo, a energia contida no combustível tem como principal objectivo a satisfação das necessidades térmicas, o restante é aproveitado por um motor para conversão em energia eléctrica.

A figura 79 ilustra esse tipo de ciclo.

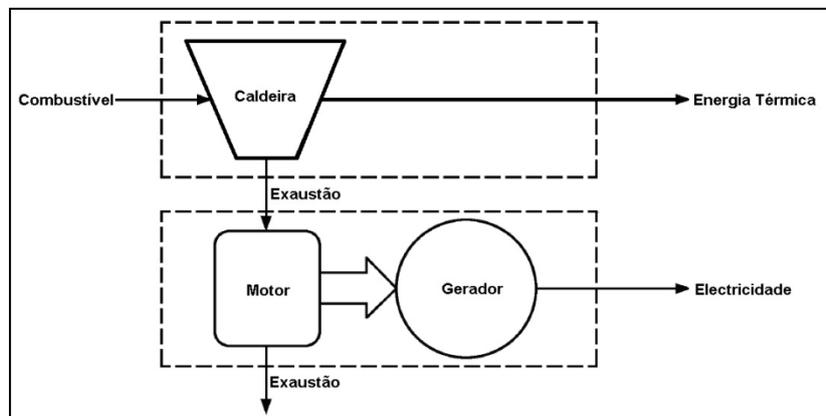


Figura 79 – Ciclo de fundo [18] (adaptado da fonte).

Quando há aproveitamento de parte da energia térmica produzida pela caldeira ou pelo motor, para um equipamento de absorção (por exemplo um chiller de absorção), diz-se que se está perante um sistema de trigeriação. O produto da operação não é só a energia térmica de aquecimento e a energia eléctrica, como também se junta a energia térmica de arrefecimento do ciclo de absorção acoplado.

Um exemplo da repartição de energia é o representado na figura 80.

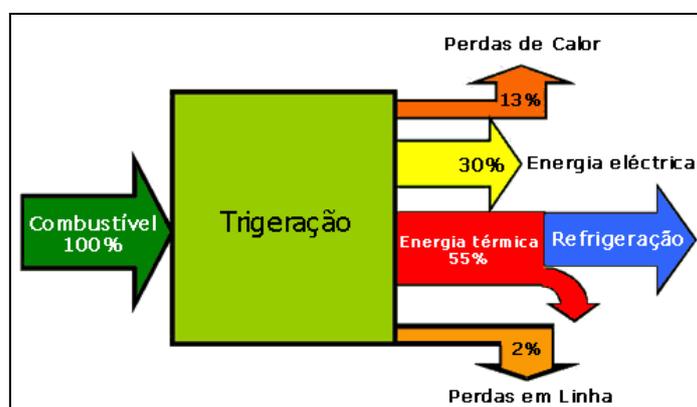


Figura 80 – Esquema de repartição de energia numa trigeriação.

Tecnologias de transformação em trigeriação

Para a queima do combustível e conseqüente transformação de energia química em térmica e eléctrica, as tecnologias que mais aplicações têm são: as turbinas a gás, as turbinas a vapor e os motores alternativos (combustão interna).

Turbina a Gás

Um sistema de turbina a gás é um dispositivo que transforma a energia cinética dos gases de combustão em trabalho de veio, como ilustra a figura 81. É constituído por um compressor, uma câmara de combustão e uma turbina. O sistema funciona em ciclo aberto, o ar é admitido ao compressor, onde sofre uma compressão de 1 para 2 (idealmente isentrópica²⁰). De seguida, o ar é encaminhado para a câmara de combustão, onde é misturado com combustível (2 para 3). Aquando da combustão, os gases resultantes (alta pressão e temperatura) são encaminhados para a turbina, onde expandem (ideal isentrópico) e saem pelo escape (ponto 4).

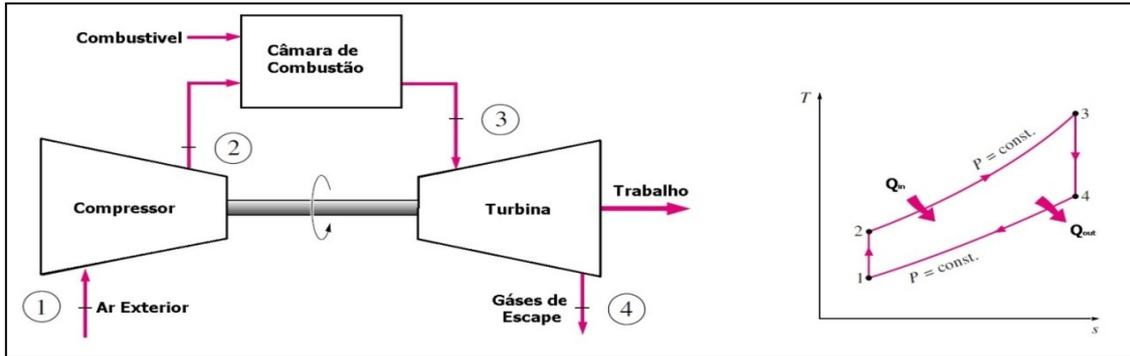


Figura 81 – Esquema de funcionamento e correspondente diagrama Temperatura Entropia [29].

A figura 82 apresenta o aspecto típico deste equipamento.

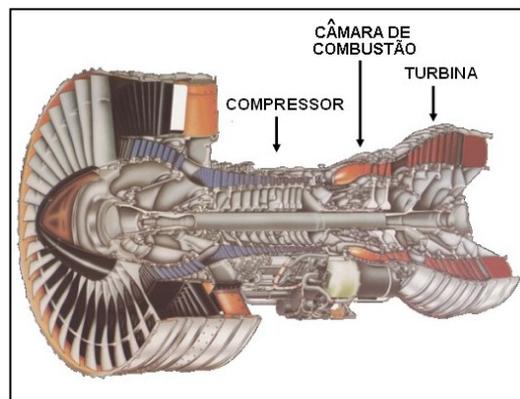


Figura 82 – Aspecto típico de uma turbina a gás.

²⁰ Evolução termodinâmica que ocorre sem que exista variação de entropia.

Um exemplo de um *layout* típico de uma central de cogeração com uma turbina a gás é o representado na figura 83.

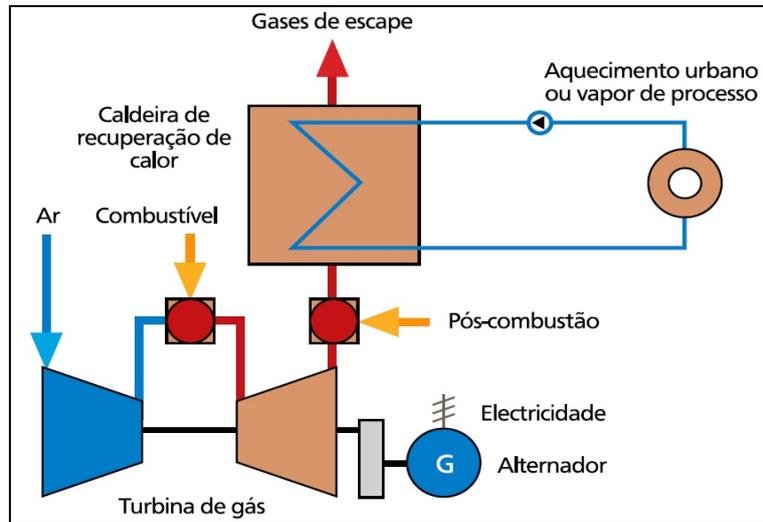


Figura 83 – *Layout* típico de uma central de cogeração com turbina a gás [48].

Turbinas a Vapor

As turbinas a vapor, que funcionam sobre o ciclo de Rankine, são equipamentos, que de um modo semelhante ao das turbinas a gás, transformam a energia cinética do vapor em trabalho de veio, como ilustra a figura 84. A água, ao entrar na caldeira, é sobrevaporizada sofrendo um aumento de pressão e temperatura (ponto 3), ao passar na turbina sofre uma expansão (idealmente isentrópica), transferindo trabalho ao veio (ponto 4). Ao sair da turbina, o calor residual é transferido para uma fonte fria (representado por um condensador).

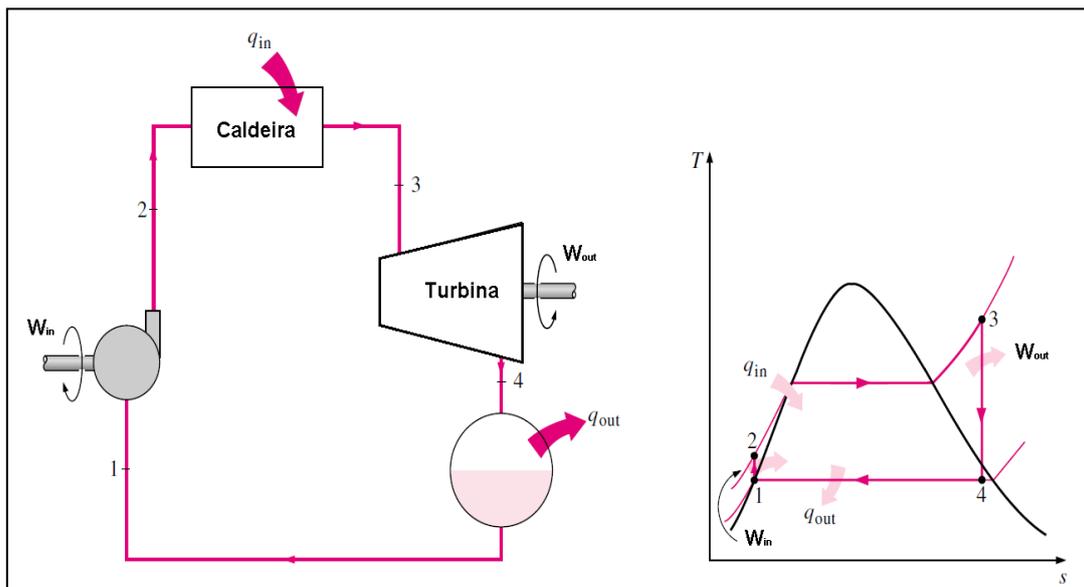


Figura 84 – Processo típico do funcionamento de um circuito de turbina a vapor e correspondente evolução no diagrama Temperatura-Entropia.

Uma configuração típica de uma central com este tipo de tecnologia é o representado na figura 85.

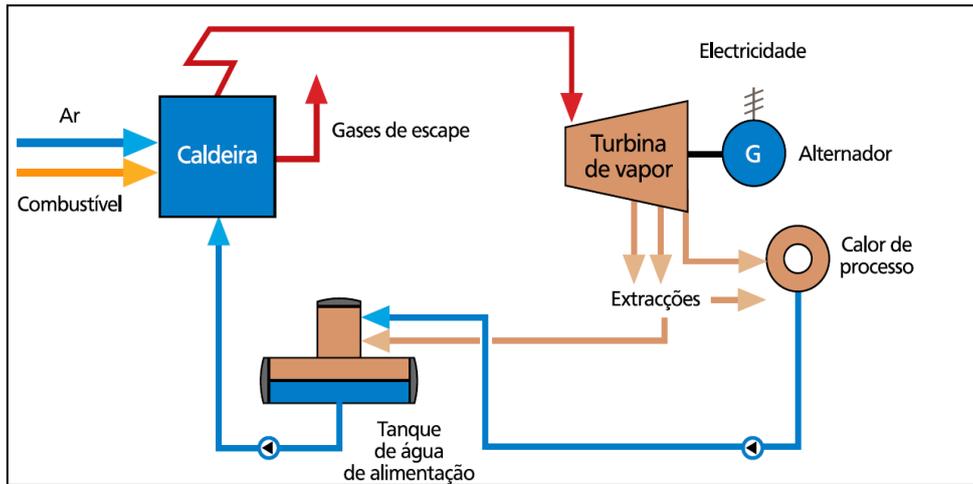


Figura 85 – Esquema típico de uma central de cogeração com turbina de vapor [48].

Motores Alternativos

Os motores alternativos são equipamentos de transformação de energia que convertem a energia gerada por uma explosão (por um mecanismo de biela-manivela) em trabalho de veio. São divididos em duas categorias consoante o tipo de ignição: ignição por faísca, ciclo Otto (geralmente gás natural) e ignição por compressão ciclo Diesel.

Motor tipo Otto

São motores que funcionam com um ciclo de quatro tempos²¹, onde a ignição é provocada por faísca, como esquematizado na figura 86.

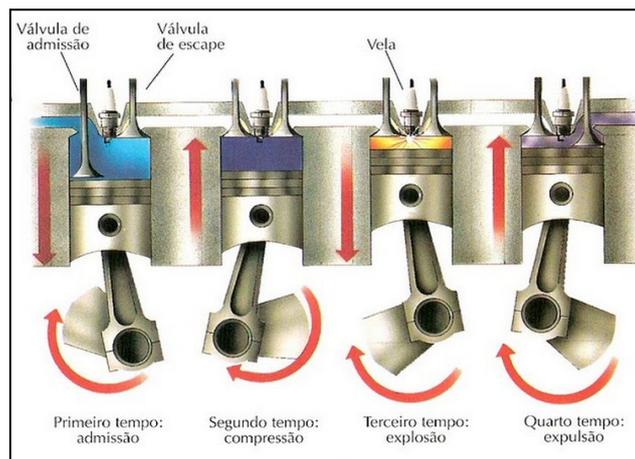


Figura 86 – Esquema dos quatro tempos de um motor alternativo [47].

²¹ Quatro cursos do cilindro ou duas voltas da cambota.

A evolução do processo dá-se de acordo com o diagrama Pressão/Volume Específico da figura 87, da seguinte forma [18]:

- **Primeiro tempo** – Admissão: Com o êmbolo (ou pistão) no PMS²², é aberta a válvula de admissão, enquanto se mantém fechada a válvula de escape. O êmbolo é impulsionado para baixo, pela cambota, movendo-se então até ao PMI²³, aspirando a mistura de ar e combustível (ponto 1);
- **Segundo tempo** – Compressão: Nesta altura, fecha-se a válvula de admissão, ficando o cilindro cheio com a mistura gasosa. O pistão desloca-se do PMI para o PMS, comprimindo a mistura (Figura 87 ponto 2);
- **Terceiro tempo** – Explosão: Quando o êmbolo atinge o PMS, a mistura gasosa que se encontra no espaço existente, denominado por câmara de combustão, após receber energia da fâisca produzida pela vela, entra em combustão e explode, empurrando o êmbolo para baixo (ponto 3);
- **Quarto tempo** – Escape: O cilindro encontra-se agora cheio de gases resultantes da combustão da mistura. Nesta altura, o êmbolo retoma o seu movimento ascendente, a válvula de escape abre e os gases são expulsos da câmara (ponto 4).

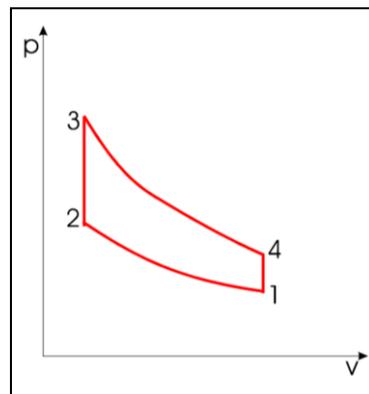


Figura 87 – Evolução do ciclo Otto.

Motor tipo Diesel

O motor com ciclo Diesel apresenta um funcionamento semelhante, com a diferença que a ignição não é provocada por fâisca, mas sim por auto-ignição. Em vez de possuir uma vela de ignição, possui um injetor que faz a injeção de combustível.

Na figura 88 estão representadas as sequências de funcionamento deste tipo de motores.

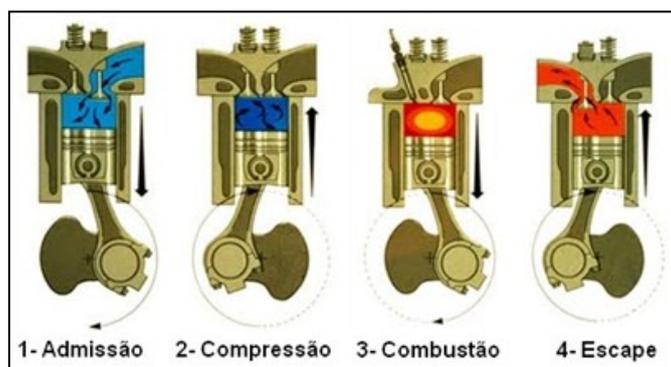


Figura 88 – Sequência de funcionamento de um motor Diesel [47].

²² Ponto morto superior

²³ Ponto morto inferior

A sequência de acontecimentos acontece de acordo com a evolução Pressão/Volume Específico, representada na figura 89, pela seguinte ordem [18]:

- **Primeiro tempo** – Admissão: Inicia-se com o êmbolo no PMS e a válvula de admissão aberta. O êmbolo, ao descer, aspira o ar para o interior do cilindro (ponto 1);
- **Segundo tempo** – Compressão: O êmbolo atinge o PMI, iniciando-se então a compressão. A diminuição do volume provoca um aumento substancial da temperatura do ar dentro do cilindro (ponto 2);
- **Terceiro tempo** – Combustão: No movimento de subida do êmbolo, ligeiramente antes do PMS, o combustível começa a ser pulverizado pelo injetor, em finas gotículas, misturando-se com o ar quente até se dar a combustão e o êmbolo desce (ponto 3);
- **Quarto tempo** – Escape: O êmbolo retorna ao PMS, provocando a expulsão dos gases de combustão do cilindro (ponto 4).

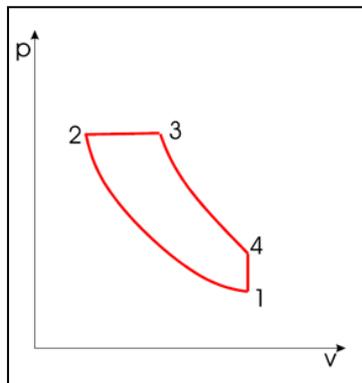


Figura 89 – Evolução do ciclo Diesel.

Um *layout* típico de uma central de cogeração com este tipo de tecnologia é a representada na figura 90.

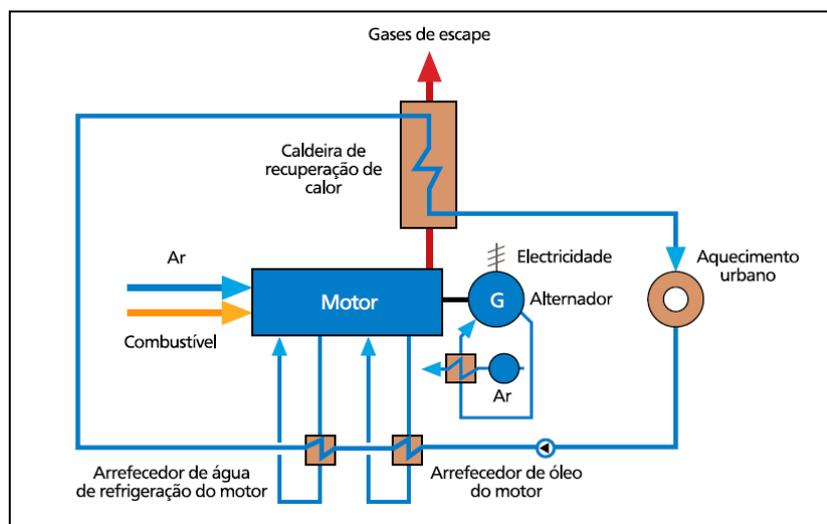


Figura 90 – *Layout* típico de uma central de cogeração com tecnologia de motores alternativos [48].

Ciclo Combinado

Um sistema de ciclo combinado é uma associação entre uma turbina a gás e uma turbina a vapor. A turbina a gás transforma a energia do combustível em trabalho de veio e os gases de escape resultantes do processo são encaminhados para uma caldeira de recuperação. Nesta caldeira, pode existir ou não injeção de mais combustível, de maneira a aproveitar alguns gases não queimados e outros compostos voláteis contidos nos gases de escape. Nesta caldeira, os gases de escape transferem calor para um circuito de vapor onde existe uma turbina de vapor.

Um *layout* típico é o representado na figura 91.

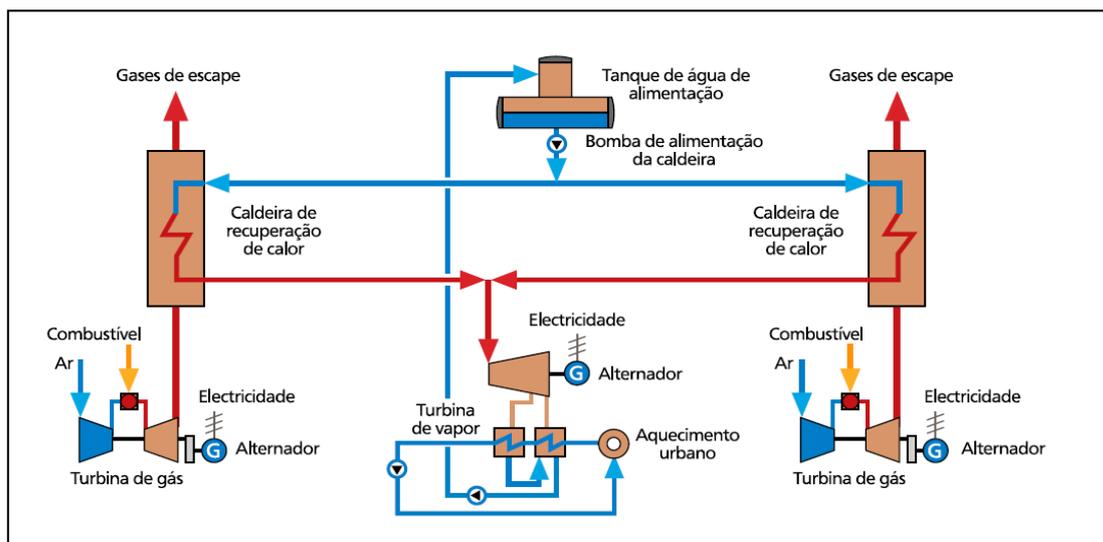


Figura 91 – *Layout* típico de uma central de cogeração de ciclo combinado [48].

Anexo A6 – Medidas de conservação energética (MCE)

Envoltente do Edifício

A envoltente do edifício tem um forte impacto no comportamento térmico do mesmo. Uma correcta caracterização da envoltente permite um melhor conhecimento para a previsão do comportamento térmico. De entre as várias características da envoltente salientam-se [12] [25]:

- **Características do edifício e elementos construtivos;**
 - Orientação;
 - Chão, tectos e paredes.
- **Características de vãos envidraçados e portas;**
 - Orientação dos vãos envidraçados;
 - Tipo de vão envidraçado (simples ou duplo);
 - Área de vidro e porta;
 - Valor de transmissividade e emissividade do vidro;
 - Tipo de caixilharia.
- **Dispositivos sombreadores;**
 - Localização;

- Tipo (interiores, exteriores, com/sem caixa, etc.);
- Características (cor, material, etc.).

Com base nas informações recolhidas das características da envolvente do edifício, algumas das MCE geralmente consideradas para a melhoria das características térmicas da envolvente do edifício são [12]:

- **Adição de Isolamento Térmico** – para as superfícies que não possuam nenhum tipo de isolamento térmico;
- **Substituição dos Envidraçados** – quando a área de envidraçados expostos ao sol é significativa, se os envidraçados não apresentarem as melhores características, a substituição dos envidraçados por uns mais sofisticados (baixa emissividade, caixilharia com corte térmico, etc.) é prática comum;
- **Controlo de infiltrações** – se o edifício possuir um volume de infiltrações significativas, a promoção de estanquidade poderá melhorar as perdas que resultam das infiltrações. Geralmente, em edifícios de grande dimensão, as infiltrações não causam grande impacto, devido ao grande volume que possuem e à sobrepressão a que o interior se encontra, causada por elementos mecânicos (ventiladores).

Em edifícios de serviços, o impacto económico que resulta de algumas destas medidas não compensa o investimento dada a grande área que cobrem e muitas vezes são de difícil contabilização. No entanto, as auditorias energéticas continuam a ser um bom método de controlo dos vários parâmetros que compõem a envolvente [12] [25] [36].

Sistemas Eléctricos

Para a generalidade dos edifícios comerciais e industriais, o consumo de energia eléctrica representa a maior parcela [12] [36]. Existem dois grandes grupos de consumidores, a iluminação e os equipamentos²⁴.

I - Iluminação

Algumas das soluções mais adoptadas são simples e de baixo custo, com tempos de retorno do investimento bastante curtos [12] [25] [36].

Seguidamente são apresentadas algumas das tecnologias mais utilizadas para a iluminação.

As lâmpadas fluorescentes são as mais utilizadas em edifícios comerciais, a sua fiabilidade, difusão de luz e longevidade são os motivos da sua popularidade.

Destacam-se dois tipos de lâmpadas fluorescentes: as fluorescentes standard e as fluorescentes Compactas (CFL).

²⁴Dentro dos equipamentos, distinguir-se-á conforme a actividade.

Numa lâmpada Fluorescente Standard, átomos de vapor de mercúrio são excitados por uma descarga eléctrica. À medida que os átomos voltam para o seu estado inicial emitem radiação ultra-violeta (UV), esta radiação excita a camada de fosfato existente na parede da lâmpada, que emite luz visível [25]. A figura 92 ilustra os constituintes de uma lâmpada fluorescente.

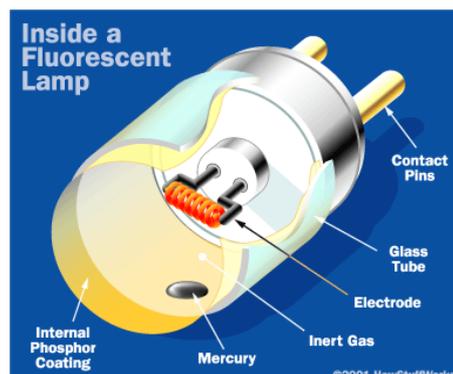


Figura 92 – Interior de uma lâmpada fluorescente (©2001 HowStuffWorks).

Actualmente, as lâmpadas T8 são as de uso mais frequente, contudo, ainda se encontram este tipo de lâmpadas com balastos ferro-magnéticos, que introduzem um impacto negativo na carga térmica de arrefecimento²⁵. A substituição por lâmpadas de maior eficiência, aliada à substituição dos balastos ferro-magnéticos por balastos electrónicos²⁶, diminui o consumo eléctrico.

As Lâmpadas Fluorescentes Compactas (ou *compact fluorescent light* - CFL) seguem o mesmo princípio que as anteriores, com a diferença de serem mais pequenas. Não necessitam de ser acopladas a um balastro, estando este já incorporado, como se pode ver na figura 93.

No que respeita às unidades de luz por potência (lumens/Watt), estas lâmpadas apresentam valores mais baixos que as Fluorescentes Standard, contudo, são energeticamente mais eficientes e possuem uma vida útil superior [25].

Apresentam as desvantagens de terem um elevado custo e a temperatura de luz que faz com que não seja tão atractiva como as fluorescentes simples.

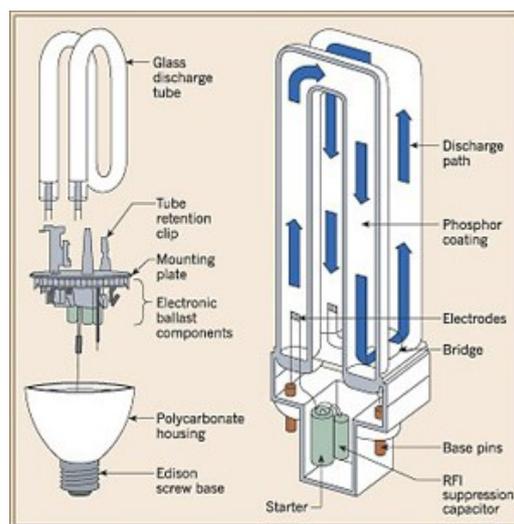


Figura 93 – Interior de uma CFL (©2001 HowStuffWorks).

²⁵ Este tipo de balastos atingem temperaturas de 80°C dentro das iluminárias, este registo foi confirmado com leituras nos locais onde se encontravam este tipo de equipamentos.

²⁶ Comparativamente aos ferro-magnéticos, estes balastos não aquecem, logo a contribuição para a carga térmica do espaço é reduzida.

Díodos Emissores de Luz

Um equipamento que tem vindo a ganhar terreno na área da iluminação, são os díodos emissores de luz (ou *light emitting diode* - LED). Este tipo de iluminação apresenta as vantagens de não possuir mercúrio na sua composição possuir uma maior longevidade e eficiência. Contudo, o preço de aquisição ainda é bastante elevado, quando comparado com as CFL. O facto de aquecerem quando se encontram em funcionamento leva a uma diminuição da luz emitida, o que faz com que se tenha de acoplar aos sistemas de iluminação LED um outro sistema dissipador de calor (geralmente alhetas). Um exemplo de iluminação LED é o apresentado na figura 94.

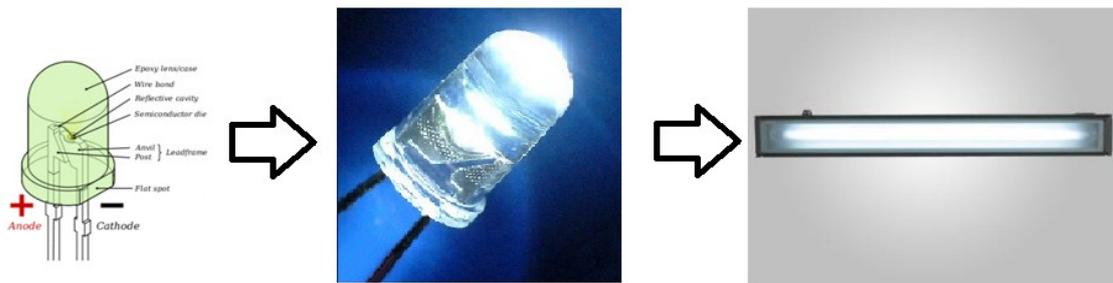


Figura 94 – Iluminação LED.

Comparativo de Fontes de Iluminação

De seguida é apresentada, na figura 95, uma comparação entre as fontes de iluminação aqui tratadas e outros tipos de fontes. Como o funcionamento da iluminação LED difere das demais tecnologias de iluminação, uma das formas de comparar as diferentes tecnologias é pela eficiência da iluminária. As várias tecnologias são avaliadas tendo em conta que os testes são realizados com o tipo de iluminária ideal para cada uma [37]. É notória a grande vantagem que a iluminação do tipo LED possui relativamente às demais concorrentes.

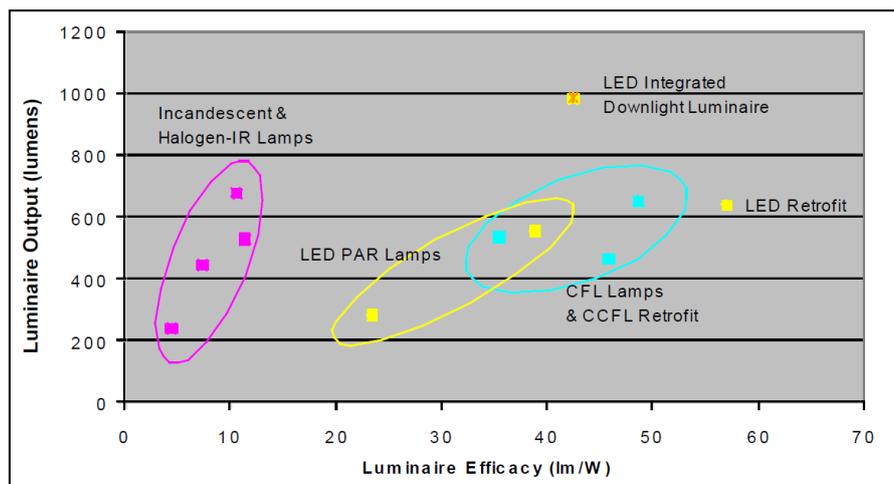


Figura 95 – Comparativo entre tecnologias de iluminação [37].

II - Equipamentos

Como referido anteriormente, o presente trabalho centra-se na eficiência energética em ambiente hospitalar, logo, faz sentido distinguir os equipamentos relacionados com a actividade hospitalar dos demais equipamentos.

Existirão dois grupos, de equipamentos; hospitalares e os não hospitalares.

Serão apenas considerados os equipamentos que necessitem exclusivamente de energia eléctrica para desempenharem a sua função.

Equipamentos hospitalares

Como o nome indica, constam deste grupo os equipamentos directamente relacionados com a actividade hospitalar. Dada a variedade e quantidade dos diferentes equipamentos existentes, é necessário criar dois subgrupos; os pequenos consumidores e os grandes consumidores.

Como grandes consumidores destacam-se os equipamentos dos serviços de radiologia e de medicina nuclear, tais como:

- Ressonância Magnética²⁷;
- Câmaras Gama²⁸;
- Tomografia Axial Computorizada²⁹ (TAC);
- Angiógrafo³⁰;
- Aparelho de Raios-X³¹;
- Tomografia por Emissão de Positrões³² (PET).

Os pequenos consumidores, são todos os restantes equipamentos:

- Equipamentos de monitorização e auxílio médico (desfibrilador, equipamentos de monitorização, equipamentos de hemodiálise, equipamentos portáteis, etc.).

A distinção baseia-se em alguns propósitos, a saber: tamanho, equipamento auxiliar (p.e. alguns dos equipamentos estão ligados a mais do que um computador), facilidade na obtenção de consumos (alguns possuem quadros específicos para a sua alimentação) e o número de utilizações diárias.

²⁷ Equipamento que utiliza uma técnica da radiologia para visualizar detalhadamente estruturas internas de um paciente.

²⁸ A câmara gama é um equipamento usado para localizar a origem espacial de raios gama, emitidos por fármacos ingeridos, de modo a construir uma imagem de estruturas orgânicas do paciente.

²⁹ Equipamento que efectua um exame complementar de diagnóstico por imagem. Consiste numa imagem que representa uma secção ou "fatia" do corpo do paciente. É obtida através do processamento por computador de informação recolhida após expor o corpo a uma sucessão de raios X.

³⁰ Equipamento que realiza um angiograma (ou angiografia) que consiste na visualização por radiografia da anatomia do coração e vasos sanguíneos, depois da introdução intravascular de um contraste.

³¹ Equipamento de emissão de Raios-X que, ao atravessar o paciente em determinada zona, produz uma imagem que permite distinguir estruturas e tecidos com propriedades diferenciadas.

³² Equipamento radiológico da medicina nuclear que produz uma imagem a três dimensões de determinado processo do corpo humano.

No que toca a melhorias na eficiência energética, poucas são as alterações que se conseguem introduzir uma vez que estes equipamentos são demasiado complexos para permitir intervenções. À partida, a aquisição de equipamentos mais eficientes é a opção mais eficaz.

Equipamentos não hospitalares

Os equipamentos não hospitalares consistem nos equipamentos que não possuem utilidade médica directa, como os motores eléctricos (elevadores, bombas de água e ventiladores), as unidades de ar condicionado (bombas de calor - *splits*, *Chiller*) e os equipamentos de escritório (computadores, impressoras, fax, etc.)

A energia consumida para operar os motores eléctricos pode ser uma parte significativa do total de energia consumida pelo hospital. Também os equipamentos de escritório poderão ser um dos grupos que mais contribui para o consumo energético global, pois mesmo em modo *standby* o equipamento continua a consumir energia [38]. É estimado que nos países da OECD³³ entre 3 a 13% de toda a energia consumida provém de equipamentos neste estado de operação [38].

As medidas mais comuns para promover a eficiência energética neste tipo de equipamentos são:

- Reduzir o tempo de utilização (optimização dos sistemas de controlo);
- Introduzir Variadores de Frequência (ajustam a potência debitada do motor consoante as necessidades);
- Aplicar sistemas de ventilação com variadores de volume de ar (*variable air volume*, VAV);
- Introduzir sistemas de controlo e monitorização centralizada para controlo de estações informáticas.

Sistemas Térmicos

Os sistemas térmicos são sistemas que necessitam de energia térmica, além da energia eléctrica, para o seu funcionamento. Fazem parte deste grupo todos os equipamentos que necessitem de energia térmica, tais como:

- Unidades de tratamento de ar (baterias de aquecimento e arrefecimento);
- *Chiller* de absorção;
- Permutadores de calor (águas quentes sanitárias e piscinas);
- Equipamentos da lavandaria (calandras, máquinas de secar e engomar);
- Equipamentos de esterilização (autoclaves).

Em qualquer edifício de serviços, os consumos dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) podem representar cerca de 40% do consumo total de energia [12].

³³ *Organization for Economic Co-operation and Development*, www.oecd.org

No sector hospitalar, os principais consumidores de energia térmica são os sistemas de AVAC, os equipamentos de lavandaria e os de esterilização [12]. Para este tipo de equipamentos as soluções são de tal maneira diversificadas, que é praticamente impossível definir um “estereótipo” de soluções. Contudo algumas das soluções que têm mais aplicações são:

- A implementação de sistemas solares para aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS);
- Incorporar sistemas solares de arrefecimento;
- Implementar sistemas recuperadores de energia (p.e. permutadores de calor, rodas entálpicas);
- Implementar sistemas de controlo otimizados.

De referir que todas as soluções apresentadas necessitam de um completo conhecimento dos perfis de utilização e do consumo do edifício. Alguns poderão não ser economicamente interessantes, mas é necessário ter em conta a alteração que se começa a verificar no paradigma energético mundial [12] [2] [25].

Anexo B Área de Pavimento Útil dos HUC

Tabela 58 – Áreas úteis do edifício Bloco Central (m²)

| Bloco Central | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Piso | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zona | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 |
| A | 1338 | 1337 | 1349 | 1336 | 1346 | 1304 | 1341 | 1330 | 1179 | 1385 | 1334 | 1892 | 1803 | 973,4 | 0 |
| B | 837 | 831 | 845 | 847 | 837 | 849 | 867 | 1463 | 1284 | 1515 | 1545 | 3191 | 2138 | 1178 | 541 |
| C | 823 | 823 | 818 | 826 | 808 | 821 | 826 | 833 | 733 | 864 | 1544 | 1880 | 1810 | 0 | 0 |
| D | 0 | 0 | 1265 | 1544 | 1525 | 1544 | 1523 | 1588 | 1346 | 1593 | 1317 | 4247 | 0 | 0 | 0 |
| E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3000 | 3242 | 2642 | 2814 | 2598 | 2661 | 1675 |
| F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2003 | 1893 | 0 | 0 | 0 |
| G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1051 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 820,5 | 538 |
| I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 877 | 3249 |
| J | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1459 |

**Tabela 60 - Áreas úteis do edifício de
Cirurgia Cardiotorácica (m²)**

| Cardiotorácica | | | | |
|----------------|------|------|------|-----|
| Piso | | | | |
| 0 | -1 | -2 | -3 | -4 |
| 565 | 2546 | 2543 | 1071 | 183 |

**Tabela 59 - Áreas úteis do edifício
de S. Jerónimo (m²)**

| S. Jerónimo | | | |
|-------------|------|------|------|
| Piso | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2129 | 1776 | 2235 | 1836 |

Tabela 61 - Área útil de pavimento consoante a categoria de serviço.

| Categoria | Área [m ²] |
|------------------|------------------------|
| Administrativo | 10105 |
| Armazenamento | 2138 |
| Bloco Operatório | 6242 |
| Casa Mortuária | 820,51 |
| Consultas | 36206 |
| Restauração | 3613 |
| Exames | 1265 |
| Internamento | 29013 |
| Laboratórios | 8242 |
| Lavandaria | 4126 |
| Urgência | 4781 |
| Zona Técnica | 7771,42 |

Anexo C Descrição Pormenorizada do Edifício Principal dos HUC

Bloco Central

O bloco central apresenta-se como um edifício de planta cruciforme, contendo nos seus braços nascente, sul e poente as enfermarias e os seus apoios. O braço norte alberga as consultas externas e serviço de exames especiais, além de uma zona de ensino. Na figura 96 apresenta-se uma vista em perspectiva do edifício principal.

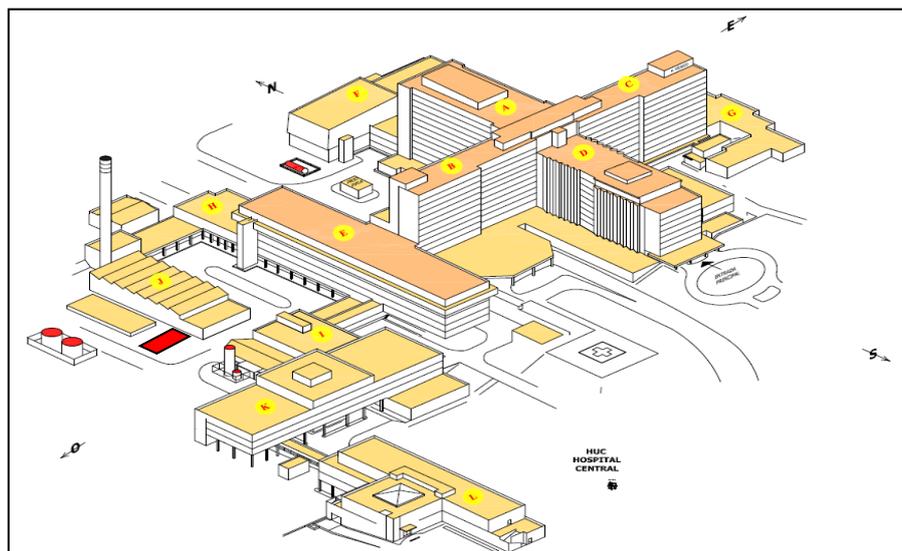


Figura 96 – Perspectiva 3D da fachada principal dos edifícios do Bloco Central, Cirurgia Cardiorácica e Hospital de S. Jerónimo.

A solução arquitectónica adoptada concentra no seu núcleo central as comunicações verticais das enfermarias (ascensores, escadas), interligando todos os pisos e serviços para a circulação de visitas, doentes, pessoal, alimentação, roupas e material.

As zonas de ensino e de consultas externas dispõem de um eixo vertical autónomo de circulação, utilizando os doentes das consultas externas e os estudantes, uma entrada situada na fachada nascente do edifício.

As 1208 camas da unidade central repartem-se por unidades de internamento de 33 camas, comportando cada uma dessas unidades, enfermarias de 6, 3 e 1 camas.

Numa descrição sucinta do hospital, no piso +1, encontram-se, entre outros, o Bloco Operatório, constituído por 12 suites operatórias e a Unidade de Cuidados Intensivos Polivalentes, com 12 camas.

A unidade de Cuidados Coronários, situada no piso +3, tem 6 camas (+ 9 camas de cuidados intermédios).

A Imagiologia, situada no piso -1, comporta 14 salas para as diversas técnicas radiológicas, incluindo a Tomografia Axial Computorizada, Angiografia e Ecografia.

O Laboratório Central, também no piso -1, é constituído pelos sectores de Bioquímica, Hormonologia, Imunologia e Bacteriologia.

Existem ainda o Laboratório de Hematologia e o Serviço de Imuno – Hemoterapia, piso 0, o Serviço de Medicina Nuclear, piso -1, e o Serviço de Anatomia Patológica, piso -3.

O Serviço de Medicina Física e de Reabilitação dispõe de ginásio, piscina, núcleos de terapia ocupacional, hidroterapia, electroterapia e ergoterapia.

No piso -2 estão os Serviços Farmacêuticos organizados no sistema de distribuição de dose unitária.

O Serviço Domiciliário, localizado no piso -1, permite dar alta precoce aos doentes da cidade de Coimbra quando o seu estado e condições de domicílio o permitirem.

A área de ensino compreende um auditório de 500 lugares, dois anfiteatros de 100 lugares e três salas em cada serviço, com capacidade para 45 alunos.

O Serviço de Urgência, piso 0, possui entrada própria, dispõe de salas de emergências, salas de especialidades, salas de observação, um posto de imagiologia com radiologia e ecografia e duas salas de operações privativas.

A cozinha, piso -2, tem capacidade para servir 12000 refeições dando apoio também ao edifício do Bloco de Celas e da Clínica Obstétrica.

A Lavandaria tem capacidade para lavar 1600 kg de roupa por hora e pode dar apoio a todos os hospitais de Coimbra.

Cirurgia Cardiorácica

O edifício de Cirurgia Cardiorácica é independente do complexo central do Hospital, estando contido, ligado a este, edifício K. Funciona neste edifício o serviço de documentação de referência, integrando as 32 Bibliotecas existentes nos diversos serviços. As instalações deste edifício apresentam uma área aproximada de 7000 m², distribuídas por 3 pisos:

- **O piso superior** - aloja a administração e instalações académicas;
- **No piso intermédio** - estão situados o Bloco Operatório, e as Unidades de Cuidados Intensivos e Intermédios;
- **No piso inferior** - as enfermarias de cirurgia cardíaca e de cirurgia pulmonar, a consulta externa, e um laboratório de Radiologia.

Edifício S. Jerónimo

No rés-do-chão do edifício S. Jerónimo, está instalado o Serviço de Radioterapia. Este serviço cujo objectivo é prevenir, tratar e curar doentes com lesões do foro oncológico. O Serviço caracteriza-se essencialmente por áreas de serviços, nomeadamente:

- **Tratamento** – consiste em três "bunkers" e um pequeno bloco operatório;
- **Simulação e planeamento de radioterapia** - com uma sala para o simulador e outra para a TAC, uma oficina de moldes e uma sala para o planeamento computadorizado;
- **Consultas** - com quatro gabinetes de consulta e dois de observação, um gabinete de enfermagem, uma sala de pensos e os serviços de secretariado;
- **Gabinetes** – locais de trabalho, biblioteca e sala de reuniões.

Está ainda instalado neste edifício o departamento de Medicina Materno-Fetal, Genética e Reprodução Humana.

O Arquivo Clínico é centralizado e o processo clínico é único por doente.

Clínica Obstétrica Dr. Daniel de Matos

A Clínica Obstétrica Dr. Daniel de Matos está localizada na Rua Dr. Miguel Torga, em edifício próprio. Tem a lotação de 110 camas e compreende um serviço de urgência autónomo, consulta externa, serviço de neonatologia, Bloco de Partos e Bloco Operatório.

Bloco de Celas

O Bloco de Celas é formado por 9 edifícios onde estão instalados os Serviços de Ortopneumatologia, Estomatologia e Cirurgia Maxilo-facial, e Cirurgia Plástica e Reconstructiva. Nestes edifícios estão instaladas algumas salas de operações, posto de Imagiologia e consultas externas.

Anexo D Características das zonas dos HUC

Zonas administrativas

São zonas constituídas por escritórios, serviços de secretariado e arquivos, as actividades desenvolvidas são de baixo nível metabólico (1,0 a 2,1 Met) [39] , actividade de escritório, e o nível de roupa é normal (1 Clo) [39]. São zonas de consumo energético moderado, onde os principais consumidores são equipamentos de escritório (computadores, iluminação e sistemas AVAC).

Zonas de armazenamento

É nas zonas de armazenamento que se incluem as câmaras frigoríficas, os armazéns de medicamentos e produtos médicos descartáveis. Existem várias actividades metabólicas envolvidas. Contudo, o nível de roupa é abaixo do normal, em que os funcionários circulam de farda hospitalar (0,7 Clo) [39], que não é mais que uma camisola leve e umas calças de pano fino.

Casa Mortuária

São áreas que se encontram permanentemente abertas, não possuindo um horário fixo de funcionamento.

Bloco Operatório

São áreas denominadas por *Clean Rooms*, onde existe um baixo nível de actividade metabólica e um baixo nível de roupa. Estas zonas apresentam padrões elevados de qualidade de ar interior e de higiene a vários níveis (chão, paredes, tectos, equipamentos e pessoas).

Consultas

As zonas de consultas são unidades orgânico-funcionais, onde os utentes, com prévia marcação, são atendidos para observação, diagnóstico, terapêutica e acompanhamento, assim como para pequenos tratamentos cirúrgicos ou exames similares. É uma zona de moderada actividade metabólica, onde o nível de roupa varia conforme a estação do ano.

Restauração

As zonas de restauração são zonas onde se encontram os serviços de cantina e cozinha.

Internamento

As zonas de internamento caracterizam-se por um conjunto de serviços que prestam cuidados de saúde a indivíduos que, após serem admitidos, ocupam uma cama, para diagnóstico, tratamento ou cuidados paliativos, com permanência de, pelo menos, 24 horas. São zonas onde a actividade metabólica é moderada e o nível de roupa é baixo (< 1 Clo)

Laboratórios

São zonas destinadas a actividades de natureza prática, quer sejam exames ou estudos. Caracterizam-se pelo alto nível de equipamentos e de consumos energéticos, o nível de actividade metabólica é moderada (1 a 2 Met) e o nível de roupa também é moderado.

Lavandaria

Zonas específica para o tratamento de toda a roupa dos HUC, é uma zona de grandes cargas térmicas (latente), o nível de roupa é baixo mas a actividade metabólica é alta. É uma zona de grandes consumos devido ao tipo de máquinas que possui.

Urgência

Unidade orgânica do Hospital onde se lida com situações de emergência médica, cirúrgica, pediátrica ou obstétrica, a doentes vindos do exterior, a qualquer hora do dia ou da noite. É uma zona de actividade metabólica moderada, onde o nível de roupa também é moderado. Apresenta um grupo de equipamentos de grande consumo energético, nomeadamente, equipamentos de ressonância magnética e de medicina nuclear.

Zona Técnica

Zona de acesso técnico, que engloba gabinetes e oficinas de pessoal técnico, não médico. Zonas de moderado nível de actividade metabólica e de roupa. Porém, também possui grandes equipamentos consumidores de energia (UTA's, Caldeiras, etc.)

Anexo E Consumo e Factura anual energética

Tabela 62 - Quantidade de fuelóleo consumido, respectiva energia primária equivalente e custo total anual.

| Ano | Quantidade [m ³] | Energia Primária [tep] | Custo total anual |
|------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| 2000 | 2785,977 | 2865,583 | 1.115.170,87 € |
| 2001 | 2802,909 | 2882,999 | 1.121.948,41 € |
| 2002 | 3080,946 | 3168,981 | 1.233.241,06 € |
| 2003 | 3766,062 | 3873,673 | 1.507.479,30 € |
| 2004 | 3840,352 | 3950,086 | 1.537.216,10 € |
| 2005 | 4085,874 | 4202,624 | 1.635.493,64 € |
| 2006 | 3584,064 | 3686,475 | 1.434.629,14 € |
| 2007 | 3586,008 | 3688,474 | 1.435.407,28 € |
| 2008 | 3500,096 | 3600,108 | 1.401.018,43 € |
| 2009 | 3511,452 | 3611,788 | 1.405.564,01 € |
| 2010 | 3741,862 | 3848,782 | 1.685.016,59 € |

Tabela 63 – Consumos totais anuais de energia eléctrica e correspondente energia primária equivalente.

| Ano | Energia consumida [GWh] | Energia Primária [tep] | Custo |
|------|-------------------------|------------------------|----------------|
| 2000 | 14149,8 | 3042,2 | 931.849,04 € |
| 2001 | 15251,6 | 3279,1 | 1.001.683,67 € |
| 2002 | 16260,6 | 3496,0 | 1.176.732,35 € |
| 2003 | 18690,2 | 4018,4 | 1.359.237,08 € |
| 2004 | 19952,9 | 4289,8 | 1.467.311,97 € |
| 2005 | 20721,6 | 4455,1 | 1.657.452,08 € |
| 2006 | 20941,3 | 4502,3 | 1.693.526,72 € |
| 2007 | 20722,3 | 4455,3 | 1.746.581,42 € |
| 2008 | 21392,2 | 4599,3 | 1.842.168,87 € |
| 2009 | 20333,8 | 4371,7 | 1.864.900,22 € |
| 2010 | 19021,4 | 4089,6 | 1.820.176,30 € |

Anexo F Estatísticas Hospitalares

Segundo o Instituto Nacional de Estatística, INE, para a área da saúde [40], os principais conceitos estatísticos que dizem respeito à saúde são:

- **Hospital**

Um Hospital é definido como sendo um estabelecimento de saúde dotado de internamento, ambulatório e meios de diagnóstico e terapêutica, com o objectivo de prestar à população assistência médica curativa e de reabilitação, competindo-lhe também colaborar na prevenção da doença, no ensino e na investigação científica.

- **Hospital Central**

Hospital público caracterizado por dispor de meios humanos e técnicos altamente diferenciados, com responsabilidades de âmbito nacional ou inter-regional.

- **Hospital geral**

Hospital que integra várias valências.

- **Internamento**

Conjunto de serviços que prestam cuidados de saúde a indivíduos que, após admissão, ocupam cama (ou berço de neonatologia ou pediatria), para diagnóstico, tratamento, ou cuidados paliativos, com permanência de, pelo menos, 24 horas.

- **Dias de internamento**

Total de dias utilizados por todos os doentes internados, nos diversos serviços de um estabelecimento de saúde com internamento, num período, com a excepção dos dias de alta médica dos mesmos doentes nesse estabelecimento de saúde. Não se inclui os dias de estadia em berçário ou em serviço de observação do serviço de emergência.

- **Lotação praticada**

Número de camas (incluindo berços de neonatologia e de pediatria) disponíveis e apetrechadas para internamento imediato de doentes, discriminadas por especialidade ou valência num estabelecimento de saúde.

- **Taxa de ocupação**

Relação percentual entre o total de dias de internamento no ano e a capacidade do estabelecimento (a capacidade é o total global de dias disponíveis ou seja a lotação praticada x 365 dias).

Dados estatísticos relativos aos HUC

Para uma melhor compreensão e caracterização de alguns factores que irão ser apresentados, Estatísticas Hospitalares

Com base nos dados recolhidos junto da empresa, as estatísticas hospitalares referentes aos anos em estudo, são as representadas na tabela 64.

Tabela 64 – Estatísticas Hospitalares dos HUC

| Ano | Lotação praticada | Taxa de ocupação | Lotação praticada x Taxa de ocupação | | Dias de internamento |
|------|-------------------|------------------|--------------------------------------|---------|----------------------|
| | n° pessoas | % | n° médio de camas ocupadas | Varição | Dias |
| 2000 | 1628 | 77% | 1251,5 | - | 456801 |
| 2001 | 1612 | 78% | 1250,6 | 0,0 | 456485 |
| 2002 | 1525 | 78% | 1186,9 | -0,1 | 433207 |
| 2003 | 1530 | 79% | 1210,8 | 0,0 | 441944 |
| 2004 | 1548 | 78% | 1213,8 | 0,0 | 443051 |
| 2005 | 1505 | 80% | 1197,5 | 0,0 | 437080 |
| 2006 | 1497 | 79% | 1189,7 | 0,0 | 434243 |
| 2007 | 1496 | 70% | 1043,4 | -0,1 | 380837 |
| 2008 | 1456 | 72% | 1042,3 | 0,0 | 380444 |
| 2009 | 1456 | 72% | 1049,5 | 0,0 | 383082 |
| 2010 | 1456 | 73% | 1056,8 | 0,0 | 385720 |

Índices de consumo Energético

Os índices escolhidos prendem-se pelo que é comum caracterizar num hospital, a sua área útil, o número de camas e os dias de internamento.

De um modo sucinto:

Energia primária por área – representa o consumo de energia primária por área útil de pavimento de todo o hospital e foi calculado pela expressão:

$$\text{Energia primária por área} = \frac{\text{Energia primária anual [tep]}}{\text{Área de pavimento total útil [m}^2\text{]}}$$

Energia primária por cama – representa o consumo de energia primária por cama;

$$\text{Energia primária por cama} = \frac{\text{Energia primária anual [tep]}}{\text{Lotação praticada [n}^\circ \text{ total de camas]}}$$

Energia primária por dia de internamento – Representa o consumo de energia primária por cada dia de internamento.

$$\text{Energia primária por cama} = \frac{\text{Energia primária anual [tep]}}{\text{Dias de internamento [dias de internamento]}}$$

Os indicadores do consumo específico dos HUC, nos últimos dez anos são apresentados na tabela 65.

Tabela 65- Indicadores de consumo específico.

| Ano | Por área | Variação | Por cama | Por dia de internamento |
|------|--------------------|----------|----------|-------------------------|
| | tep/m ² | - | tep/cama | tep/dia de internamento |
| 2000 | 0,058 | - | 4,598 | 0,013 |
| 2001 | 0,060 | 4% | 4,804 | 0,013 |
| 2002 | 0,065 | 8% | 5,473 | 0,015 |
| 2003 | 0,077 | 15% | 6,348 | 0,017 |
| 2004 | 0,081 | 4% | 6,615 | 0,018 |
| 2005 | 0,085 | 5% | 7,043 | 0,019 |
| 2006 | 0,080 | -6% | 6,718 | 0,018 |
| 2007 | 0,080 | -1% | 7,617 | 0,021 |
| 2008 | 0,081 | 1% | 7,682 | 0,021 |
| 2009 | 0,078 | -3% | 7,423 | 0,020 |
| 2010 | 0,078 | -1% | 7,318 | 0,020 |

Anexo G Propriedades do Combustível Utilizado nos HUC

Segundo dados do fornecedor, o fuelóleo utilizado possui as características representadas na tabela 66.

Tabela 66 - Propriedades do fuelóleo utilizado nos HUC.

| Produto | | Fuelóleo n.º 4 BTE | |
|-----------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| Propriedade | Unidades | Valor | Método de determinação |
| Massa Volúmica a 15°C | [kg/m ³] | 1000,7 | NP EN ISSO 3675 |
| Viscosidade a 100°C | [mm ² /s] | 38,12 | NP EN ISSO 3104 |
| Ponto de Inflamação | [°C] | 107,0 | NP EN 22719 |
| Teor em Água | [% v/v] | 0,10 | ISSO 3733 |
| Enxofre Total | [% m/m] | 0,81 | NP EN ISSO 8754 |
| PCS | [kJ/kg] | 43034,209 | ISSO 8217:2010 |
| PCI | [kJ/kg] | 40740,391 | |

Fonte: Folha de certificação de Qualidade - Galp energia n.º Série: PBN/003/11/00

Conforme o Despacho n.º 17313/2008, o poder calorífico inferior e o factor de emissão da energia contida no fuelóleo correspondem aos valores representados na tabela 67.

Tabela 67 – Poder calorífico inferior e factor de emissão para o fuelóleo.

| Combustível | PCI [tep/ton] | FE [kgCO ₂ e/tep] |
|-------------|------------------|---------------------------------|
| Fuelóleo | 0,984 | 3236,4 |

No mesmo documento, são indicados os factores de conversão e factores de emissão para a energia primária, correspondente à energia eléctrica de acordo com o estabelecido na Portaria n.º 63/2008 de Janeiro 1ª série, que se apresentam na tabela 68.

Tabela 68 – Factores de conversão para a energia eléctrica.

| Fonte de energia | FC energia primária [tep/kWh] | FE [kgCO ₂ e/kWh] |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Energia Eléctrica | 215×10^{-6} | 0,47 |

Anexo H Dados Relativos ao Consumo de Vapor dos HUC

Tabela 69 - Consumo de vapor num típico mês da estação de arrefecimento

| Dia | Consumo de Vapor [ton/hora] | | |
|-----|-----------------------------|------|------|
| | Turno | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 2,98 | 6,31 | 5,50 |
| 2 | 2,98 | 5,96 | 5,39 |
| 3 | 2,87 | 5,05 | 4,70 |
| 4 | 2,64 | 3,55 | 2,75 |
| 5 | 2,64 | 6,08 | 5,62 |
| 6 | 3,10 | 6,31 | 5,62 |
| 7 | 2,75 | 6,77 | 5,50 |
| 8 | 2,98 | 5,96 | 5,85 |
| 9 | 2,98 | 5,96 | 5,16 |
| 10 | 2,75 | 5,16 | 4,93 |
| 11 | 2,98 | 3,44 | 3,10 |
| 12 | 2,64 | 6,42 | 5,27 |
| 13 | 3,44 | 5,85 | 5,39 |
| 14 | 3,10 | 6,88 | 4,93 |
| 15 | 3,33 | 5,85 | 5,16 |
| 16 | 0,11 | 0,46 | 0,34 |
| 17 | 3,67 | 5,05 | 4,59 |
| 18 | 2,64 | 6,08 | 3,33 |
| 19 | 2,52 | 8,14 | 2,75 |
| 20 | 2,18 | 1,49 | 3,55 |
| 21 | 2,52 | 6,08 | 4,82 |
| 22 | 2,98 | 5,85 | 5,05 |
| 23 | 2,75 | 6,08 | 5,27 |
| 24 | 2,29 | 5,39 | 4,36 |
| 25 | 2,52 | 3,10 | 3,67 |
| 26 | 1,72 | 3,90 | 0,92 |
| 27 | 2,75 | 4,59 | 4,01 |
| 28 | 3,10 | 4,59 | 4,47 |
| 29 | 2,29 | 4,82 | 5,27 |
| 30 | 1,72 | 4,59 | 4,82 |
| 31 | 1,72 | 4,24 | 3,55 |

Tabela 70 - Consumo de vapor num típico mês da estação de aquecimento.

| Dia | Consumo de Vapor [ton/hora] | | |
|-----|-----------------------------|-------|------|
| | Turno | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 5,00 | 6,13 | 5,13 |
| 2 | 6,13 | 8,38 | 8,25 |
| 3 | 5,88 | 9,63 | 7,13 |
| 4 | 5,75 | 9,25 | 7,63 |
| 5 | 5,38 | 8,38 | 7,88 |
| 6 | 5,38 | 7,88 | 7,50 |
| 7 | 5,13 | 7,88 | 7,00 |
| 8 | 4,88 | 8,75 | 6,88 |
| 9 | 5,50 | 5,38 | 6,25 |
| 10 | 5,63 | 10,75 | 8,13 |
| 11 | 5,13 | 9,00 | 6,50 |
| 12 | 6,38 | 8,63 | 7,13 |
| 13 | 6,25 | 9,13 | 7,63 |
| 14 | 6,75 | 8,88 | 7,88 |
| 15 | 6,50 | 8,13 | 6,63 |
| 16 | 6,38 | 6,38 | 5,88 |
| 17 | 5,63 | 8,88 | 8,50 |
| 18 | 6,00 | 8,50 | 7,38 |
| 19 | 6,00 | 9,13 | 8,38 |
| 20 | 5,63 | 10,88 | 6,75 |
| 21 | 6,13 | 10,38 | 9,00 |
| 22 | 7,38 | 9,00 | 8,63 |
| 23 | 6,88 | 7,25 | 6,88 |
| 24 | 6,75 | 4,88 | 9,25 |
| 25 | 7,00 | 10,13 | 8,75 |
| 26 | 7,25 | 10,50 | 8,25 |
| 27 | 5,25 | 10,25 | 8,25 |
| 28 | 7,88 | 12,38 | 7,25 |
| 29 | 6,00 | 9,75 | 9,38 |
| 30 | 5,50 | 6,25 | 6,50 |
| 31 | 6,13 | 8,75 | 9,13 |

Anexo I Método de Cálculo do Custo de Vapor

Para o cálculo do custo do vapor, procedeu-se a um modelo semi-empírico, onde alguns dos valores apresentados são fruto da experiência dos funcionários dos Serviços de Instalação e Manutenção (SIE) e dos SUCH.

Custo da água fria

A água fria é armazenada em depósitos situados no exterior da central térmica, junto dos “Chiller” de compressão. Os depósitos são mantidos à pressão de 1100 kPa (11 bar), por intervenção de duas bombas, que funcionam num regime on/off, desligam quando o depósito atinge os 1100 kPa e ligam quando a pressão baixa para 800 kPa.

Os custos e consumos médios mensais verificados no ano de 2010 foram os representados na tabela 71.

Tabela 71 – Custo e consumo médio mensal no ano de 2010

| Custo unitário da água da rede | Consumo médio diário |
|--------------------------------|----------------------|
| [€/m ³] | m ³ /dia |
| 2,9 | 986,0 |

Com os valores, o consumo total anual é:

$$986,0 \times 365 \cong 359900 \text{ m}^3$$

Que representa um custo de:

$$359900 \times 2,9 = 1.045.907,07 \text{ €}$$

A água consumida pelo hospital terá de passar por algumas etapas, com custos associados, sofre alguns tratamentos químicos, necessita de ser bombeada e é necessária uma manutenção às instalações associadas, os custos anuais de todos estes processos, são admitidos como sendo os representados na tabela 72.

Tabela 72 – Valores empíricos para os custos das etapas

| | |
|----------------------|----------|
| Tratamentos Químicos | 5.500 € |
| Bombagem | 4.000 € |
| Manutenção | 10.000 € |

No total, os custos anuais totais da operação são:

$$5.500 + 4.000 + 10.000 + 1.045.907,07 = 1.065.407,07 \text{ €}$$

Ao dividir o valor anterior pelo consumo total de água, resulta o custo do metro cúbico de água:

$$\frac{1.065.407,07 \text{ €}}{359900 \text{ m}^3} = 2,96 \text{ €/m}^3$$

Aquecimento de Águas Quentes Sanitárias

O aquecimento das AQS, é efectuado por uns permutadores existentes na base dos reservatórios, estes são permutadores do tipo ar/vapor de fluxo em contracorrente.

Potência necessária

Para o aquecimento das águas quentes sanitárias, começou-se por encontrar a potência necessária para manter um diferencial de 40 °C, entre a temperatura da água que entra no permutador e a água que sai para o depósito. Dado que não existe um consumo constante, o cálculo é efectuado para cada 1000 kg/h de AQS que circulam no permutador.

Na tabela73, representam-se os dados iniciais para o cálculo:

Tabela 73 – Propriedades da água

| Caudal | Calor Especifico | Temperatura | |
|--------|------------------|-------------|----------|
| | | Exterior | Interior |
| kg/h | kJ/kg.K | [°C] | [°C] |
| 1000 | 4,187 | 25 | 65 |

Pela expressão a transferência de calor [41], sabe-se que:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times cp \times \Delta T$$

Substituindo pelos valores da tabela:

$$\dot{Q} = 1000 \times 4,18 \times (25 - 65)$$

Resulta numa potência de:

$$\dot{Q} = 46,5 \text{ kW}$$

Assim, por cada 1000 kg/h, o vapor terá de transferir, 46,5 kW para a água.

Seguidamente é calculado qual o caudal de vapor necessário para transferir esta potência.

Caudal de vapor

O vapor encontra-se no estado de vapor saturado, para uma pressão de 1100 kPa (11 bar), contudo alguns equipamentos não necessitam do vapor a essa pressão. É então efectuada uma redução de pressão, do vapor utilizado para AQS, para 300 kPa (3bar) .

As características do vapor antes de passar no permutador das AQS são as representadas na tabela 74.

Tabela 74 – Características do vapor antes de passar no permutador das AQS

| Pressão | Entalpia liquido | Entalpia vapor |
|---------|------------------|----------------|
| kPa | kJ/kg | kJ/kg |
| 300 | 561,455 | 2724,892 |

Uma das expressões que permite chegar ao caudal, segundo a referência [41]é:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times \Delta h$$

Em ordem a \dot{m} :

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{\Delta h}$$

O que resulta num caudal de:

$$\dot{m} = \frac{46,5}{(2724,892 - 561,455)} = 77,4 \text{ kg/h}$$

Conclui-se, então, que é necessário garantir um caudal de 77, 4 kg/h de vapor, por cada 1000 kg/h de água de AQS.

Custos de produção de vapor

Para o custo de produção de vapor, é necessário ter em conta os custos de operação e manutenção do sistema produtivo, esses custos são os representados na tabela 75.

Tabela 75 – Custos de operação e manutenção da produção de vapor

| Combustível | | |
|-------------------------------------|-------|--------------|
| Consumo mensal médio no ano de 2010 | ton | 312,040 |
| Preço médio em 2010 | €/ton | 400 |
| Subtotal (anual) | € | 1.497.792,52 |
| Fogueiros | | |
| Número de fogueiros | - | 6 |
| Salário médio | € | 1.250 |
| Número de meses | - | 14 |
| Subtotal (anual) | € | 105.000 |
| Operações de Manutenção | | |
| Número de funcionários | - | 2 |
| Salário médio | € | 1.500 |
| Número de meses | - | 14 |
| Subtotal (anual) | € | 42.000 |
| Materiais | € | 10.000 |
| Rede Eléctrica | € | 6.000 |
| Total | € | 1.660.792,52 |

Caudal de vapor da caldeira

Para determinar o caudal de vapor debitado pela caldeira, é necessário definir o funcionamento padrão dela. Para as condições normais de funcionamento, as características de funcionamento da caldeira são as representadas na tabela 76.

Tabela 76 – Condições normais de funcionamento

| Rendimento | % | 90 |
|-----------------------------|-------|---------|
| Combustível | | |
| Caudal médio de combustível | kg/s | 0,12 |
| Poder calorífico inferior | kJ/kg | 40740,4 |
| Água (entrada) | | |
| Pressão na entrada | kPa | 1100 |
| Temperatura na entrada | °C | 100 |
| Entalpia na entrada | kJ/kg | 419,8 |
| Vapor (saída) | | |
| Temperatura | °C | 180 |
| Entalpia vapor | kJ/kg | 2777,2 |

Com estes valores, o caudal pode ser obtido pela expressão [4] [41]:

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{\eta_{caldeira} \times \dot{m}_{vapor} \times PCI}{h_{saida}^{vapor} - h_{saida}^{água}}$$

Ou seja:

$$\dot{m}_{vapor} = 6648,3 \text{ kg}_{vapor}/h = 58239515,8 \text{ kg}_{vapor}/ano$$

Se dividir este valor pelo custo total, da operação e manutenção da produção, o valor que se obtém representa o custo por cada quilograma de vapor produzido, ou, custo específico de vapor de água.

$$\frac{1.660.792,52}{58239515,8} = 0,0285 \text{ €/}(\text{kg}_{vapor}/ano) = 0,0285 \text{ €/kg}_{vapor} \cdot ano$$

A este valor acresce ainda uma parcela que diz respeito à água de reposição no sistema. Essa reposição é necessária devido ao facto de alguns serviços, por questões claras de higiene, (lavandaria e esterilização) não aproveitarem os condensados que resultam da sua operação. A reposição também serve para compensar o não aproveitamento do vapor “flash” e eventuais fugas.

Água de compensação

A água de compensação foi estimada como representando cerca de 20% do consumo total anual de vapor.

Assim, para uma massa específica de 1000 kg/m³ para a água:

$$\text{Água compensação} = \frac{20\% \times \dot{m}_{vapor}}{1000} = 11647,9m^3$$

Considerando o custo específico de água, a este consumo, está associado um custo de:

$$11647,9m^3 \times 2,96 \text{ €/}m^3 = 33.850,03 \text{ €}$$

A este valor acresce a parcela correspondente aos tratamentos químicos, visto que o valor estimado para este custo é com base no consumo total.

$$\frac{33.850,03 \text{ €} + 20\% \times 5.500,00\text{€}}{11647,9m^3} = 3 \text{ €/}m^3$$

O custo final do vapor depende então de dois parâmetros, o vapor produzido, e a água de reposição, de onde resulta a expressão:

$$C_{total} = 0,0285 \times \dot{m}_{vapor} + 3 \times \dot{V}_{\acute{a}gua}$$

Considerando os valores correspondentes ao ano de 2010, o valor do custo total anual de toda a operação será:

$$C_{total} = 0,0285 \times 58239515,8 + 3 \times 11647,90$$

$$C_{total} = 1.695.742,55 \text{ €}$$

Anexo J Características dos *Chillers* de compressão dos HUC



30XA 252-1702

Nominal cooling capacity 270-1700 kW

The Aquaforce liquid chillers are the premium solution for industrial and commercial applications where installers, consultants and building owners require optimal performances and maximum quality.

The Aquaforce liquid chillers are designed to meet current and future requirements in terms of energy efficiency and operating sound levels. They use the best technologies available today:

- Twin-rotor screw compressors with a variable capacity valve.
- Single refrigerant R134a.
- Low-noise generation IV Flying Bird fans made of composite material.
- Aluminium micro-channel heat exchangers (MCHX).
- Touch-screen Pro-Dialog control system.

To meet to all environmental and economic requirements, the Aquaforce is available in two versions:

One offers an extremely low noise level while at the same time boasting superior energy efficiency.

The other offers unequalled energy efficiency to satisfy the most stringent demands of building owners wanting to reduce operating costs to the minimum. This version is also recommended for applications in geographical zones where the air temperature is very high.

Features and advantages

Very economical operation

- Extremely high full load and part load energy efficiency:
 - Eurovent energy efficiency class "A", average EER above 3.20 kW/kW (high-efficiency option)
 - Average ESEER above 4 kW/kW
 - New twin-rotor screw compressor equipped with a high-efficiency motor and a variable capacity valve that permits exact matching of the cooling capacity to the load.
 - All aluminium condenser with micro-channels that is more efficient than a copper/aluminium coil.
 - Flooded multi-pipe evaporator to increase the heat exchange efficiency.
 - Electronic expansion device permitting operation at a lower condensing pressure and improved utilisation of the evaporator heat exchange surface (superheat control).
 - Economizer system with electronic expansion device for increased cooling capacity.

Physical data

| 30XA | | 252 | 302 | 352 | 402 | 452 | 502 | 602 | 702 | 752 | 802 | 852 | 902 | 1002 | 1102 | 1202 | 1302 | 1352 | 1402 | 1502 | 1702 | |
|--|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Nominal cooling capacity* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Standard unit | kW | 268 | 293 | 320 | 382 | 437 | 492 | 605 | 653 | 706 | 764 | 802 | 869 | 952 | 1116 | 1216 | 1297 | 1382 | 1426 | 1478 | 1605 | |
| Option 119*** | kW | 274 | 300 | 326 | 393 | 451 | 508 | 616 | 677 | 726 | 792 | 838 | 899 | 1000 | 1147 | 1247 | 1354 | 1442 | 1488 | 1523 | 1675 | |
| Operating weight** ‡ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Standard unit and option 119*** | kg | 3840 | 3880 | 3920 | 4780 | 4850 | 5330 | 6260 | 6410 | 6710 | 7010 | 7560 | 7860 | 8440 | 10440 | 10880 | 11260 | 11620 | 4250/ 8380 | 4250/ 8530 | 7560/ 7560 | |
| Option 254*** | kg | 4160 | 4190 | 4710 | 5190 | 5260 | 5830 | 6870 | 7030 | 7820 | 8140 | 8260 | 9010 | 9260 | 11470 | 11890 | 12250 | 12640 | 4650/ 9180 | 4650/ 9340 | 8270/ 8270 | |
| Refrigerant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R134a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Standard unit and option 119*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Circuit A | kg | 36 | 37 | 37 | 53 | 55 | 62 | 62 | 62 | 70 | 70 | 77 | 70 | 80 | 69 | 85 | 87 | 87 | 100 | 92 | 77 | |
| Circuit B | kg | 38 | 38 | 39 | 37 | 39 | 39 | 62 | 66 | 62 | 57 | 66 | 75 | 84 | 66 | 66 | 68 | 80 | 85 | 95 | 66 | |
| Circuit C | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 100 | 100 | 96 | 100 | 100 | 77 | |
| Circuit D | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 66 | |
| Option 254*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Circuit A | kg | 60 | 64 | 70 | 85 | 85 | 102 | 102 | 100 | 129 | 112 | 130 | 129 | 140 | 102 | 112 | 112 | 112 | 140 | 140 | 130 | |
| Circuit B | kg | 64 | 64 | 56 | 56 | 56 | 56 | 88 | 95 | 88 | 95 | 95 | 103 | 129 | 92 | 92 | 98 | 98 | 103 | 129 | 95 | |
| Circuit C | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 135 | 135 | 135 | 122 | 135 | 135 | 130 | |
| Circuit D | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 95 | |
| Compressors | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06T semi-hermetic screw compressors, 50 r/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Circuit A | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Circuit B | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Circuit C | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Circuit D | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | |
| Minimum capacity | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | |
| Control | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRO-DIALOG, electronic expansion valve (EXV) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condensers | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aluminium micro-channel heat exchanger | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fans | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Axial Flying Bird 4 with rotating shroud | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantity | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Standard unit | | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 9 | 11 | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | 16 | 19 | 20 | 20 | 20 | 24 | 24 | 28 | |
| Option 119*** | | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 9 | 11 | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | 16 | 19 | 20 | 20 | 20 | 24 | 24 | 28 | |
| Option 254*** | | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 16 | 19 | 20 | 20 | 20 | 24 | 24 | 28 | |
| Standard total air flow | V/s | 20500 | 20500 | 20500 | 27333 | 27333 | 30750 | 37583 | 41000 | 41000 | 41000 | 47833 | 47833 | 54667 | 64917 | 68333 | 68333 | 68333 | 82000 | 82000 | 95667 | |
| Standard speed | r/s | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | |
| Evaporator | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flooded multi-pipe type | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Water content | l | 58 | 61 | 61 | 66 | 70 | 77 | 79 | 94 | 98 | 119 | 119 | 130 | 140 | 168 | 182 | 203 | 224 | 230 | 240 | 240 | |
| Maximum pressure**** | kPa | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | |
| Water connections | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Victaulic | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Without hydronic module, inlet/outlet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diameter ‡ | in | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6/8 | 6/8 | 6/8 | 6 |
| Outside diameter ‡ | mm | 141.3 | 141.3 | 141.3 | 141.3 | 141.3 | 141.3 | 141.3 | 168.3 | 168.3 | 168.3 | 168.3 | 168.3 | 219.1 | 168.3 | 168.3 | 168.3 | 168.3 | 168.3/ 219.3 | 168.3/ 219.3 | 168.3/ 219.3 | 168.3 |
| With hydronic module (option), inlet/outlet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diameter | in | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Outside diameter | mm | 114.3 | 114.3 | 114.3 | 139.7 | 139.7 | 139.7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Expansion tank | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| volume | l | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 80 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Max. water-side operating pressure with hydronic module | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | kPa | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |

Legend:

* Nominal conditions: evaporator entering/leaving water temperature = 12°C/7°C. Outdoor air temperature = 36°C, evaporator fouling factor = 0.00018 m² KW

** Weights are guidelines only. The refrigerant charge is also given on the unit nameplate.

*** Options: 119 = high energy efficiency; 254 = traditional CuAl coils.

**** Max. water-side operating pressure without hydronic module

‡ Weight and diameters of connection modules 1 and 2 for sizes 1402 to 1702.

Note:

Unit sizes 30XA 1402 to 1702 are supplied in two field-assembled modules.
Option 119 (high energy efficiency) can be used together with options 254 and 255.
Contact your Carrier representative to obtain the performances.

Part load performances

With the rapid increase in energy costs and the care about environmental impacts of electricity production, power consumption of air conditioning equipment has become an important topic. The energy efficiency of a liquid chiller at full load is rarely representative of the actual performance of the units, as on average a chiller works less than 5% of the time at full load.

IPLV (in accordance with ARI 550/590-98)

The IPLV (integrated part load value) allows evaluation of the average energy efficiency based on four operating conditions defined by the ARI (American Refrigeration Institute). The IPLV is the average weighted value of the energy efficiency ratios (EER) at different operating conditions, weighted by the operating time.

IPLV (Integrated Part Load Value)

| Load (%) | Air temperature (°C) | Energy efficiency | Operating time, % |
|----------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 100 | 35 | EER ₁ | 1 |
| 75 | 26.7 | EER ₂ | 42 |
| 50 | 18.3 | EER ₃ | 45 |
| 25 | 12.8 | EER ₄ | 12 |

$$\text{IPLV} = \text{EER}_1 \times 1\% + \text{EER}_2 \times 42\% + \text{EER}_3 \times 45\% + \text{EER}_4 \times 12\%$$

The heat load of a building depends on many factors, such as the outside air temperature, the exposure to the sun and its occupation.

Consequently it is preferable to use the average energy efficiency, calculated at several operating points that are representative for the unit utilisation.

ESEER (in accordance with EUROVENT)

The ESEER (European seasonal energy efficiency ratio) permits evaluation of the average energy efficiency at part load, based on four operating conditions defined by Eurovent. The ESEER is the average value of energy efficiency ratios (EER) at different operating conditions, weighted by the operating time.

ESEER (European seasonal energy efficiency ratio)

| Load (%) | Air temperature (°C) | Energy efficiency | Operating time, % |
|----------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 100 | 35 | EER ₁ | 3 |
| 75 | 30 | EER ₂ | 33 |
| 50 | 25 | EER ₃ | 41 |
| 25 | 20 | EER ₄ | 23 |

$$\text{ESEER} = \text{EER}_1 \times 3\% + \text{EER}_2 \times 33\% + \text{EER}_3 \times 41\% + \text{EER}_4 \times 23\%$$

Part load performances

| 30XA (standard) | 252 | 302 | 352 | 402 | 452 | 502 | 602 | 702 | 752 | 802 | 852 | 902 | 1002 | 1102 | 1202 | 1302 | 1352 | 1402 | 1502 | 1702 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IPLV kW/kW | 4.53 | 4.63 | 4.81 | 4.50 | 4.58 | 4.75 | 4.61 | 4.67 | 4.48 | 4.42 | 4.46 | 4.35 | 4.39 | 4.64 | 4.53 | 4.56 | 4.35 | 4.61 | 4.58 | 4.31 |
| ESEER kW/kW | 4.11 | 4.20 | 4.31 | 4.05 | 4.07 | 4.20 | 4.13 | 4.21 | 4.00 | 3.95 | 3.93 | 3.91 | 3.91 | 4.11 | 4.02 | 4.03 | 3.83 | 4.10 | 4.11 | 3.86 |

Anexo K Características dos *Chillers* de Absorção dos HUC.

| MODEL | | AR-W80G2 | AR-W90G2 | AR-W100G2 | AR-W115G2 | AR-W125G2 | AR-W140G2 | AR-W150G2 | AR-W170G2 | AR-W200G2 | AR-W220G2 | AR-W250G2 | AR-W270G2 |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| COOLING CAPACITY | USRT | 80 | 90 | 100 | 115 | 125 | 140 | 150 | 170 | 200 | 220 | 250 | 270 |
| | kW | 281 | 316 | 352 | 404 | 440 | 492 | 527 | 598 | 703 | 774 | 879 | 949 |
| CHILLED WATER SYSTEM | TEMPERATURE | INLET: 12.0°C, OUTLET: 7.0°C | | | | | | | | | | | |
| | FLOW RATE | 48.4 | 54.4 | 60.5 | 69.6 | 75.6 | 84.7 | 90.8 | 102.8 | 121 | 133.1 | 151.2 | 163.3 |
| | PRESSURE DROP | 0,44 | 0,40 | 0,57 | 0,44 | 0,52 | 0,54 | 0,61 | 0,79 | 1,09 | 0,55 | 0,71 | 0,36 |
| | CONNECTION SIZE | DN 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 125 | 125 | 125 | 125 |
| COOLING WATER SYSTEM | TEMPERATURE | INLET: 32.0°C, OUTLET: 37.4°C | | | | | | | | | | | |
| | FLOW RATE | 83.2 | 93.6 | 104.0 | 119.6 | 130.0 | 145.6 | 156.0 | 176.8 | 208.0 | 228.8 | 260.0 | 280.8 |
| | PRESSURE DROP | 0,81 | 0,72 | 0,90 | 0,68 | 0,80 | 0,57 | 0,67 | 0,40 | 0,55 | 0,90 | 1,18 | 0,80 |
| | CONNECTION SIZE | DN 100 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| STEAM | STEAM PRESSURE | 8 kg/cm ² G | | | | | | | | | | | |
| | CONSUMPTION RATE | 360 | 405 | 450 | 518 | 563 | 630 | 675 | 765 | 900 | 990 | 1,125 | 1,215 |
| | STEAM CONNECTION SIZE | 40 | | | | | | 50 | | | 65 | | |
| | DRAIN CONNECTION SIZE | 15 | | | | | | | | | 20 | | |
| ELECTRICAL | POWER SOURCE | 3 Ø, 400V 50Hz | | | | | | | | | | | |
| | CAPACITY | 6.5 | | | | 10 | | | | 11 | | | |
| | SOLUTION PUMP | 1.1+0.4 | | | | 3.7 | | | | 4.5 | | | |
| | REFRIGERANT PUMP | 0.4 | | | | | | 0.8 | | | | | |
| CAPACITY CONTROL | - | FULLY AUTOMATIC, PROPORTIONAL CONTROL | | | | | | | | | | | |
| | OPERATING WEIGHT | Ton 4.7 | 4.7 | 4.7 | 7.5 | 7.5 | 8.2 | 8.2 | 9.0 | 9.0 | 11.0 | 11.2 | 11.5 |
| RIGGING WEIGHT | Ton 4.5 | 4.5 | 4.5 | 7.1 | 7.1 | 7.8 | 7.8 | 8.6 | 8.6 | 10.2 | 10.4 | 10.7 | |
| EXTERNAL DIMENSION | LENGTH (L) | m 2,455 | 2,455 | 2,455 | 3,705 | 3,705 | 3,682 | 3,682 | 3,720 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 |
| | WIDTH (W) | m 1,760 | 1,760 | 1,760 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 2,193 | 2,193 | 2,193 | 2,193 |
| | HEIGHT (H) | m 2,046 | 2,046 | 2,046 | 2,065 | 2,065 | 2,065 | 2,065 | 2,065 | 2,065 | 2,534 | 2,534 | 2,534 |

| MODEL | | AR-W320G2 | AR-W360G2 | AR-W400G2 | AR-W450G2 | AR-W500G2 | AR-W550G2 | AR-W600G2 | AR-W700G2 | AR-W800G2 | AR-W900G2 | AR-W1000G2 | AR-W1250G2 | AR-W1500G2 | | | | | |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|--|------|--|------|--|
| COOLING CAPACITY | USRT | 320 | 360 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1,000 | 1,250 | 1,500 | | | | | |
| | kW | 1,125 | 1,266 | 1,407 | 1,582 | 1,758 | 1,934 | 2,110 | 2,461 | 2,813 | 3,165 | 3,516 | 4,395 | 5,274 | | | | | |
| CHILLED WATER SYSTEM | TEMPERATURE | INLET: 12.0°C, OUTLET: 7.0°C | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | FLOW RATE | 193.5 | 217.7 | 241.9 | 272.2 | 302.4 | 332.7 | 362.9 | 423.4 | 483.8 | 544.3 | 604.8 | 756.0 | 907.2 | | | | | |
| | PRESSURE DROP | 0,50 | 0,76 | 0,94 | 0,43 | 0,53 | 0,75 | 0,89 | 0,74 | 0,76 | 0,79 | 0,83 | 1,19 | 1,72 | | | | | |
| | CONNECTION SIZE | DN 150 | 150 | 150 | 200 | 200 | 200 | 200 | 250 | 250 | 300 | 300 | 300 | 350 | | | | | |
| COOLING WATER SYSTEM | TEMPERATURE | INLET: 32.0°C, OUTLET: 37.4°C | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | FLOW RATE | 332.8 | 374.4 | 416.0 | 468.0 | 520.0 | 572.0 | 624 | 728 | 832 | 936 | 1,040 | 1,300 | 1,560 | | | | | |
| | PRESSURE DROP | 1,02 | 1,23 | 1,52 | 0,84 | 1,04 | 1,15 | 1,37 | 0,80 | 0,85 | 1,30 | 0,53 | 1,31 | 1,48 | | | | | |
| | CONNECTION SIZE | DN 200 | 200 | 200 | 250 | 250 | 300 | 300 | 300 | 350 | 350 | 350 | 400 | 400 | | | | | |
| STEAM | STEAM PRESSURE | 8 kg/cm ² G | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CONSUMPTION RATE | 1,440 | 1,620 | 1,800 | 2,025 | 2,250 | 2,475 | 2,700 | 3,150 | 3,600 | 4,050 | 4,500 | 5,625 | 6,750 | | | | | |
| | STEAM CONNECTION SIZE | 65 | 80 | | | 100 | | | 125 | | | 150 | | | | | | | |
| | DRAIN CONNECTION SIZE | 20 | | | | | | 25 | | | 32 | | | 40 | | | | | |
| ELECTRICAL | POWER SOURCE | 3 Ø, 400V 50Hz | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CAPACITY | 11 | | | | 19 | | | | 23 | | | | 35 | | 40 | | 45 | |
| | SOLUTION PUMP | 4.5 | | | | 5.5 | | | | 7.5 | | | | 11.4 | | 14.9 | | 16.7 | |
| | REFRIGERANT PUMP | 0.8 | | | | | | 1.5 | | | | | | | | | | | |
| CAPACITY CONTROL | - | FULLY AUTOMATIC, PROPORTIONAL CONTROL | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | OPERATING WEIGHT | Ton 11.8 | 12.5 | 12.9 | 14.5 | 15.0 | 18.0 | 18.5 | 23.5 | 30.0 | 34.0 | 37.0 | 45.0 | 50.0 | | | | | |
| RIGGING WEIGHT | Ton 11.0 | 11.6 | 12.0 | 13.5 | 14.0 | 16.5 | 17.0 | 22.0 | 28.0 | 32.5 | 34.5 | 42.0 | 45.0 | | | | | | |
| EXTERNAL DIMENSION | LENGTH (L) | m 4,080 | 4,922 | 4,922 | 6,125 | 6,125 | 7,236 | 7,236 | 7,075 | 7,144 | 8,521 | 8,521 | 9,510 | 9,510 | | | | | |
| | WIDTH (W) | m 2,193 | 2,193 | 2,193 | 2,222 | 2,222 | 2,253 | 2,253 | 2,571 | 2,571 | 3,207 | 3,207 | 3,192 | 3,192 | | | | | |
| | HEIGHT (H) | m 2,534 | 2,514 | 2,514 | 2,580 | 2,580 | 2,655 | 2,655 | 2,866 | 2,889 | 3,300 | 3,300 | 3,335 | 3,335 | | | | | |

Note:

1. USRT: 3024 kcal/h
2. Maximum permissible standard pressure of water circuits is 8 kg/cm²G
3. Standard Fouling factor is 0.0001 m²h°C/kcal
4. Different specifications could be satisfied at request
5. The described standard specifications can be reformed for progressing engineering technique without notice

Anexo L Registos de Consumos do Grupo de Arrefecimento

Tabela 77 - Distribuição do custo eléctrico para o grupo de arrefecimento dos HUC.

| | Arrefecimento | | | | Aquecimento | | | |
|----|---------------|---------|--------|-------------|-------------|--------|--------|-------------|
| | Ponta | Cheias | Vazio | Super Vazio | Ponta | Cheias | Vazio | Super Vazio |
| 0 | 0€ | 0€ | 5,28 € | 0€ | 0€ | 0€ | 1,55 € | 0€ |
| 1 | 0€ | 0€ | 6,33 € | 0€ | 0€ | 0€ | 1,86 € | 0€ |
| 2 | 0€ | 0€ | 3,69 € | 0€ | 0€ | 0€ | 1,08 € | 0€ |
| 3 | 0€ | 0€ | 0€ | 3,43 € | 0€ | 0€ | 0€ | 1,01 € |
| 4 | 0€ | 0€ | 0€ | 3,11 € | 0€ | 0€ | 0€ | 0,91 € |
| 5 | 0€ | 0€ | 0€ | 3,11 € | 0€ | 0€ | 0€ | 0,91 € |
| 6 | 0€ | 0€ | 3,69 € | 0€ | 0€ | 0€ | 1,08 € | 0€ |
| 7 | 0€ | 5,76 € | 0€ | 0€ | 0€ | 1,71 € | 0€ | 0€ |
| 8 | 0€ | 16,47 € | 0€ | 0€ | 0€ | 4,88 € | 0€ | 0€ |
| 9 | 22,00 € | 0€ | 0€ | 0€ | 6,41 € | 0€ | 0€ | 0€ |
| 10 | 22,00 € | 0€ | 0€ | 0€ | 6,41 € | 0€ | 0€ | 0€ |
| 11 | 20,90 € | 0€ | 0€ | 0€ | 6,09 € | 0€ | 0€ | 0€ |
| 12 | 23,83 € | 0€ | 0€ | 0€ | 0€ | 5,29 € | 0€ | 0€ |
| 13 | 0€ | 23,88 € | 0€ | 0€ | 0€ | 7,08 € | 0€ | 0€ |
| 14 | 0€ | 31,29 € | 0€ | 0€ | 0€ | 9,28 € | 0€ | 0€ |
| 15 | 0€ | 23,61 € | 0€ | 0€ | 0€ | 7,00 € | 0€ | 0€ |
| 16 | 0€ | 21,14 € | 0€ | 0€ | 0€ | 6,26 € | 0€ | 0€ |
| 17 | 0€ | 21,14 € | 0€ | 0€ | 0€ | 6,26 € | 0€ | 0€ |
| 18 | 0€ | 16,75 € | 0€ | 0€ | 6,52 € | 0€ | 0€ | 0€ |
| 19 | 0€ | 16,75 € | 0€ | 0€ | 6,52 € | 0€ | 0€ | 0€ |
| 20 | 0€ | 15,92 € | 0€ | 0€ | 6,20 € | 0€ | 0€ | 0€ |
| 21 | 0€ | 15,92 € | 0€ | 0€ | 0€ | 4,72 € | 0€ | 0€ |
| 22 | 0€ | 9,61 € | 0€ | 0€ | 0€ | 2,85 € | 0€ | 0€ |
| 23 | 0€ | 9,61 € | 0€ | 0€ | 0€ | 2,85 € | 0€ | 0€ |

Anexo M Leituras Efectuadas ao Grupo de Arrefecimento dos HUC

Tabela 78- Dados retirados do grupo de arrefecimento dos HUC.

| Turno | Data | Hora | Carga | | | Energia térmica kWh _t |
|-------|------------|------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|
| | | | Chiller 1 | Chiller 2 | Chiller 3 | |
| 1 | 24-05-2011 | 0 | 0% | 30% | 0% | 360 |
| | 24-05-2011 | 1 | 0% | 21% | 0% | 432 |
| | 24-05-2011 | 2 | 0% | 0% | 0% | 252 |
| | 24-05-2011 | 3 | 0% | 19% | 0% | 252 |
| | 24-05-2011 | 4 | 0% | 0% | 0% | 228 |
| | 24-05-2011 | 5 | 0% | 21% | 0% | 228 |
| | 24-05-2011 | 6 | 0% | 0% | 0% | 252 |
| | 24-05-2011 | 7 | 60% | 0% | 0% | 252 |
| 2 | 24-05-2011 | 8 | 0% | 0% | 0% | 720 |
| | 24-05-2011 | 9 | 60% | 0% | 0% | 720 |
| | 24-05-2011 | 10 | 57% | 0% | 0% | 720 |
| | 24-05-2011 | 11 | 65% | 0% | 0% | 684 |
| | 24-05-2011 | 12 | 87% | 0% | 0% | 780 |
| | 24-05-2011 | 13 | 57% | 0% | 57% | 1044 |
| | 24-05-2011 | 14 | 42% | 0% | 44% | 1368 |
| | 24-05-2011 | 15 | 77% | 0% | 0% | 1032 |
| 3 | 23-05-2011 | 16 | 0% | 0% | 0% | 924 |
| | 23-05-2011 | 17 | 61% | 0% | 0% | 924 |
| | 23-05-2011 | 18 | 0% | 0% | 0% | 732 |
| | 23-05-2011 | 19 | 0% | 58% | 0% | 732 |
| | 23-05-2011 | 20 | 0% | 0% | 0% | 696 |
| | 23-05-2011 | 21 | 0% | 35% | 0% | 696 |
| | 23-05-2011 | 22 | 0% | 0% | 0% | 420 |
| | 24-05-2011 | 23 | 0% | 30% | 0% | 420 |
| Total | | | | | | 14868 |

Tabela 79 - Consumo típico diário do grupo de arrefecimento consoante a estação do ano.

| Turno | Hora | Energia Eléctrica consumida | |
|-------|------|-----------------------------|------------------|
| | | Arrefecimento | Aquecimento |
| | | kWh _e | kWh _e |
| 1 | 1 | 123,4 | 37,0 |
| | 2 | 72,0 | 21,6 |
| | 3 | 72,0 | 21,6 |
| | 4 | 65,1 | 19,5 |
| | 5 | 65,1 | 19,5 |
| | 6 | 72,0 | 21,6 |
| | 7 | 72,0 | 21,6 |
| | 8 | 205,7 | 61,7 |
| 2 | 9 | 205,7 | 61,7 |
| | 10 | 205,7 | 61,7 |
| | 11 | 195,4 | 58,6 |
| | 12 | 222,9 | 66,9 |
| | 13 | 298,3 | 89,5 |
| | 14 | 390,9 | 117,3 |
| | 15 | 294,9 | 88,5 |
| | 16 | 264,0 | 79,2 |
| 3 | 17 | 264,0 | 79,2 |
| | 18 | 209,1 | 62,7 |
| | 19 | 209,1 | 62,7 |
| | 20 | 198,9 | 59,7 |
| | 21 | 198,9 | 59,7 |
| | 22 | 120,0 | 36,0 |
| | 23 | 120,0 | 36,0 |
| | 24 | 102,9 | 30,9 |

Anexo N Levantamento da Iluminação dos HUC

Bloco Central

No edifício do bloco central, existem cinco tipos de luminárias (consoante o espaço a iluminar), cada uma com o seu tipo de lâmpada. Na tabela 80 encontra-se o número de luminárias por tipo e por piso no edifício do Bloco Central.

Tabela 80 – Levantamento da iluminação no edifício do bloco central dos HUC.

| | Zona | Tipo de Iluminação | | | | | Actividade |
|-----------|------|--------------------|------------|---------------|-----|-----------|------------------|
| | | Apliques | Circulares | Rectangulares | LED | Quadradas | |
| 10 | A/2 | 15 | 20 | 40 | 35 | | Consultas |
| | A/1 | 15 | 20 | 40 | 35 | | Consultas |
| | B/4 | 15 | 20 | 40 | 30 | | Internamento |
| | C/3 | 15 | 15 | 30 | 30 | | Internamento |
| 9 | A/2 | 15 | 20 | 40 | 35 | | Bloco Operatório |
| | A/1 | 15 | 20 | 40 | 35 | | Consultas |
| | B/4 | 15 | 20 | 40 | 25 | | Internamento |
| | C/3 | 15 | 15 | 30 | 25 | | Internamento |
| 8 | A/2 | 15 | 20 | 40 | 35 | | Consultas |
| | A/1 | 10 | 20 | 40 | 35 | | Consultas |
| | B/4 | 25 | 20 | 30 | 35 | | Internamento |
| | C/3 | 20 | 20 | 40 | 35 | | Internamento |
| | D/5 | 25 | 25 | 45 | 35 | | Bloco Operatório |
| | D/6 | 25 | 25 | 45 | 35 | | Laboratórios |
| 7 | A/2 | 15 | 20 | 30 | 35 | | Consultas |
| | A/1 | 15 | 20 | 30 | 35 | | Consultas |
| | B/4 | 25 | 20 | 30 | 35 | | Internamento |
| | C/3 | 20 | 20 | 60 | 35 | | Internamento |
| | D/5 | 25 | 25 | 30 | 35 | | Internamento |
| | D/6 | 25 | 25 | 30 | 35 | | Internamento |
| 6 | A/2 | 15 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | A/1 | 10 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | B/4 | 25 | 20 | 30 | 25 | | Internamento |
| | C/3 | 20 | 20 | 60 | 25 | | Internamento |
| | D/5 | 10 | 15 | 30 | 15 | | Internamento |
| | D/6 | 10 | 15 | 30 | 15 | | Internamento |

| | Zona | Tipo de Iluminação | | | | | Actividade |
|---|-----------|--------------------|------------|---------------|-----|-----------|------------------|
| | | Apliques | Circulares | Rectangulares | LED | Quadradas | |
| 5 | A/2 | 12 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | A/1 | 10 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | B/4 | 25 | 20 | 30 | 20 | | Internamento |
| | C/3 | 20 | 20 | 30 | 20 | | Internamento |
| | D/5 | 10 | 15 | 30 | 30 | | Internamento |
| | D/6 | 15 | 15 | 30 | 30 | | Internamento |
| 4 | A/2 | 15 | 10 | 35 | 30 | | Consultas |
| | A/1 | 10 | 10 | 35 | 30 | | Consultas |
| | B/4 | 25 | 20 | 30 | 25 | | Internamento |
| | C/3 | 20 | 20 | 30 | 25 | | Internamento |
| | D/5 | 10 | 15 | 30 | 15 | | Internamento |
| | D/6 | 10 | 15 | 30 | 15 | | Internamento |
| 3 | A/2 | 15 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | A/1 | 10 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | B/4 | 25 | 20 | 30 | 25 | | Internamento |
| | C/3 | 20 | 20 | 30 | 25 | | Internamento |
| | D/5 | 10 | 15 | 30 | 15 | | Internamento |
| | D/6 | 10 | 15 | 30 | 15 | | Internamento |
| 2 | A/2 | 15 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | A/1 | 10 | 10 | 30 | 30 | | Consultas |
| | B/4 | 25 | 20 | 30 | 25 | | Consultas |
| | C/3 | 20 | 20 | 30 | 25 | | Internamento |
| | D/5 | 25 | 25 | 45 | 20 | | Internamento |
| | D/6 | 25 | 25 | 45 | 20 | | Internamento |
| | E/8 | 10 | 35 | 50 | 40 | | Internamento |
| 1 | A/2 + A/1 | 30 | 10 | 80 | 60 | | Consultas |
| | B | 25 | 25 | 45 | 25 | | Internamento |
| | B | 15 | 5 | 40 | 25 | | Consultas |
| | C/3 | 20 | 20 | 30 | 20 | | Internamento |
| | D | 25 | 25 | 45 | 20 | | Internamento |
| | D | 25 | 25 | 45 | 20 | | Internamento |
| | E | 0 | 150 | 150 | 105 | | Bloco Operatório |
| 0 | A/2 | 0 | 0 | 30 | 30 | | Laboratórios |
| | A/1 | 0 | 0 | 30 | 30 | | Laboratórios |
| | B/4 | 0 | 0 | 100 | 35 | | Administrativo |
| | C/3 | 0 | 10 | 30 | 40 | | Consultas |
| | D/6 | 0 | 0 | 30 | 40 | 90 | Laboratórios |
| | E/9 | 0 | 0 | 30 | 25 | | Administrativo |
| | E/8 | 0 | 10 | 80 | 30 | | Administrativo |
| | F | 0 | 140 | 70 | 40 | 60 | Administrativo |
| | G | 0 | 20 | 60 | 20 | | Consultas |

| | Zona | Tipo de Iluminação | | | | | Actividade |
|----|-------------|--------------------|------------|---------------|-----|-----------|----------------|
| | | Apliques | Circulares | Rectangulares | LED | Quadradas | |
| -1 | A/2 | 25 | 25 | 70 | 30 | | Consultas |
| | A/1 | 10 | 5 | 30 | 20 | | Administrativo |
| | C/3 | 30 | 40 | 80 | 45 | | Consultas |
| | D/5 | 20 | 35 | 100 | 55 | | Laboratórios |
| | D/6 | 30 | 45 | 80 | 50 | | Laboratórios |
| | E/9 | 5 | 10 | 120 | 50 | | Zona Técnica |
| | E/8 | 10 | 40 | 170 | 25 | | Urgência |
| | F | 10 | 15 | 90 | 35 | | Consultas |
| -2 | A/1 + A/2 | 0 | 50 | 135 | 35 | | Restauração |
| | B/4 | 0 | 30 | 120 | 35 | | Armazenamento |
| | C/3 | 0 | 5 | 115 | 35 | | Restauração |
| | E/9 | 0 | 0 | 120 | 35 | | Armazenamento |
| | E/8 | 0 | 0 | 120 | 35 | | Armazenamento |
| -3 | A/1 | 25 | 10 | 60 | 20 | | Zona Técnica |
| | B/4 | 25 | 5 | 60 | 20 | | Zona Técnica |
| | E/9 | 10 | 5 | 70 | 35 | | Laboratórios |
| | E/8 | 0 | 30 | 50 | 30 | | Laboratórios |
| | H/10 | 0 | 0 | 45 | 45 | | Casa Mortuária |
| | I/13 | 0 | 0 | 65 | 15 | | Lavandaria |
| -4 | A | 0 | 0 | 40 | 20 | | Zona Técnica |
| | E/9 | 0 | 0 | 120 | 0 | | Zona Técnica |
| | H/10 + H/22 | 0 | 15 | 145 | 0 | | Zona Técnica |
| | I/13 + I/14 | 0 | 0 | 180 | 15 | | Lavandaria |
| | J | 0 | 25 | 60 | 0 | | Zona Técnica |

As potências de cada tipo de luminária, o total e o local onde se encontram estão representados na tabela 81.

Tabela 81 - Potência típica da iluminação do Bloco Central (excepto zona das Urgências).

| Tipo de luminária | Potência | Quantidade | Locais de instalação |
|-------------------|-----------|------------|--|
| | W/lâmpada | | |
| Apliques | 8 | 1197 | Sanitários, balneários e vestiários |
| Circulares | 11 | 1745 | Quartos de internamento, salas de espera |
| Rectangulares | 36 | 4910 | Gabinetes, corredores, salas de espera, quartos de internamento, laboratórios, salas de aula |
| LED | 9 | 2760 | Corredores principais |
| Quadradas | 2 X 18 | 150 | Hall de entrada e elevador |

A zona das urgências possui um sistema de iluminação com luminárias diferentes das restantes zonas dos HUC como mostra a tabela 82.

Tabela 82 – Iluminação do serviço de urgência.

| Ref ^a | Tipo | Potência | Quantidade | Locais de instalação |
|------------------|------------------------|-----------|------------|--|
| | | W/lâmpada | | |
| F1 | Fluorescente | 36 | 140 | Corredores, zona de espera e salas de acompanhantes |
| F2 | Fluorescente | 72 | 48 | Gabinetes, U.C.I. ³⁴ , S.O. ³⁵ , sala de emergência, recepção, admissão e controlo |
| F3 | Fluorescente Compacta | 26 | 30 | Instalações sanitárias, balneários e vestiários |
| F4 | Halogéneo Baixa Tensão | 35 | 28 | Balcões – recepção, admissão e controlo |
| F5 | Fluorescente | 72 | 84 | Sala de enfermagem, tratamentos sala de exame e área de urgência |
| F6 | Fluorescente | 72 | 20 | Zona de sujos, limpos, vestiários e copas |
| F7 | Iodetos Metálicos | 70 | 6 | Pala exterior |
| C1 | Fluorescente | 54 | 2 | S.O. |
| C2 | Fluorescente | 72 | 2 | S.O. |
| C3 | Fluorescente | 90 | 1 | Sala de emergências |
| NEG | Fluorescente | 108 | 5 | U.C.I., S.O., gessos e observação de ortopedia |
| E1 | Fluorescente | 16 | 30 | Diversos Locais |

Cirurgia Cardiorácica

No edifício da Cirurgia Cardiorácica, existem somente dois tipos de luminárias: as retangulares (zonas técnicas e em algumas salas de consulta) e circulares (consultórios, algumas salas de consultas e salas de cirurgia), sendo o resultado do levantamento o representado na tabela 83.

Tabela 83 – Levantamento da iluminação no edifício da Cirurgia Cardiorácica

| Piso | Actividade | Fluorescentes Rectangulares | Fluorescentes Circulares |
|------|------------|-----------------------------|--------------------------|
| 0 | Consultas | 50 | 15 |
| -1 | Consultas | 60 | 90 |
| -2 | Consultas | 100 | 70 |
| -3 | Consultas | 120 | 30 |
| -4 | Urgência | 30 | 10 |

³⁴ Unidade de Cuidados Intensivos.

³⁵ Serviço de Observação.

As luminárias são idênticas às do bloco central, sendo as suas potências e quantidades representadas na tabela 84.

Tabela 84 - Potência e número de luminárias do edifício da Cirurgia Cardiorácica.

| Tipo de luminária | Potência | Quantidade |
|-------------------|-----------|------------|
| | W/lâmpada | |
| Rectangular | 36 | 360 |
| Circular | 36 | 215 |

Hospital de S. Jerónimo

No Hospital de S. Jerónimo, as luminárias que aí se encontram são todas do tipo rectangular. Na tabela 85 encontra-se a distribuição por piso ao estando resumidas na tabela 86 a quantidade e potência instalada.

Tabela 85 - Levantamento da iluminação no edifício do Hospital de S. Jerónimo

| Piso | Actividade | Rectangulares | Quadradas | Circulares |
|------|------------|---------------|-----------|------------|
| 1 | Consultas | 85 | 40 | 45 |
| 2 | Consultas | 160 | 35 | 0 |
| 3 | Consultas | 200 | 45 | 15 |
| 4 | Consultas | 180 | 30 | 15 |

Tabela 86 - Potência e quantidade de luminárias no edifício Hospital de S. Jerónimo.

| Tipo de luminária | Potência | Quantidade |
|-------------------|-----------|------------|
| | W/lâmpada | |
| Fluorescentes | 36 | 850 |

Anexo O Características das Lâmpadas dos HUC

Lâmpadas LED de 600mm para equivalentes às T5.

ARQUILED

arquitube 600



Tipo de Lâmpada Lâmpada FLUO
Fonte de Luz 9x1W High Power LED - Osram - Cree
Eficiência Luminosa 90%
Tipo de Base Suporte FLUO
Dimensões 600mm (pinos incluídos) x Ø26mm
Comprimento de Onda Vermelho . 625-630nm
Verde . 520-525nm
Azul . 465-470nm
T° de cor Branco frio . 5000°K-6500°K
Branco quente . 3000°K-4500°K
o 140°
Potência total de led's 9W
Tensão de entrada 85-260V AC
Corrente de funcionamento 350mA
Vida útil 50.000h



Lâmpadas LED de 1200 mm equivalentes às T8.

ARQUILED

arquitube 1200



Tipo de Lâmpada Lâmpada FLUO
Fonte de Luz 1x1W High Power LED . Ciram . Cree
Eficiência Luminosa 90%
Tipo de Base Suporte FLUO
Dimensões 1200mm (pinos incluídos) x Ø26mm
Comprimento de Onda Vermelho . 625<630nm
Verde . 520<525nm
Azul . 465<470nm
T° de cor Branco frio . 5000°K<6500°K
Branco quente . 3000°K<4500°K
e 140°
Potência total de led's 18W
Tensão de entrada 85-260V AC
Corrente de funcionamento 350mA
Vida útil 50.000h



Lâmpadas dos apliques.



product details

DULUXSTAR 8 W/827 E27



Product description: DULUXSTAR 8 W/827 E27
 Product code: 4008321418128
 Quantity: Folding carton box (FS) contains 1 Piece (PCE)

You can find this product in the eCatalog:
http://catalog.myosram.com?~language=EN&~country=PT&it_p=4008321418128

| Applications | |
|--|--|
| Dimmable | No |
| Certificates & Standards | |
| Cleaning instruction in case of breakage | What to do if a lamp containing mercury breaks |
| General Description | |
| Mercury-free | No |
| Rated lamp mercury content | 1.6 mg |
| Base (standard designation) | E27 |
| Recycling | Yes |
| Technical - Electrical Data | |
| Rated power factor λ | 0.60 |
| Construction wattage | 8 W |
| Rated number of switching cycles | 5000 |
| Claimed equivalent incand. lamp power | 38 W |
| Nominal wattage (packaging) | 8 W |
| Nominal voltage | 220-240 V |
| Operating frequency | 50...60 Hz |
| Construction current | 71 mA |
| Technical - Geometries | |
| Overall length | 112.00 mm |
| Tube diameter | T2 |
| Length | 112.00 mm |
| Construction length | 112.00 mm |
| Technical - Lifespan | |
| Rated lamp life time | 8000 h |
| Nominal lamp life time | 8000 h |
| Technical - Light Technical Data | |
| Lumen main.fact.at end of nom.life time | 0.65 |
| Rated warm-up time (60%) | 60 s |
| Nominal luminous flux | 400 lm |
| Rated starting time | 0.3 s |
| Rated color rendering index (Ra) | >=80 |
| Rated luminous flux | 420 lm |
| Luminous flux | 420 lm |
| Light color | 827 |
| Rated color temperature | 2720 K |
| Color rendering index Ra | 80...89 |



17.06.2011
 Subject to change without notice. Errors and omission excepted.
 © 2011 OSRAM GmbH
 Page 1 of 2

Lâmpadas das luminárias quadradas.



product details

DULUX L 36 W/840



Product description: DULUX L 36 W/840
 Product code: 4050300010786
 Quantity: Folding carton box (FS) contains 1 Piece (PCE)

You can find this product in the eCatalog:
http://catalog.myosram.com?~language=EN&-country=PT&it_p=4050300010786

| Applications | |
|--|---|
| Suitable for indoor | Yes |
| Certificates & Standards | |
| EEL - Energy Label | A |
| General Description | |
| Rated lamp mercury content | 2.6 mg |
| Base (standard designation) | 2G11 |
| Recycling | Yes |
| Technical - Electrical Data | |
| Rated lamp efficacy (HF data) | Under clarification by authority and standardization body |
| Construction wattage | 36 W |
| Rated lamp efficacy (standard condition) | 81 lm/W |
| Nominal wattage (packaging) | 36 W |
| Technical - Geometries | |
| Overall length | 417.30 mm |
| Diameter | 17.5unece.unit.MMT |
| Tube diameter | 17.5 mm |
| Length | 411.00 mm |
| Length acc. to IEC standard | 415 mm |
| Construction length | 417.30 mm |
| Technical - Lifespan | |
| Rated lamp life time | 7500 h |
| Nominal lamp life time | 7500 h |
| Operation mode LLMF/LSF | 50 Hz |
| Rated lamp survival factor at 2000 h | 0.99 |
| Rated lamp survival factor at 4000 h | 0.99 |
| Rated lamp survival factor at 6000 h | 0.97 |
| Rated lamp survival factor at 8000 h | 0.85 |
| Technical - Light Technical Data | |
| Rated color rendering index (Ra) | 80-89 |
| Nominal luminous flux | 2900 lm |
| Luminous flux at 25 °C | 2900 lm |
| Rated luminous flux | 2900 lm |
| Luminous flux | 2900 lm |
| Light color | 840 |
| Rated color temperature | 4000 K |
| Color rendering index Ra | 80...89 |



17.06.2011
 Subject to change without notice. Errors and omission excepted.
 © 2011 OSRAM GmbH

Page 1 of 2

Lâmpadas retangulares.

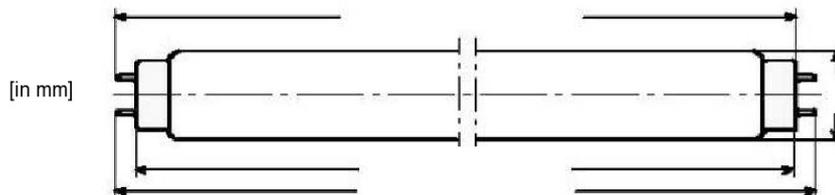
Technical Information FL

T8 L 36W BASIC

SEE THE WORLD IN A NEW LIGHT



PHYSICAL DIMENSIONS



PRODUCT FEATURES

- Fluorescent Lamp with 26 mm diameter.
- Available light colours: *Cool Daylight* (765), *Cool White* (640)

Technical Data

| | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------------|
| Frequency | (Hz) | : | 50 Hz-Operation |
| Lamp wattage | (W) | : | 36 |
| Nominal current (CCG-operation) uncompensated | (A) | : | 0,43 |
| Lamp arc voltage UL after switch-on ($\pm 10\%$) | (V) | : | 103 |
| Resistance / Impedance Z (for CCG) | (Ω) | : | 240 |
| System power – CCG-operation | (W) | : | depends on EEI-class of CCG |
| Pre-heat current IEC 81 | (mA) | : | 650 |
| Luminance | (cd/cm ²) | : | 1,2 |
| Compensation capacitor (power factor ≈ 1 for CCG) | (μ F) | : | 4,5 |
| Row capacitor for CCG duo wiring | (μ F/Vc) | : | 3,4/450 |

Life Time*

| | | | |
|--|-----|---|-------------|
| Average life time (50% failure rate) | (h) | : | 13000 (CCG) |
| Economical life time (80% lum. flux from initial 100h value) | (h) | : | 5000 (CCG) |

PHOTOMETRICAL DATA

| Labelling in brand OSRAM | Rated luminous flux** (lm) | Colour rendering index (Ra) | Colour temperature (K) |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| L 36W/765 | 2500 | 70...79 | 6500 |
| L 36W/640 | 2850 | 60...69 | 4000 |

** at >20 KHz operation and aged 100h; 25°C ambient temperature

Note: *Measurement in accordance with EN 60081, annex C.
The lamps meet EN 60081 and EN 61195 requirements.
Starter and ballasts have to meet EN 60155 and EN 60921 requirements.

FL M-M, edition: 02/06
Reserved for changes – Data serve for orientation.



Anexo P Carga e Consumo anual da iluminação

Tabela 87 - Carga de iluminação conforme a tipologia.

| Categoria | Carga da iluminação | |
|------------------|---------------------|-----------------|
| | Em Serviço | Fora de Serviço |
| Administrativo | 85% | 15% |
| Armazenamento | 85% | 15% |
| Bloco Operatório | 85% | 25% |
| Casa Mortuária | 70% | 50% |
| Consultas | 80% | 15% |
| Restauração | 90% | 15% |
| Exames | 80% | 15% |
| Internamento | 70% | 15% |
| Laboratórios | 90% | 15% |
| Lavandaria | 90% | 15% |
| Urgência | 70% | 50% |
| Zona Técnica | 75% | 15% |

A carga de iluminação representa a percentagem de iluminação que se encontra ligada, quer durante as horas em que o serviço se encontra em funcionamento, quer se nas horas em que se encontram fora de funcionamento. Assim, com esta carga de iluminação, o consumo energético, relativamente à iluminação por categoria de serviço é representado na tabela 88.

Tabela 88 - Consumo anual da iluminação por categoria de serviço.

| Categoria | Total kWh |
|------------------|------------------|
| Administrativo | 50187 |
| Armazenamento | 51379 |
| Bloco Operatório | 9264 |
| Casa Mortuária | 11882 |
| Consultas | 358332 |
| Restauração | 75025 |
| Exames | 10028 |
| Internamento | 238904,9 |
| Laboratórios | 87838,9 |
| Lavandaria | 45759,1 |
| Urgência | 154920,3 |
| Zona Técnica | 77548,4 |
| Total | 1172654,2 |

Anexo Q Características do Equipamento de Medição Utilizado

8 TECHNICAL SPECIFICATIONS

8.1 GENERAL FEATURES

- **Inputs:**
L1, L2, L3, N, I1, I2, I3.
- **Input specifications:**
 - Voltage: (L1-N, L2-N, L3-N) direct inputs max 600 Vrms (STAR);
(L1-L3, L2-L3, L1-L2) direct inputs max 600 Vrms (DELTA) from 0 to 600 Hz;
up to 999999 V (with external PTs whose primary and secondary are selectable).
Input impedance: 4 M Ω
 - Current: (I1, I2, I3) direct inputs 1 Vrms up to 600 Hz, or 1 VDC;
1000A from 30 to 600 Hz (with standard AC clamp meters);
from 0 to 600 Hz (with optional AC/DC clamp meters);
up to 999999 A (with external CTs whose primary and secondary are selectable).
Input impedance: 10 k Ω
- **Voltmeter input overload:**
maximum acceptable voltage 625 Vrms, peak voltage 825V.
- **Current input overload:**
5 times full scale value (with protection trip at threshold value).
- **Units of measurement:**
m, k, M, W, V, A, VA, Var, Hz, Wh, VArh, VAh, P.F. Cos ϕ , THDF.
- **Measurement frequency:**
1,2 seconds without harmonics - 2,5 seconds with harmonics.
- **Number of scales:**
3 voltage scales; 3 current scales with automatic scale change.
- **Automatic scale change:**
Scale change response time: 1,2 secs
Change to higher scale takes place at 105% active scale.
Change to lower scale takes place at 20% of active scale.
- **Clock:**
Quartz, output to LCD
Printed date and time output.
- **Batteries:**
One Ni-Cd 6V 940mAh battery of five 1,2V 940mAh elements in series, giving autonomy of approximately 7 hours without printing and display backlight. Battery recharge time: 24 hours (from mains).
One 3,5V 280mAh lithium battery as memory buffer (guaranteeing memory backup for approximately 7 years).
IMPORTANT: when the lithium back-up battery is changed, date and time are lost.
Battery replacement must be carried out by qualified, authorized staff at ELCONTROL ENERGY service centres.
- **Measurement display:**
Backlight LCD with temperature range of -30°C to +80°C.
- **Clock display:**
4 digit LCD with temperature range of -10°C to +60°C.
- **Dimensions:**
251 x 239 x 104 mm.
- **Instrument weight:**
2,9 Kg.
- **Weight of MICROVIP3 PLUS KIT:**
6,3 Kg.
- **Degree of protection : IP 40**

8.2 OPERATING CONDITIONS AND TESTING

- **Environmental operating conditions:**
Environmental temperature range: from -10°C to +50°C.
Relative humidity (R.H.): from 20% to 80%.
- **Storage temperature:**
from -20°C to +60°C.
- **Condensation:**
non-condensing environment.
- **Insulation resistance:**
≥ 500 MΩ between voltmeter input connectors short-circuited between each other and instrument frame, between power socket and instrument frame.
≥ 2 MΩ between voltage and current inputs.
- **Insulation voltage:**
Tested to 2000 Vrms at 50 Hz for 60 seconds between voltmeter input connections (including neutral).
Tested to 3000 Vrms for 60 seconds between each connector and the instrument frame.
- **Construction standards:**
Safety : IEC 1010-1, EN 61010-1, 600V cat. III
EMC : EN 50081-1, EN 50082-1, EN55022.
IEC 801-2, ENV50140 IEC 801-3, IEC 801-4
Conformity : CEE 89/336 (EMC)
CEE 73/23 - CEE 93/68 (Low Voltage Directive)

8.3 POWER REQUIREMENTS

- **External mains power:**
230V ~ ± 10% 50/60 Hz or 110V ~ ± 10% 50/60 Hz
- **Consumption:**
4 VA.
- **Internal battery power:**
6V 940mAh Ni-Cd battery with five 1,2V 940mAh elements in series.

8.4 PRIMARY MEASUREMENTS

- **Measuring method:**
fixed sampling, A/D conversion.
- **Sampling frequency:**
2,5 KHz.
- **Number of samples per phase:**
250 (100 msec).
- **Measuring frequency:**
~ 1,2 sec.
- **Automatic zero regulation:**
every 1 minute.

8.4.1 PRIMARY MEASUREMENT ACCURACY

- **Measurement error in environment of 18°C to 25°C (after 10' warming up):**
expressed as \pm % Rdg. (reading) + % F.S. (Full Scale) – see tables.
- **Additional measurement error outside this temperature range:**
 \pm 0,02% F.S. for each °C outside range.
- **Sensitivity and accuracy of voltage measurements:**
Direct input with max voltage = 750 Vrms at Full Scale.
Input voltage peak factor \geq 1,6.
Input impedance \geq 4 M Ω .

| Sensitivity, Full Scale and voltage accuracy | | | |
|--|--------------------|------------|---|
| Rated range | Sensitivity | Full Scale | ϵ between 20% F.S. and 100% F.S. |
| 37 Vrms | 24 mV [†] | 37,0 V | 0,5%F.S.+ 0,5%Rdg. |
| 174 Vrms | 111 mV | 174 V | 0,3%F.S.+ 0,3%Rdg. |
| 750 Vrms | 480 mV | 750 V | 0,3%F.S.+ 0,3%Rdg. |

(*) the minimum measurable signal is 1 V.

- **Sensitivity and accuracy of current measurement:**
Direct input with max. 1 Vrms at Full Scale.
Input current peak factor \geq 1,6

| Sensitivity, Full Scale and current accuracy | | | |
|--|-------------------------|--------------|--|
| Rated range | Sensitivity | Full Scale** | ϵ between 20%F.S and 100%F.S. |
| 50 mV | 32 μ V [†] | 50 mV | 0,5%F.S.+ 0,5%Rdg. |
| 232 mV | 140 μ V | 232 mV | 0,3%F.S.+ 0,3%Rdg. |
| 1 V | 640 μ V | 1 V | 0,3%F.S.+ 0,3%Rdg. |

(*) the minimum measurable signal is 2 mV.

(**) Full Scales for 50,0 - 232 - 1000 Amp. with 1000 A/1V clamp meters provided
(Error = sum of instrument + clamp meter errors).

- **Accuracy does not take account of clamp meter error.**
- **Voltage and current measurement precision as a function of frequency:**
no error over errors specified in tables for signal frequencies in 20-90 Hz range.

8.4.2 SECONDARY MEASUREMENTS ACCURACY:

Power (single or three phase), Active Energy (and Power Factor) : class 1 (IEC 1036)

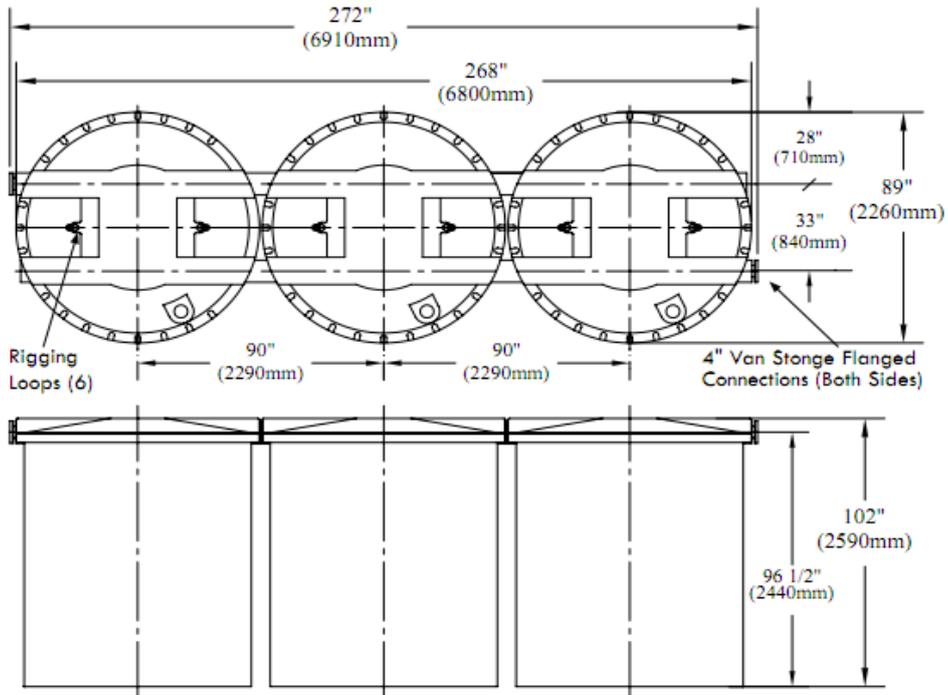
- **Measurement of other secondary values:**
error is expressed by the formula which defines the value (sections 8.6.1, 8.6.2 and 8.6.3), as a function of V, I and W.

Anexo R Especificações Técnicas e Desenhos de Princípio Para o Banco de Gelo

Tabela 89 - Dados do Fabricante dos depósitos do banco de gelo [32](adaptado da fonte)

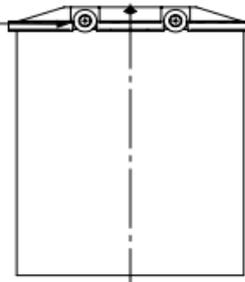
| TANK MODELS | 1082C | 1098C | 1105C | 1190C | 1320C | 1500C |
|--|---|---|--|---|--|--|
| Net-Usable Capacity Ton-Hrs. (kWh) (i) | 82 (288) | 98 (345) | 105 (369) | 162 (570) | 324 (1140) | 486 (1710) |
| Max. Operating Temp., °F (°C) | 100 (38) | 100 (38) | 100 (38) | 100 (38) | 100 (38) | 100 (38) |
| Factory Tested Pres., psi (kPa) | 250 (1724) | 250 (1724) | 250 (1724) | 250 (1724) | 250 (1724) | 250 (1724) |
| Max. Operating Pres., psi (kPa) (ii) | 90 (620) | 90 (620) | 90 (620) | 90 (620) | 90 (620) | 90 (620) |
| Dimensions (ODxH), in. | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Dimensions (WxLxH), in. (mm) (iii) | (2F) 73¾ x 75 x 84½(1875 x 1900 x 2140) (3F, 4F, U4F) 73¾ x 76½ x 84½ (1875 x 1940 x 2140) | (2F) 89 x 91x 69½(2260 x 2310 x 1765) (3F,4F) 89 x 92 x 69½ (2260 x 2340 x 1765) | (2F) 73¾ x 75 x 101 (1875 x 1900 x 2590) (3F, 4F, U4F) 73¾ x 76½ x 102 (1875 x 1940 x 2590) | (2F) 89 x 91x 102 (2260 x 2310 x 2590) (3F, 4F) 89 x 92 x 102 (2260 x 2340 x 2590) | (SF) 89 x 180 x 102 (2260 x 4580 x 2590) (RF) 89 x 182 x 102 (2260 x 4620 x 2590) | (SF) 89 x 270 x 102 (2260 x 6860 x 2590) (RF) 89 x 272 x 102 (2260 x 6910 x 2590) |
| Shipping Weight, lb (kg) (iv) | 1065 (485) | 1275 (580) | 1315 (595) | 2000 (910) | 4000 (1815) | 6000 (2720) |
| Weight, Filled, lb (kg) | 8580 (3890) | 10,235 (4645) | 10,885 (4935) | 16,900 (7665) | 34,000 (15,420) | 50,600 (22,950) |
| Floor Loading, lb/sq.ft., (kg/m ²) | 286 (1396) | 237 (1157) | 363 (1772) | 391 (1909) | 391 (1909) | 391 (1909) |
| Volume Of Water/Ice, Gal (l) | 820 (3105) | 980 (3710) | 1045 (3955) | 1655 (6265) | 3310 (12,530) | 4965 (18,795) |

| TANK MODELS | 1082C | 1098C | 1105C | 1190C | 1320C | 1500C |
|---|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| Vol. Solution in HX, Gal (<i>l</i>) | 86 (326) | 90 (341) | 99 (375) | 157 (594) | 315 (1192) | 472 (1787) |
| Inlet/Outlet Flange Connections. in. | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| i. Typical value, actual varies with conditions ii. Consult factory for higher ratings iii. Tolerance for all dimensions is $\pm 1/2$ " except "L" for Models 1500 and 1320 where ± 1 ". iv. Shipping weight may vary slightly because of differences in volumes of residual water from hydrostatic test | | | | | | |



NOTE:
With each unit two 4"
butterfly valves for
field installation are:

- Included
- By Others



Allow 36" (900mm) overhead
clearance for service.

NOTE: Overall length $\pm 1"$, Tolerance for all other dimensions is $\pm 1/2"$ (12.5 mm)

Figura 97 - Esquemas de princípio dos depósitos de gelo [32].

Anexo S Tabelas para o cálculo dos Bancos de Gelo

Estação de Arrefecimento

Tabela 90 - Consumo e custos energéticos da operação do *chiller* 2 em 24 horas na estação de arrefecimento.

| Funcionamento <i>Chiller</i> 2 | | | | |
|--------------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| Arrefecimento | | | | |
| Hora | Tarifa | Potência térmica kW _t | Potência Eléctrica kW _t | Custo |
| 0 | Vazio | 596,5 | 170,4 | 8,74 € |
| 1 | Vazio | 596,5 | 170,4 | 8,74 € |
| 2 | Vazio | 596,5 | 170,4 | 8,74 € |
| 3 | Super Vazio | 596,5 | 170,4 | 8,13 € |
| 4 | Super Vazio | 596,5 | 170,4 | 8,13 € |
| 5 | Super Vazio | 596,5 | 170,4 | 8,13 € |
| 6 | Vazio | 596,5 | 170,4 | 8,74 € |
| 7 | Cheias | 596,5 | 170,4 | 13,65 € |
| 8 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 9 | Ponta | 0 | 0 | - € |
| 10 | Ponta | 0 | 0 | - € |
| 11 | Ponta | 0 | 0 | - € |
| 12 | Ponta | 0 | 0 | - € |
| 13 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 14 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 15 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 16 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 17 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 18 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 19 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 20 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 21 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 22 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| 23 | Cheias | 0 | 0 | - € |
| | TOTAL | 4772 | 1363,2 | 73 € |

Tabela 91 - Consumo e custos energéticos da operação do *chiller* 1 em 24 horas na estação de arrefecimento.

| Funcionamento <i>Chiller</i> 1 | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Arrefecimento | | | | |
| Hora | Tarifa | Potência térmica kW _t | Potência Eléctrica kW _t | Custo |
| 0 | Vazio | 282,0 | 80,6 | 4,13 € |
| 1 | Vazio | 282,0 | 80,6 | 4,13 € |
| 2 | Vazio | 282,0 | 80,6 | 4,13 € |
| 3 | Super Vazio | 282,0 | 80,6 | 3,84 € |
| 4 | Super Vazio | 282,0 | 80,6 | 3,84 € |
| 5 | Super Vazio | 282,0 | 80,6 | 3,84 € |
| 6 | Vazio | 282,0 | 80,6 | 4,13 € |
| 7 | Cheias | 282,0 | 80,6 | 6,45 € |
| 8 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 9 | Ponta | 500,0 | 142,9 | 15,28 € |
| 10 | Ponta | 500,0 | 142,9 | 15,28 € |
| 11 | Ponta | 500,0 | 142,9 | 15,28 € |
| 12 | Ponta | 500,0 | 142,9 | 15,28 € |
| 13 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 14 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 15 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 16 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 17 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 18 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 19 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 20 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 21 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 22 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| 23 | Cheias | 500,0 | 142,9 | 11,44 € |
| TOTAL | | 10256 | 2930,3 | 232,88 € |

Estação de Aquecimento

Tabela 92 - Consumo e custos energéticos da operação do *chiller 2* em 24 horas na estação de aquecimento.

| Funcionamento <i>Chiller 2</i> | | | | |
|--------------------------------|--------------|------------------|--------------------|----------------|
| Aquecimento | | | | |
| Hora | Tarifa | Potência térmica | Potência Eléctrica | Custo |
| 0 | Vazio | 473,0 | 135,1 | 6,77 € |
| 1 | Cheias | 473,0 | 135,1 | 6,77 € |
| 2 | Cheias | 473,0 | 135,1 | 6,77 € |
| 3 | Ponta | 473,0 | 135,1 | 6,32 € |
| 4 | Ponta | 473,0 | 135,1 | 6,32 € |
| 5 | Ponta | 473,0 | 135,1 | 6,32 € |
| 6 | Ponta | 473,0 | 135,1 | 6,77 € |
| 7 | Cheias | 473,0 | 135,1 | 10,69 € |
| 8 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 9 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 10 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 11 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 12 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 13 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 14 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 15 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 16 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 17 | Cheias | 0,0 | 0 | - € |
| 18 | 0 | 0,0 | 0 | - € |
| 19 | 0 | 0,0 | 0 | - € |
| 20 | 0 | 0,0 | 0 | - € |
| 21 | Tarifa | 0,0 | 0 | - € |
| 22 | Vazio | 0,0 | 0 | - € |
| 23 | Vazio | 0,0 | 0 | - € |
| | TOTAL | 3783,6 | 1081,0 | 56,74 € |

Tabela 93 - Consumo e custos energéticos da operação do *chiller* 2 em 24 horas na estação de aquecimento.

| Funcionamento <i>Chiller</i> 1 | | | | |
|--------------------------------|--------------|------------------|--------------------|----------------|
| Aquecimento | | | | |
| Hora | Tarifa | Potência térmica | Potência Eléctrica | Custo |
| 0 | Vazio | 84,6 | 24,2 | 1,21 € |
| 1 | Vazio | 84,6 | 24,2 | 1,21 € |
| 2 | Vazio | 84,6 | 24,2 | 1,21 € |
| 3 | Super Vazio | 84,6 | 24,2 | 1,13 € |
| 4 | Super Vazio | 84,6 | 24,2 | 1,13 € |
| 5 | Super Vazio | 84,6 | 24,2 | 1,13 € |
| 6 | Vazio | 84,6 | 24,2 | 1,21 € |
| 7 | Cheias | 84,6 | 24,2 | 1,91 € |
| 8 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 9 | Ponta | 0,0 | 0,0 | - € |
| 10 | Ponta | 0,0 | 0,0 | - € |
| 11 | Ponta | 0,0 | 0,0 | - € |
| 12 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 13 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 14 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 15 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 16 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 17 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 18 | Ponta | 0,0 | 0,0 | - € |
| 19 | Ponta | 0,0 | 0,0 | - € |
| 20 | Ponta | 0,0 | 0,0 | - € |
| 21 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 22 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| 23 | Cheias | 0,0 | 0,0 | - € |
| | TOTAL | 676,8 | 193,4 | 10,15 € |

Anexo T Características Motor Jenbacher Type 6

GE Energy

Jenbacher type 6



cutting-edge technology

Continuously refined based on our extensive experience, the Jenbacher type 6 engines are reliable, advanced products serving the 1.5 to 4 MW power range. Its 1,500 rpm engine speed results in a high power density and low installation costs. The type 6 pre-combustion chamber achieves maximum efficiency with low emissions. Proven design and optimized components enable a service life of 60,000 operating hours before the first major overhaul.

reference installations

| model, plant | key technical data | description | |
|--|---|--|---|
| J612 GS Beretta, industry; Gardone, Italy | Fuel..... Natural gas Engine type..... 1 x JMS 612 GS-N.L Electrical output..... 1,457 kW Thermal output..... 1,536 kW Commissioning..... December 1998 | The generated electricity covers the entire electricity requirement of the Beretta factory, while the heat is used for the production process. By using our cogeneration system, Beretta was able to reduce the energy supply costs for the factory by 30%. |  |
| J616 GS Musafah Industrial City, residential area; Abu Dhabi, UAE | Fuel..... Natural gas Engine type..... 3 x JGS 616 GS-N.L Electrical output..... 6,018 kW Commissioning..... June 2003 | Three Jenbacher generator sets supply power generation for continuous operation of compressor chillers to provide chilled water for cooling to a residential area that incorporates apartments, shopping centres, mosques, a police station, and a cinema complex. |  |
| J620 GS Wijnen Paprika; Egchel, The Netherlands | Fuel..... Natural gas Engine type..... 3 x JMS 620 GS-N.L.C Electrical output..... 9,123 kW Thermal output..... 10,773 kW Commissioning..... June 2006 (1 st , 2 nd engine), March 2007 (3 rd engine) | The Jenbacher cogeneration systems provide power, heat and CO ₂ to increase the Wijnen greenhouse paprika production. The CO ₂ produced from the exhaust gas of the engines is cleaned and used for fertilization in the greenhouse. |  |
| J620 GS Biomass power plant; Güssing, Austria | Fuel..... Wood gas Engine type..... 1 x JMS 620 GS-S.L Electrical output..... 1,964 kW Thermal output..... 2,490 kW (district heating 70°C/90°C) Commissioning..... April 2002 | The wood gas produced and cleaned in a fluidized bed/steam reactor is converted into heat and power in the Jenbacher cogeneration plant and forms an important component in an innovative project aimed at meeting 100% of the region's energy needs from renewable sources. |  |

technical data

| | | | | |
|-----------------------------|--|---------|---------|---------|
| Configuration | V 60° | | | |
| Bore (mm) | 190 | | | |
| Stroke (mm) | 220 | | | |
| Displacement/cylinder (lit) | 6.24 | | | |
| Speed (rpm) | 1,500 (50 Hz) | | | |
| | 1,500 with gearbox (60 Hz) | | | |
| Mean piston speed (m/s) | 11 (1,500 rpm) | | | |
| Scope of supply | Generator set, cogeneration system, containerised package | | | |
| Applicable gas types | Natural gas, flare gas, biogas, landfill gas, sewage gas, Special gases (e.g., coal mine gas, coke gas, wood gas, pyrolysis gas) | | | |
| Engine type | J612 GS | J616 GS | J620 GS | J624 GS |
| No. of cylinders | 12 | 16 | 20 | 24 |
| Total displacement (lit) | 74.9 | 99.8 | 124.8 | 149.7 |

Dimensions l x w x h (mm)¹

| | | |
|-----------------------|-------------|------------------------|
| Containerised package | J612 - J620 | 15,000 x 6,000 x 7,300 |
| Generator set | J612 GS | 7,600 x 2,200 x 2,800 |
| | J616 GS | 8,300 x 2,200 x 2,800 |
| | J620 GS | 8,900 x 2,200 x 2,800 |
| | J624 GS | 12,100 x 2,200 x 2,900 |
| Cogeneration system | J612 GS | 7,600 x 2,200 x 2,800 |
| | J616 GS | 8,300 x 2,200 x 2,800 |
| | J620 GS | 8,900 x 2,100 x 2,800 |
| | J624 GS | 12,100 x 2,200 x 2,900 |

Weights empty (kg)²

| | | | | |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| | J612 GS | J616 GS | J620 GS | J624 GS |
| Generator set | 20,600 | 26,000 | 30,700 | 41,400 |
| Cogeneration system | 21,100 | 26,500 | 31,300 | 42,000 |

¹) Dimensions and weights are valid for 50 Hz applications.

outputs and efficiencies

Natural gas

1,500 rpm | 50 Hz

1,500 rpm | 60 Hz

| NOx < | Type | Pel (kW) ² | η _{el} (%) | Pth (kW) ³ | η _{th} (%) | η _{tot} (%) | Pel (kW) ² | η _{el} (%) | Pth (kW) ³ | η _{th} (%) | η _{tot} (%) |
|------------------------------------|------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 500 mg/m ³ _N | 612 | 2,002 | 45.1 | 1,850 | 41.6 | 86.7 | 1,990 | 44.8 | 1,861 | 41.9 | 86.6 |
| | 616 | 2,679 | 45.5 | 2,439 | 41.4 | 87.0 | 2,664 | 45.3 | 2,453 | 41.7 | 87.0 |
| | 620 | 3,352 | 45.6 | 3,048 | 41.4 | 87.0 | 3,344 | 45.4 | 3,048 | 41.4 | 86.9 |
| | 624 | 4,029 | 45.6 | 3,635 | 41.2 | 86.8 | 4,008 | 45.4 | 3,652 | 41.4 | 86.8 |
| 250 mg/m ³ _N | 612 | 2,002 | 43.5 | 1,932 | 42.0 | 85.5 | 1,990 | 43.2 | 1,943 | 42.2 | 85.4 |
| | 616 | 2,679 | 43.6 | 2,575 | 41.9 | 85.6 | 2,664 | 43.4 | 2,589 | 42.2 | 85.6 |
| | 620 | 3,352 | 43.7 | 3,219 | 42.0 | 85.6 | 3,332 | 43.4 | 3,233 | 42.1 | 85.5 |
| | 624 | 4,029 | 44.0 | 3,853 | 42.1 | 86.1 | 4,008 | 43.8 | 3,870 | 42.3 | 86.0 |

Biogas

1,500 rpm | 50 Hz

1,500 rpm | 60 Hz

| NOx < | Type | Pel (kW) ² | η _{el} (%) | Pth (kW) ³ | η _{th} (%) | η _{tot} (%) | Pel (kW) ² | η _{el} (%) | Pth (kW) ³ | η _{th} (%) | η _{tot} (%) |
|------------------------------------|------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 500 mg/m ³ _N | 612 | 1,637 | 42.3 | 1,645 | 42.5 | 84.8 | 1,621 | 41.9 | 1,653 | 42.7 | 84.6 |
| | 616 | 2,188 | 42.4 | 2,194 | 42.5 | 84.9 | 2,175 | 42.2 | 2,205 | 42.7 | 84.9 |
| | 620 | 2,739 | 42.5 | 2,741 | 42.5 | 85.0 | 2,728 | 42.3 | 2,755 | 42.7 | 85.0 |
| 250 mg/m ³ _N | 612 | 1,637 | 41.8 | 1,682 | 43.0 | 84.8 | 1,621 | 41.4 | 1,690 | 43.2 | 84.6 |
| | 616 | 2,188 | 41.9 | 2,243 | 43.0 | 84.8 | 2,175 | 41.6 | 2,254 | 43.2 | 84.8 |
| | 620 | 2,739 | 42.0 | 2,803 | 42.9 | 84.9 | 2,728 | 41.8 | 2,817 | 43.2 | 84.9 |

²) Electrical output based on ISO standard output and standard reference conditions according to ISO 3046/1-1991 and p.f. = 1.0 according to VDE 0530 REM with respective tolerance; minimum methane number 80 for natural gas

³) Total heat output with a tolerance of +/- 8%, exhaust gas outlet temperature 120°C; for biogas exhaust gas outlet temperature 180°C

All data according to full load and subject to technical development and modification.

GE Energy Jenbacher gas engines Austria (Headquarters) 6200 Jenbach T +43 5244 600-0 F +43 5244 600-527 jenbacher.info@ge.com www.gejenbacher.com

GEA-11621A

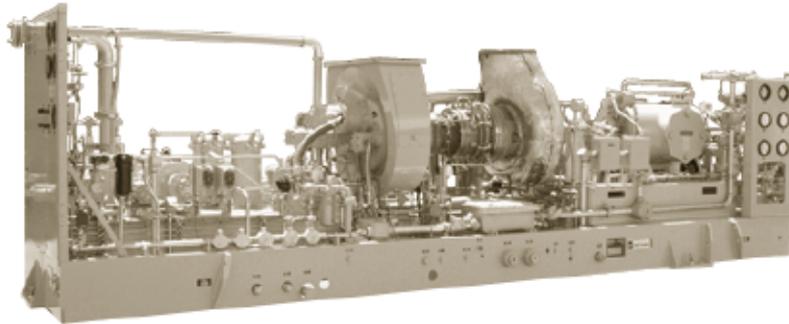
© 2010 GE Jenbacher GmbH & Co. OHG. All rights reserved.

Anexo U Horário do Ciclo Semanal

Tabela 94 - Horário do ciclo semanal para consumidores em média, alta e muito alta tensão para Portugal continental [42].

| Ciclo semanal para fornecimentos em Portugal Continental fonte: ERSE | | | | | | |
|--|------------------------|-------|-----------------|----------------------|-------|-----------------|
| | <u>Hora de inverno</u> | | | <u>Hora de verão</u> | | |
| Segunda a sexta | | | | | | |
| | Início | Fim | Duração (horas) | Início | Fim | Duração (horas) |
| Ponta | 17:00 | 22:00 | 05:00 | 14:00 | 17:00 | 03:00 |
| Cheias | 00:00 | 00:30 | 00:30 | 00:00 | 00:30 | 00:30 |
| | 07:30 | 17:00 | 09:30 | 07:30 | 14:00 | 06:30 |
| | 22:00 | 00:00 | 02:00 | 17:00 | 00:00 | 07:00 |
| Vazio Normal | 00:30 | 02:00 | 01:30 | 00:30 | 02:00 | 01:30 |
| | 06:00 | 07:00 | 01:00 | 06:00 | 07:30 | 01:30 |
| Super Vazio | 02:00 | 06:00 | 04:00 | 02:00 | 06:00 | 04:00 |
| Sábado | | | | | | |
| Cheias | 10:30 | 12:30 | 02:00 | 10:00 | 13:30 | 03:30 |
| | 17:30 | 22:30 | 05:00 | 19:30 | 23:00 | 03:30 |
| Vazio Normal | 00:00 | 03:00 | 03:00 | 00:00 | 03:00 | 03:00 |
| | 07:00 | 10:30 | 03:30 | 07:30 | 10:00 | 02:30 |
| | 12:30 | 17:30 | 05:00 | 13:30 | 19:30 | 06:00 |
| | 22:30 | 00:00 | 01:30 | 23:00 | 00:00 | 01:00 |
| Super Vazio | 03:00 | 07:00 | 04:00 | 03:30 | 07:30 | 04:00 |
| Domingo | | | | | | |
| Vazio Normal | 00:00 | 04:00 | 04:00 | 00:00 | 04:00 | 04:00 |
| | 08:00 | 00:00 | 16:00 | 08:00 | 00:00 | 16:00 |
| Super Vazio | 04:00 | 08:00 | 04:00 | 04:00 | 08:00 | 04:00 |

Anexo V Características Turbina Solar® Saturn 20



General Specifications

Saturn® 20 Gas Turbine

- Industrial, Two-Shaft
- Axial Compressor
 - 8-Stage
 - Pressure Ratio: 6.7:1
 - Inlet Airflow: 6.4 kg/sec (14.2 lb/sec)
- Combustion Chamber
 - Annular-Type
 - 12 Fuel Injectors
 - Torch Ignitor System
- Gas Producer Turbine
 - 2-Stage, Reaction
 - Max. Speed: 15,000 rpm
- Power Turbine
 - 1-Stage, Reaction
 - Max. Speed: 22,300 rpm
- Bearings
 - Journal: Multi-Ramp Sleeve
 - Thrust: Fixed Tapered Land
- Coatings
 - Compressor: Inorganic Aluminum
 - Turbine and Nozzle Blades: Precious Metal Diffusion Aluminide
- Velocity Vibration Transducer

Key Package Features

- Base Frame with Drip Pans
- Compressor
 - Compressor Auxiliary Systems
- 316L Stainless Steel Piping ≤ 4 " dia
- Compression-Type Tube Fittings
- Digital Gauge Panel
 - Fluid Gauges
 - Electrical System Options
 - NEC, Class I, Group D, Div. 1
 - CENELEC, Zone 1
- Turbotronic™ Microprocessor Control System
 - Freestanding Control Console
 - Color Video Display
 - Vibration Monitoring
- Control Options
 - 24-VDC Control Battery/Charger System
 - Turbine and Package Temperature Monitoring
 - Serial Link Supervisory Interface
 - Turbine Performance Map
 - Compressor Performance Map
 - Historical Displays
 - Printer/Logger
 - Process Controls
 - Compressor Anti-Surge Control
 - Field Programming
- Start Systems
 - Pneumatic
 - Direct-Drive AC
- Fuel System
 - Natural Gas
- Integrated Lube Oil System
 - Turbine-Driven Accessories
 - Tank Vent Separator
 - Flame Trap
- Oil System Options
 - Oil Cooler
 - Oil Heater
- Axial Compressor Cleaning Systems
 - On-Crank/On-Line
 - Cleaning Tank
- Gearbox (if applicable)
 - Speed Increaser
 - Speed Decreaser
- Air Inlet and Exhaust System Options
- Enclosure and Associated Options
- Factory Testing of Turbine and Package
- Documentation
 - Drawings
 - Quality Control Data Book
 - Inspection and Test Plan
 - Test Reports
 - Operation and Maintenance Manuals

Solar Turbines

A Caterpillar Company

SATURN 20

Gas Turbine Compressor Set

Oil & Gas Applications

Performance

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| Output Power | 1185 kW (1590 hp) |
| Heat Rate | 14 670 kJ/kW-hr (10,370 Btu/hp-hr) |
| Exhaust Flow | 23 410 kg/hr (51,615 lb/hr) |
| Exhaust Temp. | 520°C (970°F) |

Nominal Rating – per ISO
At 15°C (59°F), at sea level

No inlet/exhaust losses

Relative humidity 60%

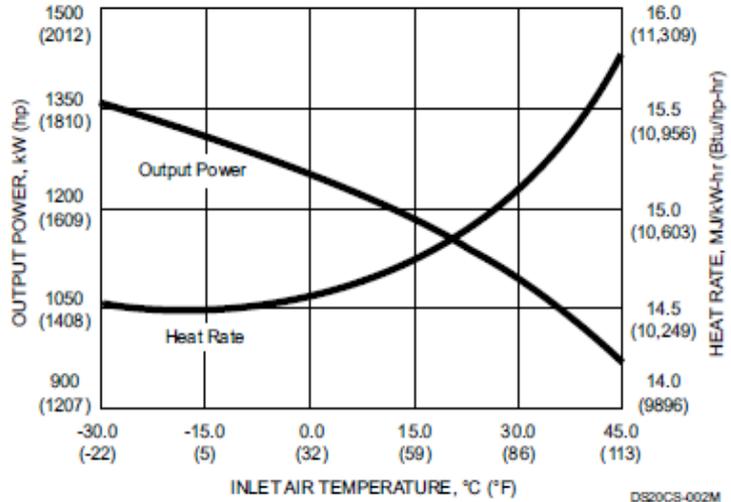
Natural gas fuel with
LHV = 35 MJ/nm³ (940 Btu/scf)

Optimum power turbine speed

AC-driven accessories

Engine efficiency: 24.5%

Available Power



DS20CS-002M

Package Dimensions*

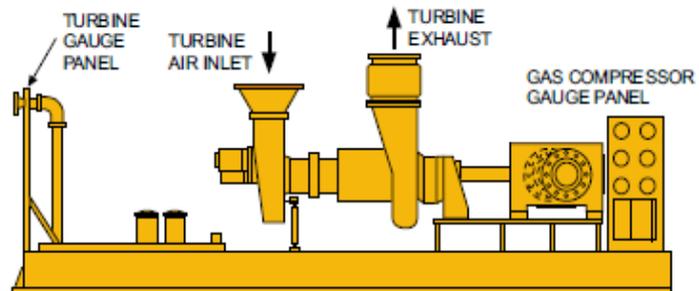
Length: 4.7 m (15' 4")

Width: 1.9 m (6' 1")

Height: 2.0 m (6' 8")

Typical Weight: 6805 kg (15,000 lb)

*Driver package only



DS20CS-003M

Anexo W Vapor Flash

Um importante fenómeno a ter em conta numa instalação de vapor é a formação de vapor *flash*, este fenómeno deve-se a facto de à medida que o vapor vai cedendo energia, vai formando condensados, numa fase inicial, estes condensados estão à mesma pressão que o vapor. Quando estes condensados se juntam a outros que se encontram a pressões mais baixas (p.e. no tanque de condensados), o condensado que vem de pressões mais altas contém energia a mais para manter o estado líquido. Quando isto se verifica, o excesso de energia presente no condensado faz com que parte deste condensado vaporize (forma-se vapor flash). Este fenómeno pode trazer efeitos indesejáveis na instalação, o desgaste acentuado da tubagem e equipamentos (visto que as tubagens e equipamentos de condensados são diferentes das de vapor), aparecimento de fugas e calor que não é aproveitado. O vapor *flash* contém uma quantidade significativa de energia que pode ser utilizada. Um dos métodos para minimizar este fenómeno é o de baixar a temperatura de retorno de condensados, tentando aproveitar ao máximo a energia presente nos condensados.

Uma forma de contabilizar a quantidade de vapor *flash* que se forma, pode ser contabilizado pela expressão [14]:

$$\% flash = \frac{100 \times (h_{f1} - h_{f2})}{h_{fg2}}$$

Onde:

h_{f1} – Entalpia de vapor de líquido à pressão p_1

h_{f2} – Entalpia de vapor de líquido à pressão p_2

h_{fg1} – Entalpia de evaporação à pressão p_2