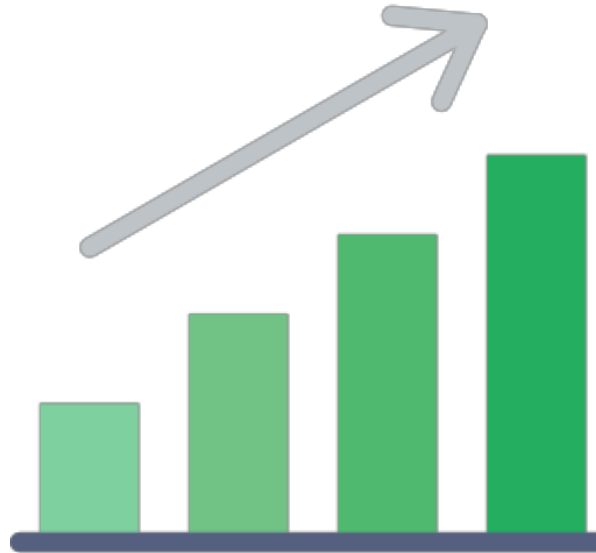




**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Condução de Auditorias Energéticas no setor industrial: Caso de estudo Prático**

**FRANCISCO MIGUEL DE ALBUQUERQUE GASCON MIGUÉIS**  
Licenciado em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Especialista Filipe Martins Rodrigues

Licenciado Pedro Lima

Júri:

Presidente: Doutor João Calado

Vogais:

Doutor Mário Rui Melício da Conceição

**Fevereiro 2018**



*“The only thing more expensive than education, is ignorance” –*

*Benjamin Franklin*

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## **AGRADECIMENTOS**

---

Gostaria, em primeiro lugar, de agradecer, ao meu orientador, Professor Filipe Martins Rodrigues, acima de tudo por ter acreditado no meu trabalho, proporcionando-me a oportunidade de realizar um estágio de natureza profissional para a realização do presente trabalho. O seu acompanhamento constante, dedicação e motivação nos momentos mais difíceis, foram absolutamente fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Aos sócios gerentes da empresa CCEnergia, Auditoria e Consultoria Energética, Lda., Eng. David Cravo e Eng. Nuno Costa, agradeço o facto de me terem permitido estagiar na sua empresa e por acreditarem na formação de quadros jovens, como linha estratégica a seguir. Ao meu coorientador na empresa, Eng. Pedro Lima, agradeço o seu acompanhamento e tutoria durante os 9 meses de estágio. À restante equipa da CCEnergia, um agradecimento especial por todo o conhecimento transmitido, companheirismo e espírito de equipa, que se tornaram fonte de crescimento técnico, mas acima de tudo pessoal.

À *Atlas Copco* Portugal na pessoa da Sr<sup>a</sup> Filipa Ramalho, pelo fornecimento gratuito do manual de ar comprimido da marca, que se demonstrou de grande utilidade para a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos e colegas de curso, agradeço por todo o espírito académico vivido, pelas amizades construídas e pelo espírito de trabalho em equipa que sempre demonstraram, e que é tão importante num conceito empresarial atual.

À minha família, um agradecimento muito especial, por todo o apoio e motivação transmitidos nas horas mais difíceis. A sua presença foi a chave para ultrapassar os momentos em que o cansaço se impunha.

Ao meu avô, José Ramos de Albuquerque, que por efemeridade da vida, não pôde assistir à conclusão do meu percurso académico. Um agradecimento com sentimento especial, por ter acompanhado todo o meu crescimento e ter contribuído em grande parte, para a formação do Homem que sou atualmente.

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## RESUMO

---

O setor Industrial é um dos principais consumidores de energia a nível mundial e Portugal não é exceção neste campo. Numa época onde a questão da competitividade entre empresas é cada vez maior, a fatura energética constitui uma parcela bastante representativa na estrutura de custos corporativa de uma instalação. Por outro lado, a política energética mundial enfrenta hoje o enorme desafio de inverter o rumo dos acontecimentos no que diz respeito à poluição e alterações climáticas, tentando cumprir com as diretrizes definidas no COP21, “Acordo de Paris”.

Torna-se assim absolutamente fundamental o conceito de racionalização da energia, tanto em termos de produção, como a nível de consumo. Neste âmbito, uma das principais medidas tomadas no sentido de promover a eficiência energética na indústria foi a obrigatoriedade de realização de auditorias energéticas em Portugal, para grandes consumidores de energia, abrangidos pelo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE).

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito de um estágio de natureza profissional realizado na empresa CCEnergia, Auditoria e Consultoria Energética, Lda. É pretendido realizar uma caracterização global da condução de auditorias energéticas no setor industrial Português, tendo como caso de estudo a empresa de acolhimento do estágio.

O estudo efetuado visa, acima de tudo, fornecer uma perspetiva global de toda a cadeia de processos relacionada com as fases de pré-auditoria (Dinâmica Comercial), auditora e pós-auditoria (Medição & Verificação), integrando a componente de engenharia, com a vertente de análise económica de medidas de eficiência energética. O documento culmina, com a apresentação de um caso prático, onde se podem aferir as vantagens reais de um projeto de eficiência energética, aplicado numa unidade industrial.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Auditorias Energéticas, Indústria; Economia

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## **ABSTRACT**

---

Industrial sector is one of the main consumers of the world energy matrix and Portugal is no exception in this field. Competitiveness between enterprises is increasing, and the energy bill is a very representative part of the corporate cost structure of an industrial plant. On the other hand, global energy policy, faces today the big challenge of reversing the course of events regarding climate change, trying to comply with the guidelines defined in COP21, the Paris Agreement.

The concept of energy saving, both in terms of production and consumption, is thus absolutely important. In this context, one of the main measures taken to promote energy efficiency in industry was the obligation to carry out energy audits in Portugal for large energy consumers, covered by the Energy Intensive Consumption Management System (SGCIE).

This work was developed within the scope of a professional internship at the company CCEnergia, Auditoria e Consultoria Energética, Lda.. It is intended to conduct a global characterization for the conduction of energy audits in the Portuguese industrial sector, taking as a case study, the host company of the internship.

The aim of this study is to provide a global perspective of the entire process chain related to the pre-audit phase (Commercial department), field work phase and post-audit phase (Measurement & Verification), integrating the engineering component, with the economic analysis of energy efficiency measures. The document culminates, with the presentation of a real case study, where it's possible to measure, in a quantitative way, the real advantages of an energy efficiency project, applied in an industrial plant.

**Key Words:** Energy Efficiency, Energy Audits, Industry; Energy Savings

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## LISTA DE ACRÓNIMOS

---

- CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão
- DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia
- EUA - Estados Unidos da América
- FEE - Fundo para a Eficiência Energética
- GEE - Gases com Efeito de Estufa
- IC - Intensidade Carbónica
- IE - Intensidade Energética
- IEA - Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*)
- ISO - Organização Internacional de Normalização (*International Standard Organization*)
- M&V - Medição e Verificação
- MURE - Medidas de Utilização Racional de Energia
- PNAEE - Plano Nacional de Ação em Eficiência Energética
- PNALE - Plano Nacional de Ação para as Licenças de Emissão
- PREn - Plano de Racionalização dos Consumos Energéticos
- PRI - Período de Retorno do Investimento
- PRS - Período de Retorno Simples
- RGCE - Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia
- SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
- SGen - Sistema de Gestão Energética
- SMC - Sistema de monitorização dos consumos energéticos
- Tep - Tonelada equivalente de petróleo
- EU - União Europeia
- VEV - Variação Eletrónica de Velocidade

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

# Índice

---

Agradecimentos.....	I
Resumo .....	III
Abstract .....	V
Lista de acrónimos.....	VII
Índice de Figuras.....	XI
Índice de Tabelas .....	XIII
1. Introdução .....	- 1 -
1.1 Enquadramento .....	- 1 -
1.2 Objetivo do Trabalho .....	- 3 -
1.3 Estrutura do Trabalho .....	- 4 -
2 Enquadramento ao setor da Eficiência Energética .....	- 7 -
2.1 Entidades de referência no setor da Eficiência Energética .....	- 13 -
2.2 Diretivas Internacionais .....	- 18 -
2.3 Diretivas Nacionais.....	- 22 -
2.4 Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE).....	- 28 -
2.5 Alterações ao Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de Abril.....	- 47 -
2.6 Sistema de Incentivos à promoção da eficiência energética .....	- 48 -
3 Análise e Avaliação de Investimentos .....	- 61 -
3.1 Enquadramento .....	- 61 -
3.2 Princípio do valor temporal do dinheiro.....	- 62 -
3.3 Métodos de avaliação de Investimentos .....	- 67 -
3.4 Metodologia LCC ( <i>Life Cycle Cost</i> ).....	- 72 -
4 Cadeia de Processos de uma Empresa de Serviços Energéticos (ESE): Caso de estudo.....	- 77 -
4.1 CC Energia, Auditoria E Consultoria Energética, Lda .....	- 77 -
4.2 Gestão comercial e Venda de serviços .....	- 81 -
4.3 Condução de Auditorias Energéticas .....	- 88 -
4.4 Acompanhamento Pós-Auditoria .....	- 109 -
5 Caso de Estudo .....	- 121 -
5.1 Caracterização geral da empresa em estudo .....	- 121 -
5.2 Processo Produtivo .....	- 121 -
5.3 Cenário Auditado – Caracterização Energética .....	- 123 -

5.4	Consumo global de Energia na Instalação .....	- 123 -
5.5	Central de Ar Comprimido .....	- 126 -
5.6	Solução Proposta .....	- 131 -
5.7	Necessidades Energéticas e Energia Térmica disponível.....	- 138 -
5.8	Potencial de recuperação de energia em ar comprimido .....	- 140 -
5.9	M&V.....	- 141 -
6	Conclusão.....	- 145 -
7	Referências Bibliográficas.....	- 147 -
Apêndices .....		153
Apêndice I .....		155
Anexos .....		157
Anexo I .....		159
Anexo II .....		161
Anexo III .....		163
Anexo IV.....		165
Anexo V .....		167
Anexo VI.....		169
Anexo VII.....		171
Anexo VIII.....		173
Anexo IX .....		175
Anexo X.....		177
Anexo XI .....		179
Anexo XII .....		181
Anexo XIII .....		183
Anexo XIV.....		185
Anexo XV.....		187
Anexo XVI.....		189

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2.1 Evolução da temperatura média global .....	10 -
Figura 2.2 Fornecedores Externos de Energia .....	11 -
Figura 2.3 Taxa de dependência energética — todos os produtos, em 2014.....	12 -
Figura 2.4 Metodologia Plan-Do-Check-Act (PDCA) .....	20 -
Figura 2.5 Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 Poupança Energia Primária -	27 -
Figura 2.6 Síntese de aplicação do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) .....	30 -
Figura 2.7 Resumo dos procedimentos previstos no D.L. 71/2008, de 15 de abril ...	31 -
Figura 2.8 N.º de registos e Escalão de Consumo .....	32 -
Figura 2.9 Distribuição geográfica das empresas registadas no SGCIE .....	33 -
Figura 2.10 Indicadores de eficiência energética previstos no PReN ao abrigo do SGCIE -	37 -
Figura 2.11 Estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética segundo o SGCIE.....	41 -
Figura 2.12 Incentivos de Isenção das taxas de ISP .....	42 -
Figura 2.13 Penalidades previstas no âmbito do SGCIE .....	43 -
Figura 2.14 Distribuição orçamental do FEE nas diversas áreas de abrangência – ano de 2016 .....	52 -
Figura 2.15 Estrutura de concursos ao PPEC.....	55 -
Figura 2.16 Tipologia das medidas tangíveis aprovadas .....	56 -
Figura 2.17 Tipologia das medidas intangíveis aprovadas. ....	57 -
Figura 3.1 Aumento do capital por aplicação de taxa de juro .....	63 -
Figura 3.2 Variação temporal do valor do dinheiro: .....	65 -
Figura 3.3 Capitalização Vs. Atualização .....	66 -
Figura 3.4 Diagrama de Fluxos Financeiros/Diagrama de Cashflows.....	68 -
Figura 3.5 Distribuição dos custos do ciclo de vida de um compressor de ar .....	74 -
Figura 3.6 Custo do ciclo de vida de um produto.....	74 -
Figura 3.7 Distribuição dos custos do ciclo de vida de um compressor de ar com sistema de recuperação de calor.....	76 -
Figura 4.1 Edifício da CC Energia situado na zona de Odivelas .....	78 -
Figura 4.2 Classificação de Leads.....	83 -
Figura 4.3 Funil de Vendas (Pipeline) .....	84 -
Figura 4.4 Analisador de redes .....	95 -
Figura 4.5 Analisador de gases de combustão .....	96 -
Figura 4.6 Sonda termo-Higrométrica.....	96 -
Figura 4.7 Luxímetro .....	97 -
Figura 4.8 Câmara termográfica .....	97 -
Figura 4.9 Fases de uma auditoria energética.....	98 -
Figura 4.10 Fases de uma auditoria energética .....	100 -
Figura 4.11 Definições de Análise de períodos segundo o IPMVP .....	110 -
Figura 4.12 Níveis de serviço da Gestão do Desempenho Energético (GDE).....	114 -
Figura 4.13 Ambiente de trabalho do software Visionem <sup>R</sup> .....	115 -

Figura 4.14 Análise de potência no Visionem <sup>R</sup> .....	- 116 -
Figura 4.15 Análise de Energia no Visionem <sup>R</sup> .....	- 116 -
Figura 4.16 Análise de custo da energia no Visionem <sup>R</sup> .....	- 117 -
Figura 4.17 – Diagrama simplificado de um Sistema de Monitorização de Consumos (CC Energia) .....	- 118 -
Figura 5.1 Tanque de Desengorduramento (Tanque 1) .....	- 122 -
Figura 5.2 Tanque de Limpeza (Tanque2) .....	- 123 -
Figura 5.3 Tanque de Fosfatação (Tanque 3) .....	- 123 -
Figura 5.4 Resumo geral das diferentes Formas de energia consumidas pela instalação .....	- 124 -
Figura 5.5 Variação do consumo de energia final no período de referência .....	- 125 -
Figura 5.6 Variação do custo de energia no período de referência .....	- 126 -
Figura 5.7 Variação das emissões de CO2 no período de referência .....	- 126 -
Figura 5.8 Representação esquemática do ar comprimido .....	- 127 -
Figura 5.9 Pormenor da rede de distribuição na central de ar comprimido.....	- 127 -
Figura 5.10 Detalhe dos filtros de ar comprimido.....	- 128 -
Figura 5.11 Depósito de ar comprimido.....	- 128 -
Figura 5.12 Detalhe da rede de distribuição .....	- 129 -
Figura 5.13 Curva teórica do compressor .....	- 130 -
Figura 5.14 Diagrama de carga total da Central de Ar Comprimido .....	- 130 -
Figura 5.15 Perfil de Produção total de Ar Comprimido .....	- 131 -
Figura 5.16 Diagrama de calor de uma unidade compressora típica.....	- 132 -
Figura 5.17 Princípio de funcionamento de Sistemas de Recuperação de calor em centrais de AC.....	- 133 -
Figura 5.18 Esquema de princípio do compressor com recuperação de calor .....	- 134 -
Figura 5.19 Depósito de inercia para alimentação dos depósitos dos consumidores finais.....	- 135 -
Figura 5.20 Depósito de AQS (esquerda) e depósito de AQP .....	- 136 -
Figura 5.21 Circuito de alimentação térmica dos consumidores finais de AQP .....	- 137 -
Figura 5.22 Diagrama de carga do compressor 1, após auditoria .....	- 141 -
Figura 5.23 Diagrama de carga do compressor 2, após auditoria.....	- 142 -
Figura 5.24 Diagrama de carga da central de ar comprimido, após auditoria .....	- 142 -
Figura 5.25 Comparação de Potência absorvida pela central.....	- 143 -

## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1 Impacto do PNAEE 2016 em economias em energia primária .....	- 27 -
Tabela 2 Exemplo de quadro com as medidas previstas no PREn e respetivos anos de implementação .....	- 39 -
Tabela 3 Resultados obtidos para os avisos lançados em 2015 .....	- 51 -
Tabela 4 Poupanças alcançadas com a implementação dos Avisos 02 e 04 .....	- 51 -
Tabela 5 Promotores com medidas aprovadas – PPEC 2013-2014 .....	- 56 -
Tabela 6 Repartição Orçamento PPEC 2017-2018 .....	- 57 -
Tabela 7 Impacto do programa ECO.AP no PNAEE 2016 .....	- 58 -
Tabela 8 Resumo geral das diferentes formas de energia consumidas pela instalação... - 123 -	
Tabela 9 Consumo mensal global de energia no período de referência .....	- 125 -
Tabela 10 Características técnicas do compressor GA90 VSD-FF .....	- 129 -
Tabela 11 Consumo Específico de energia na produção de ar comprimido .....	- 131 -
Tabela 12 Dados recolhidos em auditoria – AQS. ....	- 138 -
Tabela 13 Dados recolhidos em auditoria – AQP. ....	- 139 -
Tabela 14 Necessidades Energéticas AQS .....	- 139 -
Tabela 15 Necessidades Energéticas AQP .....	- 140 -
Tabela 16 Tabela 6 Características técnicas da central de ar comprimido reformulada .. - 141 -	
Tabela 17 Consumos de energia da central, após implementação dos compressores com VEV.....	- 143 -
Tabela 18 Consumo específico da central de ar comprimido, após auditoria.....	- 143 -
Tabela 19 Energia térmica recuperada.....	- 144 -
Tabela 20 Comparativo antes e após auditoria .....	- 144 -

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

# 1. INTRODUÇÃO

---

## 1.1 ENQUADRAMENTO

A energia é um dos grandes alicerces da política mundial. É a principal fonte de subsistência em muitos países, como é o caso dos Emirados Árabes Unidos através do petróleo. De facto, a sua importância é tal, que grande parte dos conflitos entre países da história recente são originados pela disputa de fontes energéticas. Nos anos 90 o mundo assistiu em direto nas televisões à Guerra do Golfo, decorrida no princípio da década. Esta guerra foi originada por conflitos entre o Iraque e o *Kuwait*, relativamente à extração de petróleo, onde mais tarde se juntaram os EUA ao conflito. Num passado mais recente, observou-se um conflito entre a Ucrânia e a Rússia, que teve como epicentro, a disputa de gás natural (Barata, 2014).

Por outro lado, numa época onde as questões ambientais são um dos temas de maior preocupação à escala global, é importante referir que a produção e a utilização da energia, representam cerca de dois terços das emissões mundiais de gases com efeito de estufa (International Energy Agency, 2015).

Tendo esta premissa, os principais esquadões políticos a nível mundial, têm-se reunido e tomado medidas para promover o uso eficiente dos recursos energéticos. O Protocolo de Quioto (11 de dezembro de 1997) deu início a uma nova era na política energética e ambiental, a nível mundial. Este foi o primeiro tratado internacional onde foram acordados compromissos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa no planeta Terra. Desde então, os principais atores políticos a nível mundial reúnem-se anualmente para definir estratégias a adotar no âmbito do combate às alterações climáticas e poluição, na denominada Conferência das Partes (COP). O último grande acordo estratégico resultante destas reuniões foi o Acordo de Paris (COP21), realizado no dia 12 de dezembro de 2015, onde foram definidas medidas estratégicas para a redução da emissão dióxido de carbono a partir de 2020 (International Energy Agency, 2015).

O setor industrial é um dos maiores consumidores de energia elétrica no mundo. Em Portugal, representa cerca de 43% da energia total consumida, seguindo-se as

habitações com 26% e o comércio com 17%, segundo as estatísticas realizadas para o ano de 2010 (Pordata, 2012).

O peso da fatura energética nos custos de exploração de uma indústria é habitualmente reduzido, quando comparado com o peso de outros fatores de produção, nomeadamente mão-de obra e matéria-prima. Por esse motivo a questão energética é frequentemente negligenciada, embora gere significativos desperdícios de energia e contribua para a redução da competitividade das empresas (Belo, 2015).

No que diz respeito à matriz energética nacional, Portugal caracteriza-se por possuir indicadores energéticos elevados (intensidade energética e intensidade carbónica) e uma grande dependência da importação de energia primária. Segundo (Agência Lusa, 2016), no ano de 2014, Portugal registou um índice de dependência energética de 71,6%. Isto deve-se ao facto de Portugal não possuir reservas da chamada energia convencional, sendo que cerca de dois terços da energia total necessária é importada, com forte predominância do petróleo (Belo, 2015).

Verifica-se, portanto, que a questão da eficiência energética e utilização racional de energia é fundamental, sendo a sua importância e atuação assentes, conforme descrito, em 3 pilares fundamentais (Turner *et al*, 2006):

- Político/Social;
- Ambiental;
- Económico.

O conceito de gestão da energia é, pelas razões apontadas, uma estratégia cada vez mais central, predominante e fulcral, no setor industrial em geral. *Peter Drucker* (1909-2005), considerado como o pai da gestão moderna e um dos grandes gurus da economia a nível mundial, disse um dia uma célebre frase: “*You Can’t manage what you don’t measure*” (tradução livre do autor: não se pode gerir, aquilo que não se consegue medir). Este pensamento resume a importância da realização de auditorias energéticas no setor industrial. Numa época onde a competitividade das empresas é cada vez maior, é por demais evidente que a redução dos encargos energéticos, para além das questões ambientais, é uma preocupação constante dos gestores de topo a nível industrial (Junior *et al*, 2016).

Para pôr em prática soluções que permitam reduzir o consumo de energia em todas as utilizações, é necessário proceder às medições dos consumos energéticos, recolhendo os dados necessários aos cálculos das várias perdas energéticas dos principais equipamentos consumidores de energia. Entra-se assim no campo das auditorias energéticas, sendo estas, uma ferramenta estratégica para que se possa elaborar um correto planeamento numa empresa (Hasanbeigi, 2010).

A principal motivação para a escolha do tema do presente trabalho, foi de facto a importância que as auditorias energéticas têm atualmente e continuarão a ter, numa estratégia global de redução dos impactos ambientais da indústria transformadora e consequente aumento da competitividade das empresas, por redução dos encargos energéticos.

Para além de toda a questão legislativa e técnica, ligada ao setor da eficiência energética, seguindo a premissa de que qualquer projeto de Engenharia, apenas é exequível, caso exista viabilidade económica, foi intenção no decorrer deste trabalho, não descorar a importância da análise financeira de projetos de eficiência energética. Como tal, o capítulo 3 deste documento é dedicado exclusivamente à análise de indicadores económicos que são fundamentais, para ajudar os gestores das empresas auditadas a perceber qual a adequabilidade económica das medidas de eficiência energética propostas.

O presente trabalho é o resultado de um estágio de natureza profissional, feito durante 9 meses na empresa CC Energia, Auditoria E Consultoria Energética, Lda., onde foi possível observar *in loco* grande parte dos processos descritos neste documento. É pretendido, acima de tudo, retratar uma visão holística do mercado das auditorias energéticas na indústria portuguesa, dando ao leitor uma perspetiva mais realista e prática deste setor a nível laboral, que apoiará todo o enquadramento teórico efetuado.

## **1.2 OBJETIVO DO TRABALHO**

O objetivo principal deste documento é caracterizar de forma concisa todos os processos associados à realização de auditorias energéticas no setor industrial português, desde a fase de pré-auditoria (Dinâmica Comercial), auditoria e pós-

auditoria (M&V), baseando a análise no caso de estudo da empresa CC Energia. É pretendido, ao longo do documento, integrar a componente de engenharia com a de análise financeira, de forma a transmitir quantitativamente ao leitor, através de um caso prático final, as vantagens associadas à realização de auditorias energéticas, tanto do ponto de vista técnico, como de retorno financeiro.

### **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente documento foi estruturado de forma a atingir os objetivos propostos e a fornecer uma sequência lógica de conceitos relacionados com a temática das auditorias energéticas na indústria. Assim, o presente trabalho segue a seguinte estrutura:

O primeiro Capítulo trata a introdução ao presente trabalho. Neste capítulo incluem-se informações gerais sobre os motivos para a escolha do tema, um primeiro enquadramento genérico à temática deste trabalho, assim a forma como esta se encontra estruturada.

O segundo capítulo deste documento pretende enquadrar o sector da eficiência energética a nível nacional e internacional, com caracterização das principais entidades de referência neste mercado, legislação aplicável e principais campanhas de incentivos à promoção da eficiência energética.

No terceiro capítulo, são estudados os principais parâmetros e indicadores económicos relativos a análises de investimentos/projetos, indispensáveis para o cálculo dos retornos financeiros a apresentar aos clientes, para a implementação de medidas e/ou projetos de eficiência energética.

O quarto capítulo pretende fornecer uma visão sistémica de toda a cadeia de processos associados à condução de auditorias energéticas, desde a fase pré auditoria (dinâmica comercial), fase de auditoria energética e fase pós auditoria (M&V), tendo como base a empresa do caso de estudo deste trabalho.

No quinto capítulo deste documento, é apresentado um caso de estudo real de um projeto de eficiência energética, para um sistema de recuperação de calor numa central de ar comprimido. Neste projeto é pretendido, num contexto mais prático,

aplicar todos os conceitos teóricos abordados nos capítulos anteriores. O projeto foi realizado durante o estágio realizado na empresa, em cooperação com os restantes elementos da empresa. Em apêndice, no final deste documento (apêndice I), é apresentado um trabalho realizado durante o estágio de natureza profissional, onde se pretende fazer um enquadramento técnico, a toda a matéria teórica fundamental para uma correta compreensão do caso prático apresentado neste capítulo.

No sexto e último capítulo encontra-se a conclusão do presente trabalho. É efetuada uma reflexão geral ao trabalho realizado, bem como dos resultados obtidos face aos objetivos traçados. São igualmente perspectivados trabalhos suscetíveis de ser realizados no futuro, dando seguimento a este trabalho.

Por fim, são listadas todas as referências bibliográficas utilizadas ao longo dos capítulos anteriores.

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## **2 ENQUADRAMENTO AO SETOR DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

---

Energia, termo originário do grego “energueia” (έν, "dentro", e εργον, "trabalho, obra”, ou seja, "dentro do trabalho"), é provavelmente uma das grandezas físicas mais importantes da história da humanidade como a conhecemos e do Universo ainda desconhecido (Shapiro *et al*, 2015).

A história da energia começa quando o Homem na pré-história descobriu as utilidades do fogo para a sua alimentação e proteção. Com a descoberta de como fazer fogo, com o atrito de pedras e madeiras, onde as fagulhas incendiavam a palha seca, o Homem deu início à produção de energia para consumo próprio, para diversos fins, como aquecimento e iluminação. Com o desenvolvimento das sociedades pré-históricas, o Homem foi descobrindo novas formas de utilizar a energia proveniente do fogo, como por exemplo para derreter os minerais e forjar as suas armas e ferramentas de trabalho, como também para dar resistência às peças cerâmicas que produzia (EDP - Energias de Portugal, 2017).

Mais tarde, no século XIX, entre os anos 1830 e 1840, o emprego da eletricidade nas comunicações (telégrafo) e na metalurgia (galvanoplastia) despertou o interesse dos empresários industriais, mas o grande impulso veio apenas no ano de 1878, quando Thomas Edison colocou em condições de uso a lâmpada incandescente de filamento e Werner Siemens apresentou a primeira locomotiva elétrica (Carvalho J. F., 2014).

Desde esta época até aos dias de hoje, a procura e consumo de energia nas suas diversas formas tem vindo a aumentar consideravelmente, particularmente nos últimos 30 anos. Este registo é fruto da crescente industrialização a nível global (a China é o melhor exemplo deste ponto!), do aumento da rede de transportes a nível mundial (tanto públicos, como individuais, em Portugal por exemplo existe uma média de 2 a 3 automóveis por agregado familiar, algo impensável por exemplo na década de 1960) e do forte crescimento demográfico, que induz a um maior consumo dos recursos energéticos disponíveis. Nos próximos anos prevê-se que a procura de energia aumentará, em média 1,2% ao ano, em termos globais, como resultado da recuperação e crescimento económico, após o período de recessão financeira global

vivido no final da primeira década do século XXI. (RNAE- Associação das Agências de Energia e Ambiente, 2014).

Na natureza, a energia existe sob nove formas diferentes (Cengel *et al*, 2015):

1. **Energia Solar:** Energia Térmica/Calor;
2. **Energia Eólica:** pelo gradiente de pressões e temperaturas entre as diferentes camadas do ar (geração de vento);
3. **Energia Hidráulica:** obtida pela força da água;
4. **Energia Geotérmica:** obtida pela libertação de calor do núcleo terrestre;
5. **Biomassa:** obtida de matérias orgânicas;
6. **Energia das Marés:** resulta do campo gravitacional Terra-Lua;
7. **Energia do Hidrogênio:** obtida do hidrogênio (H);
8. **Combustíveis fósseis:** petróleo, carvão mineral, xisto e gás natural;
9. **Energia Nuclear:** Fissão e Fusão nuclear.

Das formas de energia em cima descritas, apenas as sete primeiras são consideradas recursos renováveis, sendo os combustíveis fósseis e a energia nuclear recursos não renováveis, ou seja, limitados no tempo.

O panorama energético mundial, onde Portugal se insere, enfrenta hoje três grandes problemas (Azevedo D. , 2012):

1. **Dependência Energética externa** e conseqüente desigualdade nos mercados de acesso à energia;
2. **Segurança no abastecimento** devido à instabilidade quer política, quer geológica dos locais onde se encontram as reservas endógenas de energia;
3. **Impactos ambientais negativos** como conseqüência da procura e dos consumos energéticos crescentes.

Após a revolução industrial, o mundo tornou-se dependente da energia para sustentar o modo de vida que a sociedade adquiriu. Inicialmente, o carvão era a matéria-prima utilizada como fonte energética dos transportes terrestres (caminhos de ferro) e marítimos e para a produção de energia elétrica, sustentando desta forma toda a matriz industrial. Com a descoberta do petróleo e da sua grande capacidade

energética, o carvão foi progressivamente perdendo influência, sendo cada vez menos utilizado (Fernandes, 2012).

Atualmente, grande parte da matriz energética mundial, assenta na utilização de petróleo e gás natural, sendo estes considerados combustíveis fósseis. É de conhecimento geral que a utilização de combustíveis fósseis contribuiu para um desenvolvimento tecnológico que, anos antes da sua descoberta, seria absolutamente inatingível. Contudo, nos dias que correm, são conhecidos vários obstáculos à sua utilização, e como tal, é necessário encontrar novos recursos energéticos para garantir a sustentabilidade terrestre e civilizacional, bem como promover o uso eficiente dos recursos energéticos disponíveis (Fernandes, 2012).

O petróleo é uma matéria-prima que demora milhares de anos a formar-se na geosfera terrestre, sendo por isso considerada uma fonte de energia não renovável, uma vez que o seu ritmo de produção é bastante inferior ao do seu consumo. Por este motivo, as reservas desta fonte energética tendem a extinguir-se num futuro que se adivinha cada vez mais próximo (as previsões apontam para as próximas décadas). A eminente extinção do petróleo gera abalos significativos na economia global, com consequências em alguns mercados económicos, fortemente dependentes da exportação do chamado “ouro negro” (Azevedo D. , 2012).

Simultaneamente, associada à utilização em grande escala dos combustíveis fósseis surge outro problema de ordem ambiental: a poluição. O uso de energias não renováveis, como o petróleo, liberta para a atmosfera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que contribuem para um aumento do efeito de estufa. Como resultado direto, a temperatura média global aumenta, ocorrendo o degelo dos calotes polares, o que conduz a uma subida do nível médio das águas do mar e consequentemente a inundações, maior erosão das faixas costeiras e desaparecimento de habitats naturais (Fernandes, 2012). Conforme é possível verificar na Figura 2.1, até meados de 1930 a temperatura média global tinha ciclos de aquecimento e arrefecimento, no entanto, desde essa altura até ao início do século XXI, a temperatura encontra-se a aumentar progressivamente (Silva, 2012).

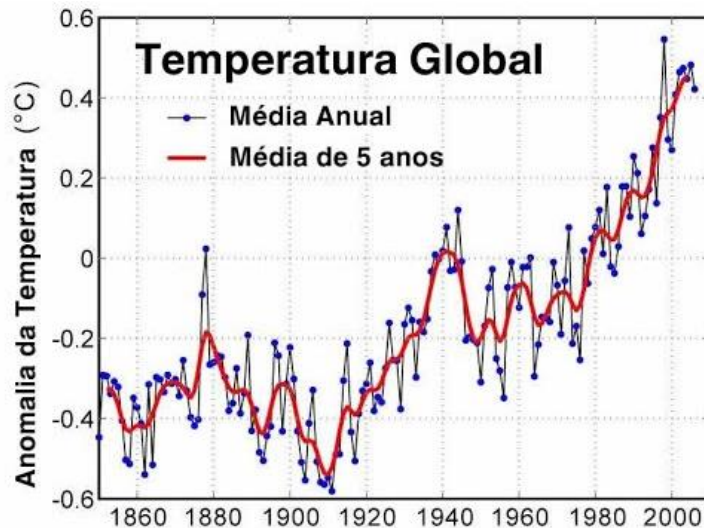


Figura 2.1 Evolução da temperatura média global (Eurostat, 2016)

Outro grande entrave ao uso do petróleo diz respeito à segurança de abastecimento, devido à instabilidade quer política, quer geológica, dos locais onde se encontram as reservas petrolíferas. No que diz respeito ao território europeu, mais de metade da energia da UE-28 provém de países terceiros, uma percentagem que, de um modo geral, tem vindo a aumentar nas últimas décadas (embora existam sinais de que a taxa de dependência estabilizou nos últimos anos) (Amador, 2010). Em anexo, no final do presente documento (anexo II) pode ser consultada uma tabela com os valores das Importações líquidas de energia primária, entre os anos de 2004 e 2014 para a União Europeia (Eurostat, 2016). A escolha dos fornecedores externos de energia depende de aspetos geográficos, tipos de produtos importados e considerações ligadas à segurança energética (Amador, 2010).

Embora a segurança energética envolva várias dimensões, a fiabilidade e acessibilidade de fontes de energia são aspetos chave. Nas últimas décadas, Portugal tem diversificado o conjunto de fornecedores externos, aumentando a segurança energética global. A Figura 2.2 apresenta a quota de diversas regiões nas importações totais de energia em termos nominais, de 1967 a 2008. A importância dos países do Golfo nas importações portuguesas foi muito elevada durante a década de setenta, mas diminuiu substancialmente nos anos seguintes, apresentando atualmente uma quota ligeiramente acima de 10 por cento, conforme apresentado na Figura 2.2 (Amador, 2010).

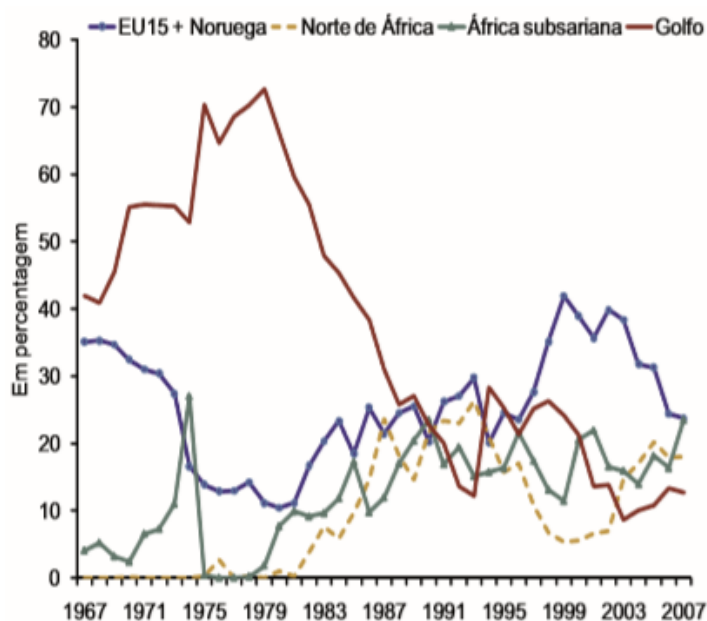


Figura 2.2 Fornecedores Externos de Energia (Amador, 2010)

Grande parte desta energia importada para a UE é proveniente da Rússia (Gás Natural) e Médio Oriente (Petróleo), cujos diferendos com os países de trânsito têm vindo a ameaçar perturbar, nos últimos anos, o aprovisionamento energético. As preocupações com a segurança do abastecimento proveniente da Rússia foram intensificadas devido ao conflito com a Ucrânia (Amador, 2010). Em resposta à crise do gás, que opôs a Rússia à Ucrânia, em janeiro de 2009, o quadro legislativo sobre a segurança do abastecimento foi revisto, sendo que em setembro de 2009, o Conselho da União Europeia adotou a Diretiva 2009/119/CE que obriga os Estados-Membros da UE a manterem um nível mínimo de reservas de petróleo bruto e/ou de produtos petrolíferos (International Energy Agency, 2015).

O índice de dependência energética mostra-nos até que ponto uma economia depende das importações para satisfazer as suas necessidades energéticas (o indicador é calculado como importações líquidas dividido pela soma do consumo interno bruto de energia) (Fernandes, 2012). A inexistência de recursos energéticos de origem fóssil em Portugal tem conduzido a uma elevada dependência energética do exterior em termos de energia primária. Embora o índice de dependência energética nacional seja bastante elevado, Portugal registou, em 2014, o nível mais baixo desde 1990, com 71,6%, o que significa que importou quase dois terços da energia total consumida.

Portugal integra, com esta taxa, o grupo de países com uma dependência energética entre os 50% e os 75%, que inclui, entre outros, Espanha, Bélgica e Alemanha (Agência Lusa, 2016). Na Figura 2.3, são apresentados os índices de dependência para os 28 países da união europeia, para o ano de 2014.

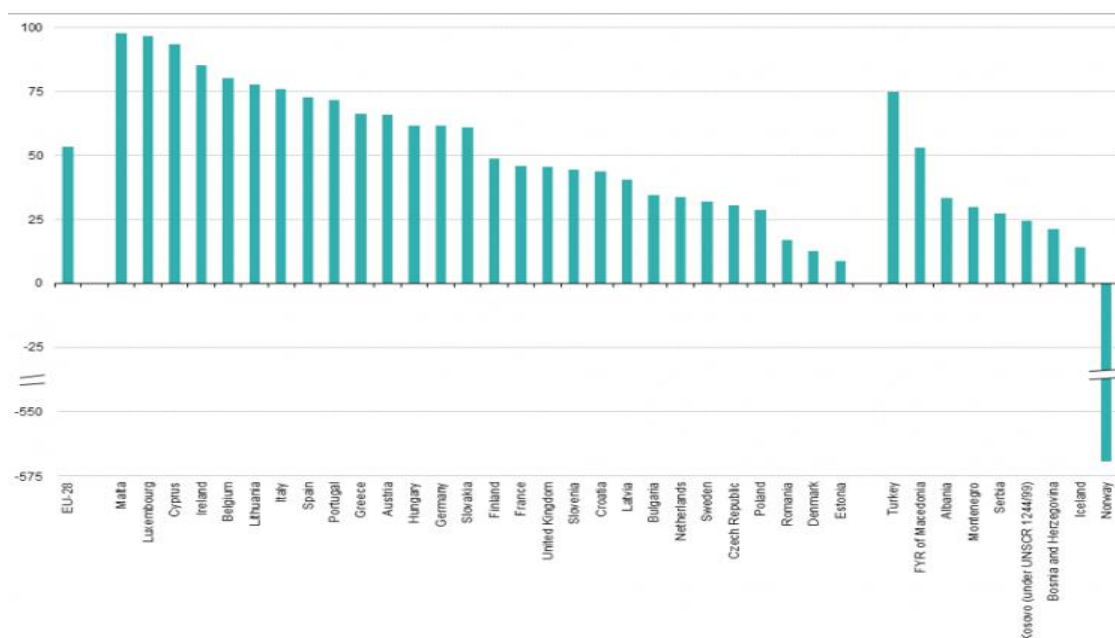


Figura 2.3 Taxa de dependência energética — todos os produtos, em 2014 (Eurostat, 2016)

A forte dependência energética do País, num cenário de energia cada vez mais cara, é um dos problemas mais graves que Portugal enfrenta atualmente, tendo sido também uma das causas da crise geral que abalou a economia portuguesa e da qual ainda se sentem muitos efeitos negativos. As constantes oscilações do preço do petróleo afetam parte do crescimento económico sustentado em Portugal, sendo que esta fonte de energia primária tem consequências muito gravosas para a economia nacional, devido ao facto do preço do barril de petróleo fazer variar todas as restantes matérias-primas energéticas importadas, sendo por esta razão o seu valor denominado de “preço diretor” (Montemor, 2017).

Neste campo, a resposta a todas as questões problemáticas referentes ao uso da energia, deve centrar-se na chamada Economia Verde, através das seguintes linhas de ação (Silva, 2012):

- Mudança da matriz energética mundial, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis;

- Limitação das emissões de CO<sub>2</sub>;
- Poupanças no uso e consumo da energia, através do investimento na eficiência energética.

A eficiência energética é uma componente chave da política de energia do século XXI e é crucial para assegurar o cumprimento dos objetivos dos acordos para as alterações climáticas, em particular os que foram estabelecidos na cimeira COP21 de Paris, em dezembro de 2015 (Deloitte, 2016). Trata-se de uma estratégia fundamental tanto a nível ambiental, como também a nível micro e macroeconómico.

Seguidamente no presente capítulo, será efetuada uma caracterização das principais entidades de referência no mercado da eficiência energética nacional e mundial, legislação aplicável e principais campanhas de incentivos em vigor.

## **2.1 ENTIDADES DE REFERÊNCIA NO SETOR DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

### **2.1.1 Agência Internacional de Energia**

*“A Agência Internacional de Energia (AIE) é um organismo autónomo, criado em novembro de 1974, com uma missão dupla: promover a segurança energética entre os países membros, ao propor uma resposta colectiva às rupturas de abastecimento de petróleo, e aconselhar os países membros acerca de uma política energética consistente. A AIE desenvolve um extenso programa de cooperação energética entre 28 economias avançadas, através do qual cada uma se compromete a manter stocks de petróleo equivalentes a 90 dias das suas importações líquidas.”* (International Energy Agency, 2015).

A agência tem por objetivos (International Energy Agency, 2015):

- *“Assegurar o acesso dos países membros a fontes de aprovisionamento fiáveis e amplas de todas as formas de energia, em particular, através da manutenção de uma capacidade de resposta de emergência eficiente em caso de rutura do abastecimento de petróleo;*
- *Promover políticas energéticas sustentáveis que estimulem o crescimento económico e a proteção do meio ambiente num contexto global – em particular*

*em matéria de redução das emissões de gases com efeito de estufa, que contribuem para a alteração climática;*

- *Melhorar a transparência dos mercados internacionais através da recolha e análise de dados relativos à energia;*
- *Apoiar a colaboração mundial em matéria de tecnologias energéticas de modo a assegurar os abastecimentos de energia no futuro e a minorar o seu impacto ambiental, inclusive através de uma maior eficiência energética, do desenvolvimento e da disseminação de tecnologias hipocarbónicas;*
- *Encontrar soluções para os desafios energéticos mediante o empenho e o diálogo com os países não-membros, a indústria, as organizações internacionais e outras partes interessadas.”*

### **2.1.2 ADENE**

*“A ADENE - Agência para a Energia é uma entidade sem fins lucrativos que tem como missão promover e realizar atividades de interesse público na área da energia e em particular da eficiência energética e do uso eficiente da água, Portugal.*

*As principais competências da ADENE incluem o apoio à implementação de políticas, o apoio técnico à execução de programas e de medidas estratégicas, a promoção e desenvolvimento de projetos, a monitorização e acompanhamento do mercado e a gestão e divulgação de informação. A ADENE desenvolve a sua atividade no âmbito do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e do Compromisso para o Crescimento Verde.*

*A ADENE está também envolvida em diversas atividades a nível europeu e extracomunitário, incluindo a formação e partilha de boas práticas com parceiros internacionais na área da eficiência energética.*

*A ADENE é a entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e tem a seu cargo a gestão operacional do Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE). Estes sistemas visam respetivamente, a avaliação e melhoria do desempenho energético aos edifícios de habitação, comércio e serviços em Portugal, e a promoção da eficiência energética e monitorização dos consumos energéticos de*

*instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE).” (ADENE - Agencia para a Energia, 2016).*

### **2.1.3 ERSE**

A ERSE, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos em Portugal, inicialmente denominada entidade reguladora de Sector Elétrico foi criada pelo Decreto de Lei nº 187/95 de 27 de julho com natureza coletiva de direito público. A ERSE é responsável pela regulação dos sectores da eletricidade e do gás natural no mercado Português. Esta entidade tem autonomia financeira e administrativa e possui património próprio (ERSE A, 2017).

A ERSE segue-se pelos seus Estatutos que foram aprovados pelo Decreto-Lei nº 97/2002 de 12 de abril, na redação do Decreto-Lei nº 212/2012, de 25 de setembro. Esta entidade é independente no quadro da lei, no exercício das suas funções, sem qualquer prejuízo dos princípios orientadores da política energética fixados pelo Governo, nos termos constitucionais e legais (ERSE A, 2017).

A ERSE tem por missão: *“proteger adequadamente os interesses dos consumidores, em particular os consumidores economicamente vulneráveis em relação a preços, qualidade de serviço, acesso à informação e segurança de abastecimento, promover a concorrência entre os agentes intervenientes nos mercados, nomeadamente no âmbito do mercado interno da energia, garantindo às empresas dos setores regulados exercidos em regime de serviço público, o equilíbrio económico-financeiro no âmbito de uma gestão adequada e eficiente, contribuir para a progressiva melhoria das condições económicas e ambientais, e ainda arbitrar e resolver litígios, fomentando a resolução extra-judicial de litígios.”* (ERSE A, 2017).

### **2.1.4 Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia**

*“O Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, abreviadamente designado por MAOTE, é o departamento governamental que tem por missão a definição, coordenação e execução das políticas de ambiente, ordenamento do território, cidades, habitação, clima, conservação da natureza, energia, geologia e eco-inovação, numa perspetiva de desenvolvimento sustentável e de coesão social e*

*territorial, bem como assegurar o planeamento e a coordenação da aplicação de fundos nacionais e comunitários a favor do ambiente e qualidade de vida e da valorização dos recursos energéticos e territoriais.” (Decreto Lei n.º 17/2014, de 04 de Fevereiro, 2014).*

### **2.1.5 Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG)**

*“A Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) é o órgão da Administração Pública Portuguesa que tem por missão contribuir para a conceção, promoção e avaliação das políticas relativas à energia e aos recursos geológicos, numa ótica do desenvolvimento sustentável e de garantia da segurança do abastecimento. Na missão da DGEG inclui-se, naturalmente, a necessidade de sensibilizar os cidadãos para a importância daquelas políticas, no quadro do desenvolvimento económico e social que se deseja para o país, informando-os sobre os instrumentos disponíveis para a execução das decisões políticas e divulgando os resultados do seu acompanhamento e execução.” (DGEG, 2016).*

As principais competências da Direção Geral de Energia e Geologia são (DGEG, 2016):

- *“Contribuir para a definição, realização e avaliação da execução das políticas energética e de identificação e exploração dos recursos geológicos, visando a sua valorização e utilização apropriada e acompanhando o funcionamento dos respetivos mercados, empresas e produtos;*
- *Promover e participar na elaboração do enquadramento legislativo e regulamentar adequado ao desenvolvimento dos sistemas, processos e equipamentos ligados à produção, transporte, distribuição e utilização da energia, em particular visando a segurança do abastecimento, diversificação das fontes energéticas, a eficiência energética e a preservação do ambiente;*
- *Promover e participar na elaboração do enquadramento legislativo e regulamentar, relativo ao desenvolvimento das políticas e medidas para a prospeção, aproveitamento, proteção e valorização dos recursos geológicos e o respetivo contexto empresarial e contratual;*

- *Apoiar a participação do MEI no domínio comunitário e internacional, na área da energia e dos recursos geológicos, bem como promover a transposição de diretivas comunitárias e acompanhar a implementação das mesmas;*
- *Proceder a ações de fiscalização nos domínios da energia e recursos geológicos, nos termos da legislação aplicável aos respetivos sectores;*
- *Apoiar o Governo na tomada de decisão em situações de crise ou de emergência, no âmbito da lei, e proporcionar os meios para o funcionamento permanente da Comissão de Planeamento Energético de Emergência.”*

### **2.1.6 Agência Portuguesa do Ambiente**

*A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) tem por missão “propor, desenvolver e acompanhar a execução das políticas de ambiente, designadamente nas áreas do combate às alterações climáticas, proteção da camada de ozono, emissão de poluentes atmosféricos, ruído, controlo integrado da poluição, avaliação de impacto ambiental, resíduos, prevenção de riscos graves e educação ambiental, assegurando a participação e a informação do público e das organizações não-governamentais de ambiente.” (APA, 2017).*

### **2.1.7 Direção Geral das Alfândegas e dos Impostos Especiais sobre o Consumo (DGAIEC.)**

*“A Direcção-Geral das Alfândegas e dos Impostos Especiais sobre o Consumo (DGAIEC) ocupa, pelas suas atribuições, inserção e posicionamento no aparelho do Estado, uma situação destacada no âmbito da Administração Pública.*

*Com efeito, a DGAIEC tem como missão exercer o controlo da fronteira externa comunitária e do território aduaneiro nacional para fins fiscais, económicos e de proteção da sociedade, designadamente no âmbito da cultura, do ambiente e da segurança e saúde públicas, bem como administrar o imposto automóvel e os impostos especiais sobre o consumo.” (Decreto-Lei 360/99, de 16 de Setembro-271 Série I-A).*

## **2.2 DIRETIVAS INTERNACIONAIS**

### **2.2.1 ISO 50001**

A Norma de Gestão Energética ISO 50001:2011 foi preparada pelo Comité Técnico ISO/TC242 *“Energy Management”* da *International Organization for Standardization* (ISO), com base na norma europeia EN 160001:2009. Este documento *“especifica os requisitos para uma organização estabelecer, implementar, manter e melhorar um Sistema de Gestão Energética (SGEn), permitindo uma abordagem sistemática, no sentido de alcançar a melhoria contínua do desempenho energético.”* (ISO 50001 , 2016).

Ao estabelecer os requisitos para um sistema de gestão de energia, este documento normativo tem como principal objetivo *“definir os requisitos para um sistema de gestão de energia que permita às organizações estabelecer os sistemas e processos necessários para melhorar o seu desempenho energético global, incluindo a utilização, consumo e eficiência energética, permitindo, assim, a redução de custos com a energia.”* (Soares I. , 2015).

A norma foi publicada no dia 15 de junho de 2011, sendo intitulada de *«Energy Management Systems – Requirements with guidance for use»*. No ano de 2012 esta norma teve a sua entrada em Portugal, sendo traduzida e adotada pelo IPQ – Instituto Português da Qualidade, como NP EN ISO 50001, com o título de *«Sistemas de Gestão de Energia. Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização.»*. (ISO 50001 , 2016).

Segundo um estudo feito pela Agência Internacional de Energia (IEA) a implementação da norma ISO 50001 numa escala global, poderá influenciar diretamente até cerca de 60 % do consumo mundial de energia, percentagem esta que significa o impacto direto na Indústria e Serviços da implementação de um sistema de gestão da energia nas organizações (International Energy Agency, 2010).

Esta norma é aplicável a todo o tipo de organizações, independentemente da dimensão ou área de negócio sendo a sua implementação de carácter absolutamente voluntário. Pode ser aplicada nos mais diversos setores, como na Indústria, Comércio

e/ou Serviços, destacando-se as seguintes vantagens na sua implementação (Soares I. , 2015):

- *“Apoiar a redução de custos operacionais;*
- *Reduzir os consumos de energia e minimizar os impactos ambientais associados;*
- *Promoção da implementação de boas práticas de gestão de energia;*
- *Suportar o cumprimento de requisitos legais;*
- *Assegurar a credibilidade e maior transparência em processos /contratos que dependam da performance no uso da energia;*
- *Fundamentar a avaliação de programas de eficiência energética;*
- *Redução dos riscos, dos respetivos custos financeiros e da exposição a penalidades legais;*
- *Incrementar a capacidade de resposta a presentes e futuros requisitos dos clientes e do público em geral.”.*

A norma é baseada em elementos comuns com outras normas ISO, como a ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade) ou a ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental), assegurando um alto nível de compatibilidade entre elas. À semelhança do que acontece, por exemplo com a ISO 9001, a estratégia de implementação da ISO 50001 é feita seguindo uma metodologia conhecida como o ciclo de *Deming*, ou ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). No contexto da Gestão da Energia, a abordagem PDCA pode ser descrita da seguinte forma (AIDA, 2014):

- ***“Plan (Planear):*** *realizar a avaliação energética e estabelecer a linha de base (Baseline), os indicadores de desempenho energético (IDE), objetivos, metas e planos de ação necessários para produzir resultados que vão melhorar o desempenho energético de acordo com a política de energia da organização;*
- ***Do (Executar):*** *implementar os planos de ação de gestão de energia, incluindo procedimentos e processos, com o objetivo de melhorar o desempenho energético;*
- ***Check (Verificar):*** *monitorizar e medir os processos e produtos, as características chave das operações que determinam o desempenho energético face à política energética e aos objetivos, e relatar os resultados;*

- **Act (Atuar):** empreender ações que visem melhorar continuamente o desempenho do SGE face aos resultados atingidos.”

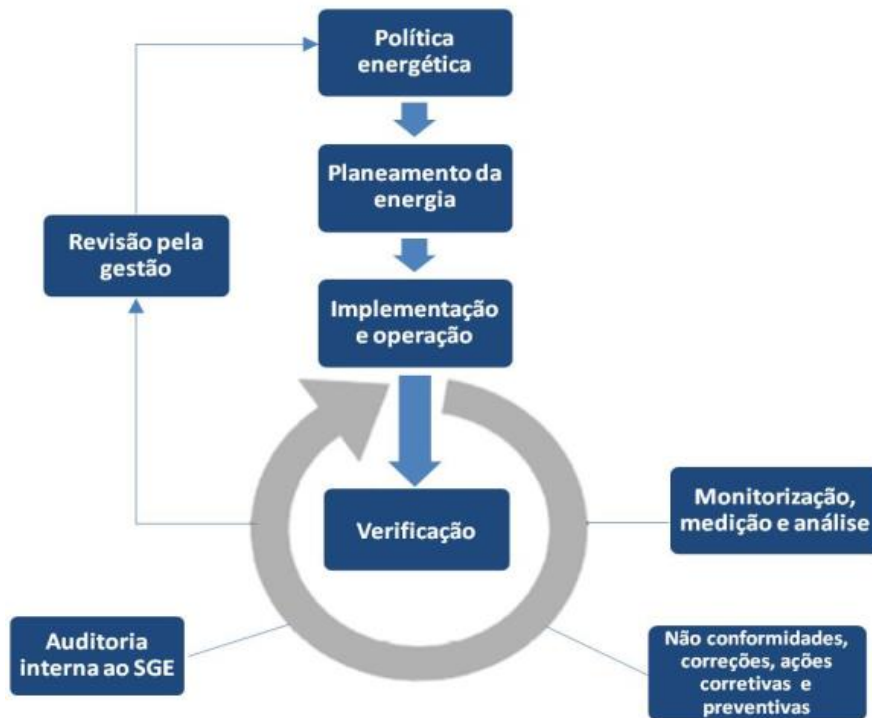


Figura 2.4 Metodologia Plan-Do-Check-Act (PDCA) (AIDA, 2014)

Para além de questões organizacionais e de melhoria do uso e exploração dos recursos energéticos numa instalação, a opção pela implementação e certificação de Sistemas de Gestão de Energia, de acordo com a ISO 50001, poderá ainda surgir como reação a pressões na envolvente da Organização, nomeadamente (Soares I. , 2015):

- Aumento dos custos de Energia;
- Segurança no Abastecimento de Energia;
- Opinião Pública;
- Cumprimento de Legislação e Regulamentação;
- Certificação Energética (SGCIE e SCE);
- Sistemas de Taxas e Impostos aplicáveis ao consumo de energia;
- Aspetos Ambientais a considerar na atividade da organização;
- Imagem competitiva da concorrência.

O nível de detalhe e de complexidade do Sistema de Gestão de Energia, a amplitude da documentação e dos recursos que lhe são afetos, dependem de vários fatores, como a

dimensão da organização, o âmbito do sistema, a natureza das suas atividades, produtos e serviço (Soares I. , 2015).

### **2.2.2 Diretiva n.º 2012/27/EU**

A diretiva 2012/27/EU, também denominada de Diretiva da Eficiência Energética, estabelece um quadro comum de medidas para a promoção da eficiência energética na União Europeia, a fim de assegurar a realização do objetivo, em 2020, de 20% sobre a eficiência energética e para abrir o caminho para novas melhorias para além desta data (QEnergia, 2016). Esta diretiva corrige as diretivas 2009/125/EC e 2010/30/EU e substitui as diretivas 2004/8/EC e 2006/32/EC (Diretiva 2012/27/UE, 2012).

Segundo esta diretiva, todos os Estados-membros da União Europeia devem estabelecer medidas a fim de utilizar a energia de forma mais eficiente em todas as fases da cadeia, a partir da transformação de energia e sua distribuição até ao consumo final. A adoção de objetivos nacionais indicativos pelos Estados-Membros para promover a eficiência na utilização final de energia, proporciona uma sinergia efetiva com a restante legislação comunitária que, quando aplicada, contribuirá para a consecução desses objetivos nacionais (Diretiva 2012/27/UE, 2012).

### **2.2.3 Comercio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)**

Com o intuito de reduzir as emissões de GEE e como forma de garantir o seu cumprimento eficaz, a União Europeia aprovou a diretiva 2003/87/CE, de 13 Outubro, que criou o mecanismo de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) que, posteriormente, foi transposta para a ordem jurídica interna pelo Decreto-Lei nº 233/2004, de 14 de dezembro e com a última redação a 6 Julho pelo Decreto-Lei nº154/2009, geralmente designado por Diploma CELE (Agência Portuguesa do Ambiente (APA) , 2012).

O CELE constitui o primeiro instrumento de mercado intracomunitário de regulação de GEE. Nos termos deste Decreto-Lei foi atribuído à APA (Agência Portuguesa do Ambiente) o papel de Autoridade Competente a nível nacional e com responsabilidade de coordenação geral do processo CELE. Este documento abrange um conjunto de instalações às quais são limitadas as emissões de gases com efeito estufa, através de

um montante fixo de licenças de emissão. A base de atribuição das referidas licenças é definida pelo PNALE-Plano Nacional de Licenças de Emissão (ver secção 2.3.2), que determina o montante total de licenças a atribuir e o método que servirá de base para o cálculo de licenças referente a cada instalação (Agência Portuguesa do Ambiente (APA) , 2012).

## 2.3 DIRETIVAS NACIONAIS

De seguida, são apresentadas as principais portarias e decretos-lei referentes ao setor da eficiência energética, em Portugal (DGEG, 2015):

- **Portaria n.º 320-D/2011 de 30 de dezembro** – Fixa as taxas do imposto sobre produtos petrolíferos e energéticos (ISP) aplicáveis no continente
- **Decreto-Lei n.º 319/2009, de 3 de novembro** – Estabelece objetivos e instrumentos que devem ser utilizados para incrementar a relação custo-eficácia da melhoria da eficiência na utilização final de energia
- **Portaria n.º 1530/2008, de 29 de dezembro** – Fixa as taxas do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP) relativo aos combustíveis industriais
- **Portaria n.º 228/90, de 27 de março** – Aprova o Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes
- **Despacho n.º 17449/2008, de 27 de junho** – Elementos a considerar na realização de auditorias energéticas, na elaboração dos PReN e nos relatórios de execução e progresso (REP)
- **Despacho n.º 17313/2008, de 26 de junho** - – Publicação dos fatores de conversão para tonelada equivalente petróleo (tep) e dos fatores para cálculo da Intensidade Carbónica pela emissão de gases com efeito de estufa, referidos a quilograma de CO2 equivalente
- **Portaria n.º 519/2008, de 25 de junho** – Requisitos de habilitação e experiência profissional a observar para a credenciação de técnicos ou entidades
- **Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril** – Regula o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
- **Lei n.º. 7/2013.D.R.n.º. 15, Série I de 2013-01-22-** *“Aprova o regime de acesso e exercício das atividades de realização de auditorias energéticas, de elaboração*

*de planos de racionalização dos consumos de energia e de controlo da sua execução e progresso, nomeadamente mediante a emissão de relatórios de execução e progresso, no âmbito do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) e no âmbito de aplicação do regulamento da gestão do consumo de energia para o setor dos transportes, aprovado pela Portaria n.º 228/90, de 27 de março, alterando o Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril.” (Lei n.º 7/2013. D.R. n.º 15, Série I de 2013-01-22, 2013).*

- **Decreto-Lei 68-A/2015, DE 30 de abril-** *“Estabelece disposições em matéria de eficiência energética e produção em cogeração, transpondo a Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética e estabelece a aplicação do ECO.AP à administração local e regional.” (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015) (ver secção 2.4.9).*

### **2.3.1 Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020)**

No cenário energético nacional, caracterizado por uma forte dependência externa de combustíveis fósseis, com objetivo de redução das emissões de CO<sub>2</sub> e no aumento da qualidade dos serviços energéticos, foram definidas um conjunto de linhas estratégicas para o sector da energia, configuradas na Estratégia Nacional para a Energia até ao ano de 2020 (Barreto, 2008).

A ENE 2020 visa implementar um conjunto de medidas e estratégias através da utilização de cinco grandes vetores: competitividade, crescimento e independência energética e financeira; aposta nas energias renováveis; promoção da eficiência energética; garantir segurança no abastecimento energético; sustentabilidade económica e ambiental (AEP – Associação Empresarial de Portugal , 2015).

A ENE 2020 foi aprovado pela resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, de 15 de outubro e lançada em abril de 2010. Os principais objetivos deste plano para o ano de 2020 são os seguintes (Decreto-Lei n.º 73, de 15 de Abril, 2010):

#### ➤ **Competitividade**

- Estimular e favorecer a concorrência, a competitividade e a eficiência das empresas.

➤ **Segurança no Abastecimento**

- Garantir a segurança do abastecimento, através da diversificação dos serviços energéticos e da promoção da eficiência energética.

➤ **Dependência Energética**

- Redução para 74% da dependência energética face ao exterior;
- Reduzir em 25% o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas (poupança de dois mil milhões de euros a nível de importações).

➤ **Energias Renováveis**

- Consolidação do *cluster* das renováveis = VAB 3,8 milhões de euros e 100 mil postos de trabalho;
- 31% de energia proveniente de renováveis 2020 e 61% de eletricidade consumida proveniente de renováveis;
- Criação de mais 100.000 postos de trabalho a acrescer aos 35.000 já existentes (45.000 diretos e 90 000 indiretos) no sector das energias renováveis;
- Impacto no PIB deverá de 0,8 % para 1,7 % até 2020.

➤ **Eficiência Energética**

- Desenvolver um *cluster* industrial associado à promoção da eficiência energética assegurando a criação de 21 000 postos de trabalho anuais, gerando um investimento previsível de 13.000 milhões de euros até 2020 e proporcionando exportações equivalentes a 400 milhões de euros;
- Poupança energética por eficiência energética de 60 milhões de barris de petróleo/ano;
- Reduzir 20% consumo energético.

➤ **Ambiente**

- Cumprimento das metas de redução de emissões assumidas por Portugal no quadro Europeu - menos 20 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, num valor de 300 milhões de euros.

### **2.3.2 Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE)**

No âmbito da promoção da eficiência energética num contexto europeu, através da criação do CELE, foi criado a nível nacional o PNALE, desenvolvido no âmbito da ENE2020 (ver secção 2.3.1) (Barreto, 2008).

A definição da quantidade total de licenças de emissão a atribuir em cada período de aplicação do Regime CELE é fixada no respetivo Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE). A atribuição gratuita de licenças de emissão teve lugar através dos denominados planos nacionais de atribuição de licenças de emissão, PNALE I e PNALE II. O PNALE I aplica-se a um conjunto de instalações com elevada emissão de GEE, incluídas no Comércio de Licenças de Emissão (CELE) de 2005 a 2007. Por sua vez, o PNALE II abrange apenas as emissões de CO<sub>2</sub> das instalações pertencentes ao CELE para o período de 2008-2012, que coincide com o tempo de cumprimento do Protocolo de Quioto (APA, 2017).

Foi estabelecido, para efeitos do PNALE II, atribuir gratuitamente às instalações a totalidade das licenças de emissão que lhes sejam consignadas. O montante global de uma parte (30,5 Mt CO<sub>2e</sub>) corresponde às instalações existentes, ficando o restante (4,3 Mt CO<sub>2e</sub>) destinado à constituição de reserva para novas instalações (APA, 2017).

O PNALE traduz um esforço de redução para as instalações abrangidas pelo CELE, porque o valor atribuído anualmente para as instalações existentes em ambos os períodos é inferior às emissões verificadas nestas instalações em 2006 (33,1 MtCO<sub>2e</sub>) e, caso o montante destinado à reserva para novas instalações não seja utilizado, será automaticamente cancelado. Assim, as licenças de emissão são atribuídas de forma gratuita com base nos dados históricos de emissão de cada instalação (APA, 2017).

No período 2013-2020 (PNALE III), estas regras mudam consideravelmente, verificando-se um alargamento do âmbito com a introdução de novos sectores (inclusão de novas atividades e novos gases com efeito de estufa), que constam do anexo I da Diretiva 2009/29/CE), a determinação a nível comunitário da quantidade total de licenças, e o recurso a leilão para atribuir licenças de emissão, mantendo-se a atribuição gratuita, progressivamente em volumes menores (APA, 2017).

### **2.3.3 Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE)**

A Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, determinou que os Estados Membros adotassem, e procurassem atingir, até 2016, um objetivo global nacional indicativo de economia de energia de 9% através da promoção de serviços energéticos e da adoção de outras medidas de melhoria da eficiência energética (PNAEE, 2016).

Neste âmbito, os Estados Membros comprometeram-se ainda a, até 2020, reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa em 20%, aumentar em igual percentagem a proporção de fontes de energia renováveis na matriz energética da União Europeia (UE) e alcançar a meta de 20% estabelecida para a eficiência energética (PNAEE, 2016).

Neste contexto, a Diretiva n.º 2012/27/EU (ver secção 2.2.2), do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Outubro de 2012, transposta para o ordenamento jurídico nacional pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de abril (ver secção 2.4.9), estabeleceu um novo enquadramento que promove a eficiência energética na união europeia e define ações que concretizem, por um lado, as propostas incluídas no Plano de Eficiência Energética de 2011 e, por outro, as metas identificadas no roteiro de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050 (PNAEE, 2016).

Em conformidade com o previsto no n.º 1 do artigo 3.º da Diretiva n.º 2012/27/EU, o objetivo indicativo nacional para Portugal referente ao consumo de energia em 2020 não deve exceder os 24 Mtep de energia primária, tendo em conta o facto de que o consumo de energia na União Europeia em 2020 não deverá exceder 1.474 Mtep de energia primária (DGEG, 2017).

Conforme apresentado na Figura 2.5 o PNAEE abrange seis áreas específicas, nomeadamente, Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura, contemplando diversas medidas de promoção da eficiência energética para atingir as metas propostas para 2016 e 2020 (PNAEE, 2016).

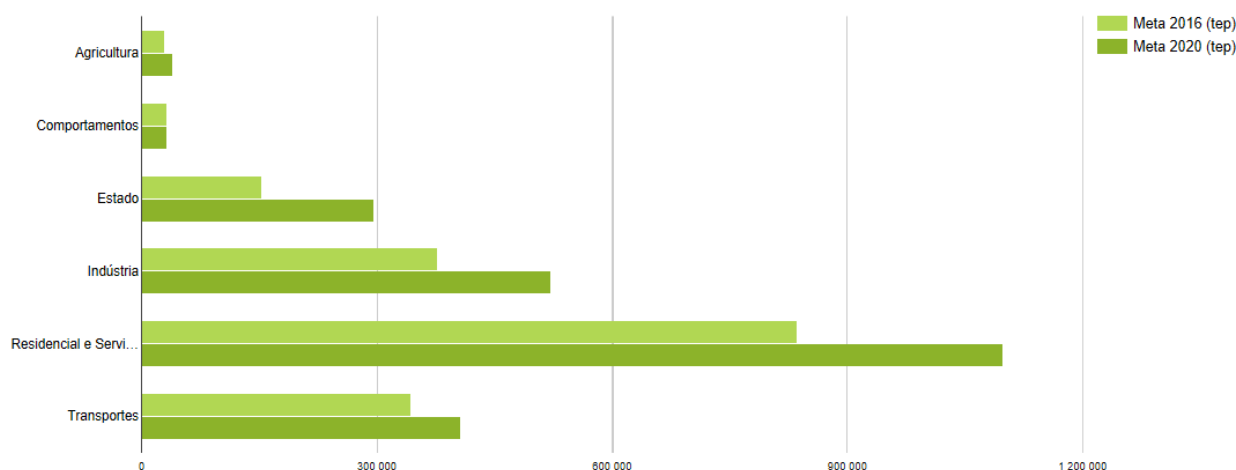


Figura 2.5 Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 Poupança Energia Primária (tep) (PNAEE, 2016)

A estimativa da poupança induzida pelo PNAEE até 2016 é de 1501 ktep (em energia final), correspondente a uma redução do consumo energético de aproximadamente 8,2% relativamente à média do consumo verificada no período entre 2001 e 2005, o que se aproxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016 (PNAEE, 2016). Na Tabela 1, é apresentado o impacto do PNAEE 2016 em economias de energia primária nas diferentes áreas de atuação.

Tabela 1 Impacto do PNAEE 2016 em economias em energia primária (Cardoso, 2016)

Áreas	Economia de Energia Primária acumulada (tep)		Benefícios económicos alcançados através da Economia em Energia Primária (M€)	
	2016	2020	2016	2020
Transportes	73.654	136.777	62,5	116,3
Residencial e Serviços	320.932	582.727	159,2	314,9
Indústria	117.309	261.397	81,2	202,1
Estado	112.170	253.988	55,7	137,3
Comportamentos	0	0	0	0
Agricultura	30.000	40.000	22,7	34,0
<b>Total</b>	<b>654.056</b>	<b>1.274.889</b>	<b>381,4</b>	<b>804,6</b>

O PNAEE 2016 é essencialmente executado através de medidas regulatórias (e.g. imposição de penalizações sobre equipamentos ineficientes, requisitos mínimos de classe de desempenho energético, obrigatoriedade de etiquetagem energética, obrigatoriedade de realização de auditorias energéticas), mecanismos de diferenciação fiscal (e.g. discriminação positiva em sede de IUC, ISV e ISP) e apoios financeiros

provenientes de fundos que disponibilizem verbas para programas de eficiência energética, tais como (PNAEE, 2016):

- a) Fundo de Eficiência Energética (FEE), destinado a apoiar especificamente as medidas do PNAEE (ver secção 2.6.2);
- b) PPEC - Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica, promovido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) no quadro do PNAC (ver secção 2.6.3);
- c) Fundo Português de Carbono (FPC), criado pelo Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de março, destinado a apoiar, entre outros, projetos que conduzam à redução de emissões de gases com efeito de estufa;
- d) Portugal 2020 e outros instrumentos financeiros comunitários (ver secção 2.6.1).

## **2.4 SISTEMA DE GESTÃO DOS CONSUMOS INTENSIVOS DE ENERGIA (SGCIE)**

O sistema de gestão de consumos intensivos de energia (SGCIE) é, conforme já foi referido, um mecanismo previsto pelo Decreto-Lei nº 78/2008, de 15 de abril, com a finalidade de *“promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia”* (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008).

Este mecanismo de promoção da eficiência energética resultou de uma das medidas da Estratégia Nacional para a Energia (ENE2020), aprovada pela resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, de 15 de outubro (ver secção 2.3.1). No âmbito desta estratégia, o SGCIE serviu de atualização do antigo Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE), com objetivo de *“compatibilizá-lo com as novas exigências ao nível das emissões de gases de efeito estufa, com a revisão da fiscalidade do sector energético e com a necessidade de promover acordos para a utilização racional de energia”* (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008).

O SGCIE prevê que as instalações consumidoras intensivas de energia realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. É também previsto, que se elaborem e executem Planos

de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), estabelecendo acordos de racionalização desses consumos com a DGEG que, contemplem objetivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram instalações consumidoras intensivas de energia) (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008):

#### **2.4.1 Âmbito de aplicação**

O SGCIE é aplicado às instalações consumidoras intensivas de energia que no ano civil imediatamente anterior ao registo tenham atingido consumos energéticos superiores a 500 tep/ano, no entanto, empresas que tenham um consumo energético inferior ao referido e que pretendam controlar e promover a redução dos seus consumos energéticos podem de forma voluntária inscrever-se no SGCIE. Segundo o artigo nº 2 do Decreto-Lei nº 71/2008, existem, no entanto, algumas exceções ao presente âmbito de aplicação, nomeadamente (PLMJ Sociedade de Advogados, RL, 2015):

- Instalações de cogeração juridicamente autónomas dos respetivos consumidores de energia;
- No caso das empresas de transportes e das empresas com frotas próprias consumidora intensiva de energia a aplicação do regime previsto no presente Decreto-Lei deve ser adaptada nos termos a estabelecer em legislação específica para o efeito;
- Edifícios que se encontrem sujeitos aos regimes previstos nos Decretos-Leis nº 78/2006, 79/2006 e 80/2006, de 4 de abril, exceto nos casos em que os edifícios se encontrem integrados na área de uma instalação consumidora intensiva de energia (CIE).
- Instalações consumidoras intensivas de energia sujeitas ao Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE);

Segundo o artigo nº4 do Decreto-Lei nº 71/2008 o operador que explore instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) ficará sujeito às seguintes obrigações (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008):

- a) *“Promover o registo das instalações;*

- b) Efetuar auditorias energéticas que avaliem, nomeadamente, todos os aspetos relativos à promoção do aumento global da eficiência energética, podendo também incluir aspetos relativos à substituição por fontes de energia de origem renovável, entre outras medidas, nomeadamente, as de redução da fatura energética.
- c) Elaborar Planos de Racionalização do Consumo de Energia (PREn), com base nas auditorias previstas na alínea anterior, visando o aumento global da eficiência energética, apresentando-os à ADENE;
- d) Executar e cumprir os PREn aprovados, sob a responsabilidade técnica de um técnico credenciado.”

A Figura 2.6 apresenta de uma forma sintetizada o âmbito de aplicação do SGCIE:



Figura 2.6 Síntese de aplicação do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE)

(ADENE, Portal SGCIE, 2016)

## 2.4.2 Procedimentos

Conforme referido anteriormente estão previstos no SGCIE um conjunto de procedimentos que deverão ser cumpridos, os quais se resumem na Figura 2.7, em baixo apresentada.

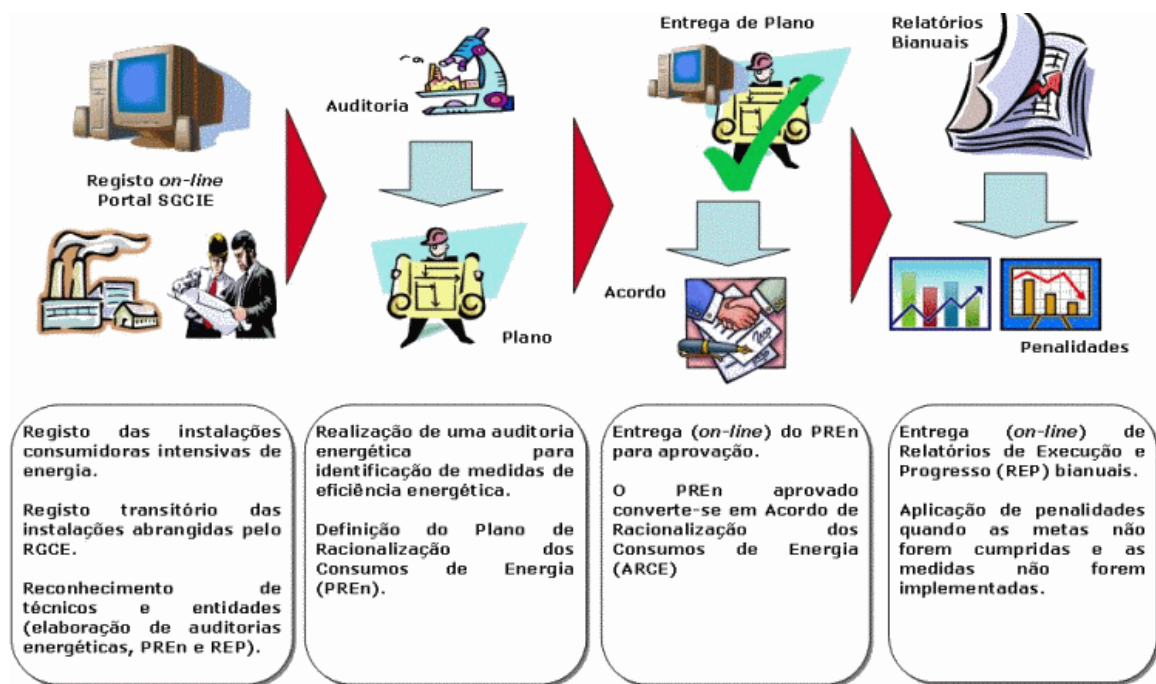


Figura 2.7 Resumo dos procedimentos previstos no D.L. 71/2008, de 15 de abril (ADENE, Portal SGCIE, 2016)

Nos próximos subcapítulos serão abordados de uma forma mais aprofundada cada um dos procedimentos previstos no SGCIE, segundo o Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de abril.

### 2.4.3 Registo das Instalações

O registo das instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) é feito através do portal do SGCIE disponível *online* (link: <http://sgcie.publico.adene.pt/>), no campo “Registo de Instalações”. Neste portal, o operador responsável pelo registo da instalação deverá primeiramente selecionar a opção de “pré-registo online de Instalação” de forma a obter as credenciais de acesso futuro ao portal (*username* e *password*). Neste âmbito, e de acordo com o estipulado no artigo 5º do Decreto-Lei nº71/2008, serão solicitadas as seguintes informações relativas à instalação (ADENE, Portal SGCIE, 2016):

- a) Identificação completa do declarante e despectivo endereço postal e eletrónico;
- b) Indicação da CAE identificadora da atividade em que se insere a instalação;
- c) Localização da instalação, mediante indicação da morada do estabelecimento;

d) Memória descritiva sucinta da mesma, o consumo anual de energia no último ano, a data do licenciamento e respetiva entidade licenciadora.

O registo é promovido no prazo de quatro meses contados do final do primeiro ano em que a instalação atinja o estatuto de consumidora intensiva de energia (CIE) ou, se já verificado à data da entrada em vigor do DECRETO-LEI n.º 71/2008 (em 15 de junho de 2008), até 15 de outubro de 2008 (ADENE, Portal SGCIE, 2016).

O operador responsável pela exploração da instalação, é também responsável por promover a extinção do registo se a instalação deixar de preencher os requisitos determinantes do mesmo, fazendo prova que a instalação já não se encontra nas condições definidas no âmbito do artigo 2º do Decreto-Lei nº 71/2008 (ADENE, Portal SGCIE, 2016).

No final do ano de 2015, segundo números apresentados pela ADENE, existiam 1037 instalações registadas no SGCIE das quais 548 registaram, no ano e referência do registo, um consumo energético igual ou superior a 1000 tep (ver Figura 2.8). As restantes 489 situaram-se abaixo deste escalão. A evolução do nº de empresas registadas no SGCIE tem sido francamente positiva ao longo dos últimos anos registando um aumento médio ano de cerca de 16%, desde o ano de 2008 (ADENE, SGCIE Relatório Síntese 2016, 2016).

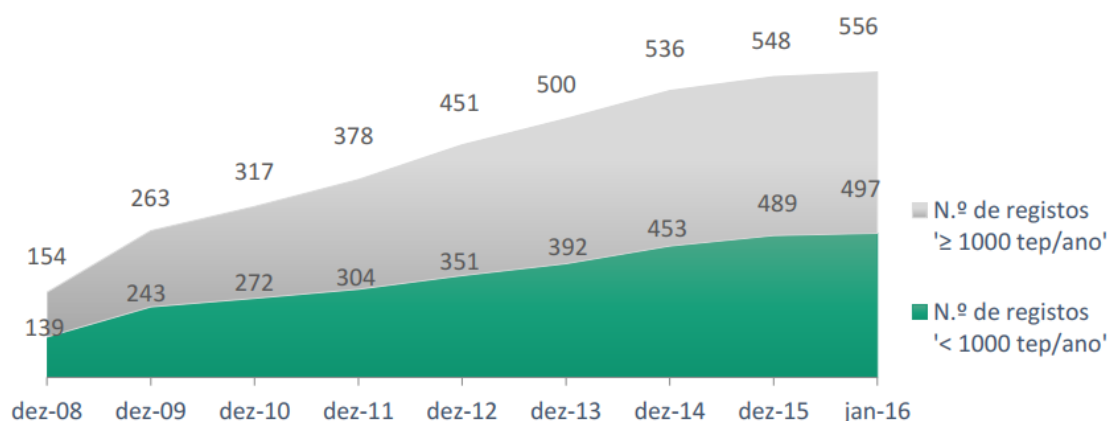


Figura 2.8 N.º de registos e Escalão de Consumo (ADENE, SGCIE Relatório Síntese 2016, 2016)

Na Figura 2.9 é possível observar a distribuição geográfica das instalações industriais que se encontravam inscritas no portal do SGCIE no final do ano civil de 2015:

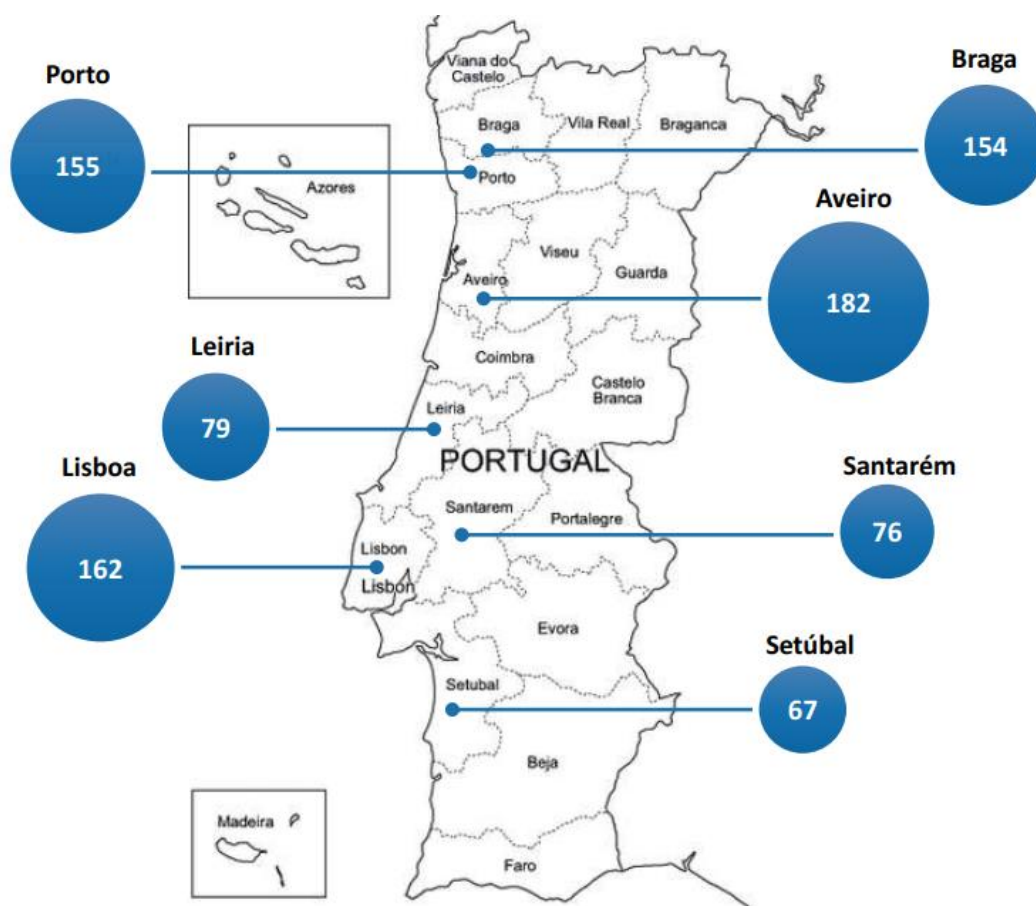


Figura 2.9 Distribuição geográfica das empresas registadas no SGCIE (ADENE, SGCIE Relatório Síntese 2016, 2016)

Como se pode observar pela Figura 2.9 acima apresentada, verifica-se uma distribuição mais concentrada nas zonas norte e centro do país, sendo Aveiro o distrito com o maior número de instalações registadas no portal do SGCIE, seguindo-se os distritos de Lisboa, Braga e Porto.

#### 2.4.4 Auditorias Energéticas

Após registo das instalações consumidoras intensivas de energia (CIE), os operadores deverão executar uma auditoria energética que consiste num levantamento detalhado de todos os aspetos relacionados com o uso da energia ou que, de alguma forma, contribuam para a caracterização dos fluxos energéticos na instalação (PLMJ Sociedade de Advogados, RL, 2015).

Uma auditoria energética consiste numa abordagem transversal a todos os aspetos relacionados com o uso das diferentes formas de energia numa instalação. Tem como objetivo principal a caracterização energética dos diferentes equipamentos e sistemas

existentes numa instalação consumidora intensiva de energia (incluindo o estabelecimento de correlações entre consumos de energia e produções e cálculo dos correspondentes consumos específicos de energia e de indicadores de eficiência energética global da instalação) e a identificação das medidas com viabilidade técnico-económica possíveis de implementar, de modo a aumentar a eficiência energética e/ou a reduzir a fatura energética associada às atividades da instalação em questão (Ferreira, 2012).

A auditoria energética incide sobre a conceção e o estado das instalações, sendo recolhidos os elementos necessários à elaboração do PReN (ver secção 2.4.5), bem como à subsequente verificação do cumprimento deste, nomeadamente (CCEnergia):

- Quantificar os consumos energéticos (por instalação global e principais secções e/ou equipamentos) e sua importância no custo final do(s) produto(s);
- Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e/ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- Esclarecer de que forma é transformada a energia e quais os custos associados;
- Efetuar um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica, quer térmicas;
- Obter diagramas de carga (DDC) elétricos dos sistemas considerados grandes consumidores de energia elétrica;
- Determinar a eficiência energética de geradores de energia térmica eventualmente existentes;
- Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- Realizar balanços de massa e energia aos principais equipamentos consumidores de energia térmica (por exemplo caldeiras de produção de vapor);
- Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e deteção de eventuais variações sazonais;

- Determinar a Intensidade energética (kgep/VAB) da atividade empresarial diretamente ligada à instalação consumidora de energia, bem como, o consumo específico de energia (kgep/unidade de produção);
- Identificar e quantificar as possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detetadas e medições efetuadas;
- Definir intervenções com viabilidade técnico-económica, que conduzam ao aumento da eficiência energética e/ou à redução da fatura energética da instalação;
- Definir as linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de gestão de energia.

Conforme anteriormente referido, de acordo com o decreto-lei nº 71/2008, a realização de auditorias energéticas é obrigatória nos seguintes casos (valores alterados pelo Decreto-Lei nº 68-A, de 2015, ver secção 2.5):

- Nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, com uma periodicidade de seis anos, sendo que a primeira destas auditorias deve ser realizada no prazo de quatro meses após o registo da instalação;
- Nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 500 tep/ano mas inferior a 1000 tep/ano, com uma periodicidade de oito anos, sendo que a primeira destas auditorias deve ser realizada no ano seguinte ao do registo;

As MURE identificadas em auditoria são quantificadas, orçamentadas e sujeitas a aprovação do cliente. As medidas aprovadas são incluídas no PReN (ver secção 2.4.5), de acordo com a cronologia indicada pelo cliente, tendo esta cronologia de seguir as diretrizes dispostas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 71/2013, de 15 de abril).

#### **2.4.5 Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn)**

O Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn) é elaborado com base nos relatórios das auditorias energéticas obrigatórias, devendo prever a implementação, nos primeiros três anos, de todas as medidas identificadas com um período de retorno do investimento (PRI) inferior ou igual a cinco anos, no caso das instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou com um PRI inferior ou igual a três anos no caso das restantes instalações (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008).

O PREn deve ainda estabelecer metas relativas às Intensidades Energética e Carbónica e ao Consumo Específico de Energia, sempre que aplicável, com base nas medidas previstas no número anterior, tendo em conta os seguintes indicadores (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008):

1. **Intensidade Energética (IE)**, medida pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o Valor Acrescentado Bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações industriais;
2. **Intensidade Carbónica (IC)**, medida pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia;
3. **Consumo Específico de Energia (CE)**, medido pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o volume de produção.

As metas referidas, resumidas na Figura 2.10, estão sujeitas aos seguintes valores:

- a) No mínimo, uma melhoria de 6% dos indicadores referidos no ponto 1 e 3 anteriores, em seis anos, quando se trate de instalações com consumo intensivo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou melhoria de 4% em oito anos para as restantes instalações;
- b) No mínimo, a manutenção dos valores históricos de intensidade carbónica.

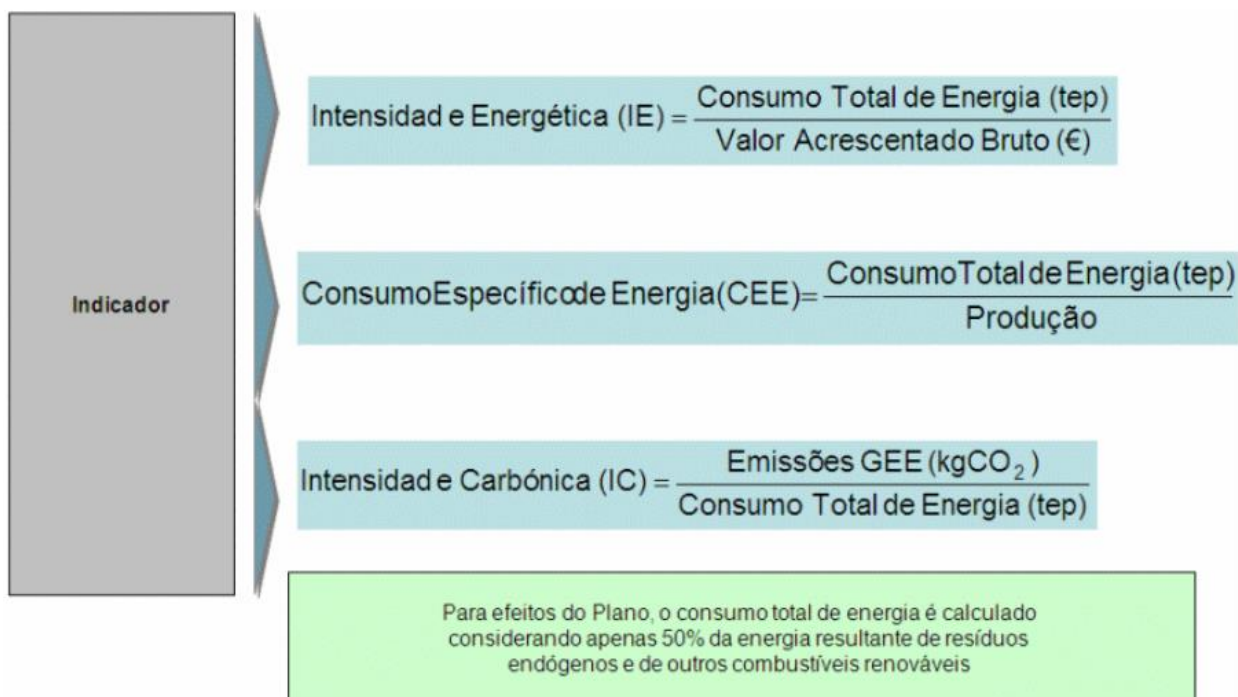


Figura 2.10 Indicadores de eficiência energética previstos no PReN ao abrigo do SGCI (ADENE, Portal SGCI, 2016)

O PReN, depois de estabelecido pela entidade auditora responsável pela exploração da instalação consumidora intensiva de energia (CIE), é submetido para aprovação da ADENE nos quatro meses seguintes ao vencimento do prazo para a realização da auditoria energética. A submissão para aprovação do PReN é feita *online* no Portal SGCI através de um técnico ou entidade reconhecida para o efeito. Em simultâneo deverá também ser enviado para a ADENE (via eletrónica) o relatório de auditoria energética que esteve na base do estabelecimento do PReN. (ADENE, Portal SGCI, 2016)

No caso de o PReN estar devidamente elaborado, segundo o artigo 8º do D.L. 71/2008, de 15 de abril, a ADENE deverá, no prazo de 5 dias submete-lo para aprovação da DGEG, juntamente com o respetivo relatório de auditoria energética. Posteriormente, a DGEG irá pronunciar-se sobre o PReN submetido, no prazo máximo de 30 dias após a sua receção. Aqui poderão ocorrer duas situações distintas (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008):

1. O PReN não é aprovado pela DGEG. Nos casos em que as medidas identificadas no PReN não permitam a definição de objetivos de melhoria da intensidade

energética nos termos do previsto no artigo 7º do D.L 71/2008, de 15 de Abril (ver anexo I), a aprovação do PReN depende da realização de uma nova auditoria por um técnico ou entidade credenciada que não tenha intervindo na elaboração do PReN, da responsabilidade da ADENE, e da verificação do cumprimento das obrigações descritas no primeiro parágrafo do presente subcapítulo (artigo 7º do D.L. 71/2008, de 15 de Abril). A intervenção da DGEG pode também ser apenas de carácter corretivo, mediante recomendações para alteração do PReN submetido, tendo em vista a sua aprovação, sendo o prazo de aprovação suspenso até à obtenção de resposta por parte do operador;

2. O PReN é aprovado pela DGEG, passando a partir deste momento a denominar-se de Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE). O ARCE é posteriormente comunicado à DGAIEC, com vista à instrução dos mecanismos de isenção previstos na legislação fiscal aplicável.

#### **2.4.6 Controlo de execução e progresso do ARCE**

Após estabelecido o plano de ação para a redução dos consumos energéticos (a 6 ou a 8 anos consoante a instalação emita mais de 1000 tep/ano ou mais de 500 tep/ano, respetivamente), interessa fundamentalmente que exista um controlo da sua execução, com vista à verificação da implementação das MURE nos períodos decretados.

Segundo o artigo 9º do D.L. 71/2008 de 15 de Abril o operador responsável pela exploração da instalação consumidora intensiva de energia (CIE) *“deve apresentar à ADENE, a cada dois anos de vigência do ARCE e até 30 de Abril do ano subsequente ao termo daquele período, relatório de execução e progresso verificados no período de implementação do ARCE a que respeita o relatório, o qual deve referir as metas e objetivos alcançados, desvios verificados e medidas tomadas ou a tomar para a sua correção.”* (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008)

Para o a elaboração do relatório de execução e progresso, são solicitados alguns dados ao cliente, sendo estes imprescindíveis para a elaboração dos relatórios e para o correto preenchimento dos dados no portal *online* do SGCIE, nomeadamente (CC Energia):

- Faturas mensais de energia elétrica – janeiro a dezembro do ano civil anterior;
- Faturas mensais de gás natural – janeiro a dezembro do ano civil anterior;
- Faturas mensais de gasóleo / diesel – janeiro a dezembro do ano civil anterior;
- Produções mensais – janeiro a dezembro do ano civil anterior;
- Valor Acrescentado Bruto da empresa (VAB) no ano civil anterior (a definição de valor acrescentado bruto (VAB) está descrita no despacho n.º 17449/2008 ponto 1.2);
- Estado de implementação das medidas previstas no PReN;

*Tabela 2 Exemplo de quadro com as medidas previstas no PReN e respetivos anos de implementação (CC Energia)*

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Eliminação de fugas ar comprimido (central 1)		X				
Otimização da Utilização do Ar Comprimido nos consumidores					X	
Redução da Pressão de Produção de ar comprimido (Central 2)		X				
Eliminação de fugas ar comprimido (central 2)			X			
Substituição bomba do circuito secundário da torre por solução mais eficiente com variação eletrónica de velocidade			X			
Variação eletrónica de velocidade na bomba do primário da torre						X
Instalação de um Sistema de monitorização de consumos	X	X	X			
Isolamentos Térmicos	X	X	X			

Qualquer situação que possa intervir diretamente com os consumos de energia, como por exemplo, uma nova linha de produção, a alteração de combustíveis, substituição de máquinas, remodelação das instalações, entre outras., deverá ser igualmente reportada por parte dos responsáveis da instalação à entidade responsável pela elaboração dos relatórios de execução e progresso.

Depois de elaborados os relatórios, é necessário inserir os dados relativos à instalação no portal do SGCIE, à semelhança daquilo que é feito para o PReN.

#### 2.4.7 Incentivos

O Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de abril, prevê igualmente que seja dado um estímulo para a promover a eficiência energética na indústria consumidora intensiva de energia. O dinheiro disponível para incentivar as empresas é proveniente de um fundo público denominado de Fundo de Eficiência Energética (FEE) (ver secção 2.6.2). Este último foi criado para promover a eficiência energética em Portugal, nomeadamente através de incentivos para a realização de auditorias energéticas obrigatórias e para a instalação de equipamentos mais eficientes (por exemplo equipamentos com variação eletrónica de velocidade - VEV) (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008).

Segundo o disposto legal em vigor, o operador de instalações abrangidas por um Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE) beneficia dos seguintes estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008):

1. *“No caso de instalações com consumos inferiores a 1000 tep/ano - Ressarcimento de 50% do custo das auditorias energéticas obrigatórias, até ao limite de € 750 e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existentes para o efeito, recuperáveis a partir do relatório de execução e progresso (REP) que verifique a execução de pelo menos 50% das medidas previstas no ARCE;*
2. *Ressarcimento de 25% dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao limite de € 10 000 e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existentes para o efeito. No caso das instalações que consumam apenas gás natural como combustível e/ou energias renováveis, os limites previstos nos números anteriores são majorados em 25% no caso das renováveis e 15% no caso do gás natural;*
3. *No caso das instalações que consumam apenas gás natural como combustível e/ou energias renováveis, os limites previstos nos números anteriores são majorados em 25% no caso das renováveis e 15% no caso do gás natural;*

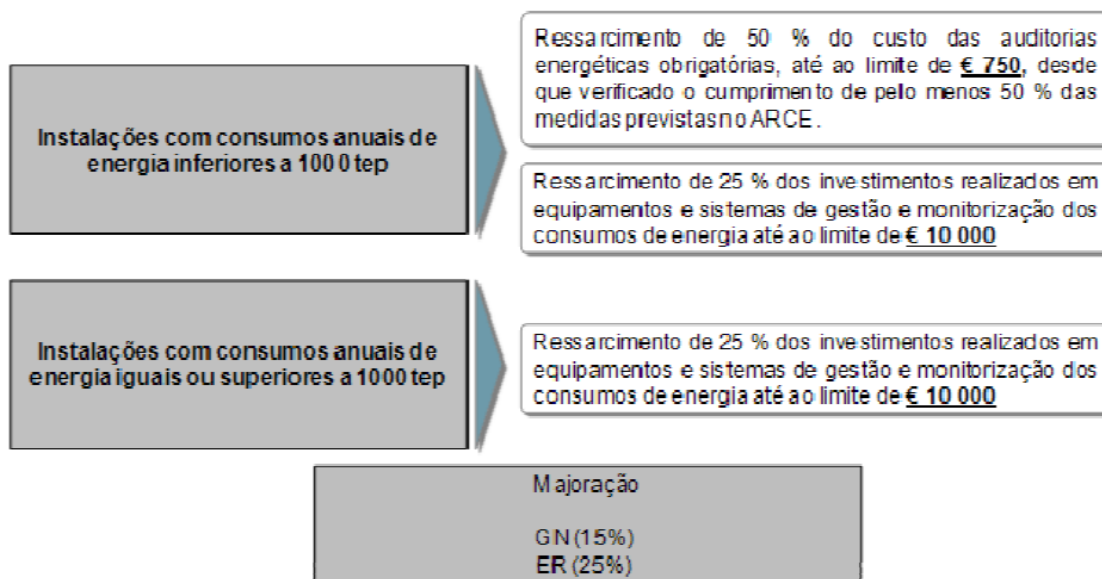


Figura 2.11 Estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética segundo o SGCI (ADENE, Portal SGCI, 2016)

4. As instalações sujeitas ao regime do PNALE têm também acesso aos benefícios previstos nos números anteriores desde que cumpram as exigências estabelecidas no Decreto-Lei nº 71/2008 para as instalações com consumos iguais ou superiores a 1000 tep/ano. (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008);
5. Os regulamentos de acesso aos benefícios previstos nos pontos 1 e 2 serão definidos por portaria dos membros do Governo responsáveis pela área da economia e da inovação e do desenvolvimento regional. (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008).”.

Outro dos incentivos atribuídos pelo Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de abril diz respeito aos exploradores de instalações sujeitas ao SGCI, bem como de instalações sujeitas ao Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE), com ARCE ativo. Este incentivo incide sobre a isenção do Imposto sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos (ISP), por parte da DGAIEC – Direção Geral de Alfândegas e Impostos Especiais sobre o Consumo. Os exploradores destas instalações serão, pela DGEG, identificados em declaração, para efeitos de reconhecimento da isenção. Na Figura 2.12, são apresentados os valores das taxas de Imposto sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos isentas, segundo o dispositivo legal em vigor (ADENE, Portal SGCI, 2016):

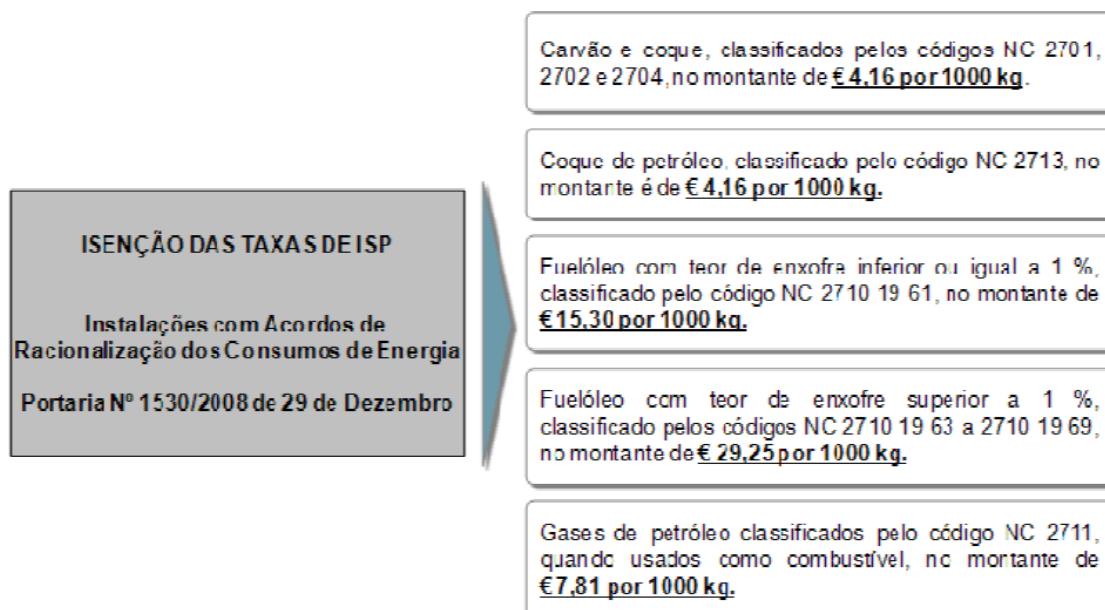


Figura 2.12 Incentivos de Isenção das taxas de ISP (ADENE, Portal SGCIE, 2016)

A DGAIEC procede ao reconhecimento da isenção do ISP e notifica os operadores exploradores das referidas instalações, da data a partir da qual a mesma produz efeitos, ou da revogação da mesma, caso o operador explorador deixe de cumprir o estabelecido no parágrafo anterior (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008).

#### 2.4.8 Penalidades

O não cumprimento das metas ou a não implementação das medidas definidas no ARCE, e nos casos em que no ano seguinte ao relatório final de execução o operador não recupere os desvios, implica (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008):

1. *“Quando o desvio a apurar no final do período de vigência do ARCE for igual ou superior a 25%, o pagamento pelo operador do montante de € 50 por tep/ano não evitado, o qual é agravado em 100% em caso de reincidência;*
2. *Quando o desvio a apurar no final do período de vigência do ARCE for igual ou superior a 50%, para além do pagamento previsto na alínea anterior, o pagamento do valor recebido em virtude da concessão dos apoios previstos nos nºs 1 e 2 do artigo 12.º do Decreto-Lei nº 71/2008, e do valor proporcional correspondente aos benefícios decorrentes do facto da instalação se encontrar abrangida pelo ARCE.”*

Os montantes pagos nos termos definidos anteriormente, mediante despacho da DGEG, são reembolsáveis em 75%, desde que o operador recupere no ano subsequente à aplicação da penalidade os desvios ao cumprimento do ARCE que determinaram a aplicação da penalidade (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008).

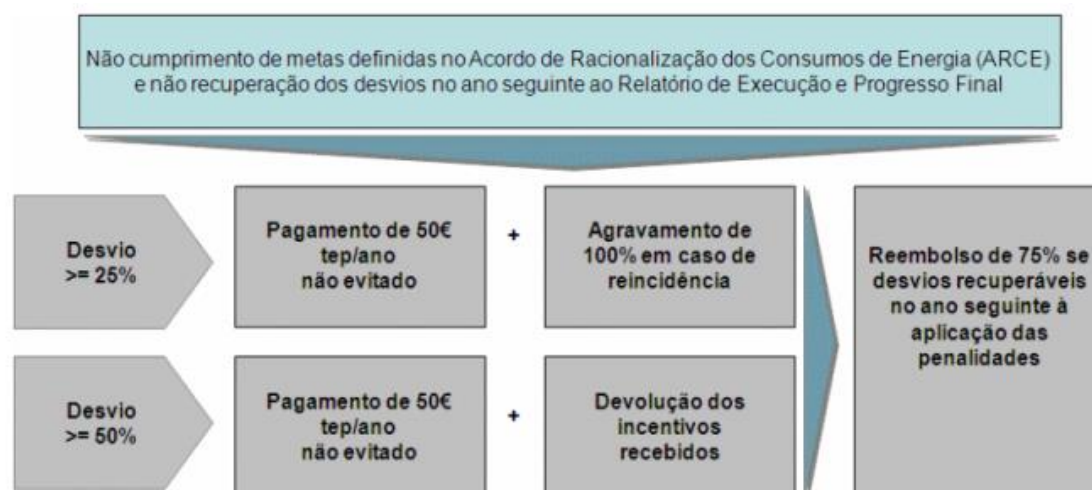


Figura 2.13 Penalidades previstas no âmbito do SGCIE

#### 2.4.9 Decreto-Lei 68-A/2015, de 30 de abril

No dia 1 de maio de 2015 entrou em vigor o Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril. Este diploma *“especifica o conjunto de obrigações e de mecanismos que a Administração Pública e empresas – que não sejam PME – terão de pôr em prática por forma a atingir os objetivos preconizados de eficiência energética e de economias energéticas.”* (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015). De uma forma mais específica, este diploma veio, entre outras coisas, impor algumas alterações ao Decreto-Lei nº71/2008 de 15 de abril, nomeadamente no que diz respeito à periodicidade das auditorias energéticas obrigatórias.

A primeira imposição deste decreto-lei foi a obrigatoriedade de realização de uma auditoria energética a todas as empresas não PME até ao dia 5 de dezembro de 2015. Segundo este disposto legal, a referida auditoria deveria ser *“independente e rentável”*, ou seja: *“que identifique medidas de eficiência energética cujo custo de implementação, acrescido do custo da própria auditoria, seja inferior ao valor monetário das economias de energia resultantes daquelas num período de quatro anos, considerando-se para o efeito, custos de energia constantes e excluindo -se*

*quaisquer custos de financiamento do projeto”* (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015). Após a realização desta auditoria, as empresas ficarão adstritas à realização de novas auditorias, pelo menos, de quatro em quatro anos. No caso em que se verifique que as referidas auditorias não são rentáveis, a periodicidade de realização das mesmas é alterada para de 8 em 8 anos (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015).

As empresas que não sejam PME e que implementem um sistema de gestão de energia ou do ambiente certificado por uma entidade de certificação acreditado nos termos do Regulamento (CE) n.º 765/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de julho de 2008, ficam dispensadas da realização das auditorias referidas, desde que as auditorias energéticas previstas no referido sistema respeitem os critérios mínimos constantes no Decreto-Lei nº68-A, de 30 de Abril, ficando no entanto obrigadas ao registo dos consumos energéticos de quatro em quatro anos, no portal da DGEG (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015).

Os critérios mínimos aplicáveis às auditorias energéticas referidas no capítulo anterior, incluindo as realizadas no âmbito dos sistemas de gestão da energia são descritos no anexo IV do artigo 12º do Decreto-Lei nº68-A, de 30 de abril. Neste pode ler-se que as auditorias energéticas a que se refere este disposto legal devem (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015):

- a) *“Assentar em dados operacionais atualizados, mensuráveis e rastreáveis sobre o consumo de energia e (para a eletricidade) os perfis de carga;*
- b) *Conter uma análise pormenorizada do perfil de consumo energético dos edifícios ou conjuntos de edifícios e das atividades ou instalações industriais, incluindo o transporte;*
- c) *Assentar, sempre que possível, numa análise dos custos ao longo do ciclo de vida, em vez de períodos de retorno simples, a fim de ter em conta as economias alongo prazo, os valores residuais dos investimentos delongo prazo e as taxas de atualização;*
- d) *Ser proporcionadas e suficientemente representativas para proporcionar uma panorâmica fidedigna do desempenho energético global e uma identificação fiável das oportunidades de melhoria mais significativas.*

*As auditorias energéticas devem ainda possibilitar cálculos detalhados e validados das medidas propostas, afim de fornecerem informações claras sobre as potenciais economias e os dados nelas utilizados devem poder ser armazenados para análise histórica e acompanhamento do desempenho.”*

No que diz respeito à ligação entre o decreto-lei nº68/A e os decretos-leis 71/2008 (SGCIE), a portaria nº228/90 (RGCE Transportes) e decreto-lei nº118/2013 (SCE), o primeiro estabelece, respetivamente (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015):

- *“As empresas que não sejam PME que detenham instalações sujeitas às auditorias periódicas previstas no Decreto -Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, alterado pela Lei n.º 7/2013, de 22 de janeiro, que aprova o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) na Indústria, devem garantir a realização das auditorias energéticas ali previstas, cumprindo os respetivos requisitos, bem como os previstos no anexo IV ao presente decreto -lei, devendo ainda, no decurso do quarto ano, realizar uma auditoria nos termos do mesmo anexo;*
- *As empresas que não sejam PME cujas frotas estejam sujeitas às auditorias periódicas previstas na Portaria n.º 228/90, de 27 de março, que aprova o Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Setor dos Transportes (RGCE Transportes), devem realizar uma auditoria a cada quatro anos e garantir que essas auditorias cumprem com todos os requisitos previstos no referido regulamento e também dos requisitos previstos no anexo IV ao presente decreto-lei;*
- *As empresas que não sejam PME cujos edifícios estejam sujeitos às auditorias periódicas previstas no Decreto--Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), devem:*
  - a) *No caso dos grandes edifícios de comércio e serviços, sujeitos a avaliações energéticas com uma periodicidade de oito anos, garantir que essas avaliações cumprem com todos os requisitos previstos no SCE e também dos requisitos previstos no anexo IV ao presente decreto-lei, devendo, no decurso do quarto ano realizar uma auditoria nos termos do referido anexo;*

- b) No caso dos demais edifícios ou frações abrangidos pelo SCE, e sem prejuízo das obrigações ali previstas, garantir a realização de uma auditoria energética a cada quatro anos, nos termos do anexo IV ao presente decreto -lei (...)*”.

No caso de instalações não PME que se encontrem abrangidas pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), apesar de estas não estarem abrangidas pelo SGCIE, de acordo com o disposto no n.º 1 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 68-A/2015, estão igualmente obrigadas à realização da primeira auditoria energética obrigatória (até 5 de dezembro de 2015) (PLMJ Sociedade de Advogados, RL, 2015).

A par das auditorias energéticas obrigatórias, as empresas não PME estão também obrigadas, segundo o artigo 13º do mesmo disposto legal, ao cumprimento de um sistema de registo. Para o efeito, estas empresas devem registar-se junto da DGEG, sendo-lhes atribuído um código de identificação ao qual é associada toda a informação relativa aos seus consumos totais de energia, com o objetivo de monitorizar a evolução dos mesmos (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015). Estas empresas devem ainda registar, de quatro em quatro anos, os seus consumos de energia relativos aos anos anteriores (PLMJ Sociedade de Advogados, RL, 2015):

- a) No portal do SGCIE, para as unidades industriais;
- b) No portal do SCE, para edifícios de habitação e de comércio e serviços;
- c) No portal do RGCE Transportes, para os transportes.

Em anexo, no final do presente documento (anexo VI), é apresentado um fluxograma de implementação do Decreto-Lei nº68-A/2015, de 15 de abril, realizado no decorrer do estágio curricular na empresa CCEnergia, Auditoria E Consultoria Energética, Lda. Este representa de uma forma clara e resumida, os principais pontos constantes neste disposto legal, no que diz respeito à realização de auditorias energéticas (Secção IV deste decreto lei) e interação com o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE).

## **2.5 ALTERAÇÕES AO DECRETO-LEI Nº 71/2008, DE 15 DE ABRIL**

No que diz respeito a matéria de eficiência energética, o Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, veio propor algumas alterações à legislação em vigor, nomeadamente ao Decreto-Lei 71/2008, de 15 de abril (SGCIE) e ao Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de Agosto. No que diz respeito a este último, uma vez que no presente relatório este não foi abordado ao pormenor, não fará sentido analisar as alterações efetuadas.

Relativamente ao Decreto-Lei 71/2008, de 15 de abril, que regula o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), foram feitas alterações ao artigo 6º e 7º do mesmo, no que diz respeito à periodicidade da realização de auditorias energéticas obrigatórias e às metas a atingir no final da implementação do PReN.

Com a aplicação deste disposto legal, as instalações com um consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, passam a estar obrigadas à realização de auditorias energéticas de oito em oito anos, sendo que a primeira destas deve ser realizada no prazo de quatro meses após o registo junto do SGCIE (a periodicidade anterior era de 6 em 6 anos, conforme descrito na secção 2.4.4, do presente documento). No que diz respeito às metas a atingir no final do período de vigência, a nova legislação obriga, no mínimo, a uma melhoria de 6% em oito anos nos valores da intensidade energética e consumo específico, para instalações com um consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou melhoria de 4 em oito anos para as restantes instalações. Relativamente aos valores da intensidade carbónica não houve qualquer alteração relativamente ao Decreto-Lei nº71/2008, ou seja, no mínimo deverão ser mantidos os valores históricos de intensidade carbónica (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015).

## **2.6 SISTEMA DE INCENTIVOS À PROMOÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

### **2.6.1 Portugal2020 – PO SEUR**

O programa Portugal 2020 resulta de uma estratégia europeia denominada “Europa 2020”, a qual visa a União Europeia (EU) e os Estados-Membros, evoluir e atingir até o ano de 2020 níveis elevados de desempenho em cinco áreas fundamentais (Comissão Europeia, 2016):

- Emprego;
- Inovação;
- Educação;
- Inclusão social;
- Clima/Energia.

Para o efeito, a Comissão Europeia conta com a atuação de 5 Fundos Europeus Estruturais e de Investimento. Os fundos comunitários destinados a Portugal até 2020 totalizam cerca de 25 mil milhões de euros e têm como destino-alvo quatro objetivos estratégicos centrais (prioridades de intervenção) (Portugal 2020, 2016):

- Competitividade;
- Inclusão Social e Emprego;
- Capital Humano;
- Sustentabilidade e Eficiência no Uso de recursos.

O último tópico acima mencionado está diretamente relacionado com a temática da eficiência energética, sendo por isso aquele que tomará destaque no presente documento. Neste âmbito, foi criado a nível nacional, o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR) – que tem como objetivo principal “(...) contribuir para a afirmação da Estratégia Europa 2020, especialmente na prioridade de crescimento sustentável, respondendo aos desafios de transição para uma economia de baixo carbono, assente numa utilização mais eficiente de recursos.” (Portugal 2020, 2016).

Através do PO SEUR Portugal vai dispor de 2.252 milhões de euros para responder a três desafios que se traduzem nos pilares estruturais e eixos de financiamento deste programa: (Portugal 2020, 2016)

1. **Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os setores** – Visa atingir as metas e os compromissos internacionais assumidos em matéria de eficiência energética e utilização de energia proveniente de fontes renováveis;
2. **Promover a adaptação às alterações climáticas e a prevenção e gestão de riscos** – resulta de Portugal ser dos países europeus com maior vulnerabilidade aos impactos das alterações climáticas que tendem a intensificar os riscos de seca, incêndio florestal, erosão costeira, cheias e inundações;
3. **Proteger o ambiente e promover a eficiência dos recursos.**

Os objetivos específicos, relativos aos três eixos supramencionados, assim como as respetivas prioridades de investimento, poderão ser consultados, em anexo, no final do presente documento (ver anexo IV). Segundo o *website* oficial do Programa Portugal 2020, os resultados que se pretendem atingir com a implementação deste programa *“permitirão a Portugal prosseguir a transformação estrutural do seu modelo de desenvolvimento, criando condições para uma maior coesão e convergência no contexto europeu, contribuindo assim para a afirmação da estratégia Europa 2020.”* (Portugal 2020, 2016).

## 2.6.2 Fundo de Eficiência Energética (FEE)

O fundo de eficiência energética (FEE), criado pelo Decreto-Lei n.º 50/2010, de 20 de maio, “constitui um instrumento financeiro capaz de financiar os programas e medidas previstas no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) em todas as suas linhas de atuação” (PNAEE, 2016). São destacados como principais objetivos deste sistema de incentivos (PNAEE, 2016):

- *Financiar os programas e medidas previstas no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE 2016);*
- *Incentivar a eficiência energética, por parte dos cidadãos e das empresas;*
- *Apoiar projetos de eficiência energética e promover a alteração de comportamentos;*

O fundo de eficiência energética (FEE) está alinhado com a política de desenvolvimento económico, social e territorial constante no programa “Portugal 2020” (ver secção 2.6.1). Neste âmbito, o FEE tem ainda como objetivo “*impulsionar operações que servirão de base à definição de projetos em maior escala financiados no âmbito do Portugal 2020, e que visem igualmente a implementação das medidas do PNAEE 2016, em complementaridade com os objetivos deste Fundo.*” (PNAEE, 2016).

O sistema de incentivos do FEE funciona com base em “avisos” específicos lançados ao longo do ano e direcionados para diferentes áreas e tipos de atividade. A sua comunicação é feita com recurso ao portal do FEE (link: [www.pnaee.pt/avisos-fee](http://www.pnaee.pt/avisos-fee)) e da ADENE e ao envio pontual de comunicações, por via de correio eletrónico, aos principais meios de comunicação social e público estratégico (por exemplo, grandes consumidores de energia) (PNAEE, 2016).

À data de elaboração do presente trabalho, o último relatório cujos resultados da campanha de incentivos foram transmitidos a público, foi o referente ao ano civil de 2015. Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise das candidaturas dos avisos FEE para este ano:

Tabela 3 Resultados obtidos para os avisos lançados em 2015 (Comissão Executiva da Estrutura de Gestão do PNAEE, 2015) (Adaptado pelo autor)

<b>Avisos FEE 2015</b>	<b>Estado *</b>	<b>Nº Candidaturas Recebidas*</b>	<b>Nº Candidaturas Elegíveis*</b>	<b>Dotação Orçamental*</b>	<b>Comparticipação FEE*</b>
Aviso 09 - Auditoria Energética a Elevadores em Edifícios de Serviços	Em análise	116	Em análise	400.000,00 €	Em análise
Aviso 10 - Edifício Eficiente	Em análise	211	Em análise	1.000.000,00 €	Em análise
Aviso 11 - Hotelaria - Incentivo À promoção da Eficiência Energética	Comunicação Resultados: Relatório Preliminar	5	5	.400.000,00 €	76.925,00 €
Aviso 12 - Requalificação de Sistemas Solares Térmicos	Em análise	4	4	500.000,00 €	Em análise
Aviso 13 - SGCIE - Incentivo À promoção da Eficiência Energética II	Aguardar Homologação	19 (25 projetos)	14 (18 Projetos)	70.000,00 €	208.971,44 €
Aviso 15 - RGCE Transportes	Comunicação resultados: Relatório Preliminar	9	8	250.000,00 €	20.328,10 €
Aviso 18 - Redução de Consumos de Energia Reativa no Estado	Comunicação Resultados: Relatório Preliminar	332	246	300.000,00 €	596.122,03 €

Neste relatório são também apresentados os resultados dos avisos cujo ressarcimento dos beneficiários fora já concluído, considerando-se nestes casos, os avisos “fechados”. Na imagem em baixo apresentada pode ser verificado o contributo final das medidas implementadas pelos avisos concluídos para as metas definidas no PNAEE a nível da redução do consumo energético:

Tabela 4 Poupanças alcançadas com a implementação dos Avisos 02 e 04 (Comissão Executiva da Estrutura de Gestão do PNAEE, 2015)

<b>Aviso FEE</b>	<b>Poupança Estimada</b>	<b>Meta PNAEE 2016 (lp1m1 e lp1m2)</b>	<b>Contributo de execução</b>
Aviso 02	2.312 tep/ano	120.000 tep/ano	1,9%
Aviso 04	570 tep/ano		0,5%
<b>Total</b>	<b>2.882 tep/ano</b>	<b>120.000 tep/ano</b>	<b>2,4%</b>

Os dois avisos supramencionados foram direcionados aos operadores com ARCE, estabelecidos com a DGEG (ver secção 2.1.5), no âmbito do SGCIE (ver secção 2.4). Nestes foi possível apoiar as empresas/organizações através dos seguintes incentivos (Comissão Executiva da Estrutura de Gestão do PNAEE, 2015):

- Ressarcimento de 50% do custo das auditorias energéticas obrigatórias para operadores com consumos anuais inferiores a 1000 tep/ano, conforme o registo submetido no portal do SGCIÉ;
- Ressarcimento de 25% dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia.

Os avisos lançados no ano de 2016 foram, conforme apresentado na Figura 2.14, divididos em quatro áreas de atuação principais, indo ao encontro do que está estipulado no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE):

- Indústria;
- Residencial e Serviços;
- Transportes;
- Estado.

Neste ano, o orçamento previsto para o apoio de medidas de eficiência energética foi de 5,2 milhões de Euros. Seguidamente é apresentada a distribuição orçamental para cada uma das áreas supramencionadas (Calau, 2015):



Figura 2.14 Distribuição orçamental do FEE nas diversas áreas de abrangência – ano de 2016 (Calau, 2015)

### 2.6.3 Programa PPEC

O Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC) consiste num programa de incentivos à utilização eficiente de energia e tem como objetivo prioritário, *“apojar financeiramente iniciativas que promovam a eficiência e redução do consumo de eletricidade nos diferentes segmentos de consumidores.”* (ERSE B, 2014).

Este mecanismo de apoio à promoção da eficiência energética consiste na promoção de medidas que visam melhorar a eficiência no consumo de energia elétrica. Estas

medidas são propostas pelas entidades elegíveis para o efeito, segundo os regulamentos do programa, sendo destinadas aos consumidores dos diferentes segmentos de mercado (ERSE C, 2016):

- Indústria e Agricultura;
- Comércio e Serviços;
- Residencial.

Podem apresentar candidaturas ao PPEC as seguintes entidades (ERSE C, 2016):

1. Comercializadores de energia elétrica;
2. Operadores das redes de transporte e de distribuição de energia elétrica;
3. Associações e entidades que contenham nos seus estatutos a promoção e defesa dos interesses dos consumidores;
4. Associações Municipais;
5. Associações Empresariais;
6. Agências de Energia;
7. Instituições de Ensino Superior e Centros de Investigação.

No âmbito das entidades promotoras de medidas de eficiência energética, estão previstos dois tipos de concursos diferentes (ERSE C, 2016):

1. O primeiro está aberto a todas as entidades promotoras;
2. O segundo está aberto exclusivamente para promotores que não sejam empresas do sector elétrico (entidades 3 a 7, da lista anterior).

Esta separação de concursos foi feita principalmente com o objetivo de *“maximizar o número de agentes do programa, criando assim uma maior dinâmica de informação”* (ERSE C, 2016). Foi igualmente objetivo da ERSE com esta diferenciação atingir um público alvo mais diversificado, isto porque, muitos dos promotores abrangidos entre os pontos 3 e 7 têm uma forte presença a um nível regional, permitindo uma maior profundidade no alcance deste programa, *“privilegiando-se assim o efeito de proximidade”* (ERSE C, 2016).

Segundo a ERSE, *“(…) no concurso dirigido a todos os promotores privilegia-se a maximização dos benefícios económicos e no concurso dirigido aos promotores não*

*operadores do sector eléctrico são introduzidas restrições que tendem a reduzir o benefício económico, sendo por outro lado valorizado e potenciado o efeito multiplicador e de dispersão dos benefícios, diminuindo também o risco de açambarcamento de fundos.” (ERSE C, 2016).*

No que diz respeito às medidas de eficiência energética abrangidas por este programa, estas são divididas em dois grupos (ERSE C, 2016):

**1. Medidas Tangíveis:** contemplam a instalação de equipamentos com um nível de eficiência superior ao *standard* de mercado, conseguindo-se assim reduções de consumo mensuráveis quantitativamente. De modo a promover uma correta distribuição dos fundos disponíveis pelos diversos setores da economia. Estas medidas são classificadas segundo o segmento de mercado afetado, entre: Indústria e Agricultura; Comércio e Serviços; e Setor residencial. São exemplos de medidas tangíveis: (ERSE D, 2016)

- Aquecimento e refrigeração eficientes, nomeadamente, bombas de calor, instalação ou substituição de sistemas eléctricos mais eficientes de climatização;
- Iluminação eficiente, nomeadamente, novas lâmpadas e balastos de alto rendimento, sistemas de comando digitais, utilização de detetores de movimento em sistemas de iluminação de edifícios comerciais;
- Troca de eletrodomésticos por equipamentos mais eficientes;
- Outros equipamentos e aparelhos que visam a redução do consumo de energia eléctrica, nomeadamente, novos dispositivos eficientes, temporizadores para uma utilização otimizada da energia, redução de perdas em modo standby, transformadores de perdas reduzidas;
- Motores e sistemas de transmissão energeticamente eficientes, nomeadamente, maior utilização de comandos electrónicos e variadores de velocidade, programação de aplicações integradas, motores eléctricos de alto rendimento;
- Ventiladores e variadores de velocidade para aplicações energeticamente mais eficientes.

**2. Medidas Intangíveis:** divulgação de informação acerca de boas práticas no consumo de energia elétrica e seus benefícios, por exemplo através de ações de formação e/ou sensibilização, com vista à promoção de mudanças de comportamentos menos sustentáveis e adoção de melhores hábitos de consumo. Estas medidas são seriadas dentro de cada concurso (todos os promotores e promotores que não sejam empresas do sector elétrico), dando origem a mais duas listas ordenadas, por mérito decrescente, de medidas elegíveis.

As medidas candidatas ao PPEC são sujeitas a um concurso de seleção, cujos critérios estão definidos segundo a Diretiva ERSE n.º 4/2013, de 14 de março, aprovadas após parecer do Conselho Tarifário. A frequência de candidaturas ao PPEC é bienal, podendo as medidas intangíveis ter uma duração de implementação variável de 1 ou 2 anos e as medidas tangíveis uma duração de 2 anos (ERSE, 07). Na Figura 2.15 em baixo é apresentado um esquema simplificado do regime de acesso aos concursos para as entidades promotoras:

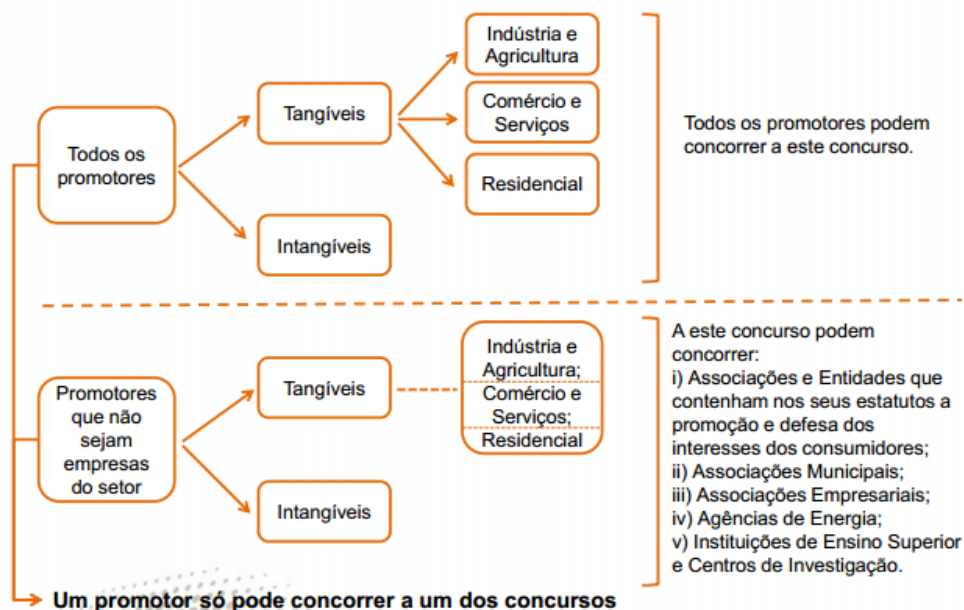


Figura 2.15 Estrutura de concursos ao PPEC (ERSE D, 2016)

### 2.6.3.1 Resultados PPEC 2013-2014

À data da elaboração do presente trabalho, a última edição efetivamente concluída deste programa foi a relativa ao biénio de 2013 a 2014. O concurso relativo a este

biénio foi muito competitivo, tendo sido apresentadas um total de 207 medidas por parte de 65 promotores (ERSE D, 2016). Na imagem seguinte pode observar-se a distribuição do número de medidas “Candidatas Vs. Aprovadas”, nesta edição do programa, bem como bem como os custos associados a cada uma da tipologia de beneficiários

Tabela 5 Promotores com medidas aprovadas – PPEC 2013-2014 (ERSE D, 2014)

Tipo de promotor	Número de Medidas				Custos (milhares €)			
	Candidatas		Aprovadas		Candidatas		Aprovadas	
Agências de energia	61	29%	27	39%	13.036	22%	5.825	25%
Associações de consumidores	8	4%	1	1%	1.947	3%	233	1%
Associações empresariais	23	11%	4	6%	5.398	9%	1.114	5%
Associações municipais	19	9%	6	9%	2.854	5%	754	3%
Comercializadores	71	34%	26	37%	29.260	50%	11.631	51%
Operadores de Redes de Distribuição	16	8%	3	4%	4.737	8%	2.982	13%
Universidades/Centros Tecnológicos	9	4%	3	4%	1.608	3%	470	2%
<b>Total</b>	<b>207</b>	<b>100%</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>58.840</b>	<b>100%</b>	<b>23.009</b>	<b>100%</b>

Relativamente à tipologia de medidas aprovadas, são apresentados nas Figura 2.16 e Figura 2.7 os resultados do biénio de 2013 a 2014, tanto para medidas tangíveis como para medidas intangíveis (ERSE C, 2016):

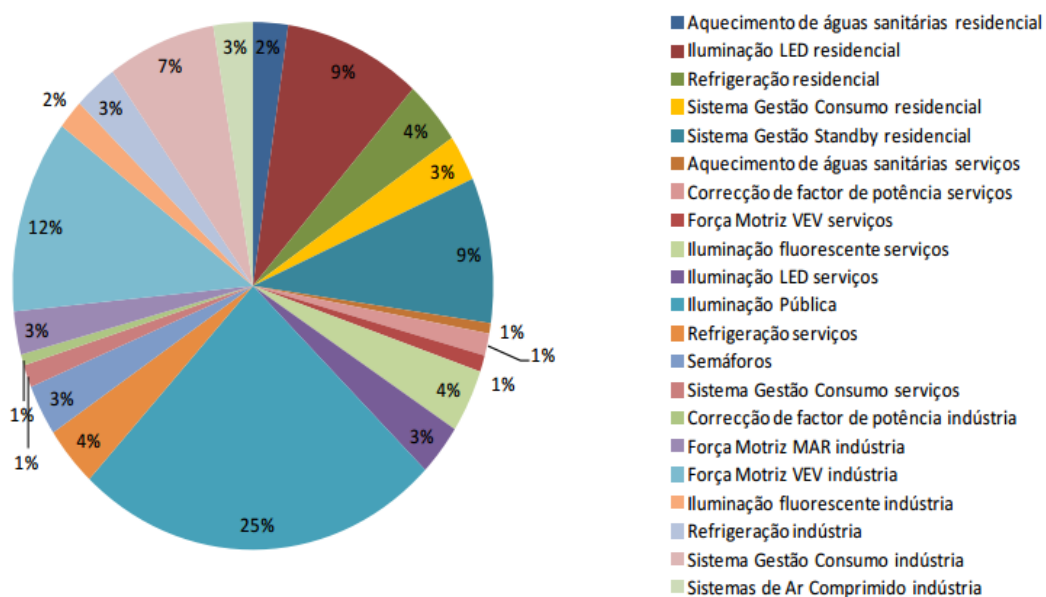


Figura 2.16 Tipologia das medidas tangíveis aprovadas (ERSE D, 2016)

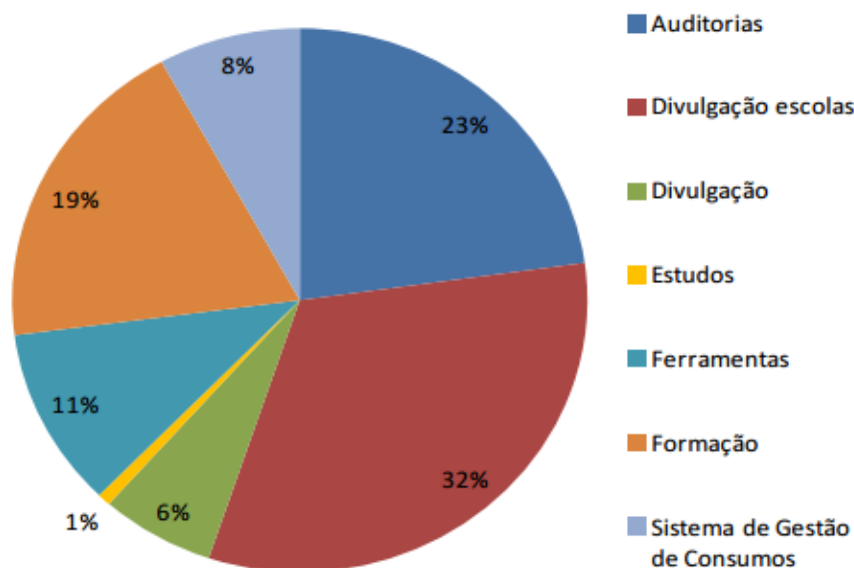


Figura 2.17 Tipologia das medidas intangíveis aprovadas (ERSE D, 2016).

A edição mais recente do programa PPEC diz respeito ao biénio de 2017 a 2018. Nesta edição, as candidaturas das entidades promotoras estiveram abertas até dia 15 de abril de 2016. O orçamento para esta edição é 11,5 milhões de Euros/ano. A repartição orçamental foi aprovada através de despacho do membro do Governo responsável pela área de energia, sendo apresentada no quadro seguinte.

Tabela 6 Repartição Orçamento PPEC 2017-2018 (ERSE D, 2016)

	Orçamento Anual	
	PPEC 2017-2018	
	%	Euros
Tangíveis (todos os promotores)	61%	7.000.000,00
<i>Indústria e Agricultura</i>	30%	3.500.000,00
<i>Comércio e Serviços</i>	17%	2.000.000,00
<i>Residencial</i>	13%	1.500.000,00
Tangíveis (promotores não empresas do sector)	17%	2.000.000,00
Intangíveis (todos os promotores)	9%	1.000.000,00
Intangíveis (promotores não empresas do sector)	13%	1.500.000,00
<b>Total PPEC</b>		<b>11.500.000,00</b>

#### 2.6.4 Programa ECO.AP

O programa ECO-AP foi um programa lançado através da Resolução do Conselho de Ministros nº2/2011, inserido igualmente nas diretrizes do Plano Nacional para a Eficiência Energética (PNAEE) para a promoção da eficiência energética na Administração Pública. (Cardoso, 2016)

O grande objetivo deste programa é “obter um nível de eficiência energética na ordem dos 30% até 2020 nos organismos e serviços da Administração Pública sem aumentar a despesa pública e permitindo ao mesmo tempo estimular a economia no sector das empresas de serviços energéticos, através da criação do quadro legal destas empresas e da contratação pública de gestão de serviços energéticos. (...)” (PNAEE, 2016).

O PNAEE aponta para que, em 2020, 2225 edifícios públicos disponham de certificado energético e, desses, 500 deverão ser alvo de um contrato de desempenho energético a realizar por empresas de serviços de energia (ESE) (Cardoso, 2016). Na Tabela 7 são apresentados os dados relativos às estimativas do impacto previsto da aplicação deste programa, na redução no consumo de energia final e primária:

Tabela 7 Impacto do programa ECO.AP no PNAEE 2016 (Cardoso, 2016)

Medida Ep1m2		Energia final	Energia primária
Resultados	Energia economizada (tep)	4.769	6.806
Metas	Meta a 2016 (tep)	66.133	94.393
	Execução face a 2016	7%	
	Meta a 2020 (tep)	139.755	199.476
	Execução face a 2020		3%

Na base da estruturação deste programa foi criado um procedimento específico de contratação por partes dos organismos públicos, que permite a celebração de contratos de gestão desempenho energéticos (CDE) com as empresas de serviços energéticos (ESE) que se encontrem devidamente registadas e qualificadas para o efeito, segundo o despacho normativo nº15/2012. O regime jurídico aplicável à formação e execução destes contratos é estabelecido no Decreto-Lei nº29/2011. (Cardoso, 2016)

Para a celebração deste contrato é utilizado um caderno de encargos tipo, segundo a publicação da portaria nº 60/2013, o que ajuda no estabelecimento das linhas gerais de operação e contratualização, sendo suscetível de alterações menores mediante cada caso. (Cardoso, 2016) Na celebração destes contratos está igualmente prevista a eleição de um “gestor local de energia” que será responsável pela “(...) dinamização e verificação das medidas para a melhoria da eficiência energética.” (PNAEE, 2016). Estes últimos são nomeados pelos diversos organismos da administração direta e

indireta do Estado e têm como principal missão apoiar a implementação do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.AP) nas suas instalações, assegurando a correta condução de todo o processo e monitorizando possíveis situações anómalas. (PNAEE, 2016)

Tratando-se de um sistema de incentivos dirigido a organismos públicos, os resultados obtidos têm obrigatoriamente de ser divulgados, tendo sido para o efeito criado um mecanismo denominado de “Barómetro Eco.AP”. Este último *“através de um mecanismo de avaliação e ranking de entidades, promove a competição entre entidades públicas, comparando e divulgando publicamente o ranking de desempenho energético dos serviços e organismos da administração direta e indirecta do estado, através de uma bateria de indicadores.”* (PNAEE, 2016).

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## 3 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

---

### 3.1 ENQUADRAMENTO

A adoção de medidas de eficiência energética nas organizações, conforme já abordado, é muito mais do que uma simples imposição legal. Na realidade, os responsáveis de instalações consumidoras intensivas de energia, começam cada vez mais a pensar na eficiência energética como um investimento e não como um custo. Esta é sem dúvida uma mudança de mentalidade muito importante e, para que esta mudança seja uma realidade, foi e continua a ser fulcral o papel de empresas de serviços energéticos na promoção e implementação de soluções de eficiência energética. Mais do que fazer uma mera identificação de possíveis MURE a adotar nas instalações, uma auditoria energética visa demonstrar quantitativamente aos gestores das instalações, a viabilidade das mesmas, tanto do ponto de vista técnico, como económico.

Qualquer MURE terá indubitavelmente um retorno financeiro, uma vez que irá promover a eficiência na utilização e exploração da energia nas suas diversas formas, contribuindo para a redução da fatura energética. Partindo deste pressuposto, todas as medidas identificáveis serão vantajosas (e de facto são!), no entanto, caberá ao cliente escolher quais as medidas que quer implementar do conjunto de todas as medidas identificadas em auditoria. Esta escolha será feita tendo em conta 4 fatores fundamentais (Capehart *et al*, 2006):

- Investimento Inicial;
- Disponibilidade de capital;
- Potencial de poupança anual (energética e conseqüentemente económica);
- Período de retorno do investimento (PRI);

Segundo o Decreto-lei nº68-A/2015 de 30 de abril (ver secção 2.4.9), as auditorias energéticas devem: *“(...) assentar, sempre que possível, numa análise dos custos ao longo do ciclo de vida, em vez de períodos de retorno simples, a fim de ter em conta as economias a longo prazo, os valores residuais dos investimentos de longo prazo e as taxas de atualização.”* (Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, 2015).

Por esta razão, torna-se fundamental que o profissional de engenharia que trabalhe neste setor tenha um conhecimento claro acerca de cálculo financeiro, em particular no que diz respeito à análise e avaliação de projetos de investimento.

A avaliação de projetos de investimento tem como propósito fundamental estudar e comparar os custos e os benefícios de um projeto, de forma a permitir aos responsáveis decidir sobre a conveniência da sua execução. Para o efeito, a avaliação de projetos permite (Abreu, 2016):

- Avaliar o interesse de várias propostas com a estratégia da organização;
- Efetuar estudos de viabilidade económica;
- Efetuar estudos de viabilidade técnica e financeira;
- Comparar projetos alternativos;

Dada a importância deste tema, no presente capítulo deste documento é pretendido explorar os principais indicadores que estão ligados à avaliação de projetos de investimento, no que diz respeito à sua viabilidade económica, assim como alguns conceitos fundamentais associados a esta temática.

### **3.2 PRINCÍPIO DO VALOR TEMPORAL DO DINHEIRO**

Qualquer investimento e/ou projeto, implica prescindir de capital disponível e seguro, que poderia perfeitamente ser rentabilizado de outra qualquer forma, por exemplo, através de uma aplicação financeira. Neste caso em particular, o capital investido inicialmente será incrementado ao longo do período de investimento, devido à existência de uma taxa de juro ( $i$ ) oferecida pelo setor bancário e/ou financeiro (Carvalho M. , 2015).

A taxa de juro ( $i$ ) representa nada mais do que a remuneração oferecida (em percentagem) por 1 unidade de capital investido (por exemplo 1 euro) para uma dada unidade de tempo. Sendo assim, no final de cada período de investimento (semestral, mensal, etc...), ao capital investido inicialmente, será somado o juro obtido por essa aplicação financeira. Segundo (Abreu, 2016): *“(...) o juro é o preço do uso, temporário ou definitivo do capital alheio. Representa o acréscimo de valor de um determinado capital investido durante um determinado período de tempo – o período de aplicação. O Juro ( $J$ ) é função do capital ( $C$ ), tempo ( $n$ ), e taxa de juro ( $i$ )”*.

A Figura 3.1 demonstra bem o conceito de aumento do capital investido com a aplicação de uma taxa de juro. Durante o período compreendido entre  $t$  e  $t+1$  (uma unidade de tempo), a unidade de capital  $C$  vai sofrer um acréscimo de valor. Este acréscimo de valor será o juro (representado por  $i$ ), que vai transformar o capital unitário inicial, no capital  $1+i$ , ao fim de uma unidade de tempo ( $n=1$ ) (Abreu, 2016).

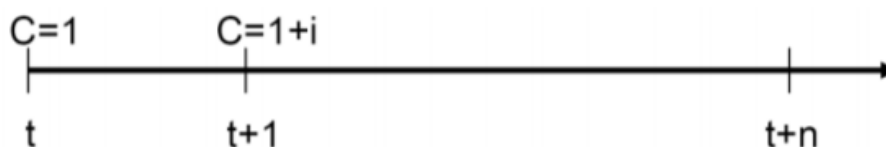


Figura 3.1 Aumento do capital por aplicação de taxa de juro

Da imagem em cima apresentada, facilmente se percebe que o valor do capital varia com o tempo, devido à oportunidade de gerar ainda mais capital com um investimento. O objetivo de qualquer investimento é, portanto, a maximização do capital investido.

O valor temporal do dinheiro, (conceito original em inglês: *time value of money*), é o conceito de que um euro recebido no presente, vale mais do que um euro recebido no futuro, porque o euro recebido no presente pode render juros até ser recebido o euro futuro. O conceito do valor temporal do dinheiro é a base de uma correta análise de investimentos (Think Finance, 2009).

### 3.2.1 Taxa de Atualização do Capital

Uma vez que o valor do capital é variável ao longo do tempo, para se efetuar uma comparação entre capitais futuros e do presente, estes terão necessariamente de ser reportados todos a um mesmo período, sendo usual atualizar todos os fluxos de capital para o momento inicial do investimento (Período de referência).

Na ótica de uma correta análise de investimentos é necessário considerar fatores de atualização, que corrigem os valores anuais das diferenças de valor verificadas ao longo do tempo. O fator utilizado neste contexto é denominado de taxa de atualização do capital (originado do termo inglês *Discount Rate*).

A taxa de atualização é um fator determinante para o cálculo de um dos indicadores financeiros mais importantes na análise de projetos, o valor atual líquido, vulgarmente denominado por VAL (ver secção 3.3.2). É também conhecida por custo de

oportunidade do capital ou taxa mínima de rentabilidade do projeto. No fundo não é mais do que a rentabilidade que o investidor exige para implementar um projeto de investimento e é utilizada para atualizar os *cash flows* gerados pelo mesmo (ver secção 3.3.1). Este fator visa “compatibilizar valores monetários futuros, isto é, procura determinar que valor tem no momento presente, determinado capital que se irá consumir ou receber no futuro” (Henriques, 2015).

Desta forma, é possível calcular o valor do dinheiro gerado futuramente (rentabilidade do projeto) atualizado ao período inicial, para assim ser possível realizar uma análise quantitativa da viabilidade do investimento (dado o valor do dinheiro mudar ao longo do tempo é necessário converter toda a quantia para o mesmo período). A fórmula de cálculo que permite atualizar o valor do capital futuro é a seguinte (Henriques, 2015):

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} \tag{1}$$

Em que:

$P$  – Capital Atual (ano 0) (Valor no Presente/Atual);

$F$  – Capital a receber no fim do período de «n» períodos (Valor Futuro);

$i$  – Taxa de atualização

$n$  – Número de períodos (semestres, anos, etc...);

Da equação acima apresentada conclui-se que quanto maior for a taxa de atualização “ $i$ ”, menor será o valor atual “ $P$ ”. Uma taxa de atualização elevada representa que o capital futuro será elevado, ou seja, que o dinheiro teve pouca ou nenhuma desvalorização durante o período de investimento, tendo inclusive rentabilizado. No entanto é importante frisar que o fundamental é que a taxa de atualização seja o mais real possível, de modo a aumentar o grau de confiança do investidor no projeto.

A taxa de atualização depende essencialmente de 3 fatores, e é calculada utilizando a expressão (2) (Carvalho M. , 2015):

$$i = [(1 + T_1) \times (1 + T_2) \times (1 + T_3)] - 1 \quad (2)$$

Em que:

$T_1$  – **Taxa de Inflação**

$T_2$  – **Taxa de Risco:** quanto mais arriscado for o investimento, maior será a taxa de atualização a utilizar, porque maior será também a rentabilidade do projeto;

$T_3$  – **Remuneração do Capital:** ganhos com o investimento

### 3.2.2 Capitalização Vs. Atualização

A variação do valor do dinheiro diz sempre respeito a um dado momento de referência. Este é, conforme já explicado, o momento em que é efetuado/constituído o investimento. Desta forma, conforme apresentado na Figura 3.2, podem distinguir-se 3 estágios fundamentais para o valor do capital investido/a investir num dado projeto e/ou aplicação financeira (Abreu, 2016):

- **Valor Presente (P):** Valor do capital no momento de referência;
- **Valor Futuro (F):** Valor do capital acumulado num momento posterior ao momento de referência;
- **Valor Descontado:** Valor do capital num momento anterior ao momento de referência.

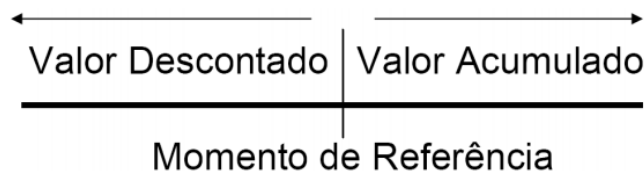


Figura 3.2 Variação temporal do valor do dinheiro (Abreu, 2016):

Para uma correta análise e avaliação de projetos de investimento, é importante para os responsáveis das organizações e/ou gestores de projeto quantificar diretamente as variações do valor do capital, que ocorrem durante o período de investimento. Este ponto é particularmente importante para que se efetuem comparações quantitativas

entre o Valor Presente (P) e o Valor Futuro (F). Trata-se fundamentalmente de fazer equivalências entre valores iniciais e valores esperados, ao fim de um certo período de investimento (Abreu, 2016).

O cálculo financeiro inerente à análise de investimentos permite a comparação dos diversos fluxos financeiros (presente e futuro). No entanto, conforme já explicado, só é possível comparar fluxos financeiros (ou realizar qualquer operação matemática sobre eles) quando todas as entradas ou saídas de dinheiro são referidas ao mesmo momento de tempo – homogeneização (Lopes, 2012).

Para o efeito, surgem dois conceitos fundamentais de análise de investimentos: capitalização e atualização, apresentados na Figura 3.3. Estes conceitos permitam responder a duas questões importantes para o investidor (Lopes, 2012):

1. Investindo hoje uma quantia P (valor atual), qual será o montante F (valor futuro) que se terá obtido após n períodos, com uma taxa de juro (i)? - Capitalização
2. Qual o montante que deverá ser investido hoje (P) para se obter um montante F após n períodos, dada uma taxa de juro i? - Atualização

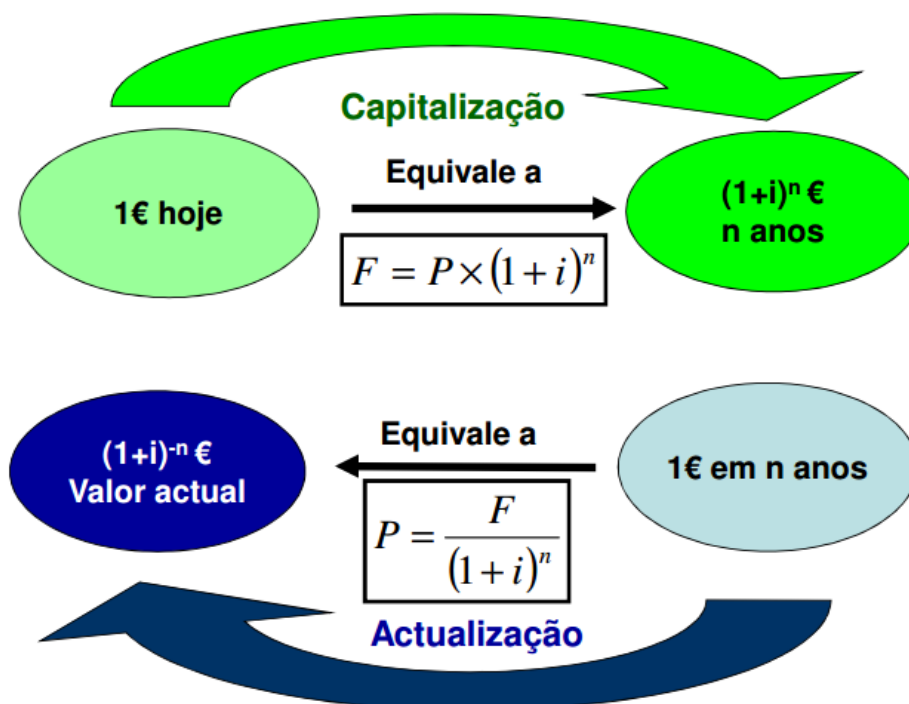


Figura 3.3 Capitalização Vs. Atualização (Abreu, 2016)

A capitalização trata-se, portanto, de uma projeção do cenário futuro do investimento, ou seja, calcular o valor futuro (F) acumulado, para um dado valor atual (P) (investimento inicial). Por outro lado, a atualização, como o próprio nome sugere, consiste em calcular qual o valor inicial do investimento necessário (Valor Atual P), para se atingir um determinado objetivo em termos de valor futuro (F) (Abreu, 2016).

### **3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS**

Os indicadores de avaliação de investimentos mais usados na avaliação de projetos de investimentos são: o Valor Atual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), o Período de Retorno do Investimento (PRI) e Índice de Rentabilidade do Projeto (IR). Estes indicadores fornecem ao investidor uma previsão credível da viabilidade económica do investimento/projeto. Seguidamente será efetuada uma caracterização de cada um destes indicadores e em que medida cada um deles é de facto um elemento preponderante na decisão de avançar ou não com determinado investimento/projeto.

#### **3.3.1 Cash-flows**

Um projeto de investimento é avaliado de acordo com a sua capacidade de gerar valor (maximização do capital), critério que sustenta a decisão de investir ou não por parte do(s) investidor(es). Durante o seu período de vida útil, o projeto gera fluxos financeiros decorrentes da exploração da atividade inerente, sendo estes fluxos financeiros vulgarmente designados por fluxos de caixa, ou Cash-flows (Gomes, 2011).

Dentro dos fluxos financeiros (*cash-flows*) associados a um projeto existem fluxos financeiros positivos (*inflows*) e fluxos financeiros negativos (*outflows*). Os primeiros correspondem a entrada de capital, enquanto, os segundos a saídas de capital, podendo agrupar-se os diferentes fluxos em três grupos distintos (Abreu, 2016):

- **Despesas de investimento (D<sub>i</sub>) (*outflows*)** – Fluxos diretamente originados pelo investimento (custo das máquinas, edifícios, entre outros). São fluxos negativos e ocorrem no início do período a que dizem respeito (investimentos).

- **Receitas ( $R_i$ ) (inflows)** – Fluxos gerados pela exploração do investimento, i.e., receitas geradas (vendas, manutenção, mão-de-obra, entre outros). São fluxos positivos e ocorrem no final do período a que dizem respeito.
- **Valor Residual ( $V_r$ ) (inflows)** – Fluxos associados ao fim de vida útil do investimento (receitas da venda de equipamento, despesas com desmantelamento, entre outros), podendo ser positivos ou negativos e ocorrendo no final da vida útil do investimento

Os *cash-flows* (*inflows* e *outflows*) dizem respeito ao fim do período a que se reportam. Estes são vulgarmente representados através de um diagrama de fluxos financeiros ou diagrama de *cash-flows* (ver Figura 3.4). Este diagrama procura evidenciar não apenas o seu valor, mas igualmente o momento e a periodicidade com que se geram tanto os fluxos positivos como os negativos (Abreu, 2016).

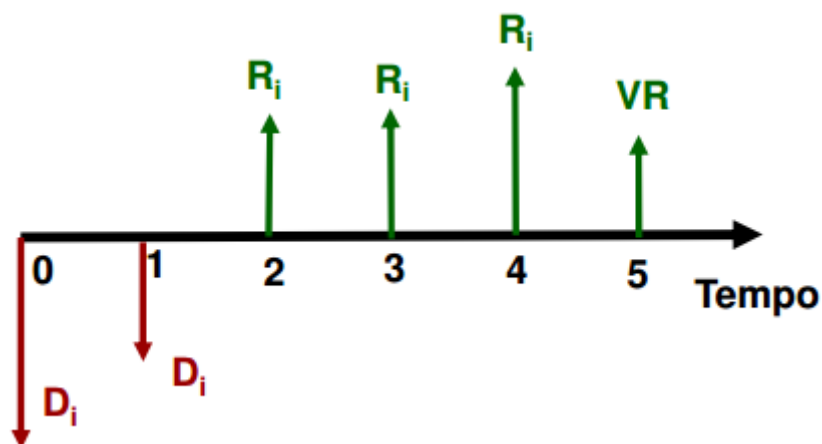


Figura 3.4 Diagrama de Fluxos Financeiros/Diagrama de Cashflows (Abreu, 2016)

Assim, a rentabilidade de um projeto é mensurável através do cálculo dos seus *cash-flows*, cujo valor tem por base os fluxos de receitas e de custos económicos gerados pelo mesmo. Um projeto é considerado viável do ponto de vista económico, quando o somatório dos *cash-flows* atualizados a um mesmo período de tempo é positivo, ou seja (Abreu, 2016):

$$\sum_{t=0}^{n-1} D_i \times (1+i)^{-t} + \sum_{t=1}^n R_i \times (1+i)^{-t} + V_r \times (1+i)^{-t} > 0 \quad (3)$$

Onde:

$D_i$  – Despesas de Investimento

$R_i$  – Receitas

$V_r$  – Valor Residual

$i$  – Taxa de Atualização do projeto/investimento

$t$  – Número do período (por exemplo: ano 1, ano 2, ano 3, ...)

$n$  – Número total de períodos/anos de vida útil do projeto

### 3.3.2 Valor Atual Líquido (VAL)

Este indicador tem por base a atualização de todos os *cash flows* de um determinado projeto/investimento para a mesma unidade temporal, a fim de poderem ser comparados. Resumidamente, o VAL consiste na diferença entre a soma algébrica todas as despesas e de todas as receitas inerentes a um determinado projeto atualizadas para o mesmo período (Sánchez *et al*, 2000):

$$VAL = (\text{investimento} + \text{custos de exploração}) - \text{poupanças} \quad (4)$$

A principal vantagem da análise do VAL é a possibilidade de fornecer ao(s) investidor(es) uma previsão suficientemente realista da viabilidade económica de um determinado projeto. Para isso é necessário na sua utilização “(...) estabelecer um

prazo de vida útil do investimento, isto é, período de tempo durante o qual o investimento tem utilidade económica.” (Rodrigues et al, 1988).

O valor atual líquido pode ser calculado utilizando a expressão (5) (Abreu, 2016):

$$VAL = \sum_{t=0}^{n-1} D_t \times (1+i)^{-t} + \sum_{t=1}^n R_t \times (1+i)^{-t} + V_r \times (1+i)^{-n} \quad (5)$$

Após cálculo do VAL, a análise do projeto é feita tendo 3 cenários possíveis (Gomes, 2011):

- **VAL > 0** – O projeto é economicamente viável. O projeto/investimento irá gerar retorno suficiente para cobrir o investimento inicial e ainda gerar capital excedente para o investidor (lucro). Quanto maior for o VAL, mais seguro será o investimento e maior será a margem de lucro;
- **VAL = 0** - O projeto atinge o ponto de equilíbrio (tecnicamente denominado de “Ponto Morto”, do termo originário inglês: *Break Even Point*, onde não existe ganho, nem perda). Neste caso, o projeto/investimento irá gerar retorno suficiente para cobrir o investimento inicial, mas não irá gerar lucro para o investidor. Este é um ponto crítico, pelo dado à margem de incerteza sempre associada a qualquer investimento, a decisão de avançar com o investimento deve ser muito cautelosa, porque poderá facilmente gerar uma situação de prejuízo financeiro;
- **VAL < 0** – O projeto não é economicamente viável, pelo que o investidor não deverá avançar com o mesmo.

### 3.3.3 Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)

A taxa interna de rentabilidade (TIR) é um indicador financeiro que permite avaliar a rentabilidade intrínseca do capital investido num projeto (Lopes, 2012). Este indicador reflete o limiar de rentabilidade, ou ponto de equilíbrio ou de indiferença entre fazer, ou não, o projeto. Em termos analíticos, corresponde à taxa de rendimento que faz

com que o valor atual líquido (VAL) seja nulo ( $VAL_{receitas}=VAL_{despesas}$ ), conforme apresentado na expressão (6) (Sánchez *et al*, 2000):

$$\sum_{t=0}^{n-1} D_t \times (1+i)^{-t} + \sum_{t=1}^n R_t \times (1+i)^{-t} + V_r \times (1+i)^{-n} = 0 \quad (6)$$

Este cálculo nos dias de hoje é relativamente simples com recurso às calculadoras e computadores modernos. No entanto, antes da existência destes equipamentos, o cálculo da TIR era substancialmente mais moroso, sendo utilizado um método iterativo para encontrar valores de VAL próximos de zero. A TIR precisa era posteriormente calculada por interpolação linear das duas taxas que geravam, os dois valores de VAL, um positivo e um negativo, mais próximo de zero (Lopes, 2012).

Uma vez determinada, a TIR é comparada com a taxa média do financiamento do investimento (taxa de referência para o projeto/investimento) ou com a taxa de rentabilidade mínima que o investidor está disposto a aceitar para avançar com o projeto (valor arbitrado). Se a TIR calculada for superior a esta taxa de referência, o projeto/investimento terá viabilidade teórica para ser realizado, caso contrário, o mesmo não deverá ser executado (Abreu, 2016).

### 3.3.4 Período de Retorno do Investimento (PRI)

Quando se tratam de MURE pouco complexas, com investimentos não muito avultados e de fácil implementação (sem que seja necessário um projeto complexo), os três parâmetros acima descritos são calculados de forma direta, sendo o período de retorno do investimento o quociente entre o investimento inicial e as poupanças na fatura energética:

$$\text{Período de Retorno do Investimento (anos)} = \frac{\text{Investimento Inicial (€)}}{\text{Poupança anual } \left(\frac{€}{\text{ano}}\right)} \quad (7)$$

A equação acima descrita representa o cálculo do Período de Retorno do Investimento Simples (PRS). Quando se trata de projetos de maior envergadura, em que os investimentos são avultados, é necessário fazer uma análise e avaliação do

investimento do projeto. Assim, é conveniente utilizar uma expressão que considere não os valores nominais, mas sim os valores atualizados, conforme apresentado na expressão (8) (Sánchez *et al*, 2000):

$$\sum_{t=1}^x R_i \times (1 + i)^{-t} = \sum_{t=0}^{n-1} D_i \times (1 + i)^{-t} \quad (8)$$

Onde:

$D_i$  – Despesas de Investimento

$R_i$  – Receitas

$V_r$  – Valor Residual

$i$  – Taxa de Atualização do projeto/investimento

$t$  – Número do período (por exemplo: ano 1, ano 2, ano 3, ...)

$n$  – Número total de períodos/anos de vida útil do projeto

### **3.4 METODOLOGIA LCC (LIFE CYCLE COST)**

Como anteriormente referido, em termos de auditorias energéticas, as análises de investimento devem sempre ter em conta os custos dos equipamentos ao longo do seu ciclo de vida. A auditoria energética como um serviço prestado tem como objetivo fundamental a redução dos encargos energéticos para os clientes com instalações consumidoras de energia. No entanto, não fará qualquer sentido em termos económicos, por exemplo, propor a instalação de um equipamento mais eficiente energeticamente, quando os custos de aquisição juntamente com os gastos em manutenção do mesmo tornam o retorno do investimento demasiado longo, tornando o investimento insustentável. É importante ter em conta que, com o aumento constante da competitividade dos vários mercados anexos à atividade de engenharia (em particular o mercado energético), e acima de tudo com os avanços tecnológicos que a sociedade atual enfrenta quase diariamente, os períodos de retorno de investimentos devem ser os mais curtos possíveis e ajustados ao âmbito da auditoria e do projeto realizado (Turner *et al*, 2006).

Resumidamente, Custos do Ciclo de Vida (tradução do termo original anglo-saxónico: *LCC-Life Cycle Cost*), consiste na análise de todos os custos de um produto, processos ou atividades ao longo da sua vida, tendo como objetivo a redução dos seus custos totais, sem comprometer a qualidade para atender às exigências dos investidores. Tal facto permite oferecer produtos mais eficientes com um custo total menor. Consequentemente, permite avaliar a importância da procura de alternativas com base nos custos do ciclo de vida do(s) produto(s) (Real, 2010).

Segundo (Berliner, 1992): *“O custo do ciclo de vida é necessário para: definir um quadro mais claro da rentabilidade do produto a longo prazo; mostrar a eficiência do planeamento do ciclo de vida; quantificar o impacto de custos da alternativa escolhida durante a fase de engenharia e desenho; e atribuir os custos de tecnologia para os produtos que a utilizam.”*

Os principais objetivos da análise CCV são (Real, 2010):

- Permitir que as opções de investimento sejam avaliadas com maior eficiência;
- Considerar o impacto de todos os custos em vez de apenas os custos capitais iniciais;
- Facilitar a escolha entre alternativas competitivas;
- Apresentar ao cliente um quadro mais realista dos períodos de retorno do investimento para determinado projeto.

Os Custos do Ciclo de Vida, correspondem aos custos que um produto causará à entidade compradora durante a sua vida útil. Neste tipo de abordagens, é necessário dividir os custos em parcelas que possam ser definidas e estimadas de forma distinta, facilitando tanto a quantificação dos custos, como a comparação entre alternativas. Genericamente, os custos de vida de um produto dividem-se em três parcelas: custos de aquisição, custos de manutenção e custos de exploração/operação (Beuren *et al*, 2008). Segundo (Atlas Copco, 2015) a última parcela é a que mais impacto tem nos custos do ciclo de vida do produto, conforme apresentado na Figura 3.5.

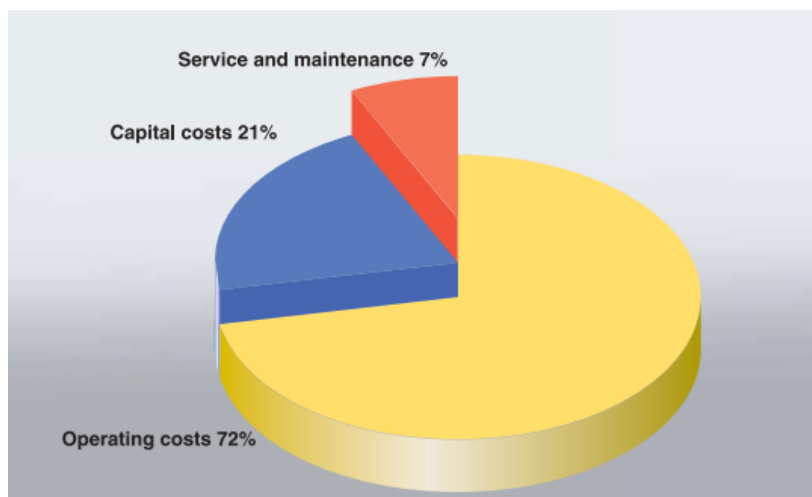


Figura 3.5 Distribuição dos custos do ciclo de vida de um compressor de ar (Atlas Copco, 2015)

Cada uma das parcelas em cima apresentadas terá várias subcategorias. Em anexo no final do presente trabalho (anexo VII) é apresentado um exemplo de uma árvore dos custos de aquisição e dos custos de manutenção. Relativamente aos custos de operação, os encargos energéticos do equipamento/sistema representam em muitos casos uma das maiores parcelas do custo total do ciclo de vida do produto, assim como o próprio custo de desmantelamento/substituição, um custo importante e que muitas vezes é negligenciado neste tipo de análises. A Figura 3.6 apresenta uma visão mais detalhada dos custos do ciclo de vida de um produto/equipamento consumidor de energia:



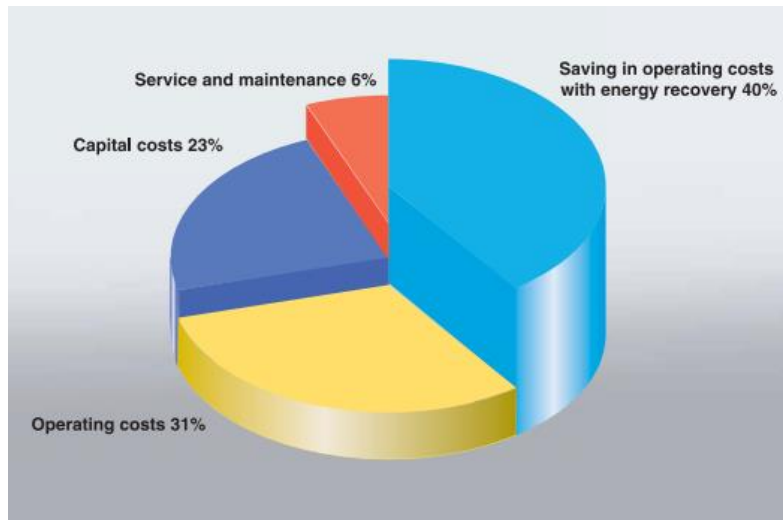
Figura 3.6 Custo do ciclo de vida de um produto (Lima, 2016)

Embora o cálculo do LCC forneça uma perspetiva o mais realista possível dos custos futuros de determinado equipamento ao longo do seu ciclo de vida, é importante ter em conta que este modelo tem algumas limitações, que poderão conduzir a desvios

entre o estimado e os custos finais efetivamente obtidos. Uma das grandes limitações do modelo prende-se com o facto de este estar empiricamente ligado com o conhecimento que se tem sobre o equipamento à data do estudo. Não se sabe exatamente qual será a sua degradação em determinado meio de operação nem exatamente custos com manutenção corretiva. Os custos da manutenção são calculados com base em análises de históricos de produtos semelhantes, muitas vezes desprovidos do contexto real de análise, o que conduz a um aumento da incerteza das previsões de custos do ciclo de vida (Beuren *et al*, 2008).

Por outro lado, as flutuações nos preços da energia são igualmente um fator importante a ter em conta, podendo ter mais ou menos relevância para o estudo, consoante o consumo energético anual do equipamento e do seu enquadramento no contexto global do projeto. É igualmente importante realçar que a profundidade e modelo de análise do LCC deve ser adaptado caso a caso, tendo em conta o âmbito e custos globais envolvidos na globalidade do projeto (Lima, 2016).

Em termos de auditorias energéticas é comum a introdução de outro conceito, o LCP: *Life Cycle Profit* (lucros do ciclo de vida). Este parâmetro pretende medir os lucros provenientes da instalação/compra de determinado equipamento. Como exemplo, refere-se à instalação de um sistema de recuperação de energia em compressores de ar, onde a parcela de lucro/retorno de investimento pode ser introduzida no gráfico de distribuição de custos do ciclo de vida, de forma a dar uma visão mais clara do retorno económico da instalação do equipamento. A Figura 3.7 mostra a inclusão desta parcela na Figura 3.5, seguindo o exemplo para um compressor de ar com sistema de recuperação de energia (Atlas Copco, 2015):



*Figura 3.7 Distribuição dos custos do ciclo de vida de um compressor de ar com sistema de recuperação de calor (Atlas Copco, 2015)*

## **4 CADEIA DE PROCESSOS DE UMA EMPRESA DE SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ESE): CASO DE ESTUDO**

---

Conforme já referido, o presente trabalho foi realizado no âmbito de um estágio de natureza profissional na empresa CCEnergia, Auditoria e Consultoria Energética, Lda. O presente capítulo tem como principais objetivos a identificação clara das principais etapas e processos associados a um serviço de auditoria energética, desde o primeiro contacto com o cliente, ao acompanhamento final após auditoria. Para o efeito, será efetuada uma caracterização geral da empresa em estudo e serão levados em conta os procedimentos internos da mesma como linha orientadora, de forma a ter uma perspetiva holística de toda a cadeia de processos associada a este setor.

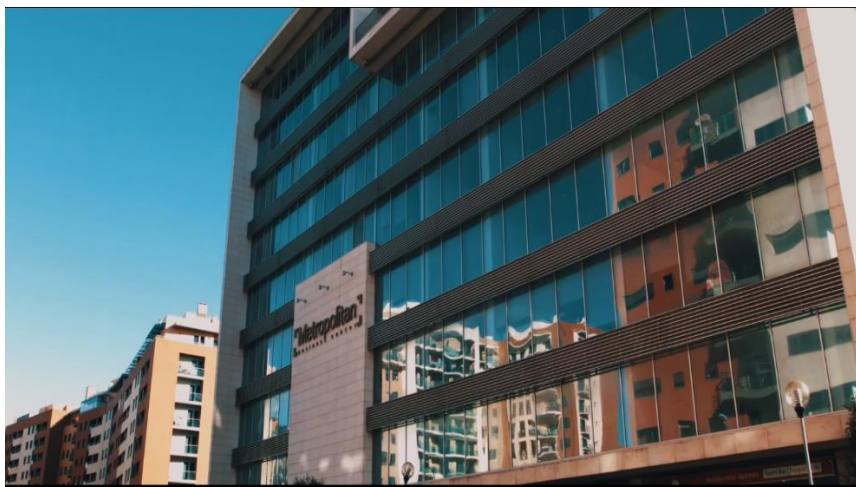
### **4.1 CCENERGIA, AUDITORIA E CONSULTORIA ENERGÉTICA, LDA.**

A empresa CCEnergia, Auditoria e Consultoria Energética, Lda., é uma empresa que atua no setor da eficiência energética. A atividade principal da empresa é centrada na realização de serviços de avaliação/diagnóstico energético, nomeadamente através de auditorias energéticas, tendo como mercado principal, o setor industrial. Para além da avaliação das condições de exploração energética das instalações auditadas, a CCEnergia está também presente na fase de projeto e implementação de MURE, bem como no acompanhamento pós-auditoria, através da medição e verificação (M&V) das medidas de eficiência energética implementadas aos seus clientes e de um sistema de monitorização de consumos exclusivo da empresa (*Visionem<sup>R</sup>*), que será abordado mais adiante do presente documento (ver secção 4.4.2).

#### **4.1.1 História e Evolução da empresa**

A empresa foi fundada no ano de 2004, tendo como sócios fundadores os atuais diretores gerais, Eng. David Cravo e Eng. Nuno Costa. A atividade foi iniciada com um corpo técnico muito reduzido, sendo fundamentalmente uma empresa de auditoria energética, ou seja, com participação exclusiva na parte de levantamento e caracterização energética das instalações, bem como na proposta de medidas de eficiência energética, não estando presente na fase de projeto e implementação das

medidas, nem muito menos na fase de acompanhamento das instalações numa fase pós auditoria (sistemas de monitorização de consumos).



*Figura 4.1 Edifício da CC Energia situado na zona de Odivelas (abril de 2016)*

Gradualmente a empresa foi migrando de uma empresa de auditoria para uma empresa de engenharia no completo sentido da palavra, aumentando a complexidade das medidas propostas, a profundidade dos estudos efetuados e aumentando a proposta de valor para os seus clientes. Este crescimento foi sustentado por alguns pontos fundamentais (CC Energia):

- Uma política interna de melhoria continua bem estruturada e minuciosamente seguida (um dos pilares da certificação da empresa pela norma ISO9001);
- Ampliação do corpo técnico de engenharia, apostando numa maior diversidade de formações académicas de engenharia e numa política de formação *on the job*, onde os auditores menos experientes acompanham os mais experientes, absorvendo conhecimento para cada vez mais poderem ser autónomos e um dia serem estes a transmitir o seu conhecimento;
- Contratação de engenheiros especializados e com mais experiência em algumas áreas mais específicas, como por exemplo nos edifícios de serviços ou no departamento de obra;
- Parcerias estratégicas com os principais intervenientes no mercado energético, nomeadamente a Siemens S.A. e a EDP - Energias de Portugal. Estas parcerias foram fundamentais para o crescimento da empresa, principalmente pelo aumento da carteira de clientes, consolidação da rede de contactos da empresa

fundamental para a criação de novas oportunidades de negócio e acima de tudo, possibilidade de aumento do volume de negócios num mercado fortemente subjogado e dominado pelas grandes empresas do setor. Dificilmente uma empresa de categorias PME (pequenas e médias empresas) poderia à 10 anos atrás, e ainda mais nos dias de hoje, começar a sua atividade sem criar parcerias comerciais com as empresas que dominam o setor.

Todos os pontos acima referidos contribuíram para o crescimento da empresa no setor e fizeram com que, cada vez mais e cumprindo o objetivo da direção, a CCEnergia fosse sendo reconhecida como uma empresa de referência no setor da eficiência energética e começasse a desenvolver a sua própria carteira de clientes, fazendo cada vez mais auditorias a título próprio, em vez de ser unicamente subcontratada por empresas de maior dimensão.

Nos dias de hoje a CCEnergia ganhou o respeito e a confiança tanto das grandes empresas do setor energético com quem estabeleceu ao longo dos anos parcerias técnico-comerciais, como dos clientes que conquistou e com quem preserva importantes relações comerciais (a chamada gestão de *leads*, abordada na secção 4.2.1 do presente documento). Seguidamente serão apresentados os serviços prestados pela empresa.

#### **4.1.2 Serviços Prestados**

Conforme já referido, a CCEnergia centra a sua atividade no setor industrial e particularmente nos consumidores intensivos de energia abrangidos pelo “Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia” (SGCIE) (ver secção 2.4). A definição desta estratégia é explicada fundamentalmente por duas razões:

1. Este setor é onde existem maiores oportunidades de redução dos consumos de energia através da implementação de medidas de utilização racional de energia (MURE), devido não só à maior complexidade e diversidade dos sistemas e equipamentos instalados, como também ao grande consumo de energia associado;
2. As instalações abrangidas pelo SGCIE, conforme abordado na secção 2.4 do presente documento, são obrigadas por lei a realizar auditorias energéticas e a

estabelecer planos de racionalização dos consumos, com uma periodicidade definida de acordo com os consumos de energia associados. Este facto faz com que o negócio para a CCEnergia seja mais rentável, uma vez que a realização de auditorias tem um carácter obrigatório. No entanto, é importante realçar que o objetivo da CCEnergia, não se cinge ao cumprimento das normas legais relativamente à eficiência energética, havendo sempre uma preocupação em tentar ir o mais longe possível na otimização energética das instalações, ultrapassando os mínimos exigidos por lei para a redução dos consumos de energia nas instalações;

As auditorias no âmbito do SGCIE consistem numa caracterização “macro” da instalação, relativamente ao consumo de energia. Neste tipo de auditorias são estudadas todas as secções consumidoras de energia de uma instalação (sistemas de refrigeração, sistemas de produção de calor, centrais de ar comprimido, entre outros).

Por vezes surgem oportunidades de negócio que consistem em estudos direcionados a um sistema em particular, como por exemplo, a um sistema de ar comprimido. Esta abordagem de negócio consiste nos chamados “Diagnósticos Direcionados”, que no fundo podem consistir numa auditoria energética só que neste caso apenas a um sistema consumidor da instalação. Este tipo de abordagem, devido ao facto de ser focado apenas num sistema em particular, é de cariz muito mais pormenorizado e incisivo no que diz respeito ao estudo e caracterização de MURE num dado sistema.

Embora o mercado de atuação da empresa esteja de facto ligado ao setor industrial, o setor dos edifícios de comércio e serviços, nomeadamente através de certificações energéticas de acordo com o regulamento energético de edifícios de comércio e serviços (RECS) e análises da qualidade do ar interior (QAI), constituem uma fatia da oferta de serviços da CCEnergia, com um auditor experiente especializado nesta área. Esta área conforme já referenciado constitui uma minoria no volume de negócios da empresa.

De seguida é apresentado o leque total de ofertas de serviço da empresa CCEnergia, informação que pode ser consultada na página *linkedin* oficial da empresa (CCEnergia, 2016):

➤ **SERVIÇOS DE AVALIAÇÃO ENERGÉTICA**

- *Auditorias Energéticas (SGCIE, DECRETO-LEI68A e WTA);*
- *Planos de Racionalização do Consumo de Energia (PREn);*
- *Acordos de Racionalização do Consumo Energético (ARCE);*
- *Engenharia Reversa (Levantamento 3D de instalações com Laser Scanner);*

➤ **DIAGNÓSTICOS DIRECCIONADOS**

- *Análise de Centrais Térmicas, Centrais de Ar Comprimido e Centrais de Refrigeração Industrial;*
- *Avaliação da Performance Energética de Sistemas;*
- *Auditorias Hídricas;*

➤ **IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

- *Conceção de Soluções e Elaboração de Projetos;*
- *Implementação de Soluções com Economias Garantidas;*
- *Serviços de Manutenção Pneumática;*

➤ **GESTÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE INSTALAÇÕES**

- *Sistemas de Monitorização;*
- *Contratos de Desempenho Energético;*
- *Consultoria Energética;*
- *Soluções Integradas de Energia;*

➤ **SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS (SCE)**

- *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS);*
- *Análise da Qualidade do Ar Interior (QAI);*
- *Planos de Racionalização Energética (PRE);*
- *Planos de Ações Corretivas QAI.*

## **4.2 GESTÃO COMERCIAL E VENDA DE SERVIÇOS**

A dinâmica comercial de uma empresa é nos dias de hoje uma base fundamental de crescimento e sustentação de qualquer organização. Numa empresa prestadora de serviços de engenharia como a CCEnergia, o departamento operacional é onde se

assegura a execução técnica dos serviços prestados, no entanto, será absolutamente infrutífero possuir um corpo técnico de excelência, se não existir uma carteira de clientes que permita gerar oportunidades de negócio.

Neste campo, o departamento comercial tem o papel decisivo de levar o *know-how* da empresa ao cliente final, apresentando os serviços prestados pela mesma e sendo o elo de ligação fundamental entre as necessidades do cliente e a execução técnica por parte do departamento operacional (estudo + projeto + implementação). Esta “ponte” é assegurada desde que se inicia a relação com o cliente, sendo feito o acompanhamento antes, durante e após a execução do projeto/serviço prestado. A dinâmica comercial não se cinge apenas à prospecção de novos clientes. Num mercado cada vez mais globalizado e onde a competitividade das empresas é cada vez maior, é absolutamente fulcral que se mantenham boas relações com os clientes já assegurados, no sentido de criar uma parceria duradoura e com benefícios mútuos.

No seguimento da prospecção de novos clientes surge um conceito de *marketing* cada vez mais falado nos dias de hoje: *Lead Management* ou Gestão de *Leads*. Na presente secção deste trabalho, será feita uma introdução ao conceito de *Lead Management* e sua importância em termos comerciais, sendo seguidamente explicados os principais passos da dinâmica comercial da empresa CCEnergia, no que diz respeito ao processo de venda de serviços energéticos.

#### **4.2.1 *Lead Management* e o Funil de Vendas (Pipeline)**

O termo *Lead management* (gestão de *Leads*) diz respeito a um conjunto de metodologias, sistemas e práticas destinadas a gerar novos potenciais clientes, através da utilização de ferramentas de *marketing*, estudos de mercado e gestão comercial (Brian, 2006).

A gestão de *Leads* é, em muitos casos, um precursor para a gestão de vendas e gestão da relação com o cliente, sendo fundamental para a rentabilidade de qualquer empresa, pois permite criar novas oportunidades de negócio geradoras de riqueza e cimentar o nome/marca da empresa no mercado onde atua (Brian, 2006).

Em termos comerciais, um *lead* consiste numa oportunidade de negócio para a empresa, ou seja, um potencial cliente cujas informações de contacto foram facultadas

(nome, telefone, email, etc.) em troca de um contacto para informações sobre os serviços prestados pela empresa (Holmes, 2007).

Desta forma, um *lead* será um contacto central numa fase de prospeção de clientes, uma vez que, tendo facultado o seu contacto (direta ou indiretamente, como por exemplo aquisição de contactos por via *online*, através do *website* da empresa ou de redes profissionais, como o *LinkedIn*<sup>R</sup>) será representante de uma organização que poderá eventualmente ter interesse nos serviços prestados pela empresa prospetora. Sendo assim torna-se importante perceber a viabilidade comercial do contacto estabelecido, sendo que neste campo, classificam-se os *Leads* como (Costa, 2013):

- **Qualificados:** identificados como potenciais clientes, com o perfil procurado;
- **Não qualificados:** no momento do contacto não têm perfil procurado para ser cliente;



Figura 4.2 Classificação de Leads (Costa, 2013)

Caso os *Leads* sejam identificados como potenciais clientes (*leads* qualificados), passam a ser denominados de *prospects*, seguindo o “trajeto” explicado por um conceito na área do *marketing*, denominado por “Funil de Vendas”, do termo inglês original “*Pipeline*”. Esta teoria explica as fases de um processo de aquisição de clientes, sendo primeiramente o objetivo da equipa comercial identificar os *leads* e fazer com

que estes “desçam” no funil de vendas até se tornarem clientes efetivamente (objetivo principal.) (Holmes, 2007).

Conforme ilustra a Figura 4.3, apenas uma pequena parte dos *leads* identificados se transformam efetivamente em clientes, sendo que esta proporção é afetada por uma grande variedade de fatores, como tipo o mercado, condição econômica da empresa e do país, produtividade da dinâmica comercial da empresa prospectora, entre outros.

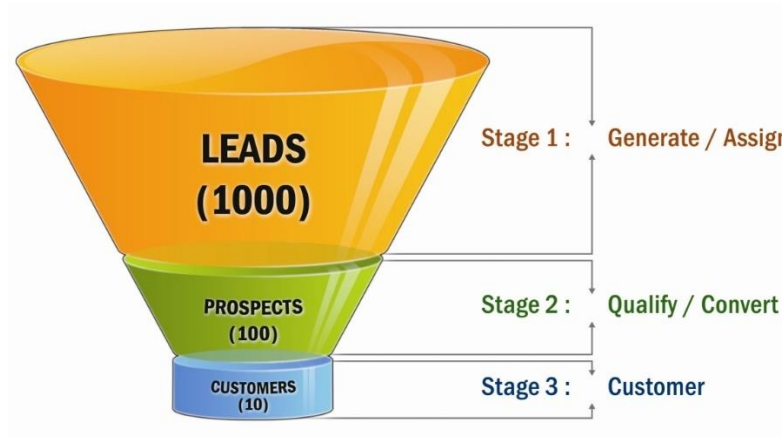


Figura 4.3 Funil de Vendas (Pipeline) (Fulham, 2016)

Um *prospect* corresponde a um afunilamento da fase de *lead*. Neste caso, a interação com o potencial cliente é bastante mais próxima, sendo que esta procura, na empresa prospectora, uma solução para alguma necessidade que identifique na sua organização, ou para otimização de algum processo. No fundo, identifica o que pretende com a parceria comercial que se poderá criar, sendo estas questões por norma discutidas através de uma reunião entre o *prospect* (ou um representante) e um membro do departamento comercial da empresa prestadora de serviços. Nesta reunião, o comercial terá como função principal demonstrar ao *prospect* qual o valor acrescentado que poderá a sua empresa oferecer, com base nas necessidades do potencial cliente.

Posteriormente, o comercial deve reunir com outros membros da empresa prestadora de serviços (por exemplo no caso de uma empresa de engenharia, com o departamento técnico/operacional), de forma a estabelecer um plano de ação efetivo para responder às necessidades do cliente, sendo mais tarde apresentada a este uma proposta comercial definitiva, onde será apresentado o preço final do serviço. (Fulham, 2016)

A última fase do funil de vendas dá-se no momento em que a proposta comercial é adjudicada pelo *prospect*, passando este a ser efetivamente um cliente, pagando em troca de um serviço prestado e/ou produto vendido. No caso do *prospect* não aceitar a proposta comercial efetuada (nem outra qualquer contraproposta), deverá voltar para o “topo do funil”, ou seja, deverá voltar à condição de *lead*. Este ponto é bastante importante, uma vez que a empresa prestadora de serviços deverá manter o contacto com o potencial cliente, para que, hipoteticamente numa situação futura, possa ser estabelecida uma parceria comercial, efetivando-se o processo de venda e passando este a ser um cliente (*customer*).

Num mercado competitivo, é muito importante manter os *leads* na rede de contactos da empresa prospetora, demonstrando-lhes que a empresa estará presente quando estes necessitarem e cimentar uma relação de proximidade e confiança que poderá culminar na aquisição de um novo cliente. (Fulham, 2016)

Seguidamente será abordado o processo de venda específico da empresa CCenergia, desde a fase de prospeção de *leads* até à fase de fecho da venda e acompanhamento do cliente (*customer*) após venda.

#### **4.2.2 Caso de estudo: Processo de venda de serviços**

O processo de venda da empresa CCENERGIA é constituído em **7 fases distintas**, nomeadamente:

1. Prospeção e qualificação de *leads*;
2. Preparação da visita;
3. Abordagem/visita ao cliente;
4. Apresentação e demonstração de produtos/serviços;
5. Negociação de objeções;
6. Fecho da venda;
7. Serviço pós-venda/monitorização;

Cada uma das fases acima especificada será seguidamente alvo de uma análise mais detalhada.

#### **4.2.2.1 *Prospecção e qualificação de leads***

**Indústria:** a prospecção é feita com base no setor de atividade (ex.: alimentação e bebidas, cerâmica, cimento, madeira e artigos de madeira, metalo-mecânica, metalurgia /fundição, pasta/papel, químicos/plásticos/borracha, siderurgia, têxtil, vestuário/calçado/ curtumes) e com base no volume de faturação.

**Grandes edifícios:** tipicamente são abordados centros comerciais, hotéis, hospitais, escolas e colégios, grandes armazéns (de frio por exemplo) com base também no volume de faturação destas empresas.

#### **4.2.2.2 *A preparação da visita***

##### Recolha de informação:

O comercial da CCEnergia analisa toda a informação disponível sobre a empresa. Por exemplo, consultando o *website* da empresa é possível recolher informação sobre os produtos e serviços e clientes. Estando identificada a pessoa de contacto para a reunião de prospecção, é analisado o perfil do interlocutor – por exemplo, através da consulta do perfil de redes profissionais *online (linkedin)* – com foco no cargo desempenhado, *background* académico e áreas de interesse. Os dados de faturação da empresa também são consultados através de bases de dados públicas. São igualmente recolhidos os serviços que tenham sido prestados a empresas do mesmo setor de atividade da empresa prospetiva, sendo feita uma listagem prévia de todos os serviços que possam adequar-se àquele cliente com as características recolhidas.

Por fim, é preparada uma pasta que contém brochuras informativas sobre a CCEnergia para entregar ao possível cliente e, em algumas situações, também é preparada um portfólio de clientes da CCEnergia de outros clientes do sector.

#### **4.2.2.3 *A abordagem/visita ao cliente***

Qualquer reunião de vendas inclui uma apresentação da CCEnergia pelo comercial, bem como a descrição de alguns serviços e produtos já aplicados com sucesso em outras empresas semelhantes. Ao mesmo tempo, o comercial solicita também ao cliente uma breve caracterização da empresa por forma a validar e enriquecer a informação previamente recolhida.

Nesta fase o comercial faz uma série de perguntas que já pré-definidas e que permitem avaliar as necessidades do cliente e perceber o que é necessário para orçamentar corretamente um serviço ou obra. Sempre que é possível o comercial questiona o cliente sobre a implementação prévia de outro tipo de serviços considerados importantes para a CCEnergia, por forma a detetar oportunidades de negócio que possam ir além das necessidades mais imediatas do cliente. Este questionário permite ao comercial perceber se já existem relações comerciais com outros concorrentes, ou se a consulta pode estar dirigida apenas à CCEnergia. Nestas reuniões também são igualmente apresentados os financiamentos existentes (ex.: apoios do governo) para facilitação do pagamento do serviço ou produto (ver secção 2.6).

#### ***4.2.2.4 Apresentação e demonstração de produtos/serviços***

A apresentação e demonstração da oferta de serviços da CCEnergia é feita via presencial, sob forma de apresentações do catálogo de produtos e serviços da empresa, numa estratégia persuasiva para com o possível cliente. Por exemplo, a apresentação do Sistema de monitorização de consumos vendido pela CCEnergia, chamado Visionem (ver secção 4.4.2), é feita através de sessões de demonstração reais que funcionam como uma simulação para o potencial cliente.

#### ***4.2.2.5 Negociação de objeções***

Neste campo, destacam-se 2 objeções fundamentais à venda de serviços energéticos, que têm de ser negociadas por parte do departamento comercial com a empresa prospeeta:

##### **1. Preço elevado para a prestação do serviço**

A CCEnergia apresenta um serviço “*premium*” e, como tal, a comparação do valor com as propostas de outras empresas pode ser um obstáculo, principalmente quando estas apresentam um corpo técnico reduzido e/ou produzem, em série, relatórios de auditorias energéticas. A CCEnergia tem como foco, ao realizar uma auditoria energética ou diagnóstico direcionado, a identificação e posterior implementação de MURE. Existe margem de negociação no valor apresentado e pode ser efetuado um

desconto significativo, no caso de o cliente ser estratégico e no sentido de iniciar uma relação comercial, que se pretende duradoura.

## **2. Falta de capital para investir**

A capacidade da CC Energia para preparar uma candidatura a fontes de financiamento, a fundo perdido ou não, facilita a aceitação das condições de venda apresentadas e permite reduzir o PRI (Período de Retorno do Investimento).

### **4.2.2.6 Fecho da venda**

O cliente adjudica o serviço ou a obra através do envio de um *e-mail* a indicar a sua intenção de adjudicação. Após a adjudicação é apresentado ao cliente um cronograma de trabalhos, que corresponde a uma proposta inicial, podendo sofrer alterações de acordo com a disponibilidade do cliente e da CC Energia.

### **4.2.2.7 Serviço pós-venda/monitorização**

No final de cada obra é elaborada uma pasta de obra que é entregue ao cliente, em formato papel e em digital. No momento de entrega desta pasta é solicitado ao cliente a assinatura de um auto de entrega, que determina a aceitação, por parte do cliente, do produto/obra e dá início ao processo de garantia.

## **4.3 CONDUÇÃO DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS**

Descrita toda a cadeia de processos da responsabilidade do departamento comercial de uma empresa de Serviços Energéticos (ESE) como a CC Energia, importa seguidamente perceber como se processa o trabalho técnico de engenharia. Este, conforme já referenciado está a cargo do departamento operacional, o qual irá materializar em ações técnicas de engenharia todo o serviço contratualizado entre o cliente e o departamento comercial.

Na presente secção deste documento, é pretendido analisar todo o processo de condução de auditorias energéticas, no que diz respeito à componente técnica de execução de ações de engenharia. Será efetuada uma caracterização detalhada de todo o processo de auditoria propriamente dito, tendo como foco quatro pontos fundamentais:

- Tipos de auditorias energéticas;
- Fases de uma auditoria energética;
- Instrumentação utilizada;
- Constituição da equipa auditora;

#### **4.3.1 Tipos de Auditorias energéticas**

Uma auditoria energética pode, de uma forma geral, ser definida como um processo de avaliação dos pontos/áreas de consumo de energia num edifício ou indústria e de identificação de oportunidades para reduzir o seu consumo. Contudo, no que diz respeito ao tipo e especificidade de uma auditoria energética, o âmbito, a complexidade dos cálculos, e o nível de avaliação económica, são fatores subjetivos que poderão ser tratados de maneira diferente por cada auditor. Estas são questões importantes que devem ser definidas *à priori* antes de se iniciar qualquer tipo de trabalho. (Ferreira, 2012)

Existe genericamente uma relação direta entre o custo da auditoria, a quantidade de dados que serão recolhidos e analisados e o número de oportunidades de redução de consumo identificadas. Assim, uma primeira distinção pode ser feita pelo custo da auditoria, que determina o tipo de auditoria a ser realizada, e uma segunda forma de distinção pelo tipo de instalação a auditar. Por exemplo, uma auditoria a um edifício pode enfatizar a envolvente do edifício, a iluminação, o aquecimento, e as exigências de ventilação, enquanto uma auditoria a uma indústria enfatizará sobretudo as exigências dos processos de fabrico.

Antes de se iniciar a auditoria energética, é por isso importante ter uma ideia do âmbito e do nível de esforço (dinheiro, tempo, entre outros) necessário para cumprir as expectativas iniciais, pois obviamente os resultados obtidos irão variar de acordo o nível de detalhe da auditoria realizada. Seguidamente serão apresentados os diversos tipos de auditorias energéticas que podem ser realizadas numa instalação e qual o grau de profundidade associado a cada uma das opções. Em anexo, no final do presente documento (anexo IX), poderá ser consultada uma tabela resumo com as principais vantagens e desvantagens associadas a cada um dos tipos de auditorias energéticas.

#### **4.3.1.1 *Nível 1: Walk-Trough Audit (WTA)***

A auditoria de visita ou *Walk-Through Audit* (WTA), como o próprio nome indica, baseia-se numa visita à instalação para inspecionar visualmente cada um dos sistemas consumidores de energia. Neste tipo de auditoria inclui-se tipicamente uma avaliação dos dados de consumo de energia para analisar o padrão de consumo e utilização de energia, bem como para fornecer dados para estabelecer comparações com a média da indústria do sector ou para estabelecer pontos de referência (*benchmarks*) com instalações similares (Norma Europeia FprEN 16247-1, 2012).

Este é o tipo de auditoria mais económica, podendo, no entanto, ter como resultado uma estimativa preliminar do potencial de poupança e fornecer uma lista das oportunidades de economia de energia de baixo custo, através de melhorias nas práticas operacionais e de manutenção (hábitos de consumo). Este tipo de auditoria pode servir também como oportunidade para recolher informações para uma auditoria posterior mais detalhada se a estimativa de potencial de poupança determinada for suficiente para justificar um alargamento do âmbito da atividade de auditoria (Belo, 2015).

Embora este tipo de auditoria seja a opção mais rápida e fácil do ponto de vista de análise dos consumos da instalação, é também a que produz resultados mais grosseiros. Por este motivo, muitas vezes esta auditoria acaba por ser apenas o passo inicial da equipa auditora, para uma auditoria posterior mais exaustiva.

#### **4.3.1.2 *Nível 2 A: Diagnóstico Geral***

O nível 2A descrito na norma ISO 50001 corresponde a um diagnóstico energético geral, também designada de auditoria simples, através de uma análise dos equipamentos e sistemas consumidores de energia e das suas características operacionais. Este tipo de serviço irá incluir mais detalhes sobre a utilização da energia, quando comparado com tipo de auditoria de nível 1.

Relativamente ao perfil de consumos da instalação, é feito um levantamento dos dados de faturação a nível de energia e água, assim como identificados os principais equipamentos/sistemas consumidores de energia. Posteriormente são efetuadas medições aos equipamentos de forma a serem estudados os diagramas de carga dos

mesmos e poder caracterizar quantitativamente e qualitativamente o perfil de consumo energético de toda a instalação (Belo, 2015).

Posteriormente são efetuados cálculos para analisar a eficiência no uso da energia dos equipamentos e determinar uma previsão de redução de custos e consumos de energia por via de potenciais aplicações de MURE. No estudo efetuado é também realizada uma análise económica das medidas de eficiência energética propostas, de modo a quantificar o investimento inicial e o período de retorno do investimento (PRI) (Hasanbeigi, 2010).

Um diagnóstico geral tem a vantagem de ter um custo e duração menores relativamente a uma auditoria completa no âmbito do SGCIE (nível 3, ver secção 4.3.1.4). Por outro lado, tem a desvantagem de não ser suficiente para cumprir as exigências do Decreto-Lei nº 71/2008, no entanto, caso a empresa não seja abrangida pelo SGCIE, este tipo de auditoria pode revelar-se suficiente numa ótica de aumento da eficiência no uso e exploração da energia na instalação.

#### ***4.3.1.3 Nível 2 B: Diagnóstico Direcionado***

Um diagnóstico direcionado corresponde a uma auditoria detalhada a um determinado equipamento/sistema consumidor de energia dentro de uma instalação, permitindo avaliar com rigor a sua eficiência energética. Neste contexto é também efetuada uma identificação exaustiva de MURE e respetiva análise de viabilidade técnico-económica das mesmas. Como exemplo, podem referir-se diagnósticos a sistemas de ar comprimido, sistemas de produção de vapor, sistemas de refrigeração, entre outros.

Esta opção não requer as exigências do Decreto-Lei nº 71/2008, sendo utilizada quando os responsáveis da instalação pretendem um estudo a um sistema com consumos de energia muito superiores aos restantes na instalação, ou quando o sistema em causa se encontra obsoleto para o processo produtivo em questão, sendo estudada uma otimização energética que promova uma melhoria da produtividade. (CCEnergia)

Como principal vantagem deste tipo de serviços salienta-se o fato do custo da auditoria em termos de horas/homem ser mais limitado e objetivo, quando comparado com uma auditoria completa, do ponto de vista em que as horas de trabalho do auditor são gastas apenas nos equipamentos e/ou sistemas de maior interesse para os responsáveis da instalação. Como ponto menos positivo deste tipo de auditorias destaca-se logicamente o facto de outras unidades consumidoras de energia na instalação serem excluídas da análise, perdendo-se eventuais oportunidades que aí possam existir de redução nos consumos de energia.

Para o caso de empresas que não estejam abrangidas pelo SGCIE, este tipo de serviço pode ser conjugado com uma *Walk-Trough Audit*, de forma a transmitir aos responsáveis da instalação uma visão mais global de todo o perfil de consumo da instalação, com serviços menos dispendiosos quando comparados com uma auditoria completa.

#### **4.3.1.4 Auditoria Completa**

A auditoria completa irá incluir mais detalhes sobre a utilização da energia e uma avaliação mais abrangente dos padrões de utilização de energia em toda a instalação. O estudo é orientado para a determinação e descrição técnico-económica maximizada e mais detalhada de possíveis MURE. Comparativamente aos tipos de serviço anteriormente referidos, este é o mais completo e incisivo.

Este tipo de auditoria inclui todos os requisitos exigidos pelo SGCIE, aos consumidores intensivos de energia (> 500 tep/ano) de acordo com o Decreto-Lei 71/2008. A sua realização, além de determinar um conjunto importante de dados e parâmetros energéticos deverá fornecer um lote de informações que corresponderá ao «ponto de partida» ou *baseline* para o controlo e para o estabelecimento de metas do sistema energético da instalação. Deverá quantificar para o ano de referência (ano zero) os valores das principais grandezas, parâmetros e indicadores que serão monitorizados ao longo do período de acompanhamento do PReN, segundo o previsto pelo Decreto-Lei 71/2008 (ver secção 2.4).

Como informação relativa aos consumos existentes na instalação é verificada a faturação referente aos diferentes tipos de energia e de consumo de água no ano civil anterior ao da auditoria (ano de referência). É igualmente feito um levantamento dos consumidores de energia existentes, podendo também existir algumas medições no local e a realização de testes para quantificar o consumo de energia e a eficiência dos vários sistemas consumidores de energia (Belo, 2015).

A informação relativa aos consumos existentes é complementada com a informação relativa ao processo produtivo da instalação (por exemplo através de fluxogramas), onde se identificam todos os consumidores de energia presentes no processo, as características técnicas dos equipamentos e horas de funcionamento (Hasanbeigi, 2010).

Quando comparado com os outros tipos de serviço já descritos, a auditoria completa apresenta, conforme já referido, a vantagem de ser um serviço mais detalhado e completo em termos de análise da instalação e de cálculo de MURE, para além de poder ser realizada no âmbito do SGCIE, para instalações consumidoras intensivas de energia. Por outro lado, devido à elevada complexidade e incisão da análise, este tipo de auditoria apresenta como pontos menos positivos, o facto de ter um custo naturalmente mais elevado, assim como tempos de execução mais longos.

#### **4.3.2 Constituição da equipa auditora**

A equipa auditora é composta por um auditor principal, ou auditor coordenador, que assinará a auditoria e coordenará todo o seguimento e planeamento da auditoria, um auditor responsável, que irá coordenar o trabalho de campo (ver secção 4.3.4.1.4), um auditor auxiliar que será o suporte do auditor responsável e um técnico instrumentista, que será responsável pela instalação e calibração dos equipamentos de medição a utilizar no trabalho de campo. Consoante o grau de exigência da instalação a auditar pode, no entanto, ser envolvidos outros auditores, caso o auditor principal/coordenador considere necessário (Belo, 2015).

Cada membro da equipa auditora deve ter competências profissionais e académicas suficientes para cumprir com as tarefas que envolvem a auditoria. Em termos gerais

considera-se que um auditor deve cumprir pelo menos com os seguintes requisitos (CEH, 2009):

- Possuir grau académico médio ou superior em áreas relacionadas com a energia ou formação equivalente.
- Conhecimentos demonstráveis em:
  - Procedimentos e técnicas gerais de auditoria energética;
  - Regulamentos sectoriais da energia;
  - Técnicas e tecnologias de poupança energética;
  - Sistemas de energias renováveis;

As auditorias energéticas têm de ser realizadas por uma entidade solvente e independente. Estas entidades deverão cumprir assim, respetivamente, com os seguintes aspetos: (Belo, 2015)

- Solvência técnica:
  - Referências demonstráveis em trabalhos de auditorias realizados;
  - Possuir instrumentos para medições e registos de dados energéticos.
- Independência e ética:
  - O compromisso, de carácter confidencial, com a documentação e informação à qual tenha acesso, sendo obrigado a manter o sigilo sobre toda a informação exterior no exercício da sua atividade;
  - Entre a entidade auditada e a entidade auditadora não devem existir cruzamentos de interesses significativos.

A nível da legislação nacional de cada país existem requisitos mínimos para atuação profissional de um indivíduo ou empresa para realização de auditorias energéticas, e em alguns casos a legislação estabelece também requisitos específicos para a realização de certos tipos de auditoria.

Em Portugal é o caso das AE realizadas no âmbito do Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SCGIE), em que os requisitos estão previstos no Decreto-Lei nº 48/82, de 26 de fevereiro. (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008)

Os técnicos ou entidades que se encontrem reconhecidos como examinadores das condições de utilização de energia e autores de planos de racionalização, no âmbito do

RGCE (Decreto-Lei nº 58/82 e Portaria nº 359/82), foram automaticamente reconhecidos no SGCE, como auditores energéticos e autores de planos de racionalização e dos respetivos relatórios de execução e progresso (tendo em conta o prazo de validade já existente). (Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, 2008)

### **4.3.3 Instrumentação utilizada em Auditorias Energéticas**

A utilização dos instrumentos de medição depende da natureza dos processos existentes na instalação a auditar. A diversidade de instrumentos disponíveis no mercado e que podem ser utilizados no âmbito de uma auditoria é imensa. Por este motivo apresentaremos neste capítulo apenas alguns dos equipamentos mais utilizados (Asian Productivity Organization, 2008).

#### **4.3.3.1 Analisador de Redes**

Os analisadores de redes, Figura 4.4, são instrumentos de medida que medem diretamente (tensão e intensidade de corrente) ou calculam (a potência e energia ativa e reativa, o fator de potencia, os consumos máximos e mínimos, etc.) os diferentes parâmetros elétricos de uma instalação elétrica (normalmente em baixa tensão).



Figura 4.4 Analisador de redes (Belo, 2015)

#### **4.3.3.2 Analisador de Gases de Combustão**

O analisador de gases de combustão, Figura 4.5, é um instrumento de medida que mede diretamente a concentração de oxigénio, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogénio, a temperatura do ar ambiente e dos gases, entre outros, e calcula parâmetros como o rendimento da combustão, o índice de excesso de ar, entre outros. Em suma, com o analisador de gases de combustão é possível determinar os diferentes parâmetros que determinam as características de uma combustão num determinado equipamento consumidor de combustível: caldeira, forno, motor, entre outros (Belo, 2015).



*Figura 4.5 Analisador de gases de combustão (Belo, 2015)*

#### **4.3.3.3 Sonda Termo-Higrométrica**

A sonda termo-higrométrica, representada na Figura 4.6, utiliza-se para medir a temperatura e a humidade relativa. Para que as medidas sejam fiáveis é necessário proceder a várias medições em cada espaço que se deseje analisar, tanto no período de verão como de inverno.



*Figura 4.6 Sonda termo-Higrométrica (Belo, 2015)*

#### **4.3.3.4 Luxímetro**

O luxímetro, Figura 4.7, é um aparelho que se utiliza para medir o nível de iluminação (lux). Os dados obtidos (lux) podem comparar-se com as respetivas normas definidas internacionalmente ou para cada país sobre iluminação dos espaços de trabalho interiores. Estas normas definem normalmente um valor de iluminância média mínima para cada tarefa (CC Energia).



Figura 4.7 Luxímetro (Belo, 2015)

#### **4.3.3.5 Termografia de Infravermelhos**

A radiação do espectro infravermelho é uma parte invisível do espectro eletromagnético. Ela existe naturalmente e pode ser medida por aparelhos específicos. Atualmente existem aparelhos portáteis que ajudam a determinar as perdas de energia. (Belo, 2015)

Com a utilização de um aparelho de termografia todas as áreas que são mais quentes que as suas envolventes são claramente destacadas. As janelas, as fundações, e as janelas abertas são exemplos óbvios. As aberturas de ventilação, por paredes e coberturas, tubagens de água quente com pouco isolamento, salas quentes e vigas estruturais não isoladas são exemplos que podem ser vistos do lado de fora de um edifício com uma câmara termográfica. (CC Energia)

Contudo, a emissividade de um objeto e a sua reflectância devem ser tidos em conta na interpretação de qualquer informação obtida através de uma câmara termográfica, como apresentado na Figura 4.8:



Figura 4.8 Câmara termográfica (Belo, 2015)

#### 4.3.4 Fases de uma Auditoria Energética

Após a fase de negociação com o cliente, que culmina com a adjudicação do serviço, inicia-se o processo técnico de realização da auditoria energética, da responsabilidade do departamento operacional. Este processo é composto por várias fases, tendo cada uma delas objetivos e procedimentos bem definidos, assim como uma equipa específica atribuída.

As fases de uma auditoria energética são, de uma forma geral, transversais a qualquer empresa auditora, no entanto, as especificidades, distribuição da equipa técnica e objetivos de cada uma das fases de uma auditoria energética dependem naturalmente do âmbito da intervenção, assim como da dimensão e do tipo de instalações a auditar.

Na Figura 4.9 seguinte é apresentado o cronograma de fases de uma auditoria energética, segundo os procedimentos internos da empresa em estudo (CC Energia).

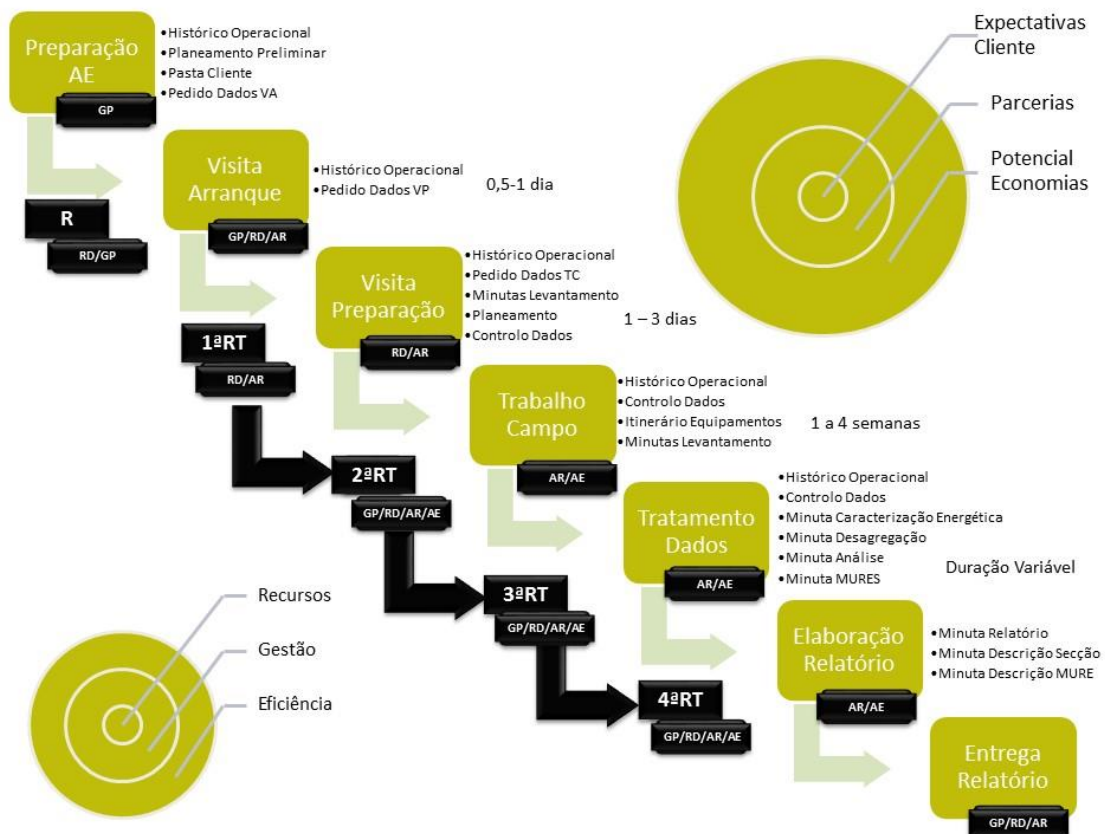


Figura 4.9 Fases de uma auditoria energética (CC Energia)

Seguidamente na presente secção deste documento, serão analisadas cada uma destas fases, tendo em conta o caso de estudo da empresa CC Energia, e seguindo a linha de

procedimentos do cronograma em cima apresentado. Convém sublinhar que as fases acima apresentadas são de teor muito genérico e abrangente, pelo que, o conteúdo seguidamente descrito terá diferentes designações, segundo o procedimento interno de cada empresa, sendo, portanto, as fases acima descritas divididas por vezes em várias subfases, de forma a ser feita uma análise mais detalhada e incisiva a todas as etapas de uma auditoria energética, segundo os procedimentos de cada empresa auditora.

#### **4.3.4.1 Preparação da Auditoria**

##### *4.3.4.1.1 Planeamento*

O processo inicia-se com a preparação e planeamento da auditoria. Esta fase é de grande importância para o sucesso de toda a operação, uma vez que uma preparação e planeamento eficientes ajuda a evitar erros em fases posteriores, tornando desta forma todo o processo mais eficiente. O cumprimento do prazo de entrega do relatório final da auditoria energética pode ser seriamente afetado, caso o planeamento da mesma não seja correto e criterioso.

Entre as diversas tarefas a realizar nesta fase, destacam-se: o estabelecimento de objetivos para a auditoria a realizar, o levantamento da informação/documentação necessária a solicitar ao cliente (plantas da instalação, faturas e energia, faturas de água, VAB da empresa, entre outros), a seleção da equipa auditora e a atribuição das devidas responsabilidades.

Os principais objetivos da fase de planeamento são, de uma forma geral (CC Energia):

- Criação da pasta do cliente, com suportes físicos e informáticos de todas a informação necessária para a realização da auditoria, assim como o preenchimento do Histórico Operacional do cliente;
- Envio do pedido de dados para o cliente, necessário para a realização da primeira visita oficial à instalação, a visita de arranque (ver secção 4.3.2);
- Planeamento preliminar das datas e tipos de intervenções a efetuar na instalação (este planeamento deverá ser acordado com o cliente);

Sendo esta fase de cariz maioritariamente interno à empresa, é realizada uma reunião entre o responsável de departamento operacional e o gestor de projeto (auditor coordenador), com vista a definir as linhas estratégicas de ação para a realização da auditoria. Nesta reunião são estimados os recursos humanos e materiais necessários (como EPI, equipamentos de medição, etc.), sendo igualmente definidas no Planeamento Geral uma previsão das datas para Visita Arranque (VA), Visita Prévia (VP) e Trabalho de Campo (TC) (ver secções seguintes). Para instalações complexas, deverão ocorrer estas três deslocações, no caso de instalações mais simples, a Visita Arranque poderá coincidir com a Visita Prévia.

De seguida será efetuada uma análise às fases seguintes, onde se iniciam as ações técnicas de engenharia, conforme apresentado na Figura 4.10. Para que todo o trabalho posterior ao planeamento tenha sucesso e que se cumpram os prazos acordados, é absolutamente fundamental que no final desta fase, a equipa auditora tenha em sua posse todos os dados solicitados ao cliente, algo que infelizmente nem sempre acontece com a celeridade desejada.



Figura 4.10 Fases de uma auditoria energética (CC Energia)

#### 4.3.4.1.2 *Visita Arranque (VA)*

Nesta fase estabelece-se o primeiro contacto pessoal entre o departamento técnico e o cliente, assim como uma primeira visita genérica à instalação a auditar. Ocorre por norma num espaço temporal até 2/3 semanas após adjudicação do serviço de auditoria. Esta visita realiza-se maioritariamente com a presença do gestor de projeto (ou auditor coordenador), podendo também em alguns casos estar presente o diretor do departamento técnico da empresa, dependendo do tipo de cliente e da própria instalação (CC Energia).

A visita de arranque (VA) tem por norma a duração de um dia laboral e divide-se em 3 fases distintas, as quais são seguidamente caracterizadas (CC Energia):

##### **1. Reunião de abertura com os responsáveis da instalação**

- Apresentação das várias fases e datas da auditoria energética, definidas na fase de planeamento
- Sensibilização do cliente para a informação que vai ser solicitada (se é pedida é porque é necessária);
- Recolha de informação com o intuito de perceber de forma macro a instalação;
- Pedir ao cliente uma descrição sumária da fábrica (formas de energia, consumidores, sistemas auxiliares, etc.) apoiada numa planta da instalação;
- Discussão de parâmetros técnicos, logísticos e operacionais relevantes para a execução da auditoria;

##### **2. Visita guiada à instalação a auditar**

- Visita e descrição do cliente dos processos identificados em planta e equipamentos associados;
- Descrição *in loco* detalhada do processo produtivo da instalação;
- Observação dos sistemas auxiliares com uma interpretação sucinta dos mesmos,

##### **3. Reunião de fecho com os responsáveis da instalação**

- Consolidação da informação sobre a instalação;

- Debate preliminar sobre possíveis medidas de eficiência energética a adotar na instalação;
- Preparação da visita de arranque (ver 4.3.4.1.3);

De uma forma geral, objetivos da visita de arranque são (CC Energia):

- Estabelecimento de uma relação mais próxima e de cortesia com cliente (primeiro contacto pessoal entre cliente e equipa auditora);
- Primeira visita às instalações;
- Conhecimento dos fluxogramas dos processos produtivos da instalação (para o caso da indústria);
- Recolher e caracterizar de forma sucinta os principais sistemas da instalação (centrais de ar comprimido, centrais térmicas, iluminação, etc.);
- Identificação sumária de possíveis oportunidades de medidas de eficiência energética;
- Planeamento e identificação dos recursos humanos e materiais necessários para a intervenção na instalação (equipa auditora, equipamentos de medição, possíveis pontos de medição/picagens, meios de elevação, EPI, entre outros);

Por fim deverão ser solicitados alguns dados ao cliente nomeadamente (CC Energia):

- Plantas da instalação;
- Faturas de energia do ano civil anterior;
- Esquemas de princípio necessários para a realização da visita de preparação (ver secção 4.3.4.1.3);
- Manuais técnicos de equipamentos instalados, entre outros elementos que o auditor coordenador ache necessários para a correta condução das fases seguintes da auditoria;

#### 4.3.4.1.3 *Visita de Preparação*

Esta fase deverá ocorrer até 2/3 semanas após a visita de arranque, sendo realizada pelo auditor responsável, o auditor auxiliar e por norma também o técnico instrumentista. Nesta fase a equipa auditora já deverá ter em sua posse toda a

documentação solicitada na visita de arranque. Os principais objetivos desta visita são (CC Energia):

- Identificação e caracterização clara dos pontos de intervenção/medição para trabalho de campo;
- Recolha de informação técnica relativa ao processo produtivo e aos equipamentos consumidores de energia a analisar;
- Clarificação dos objetivos comerciais e operacionais;
- Sensibilizar o cliente para os objetivos da intervenção;
- Identificação preliminar de MURE;
- Planeamento adequado.

Esta visita tem, portanto, um carácter bastante mais incisivo em termos técnicos, relativamente à visita de arranque. Pretende-se que seja fundamentalmente uma preparação da fase posterior da auditoria, o trabalho de campo (ver secção 4.3.4.1.4). Para isto, a identificação de pontos de medição e a correta caracterização da instalação e do respetivo processo produtivo são absolutamente fundamentais para o sucesso da fase seguinte.

Posteriormente, na posse dos elementos solicitados aos responsáveis da instalação é efetuada uma 2ª Reunião Técnica (reunião interna já nas instalações da CC Energia) com o responsável do departamento técnico da empresa, o gestor de projeto (auditor coordenador) e o auditor auxiliar com os seguintes objetivos (CC Energia):

- Planeamento estratégico da intervenção;
- Objetivos da intervenção;
- Constituição da Equipa Auditora;
- Recursos Materiais Necessários;
- Parcerias técnicas necessárias (subcontratação);
- Estratégia Comercial;
- Preparação do Trabalho de Campo;
  - ✓ Equipamentos/sectores a intervir
  - ✓ Pontos de medição a efetuar

✓ Pedido adicional de elementos

- Identificação de MURE.

A avaliação desta reunião deverá permitir concluir se existem condições para a realização do Trabalho de Campo (ver secção 4.3.4.1.4) no planeamento inicialmente previsto, ou deverá motivar o adiamento do mesmo (com atualização do planeamento a enviar ao cliente). Do estabelecimento do planeamento da intervenção deverá resultar a elaboração de um cronograma detalhado do processo, sendo definidos os prazos para todas as etapas da auditoria (trabalho de campo, identificação da situação atual em termos de uso da energia, cálculo de MURE, apresentação ao cliente, entre outros). Para além desta reunião, a equipa de Auditoria deverá efetuar reuniões de preparação do Trabalho de Campo (nestas reuniões o responsável de departamento não tem obrigatoriamente de estar presente) (CC Energia).

Cerca de uma semana antes da realização do trabalho de campo deverá ser efetuado um balanço dos trabalhos efetuados e verificar a existência de condições de segurança, recursos humanos e materiais e documentação necessários para o arranque do trabalho de campo (ver secção 4.3.4.1.4).

Em instalações cuja dimensão e complexidade reduzidas assim o permitam, a visita de arranque (VA) e a visita de preparação (VP) poderão ser apenas uma, no entanto, reitera-se o carácter muito mais incisivo da segunda visita, pelo que, a opção por unir estas duas etapas deverá ser devidamente estudada, sob pena de comprometer a eficácia do trabalho de campo (fase seguinte).

#### 4.3.4.1.4 *Trabalho de Campo*

O trabalho de campo corresponde à fase onde a equipa auditora recolhe os dados de caracterização energética na instalação, necessários para o estudo posterior de possíveis medidas de MURE aplicáveis. A equipa presente na instalação é composta pelo auditor responsável, o/s auditor/es auxiliares/eis e o técnico instrumentista. Nesta fase é essencial que toda a informação solicitada ao cliente esteja na posse da equipa auditora, como por exemplo as plantas da instalação e das diversas centrais que a constituem.

Para a realização do trabalho de campo devem estar reunidas as condições operacionais e logísticas previstas na 2ª reunião técnica (ver 4.3.4.1.3). Assim, devem ser salvaguardadas as seguintes condições (CC Energia):

- Envio preliminar dos elementos de acesso às instalações para a equipa auditora (caso solicitado);
- Envio preliminar do planeamento de trabalho de campo;
- Utilização de EPI e equipamentos de medição necessários para a realização da auditoria;
- Operacionalidade de todos os equipamentos de Auditoria;
- Utilização das Normas de Segurança aplicáveis à execução do Serviço;
- A pasta de Cliente (documento interno da empresa);

Esta fase compreende a recolha de toda a informação possível e necessária para a elaboração do relatório final a entregar ao cliente. São realizadas todas as medições necessárias à identificação das possibilidades de economias de energia, analisando-se as operações e os equipamentos mais consumidores de energia.

Segundo (Ferreira, 2012) o conjunto de medições, registos e análises efetuados deverão permitir:

- *“caracterizar os equipamentos produtores e consumidores de energia, quanto ao seu consumo e à sua eficiência energética;*
- *determinar os consumos de energia final (por forma de energia utilizada) em cada um dos sectores produtivos da empresa;*
- *determinar os diagramas de carga da instalação consumidora, globais, por sector produtivo e por forma de energia utilizada;*
- *elaborar balanços energéticos (balanços térmicos, balanços de massa e de energia) dos equipamentos (ou de processos) de maior importância energética;*
- *determinar os consumos específicos globais e por tipo de produto produzido;*
- *propor soluções técnicas, ou de gestão, conducentes à redução dos consumos de energia, mantendo o mesmo nível de prestações;*
- *propor (se inexistente) a instalação de aparelhos de medida, de grandezas energéticas, em pontos estratégicos que permitirão, ao gestor de energia fazer*

*uma monitorização adequada à instalação consumidora quer na sua globalidade quer por sectores produtivos da empresa.”*

A eficácia da auditoria depende fortemente da qualidade do trabalho desenvolvido nesta fase. No decorrer do trabalho de campo o auditor responsável deve garantir a recolha da informação relevante para a execução do projeto, bem como verificar e validar a documentação rececionada e coordenar todos os trabalhos dos restantes elementos da equipa. Após a execução do trabalho de campo, este último valida toda a informação rececionada, com atualização de pedido de dados ao cliente para o tratamento da informação recolhida (caso seja necessário). A duração do trabalho de campo pode ser de uma a duas semanas, dependendo da profundidade da auditoria e da dimensão e/ou complexidade da instalação em causa (Capehart *et al*, 2006).

#### 4.3.4.1.5 *Tratamento de Dados*

Após recolhidos os dados nas fases anteriores, inicia-se o processo de tratamento da informação com vista ao estudo e cálculo de possíveis medidas de eficiência energética a aplicar na instalação auditada.

O tratamento da informação deve, numa primeira instância, concentrar-se no cálculo dos consumos específicos de energia por equipamento, por produto e por sector produtivo, para posteriormente serem calculados os indicadores energéticos globais da instalação segundo o regulado pelo SGCI (ver secção 2.4). Para o efeito, deverá ser efetuada uma minuciosa desagregação dos consumos energéticos na instalação, para perceber quais os sectores e/ou equipamentos críticos em termos de consumo energético

Numa segunda fase, são calculadas técnica e economicamente um conjunto MURE. Estas medidas deverão ser calculadas levando em conta o processo produtivo atual da instalação (à data da auditoria) e uma possível otimização do mesmo, com o intuito de reduzir os consumos energético, sem nunca colocar em causa a produção (diminuição do consumo específico).

Na posse dos dados de caracterização energética da instalação, realiza-se na empresa em estudo, uma 3ª Reunião Técnica (3ªRT) com os seguintes objetivos (CC Energia):

- Avaliação de ocorrências verificadas no Trabalho de Campo;

- Cumprimento da estratégia inicialmente planeada;
- Consolidação do âmbito da intervenção;
- Planificação das tarefas a desenvolver e atribuição de responsabilidades;
- Definição da estratégia do “Tratamento de Dados”;
- Definição de MURE com potencial de implementação

Como resultado desta reunião, será definida uma listagem de MURE, que serão rotuladas em função da análise a efetuar, nomeadamente quanto ao método de avaliação da MURE. Desta forma, as medidas encontradas são “rotuladas” da seguinte forma (CC Energia):

- **Preliminar:** necessita de estudos adicionais para quantificação rigorosa das economias e investimentos;
- **Final:** de implementação imediata (existência de dados para avaliação de economias e investimentos);

As MURE Preliminares identificam de forma sumária uma oportunidade de redução do consumo de energia, fazendo-se uma avaliação qualitativa do seu potencial. Serão rotuladas, neste âmbito, MURE inovadoras (necessitando a sua quantificação rigorosa de dados adicionais inexistentes no momento ou a utilização de tecnologia inovadora ainda desconhecida pela equipa auditora, ou MURE complexas (cuja quantificação não se encontra contemplada pelo nível de execução de serviço contratado). A avaliação da viabilidade técnica/económica das MURE Preliminares necessita da contratação de um serviço adicional (estudo/projeto prévio) (CC Energia).

As MURE Finais correspondem a oportunidades de redução de consumo de energia tipificadas para a avaliação técnico/económica e de implementação imediata (minutas de cálculo existentes no departamento operacional da CC Energia). Contudo, podem ser consideradas como MURE Finais, medidas que saiam dos padrões normais de quantificação CC Energia (exigindo desta forma um esforço suplementar em termos de estudo da solução, consulta de novos parceiros, etc.) e que se pretendem de implementação imediata, após avaliação e estudo por parte do departamento operacional

Por decisão da direção, uma MURE preliminar poderá ser transformada numa MURE Final, sempre que justificável. Após o tratamento de dados procede-se ao desenvolvimento de relatórios.

#### 4.3.4.1.6 *Elaboração de Relatório*

Após efetuado o tratamento dos dados e a identificação e respetivo cálculo das medidas de eficiência energética a propor para a instalação, inicia-se a elaboração do relatório final de auditoria energética a entregar ao cliente. Este deve conter toda a informação de caracterização atual da instalação. Um relatório de auditoria energética comum deve, em traços gerais, conter a seguinte informação: (CCEnergia)

- Caracterização Geral da instalação e do processo produtivo, com identificação clara dos principais equipamentos consumidores de energia;
- Caracterização energética da instalação, com informação sobre os consumos globais de energia e desagregação de consumos por forma de energia;
- Indicadores Energéticos da Instalação: consumo específico de energia, custo específico de energia, intensidade energética e intensidade carbónica;
- Consumos de energia por secção consumidora de energia (AVAC, iluminação, Ar comprimido, central de refrigeração, processo produtivo, entre outros);
- Identificação, caracterização e análise económica de MURE;
- Conclusões;

#### 4.3.4.1.7 *Entrega de Relatório*

A conclusão do serviço de Auditoria Energética (na fase de estudo da instalação) é normalmente efetuada com a entrega de um relatório final ao cliente, conforme definido no procedimento de planificação e acompanhamento de projetos. Existirá também posteriormente uma apresentação das medidas de eficiência energética a propor ao cliente, servindo esta apresentação para acordar com o cliente, quais aquelas em que deseja investir e definir um prazo de implementação das mesmas, para definição de um cronograma de implementação concreto ao longo de período de acompanhamento do PReN.

## **4.4 ACOMPANHAMENTO PÓS-AUDITORIA**

### **4.4.1 Medição e Verificação M&V**

A avaliação energética inicial numa instalação e a consequente seleção e aplicação de MURE não é suficiente para concluir o processo de otimização energética. Todas as medidas implementadas terão necessariamente de ser verificadas do ponto de vista da monitorização dos resultados obtidos e identificação de possíveis otimizações após implementação, através de análise de diagramas de carga dos equipamentos instalados. Neste âmbito, surge o conceito de “M&V – Medição e Verificação”, a fase final da cadeia de processos de um serviço de auditoria energética.

Com o intuito de normalizar este processo, surgiu em 1996, a publicação *North American Energy Measurement and Verification Protocol* (Protocolo Norte Americano de Medição e Verificação de Energia), modificada em dezembro de 1997 e intitulada *International Performance Measurement and Verification Protocol* (com tradução oficial para Português através com designação de IPMVP - Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético). Após constantes atualizações, a sua versão mais recente é de 2009 (Soares N. M., 2010).

Este documento de apoio “*descreve as práticas comuns de medição, cálculo e relatório de economia, obtidas por projetos de eficiência energética ou de consumo eficiente de água nas instalações do usuário final.*”. Nele são apresentadas apenas as linhas orientadoras de boas práticas de M&V, pelo que, cada projeto deve ser concebido individualmente para ir ao encontro das necessidades das diferentes indústrias e/ou clientes envolvidos no processo de auditoria (EVO-Efficiency Valuation Organization, 2012).

Segundo o IPMVP, “Medição e Verificação” (M&V) é o “*processo de utilização de medições para determinar, de modo seguro, a economia real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia.*” A economia não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia. Neste campo, a economia é determinada pela comparação do consumo medido antes e depois da implementação de MURE, com ajustes adequados, tendo em conta

alterações nas condições iniciais de exploração da instalação. (EVO-Efficiency Valuation Organization, 2012).

As atividades de *M&V* consistem de um modo geral nas etapas seguintes (EVO-Efficiency Valuation Organization, 2012):

- Instalação, calibração e manutenção de medidores;
- Coleta e tratamento de dados;
- Desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- Cálculos com os dados medidos;
- Relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

A poupança de energia de uma instalação determina-se, conforme apresentado na Figura 4.11, pelo resultado obtido entre o consumo energético verificado antes e o verificado após a aplicação das MURE. Estes consumos são respetivamente designados de consumo de energia no período de referência (*baseline Period*) e de consumo do período de reporte da energia medida (*Reporting Period*) (Soares N. M., 2010).

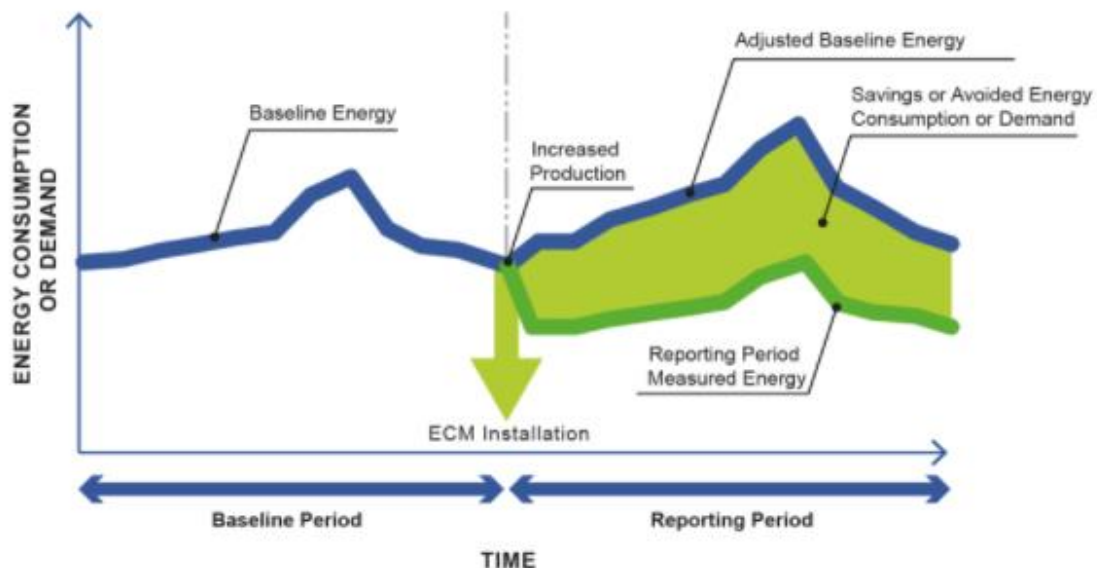


Figura 4.11 Definições de Análise de períodos segundo o IPMVP (EVO (Efficiency Valuation Organization))

Para documentar adequadamente o impacto de uma MURE, o efeito de redução dos consumos proveniente da sua aplicação deve ser analisado separadamente de outros fatores externos que possam aumentar o consumo de energia, como por exemplo, o aumento na produção. A fim de determinar a relação entre consumo de energia e

produção numa instalação, o primeiro passo deverá ser estudar o padrão de utilização da “linha de base energética” (*Baseline Energy*) antes da implementação de uma medida de eficiência energética.

Depois da implementação da medida, os valores de consumo energético da linha de base (*Baseline*) são utilizado para calcular a quantidade de energia que a instalação teria utilizado por mês, caso não tivesse sido implementada uma MURE, que é descrita pela chamada “linha de base ajustada”. A economia, ou “consumo de energia evitado” é a diferença entre a consumo da linha de base ajustado e a energia que foi realmente medida durante o período de determinação da economia, conforme apresentado na expressão (9) (EVO-Efficiency Valuation Organization, 2012):

$$Poupança = Consumo_{Ajustado\ no\ Periodo\ de\ Referência} - Consumo_{Periodo\ de\ Reporte} \quad (9)$$

Quanto à determinação da economia obtida, o IPMVP fornece quatro opções para a sua determinação, segundo quatro classificações diferentes (A, B, C e D). A escolha entre as diferentes opções implica muitas considerações, entre as quais a complexidade das medidas de eficiência energética aplicadas, o tipo de contrato realizado entre o cliente e a empresa prestadora de serviços energéticos e acima de tudo o tipo de rigor que se pretende na análise do desempenho energético da instalação (EVO-Efficiency Valuation Organization, 2012).

Para o efeito, as várias opções fornecidas pelo IPMVP diferem maioritariamente naquilo que é descrito neste documento como “*Fronteira de Medição*”, ou seja, a poupança pode ser determinada para toda uma instalação, ou apenas para parte dela, dependendo dos objetivos a reportar. O limite pode ser tão estreito quanto o conteúdo energético através de um tubo ou condutor elétrico, ou tão abrangente quanto o consumo total de energia de uma ou várias instalações consumidoras de energia. Se for decidido determinar a economia ao nível da instalação total, a Opção C ou a Opção D poderão ser as mais favoráveis. No entanto, se apenas é considerado o estudo de uma determinada MURE, uma técnica de medição isolada pode ser mais adequada (Opção A, Opção B ou Opção D). Em anexo no final do presente documento

(anexo XI) pode ser consultada um fluxograma para a escolha das opções do IPMVP, retirado deste documento (EVO-Efficiency Valuation Organization, 2012).

Após verificadas quais as melhores estratégias de abordagem para medição e verificação dos consumos energéticos de uma instalação, deverá ser estabelecido, segundo as diretrizes do capítulo 5 do IPMVP, um plano de M&V. O Plano M&V é um documento que estabelece procedimentos específicos de medição e métodos de verificação com o objetivo de obtenção e verificação de poupanças em cenários de auditorias energéticas e/ou projetos de eficiência energética (Armando, 2006).

O plano deve ser elaborado de acordo com as características da instalação e dos equipamentos ou sistemas que se pretendem aumentar os níveis de eficiência através da implementação das MURE. Deste modo, é conveniente o registo dos dados de consumos de referência e dos detalhes das MURE, isto no caso de existir alguma alteração das condições futuras, ou seja, necessário proceder à atualização das respetivas medidas. Em anexo no final do presente documento (anexo XII) podem ser consultadas as diretrizes constantes no capítulo 5 do IPMV, quanto ao conteúdo do plano de M&V.

No que diz respeito à monitorização e acompanhamento após auditoria energética, será seguidamente analisado o caso de estudo da empresa CC Energia.

#### **4.4.2 Caso de estudo CC Energia - Gestão do Desempenho Energético (GDE)**

Conforme já referido, os serviços prestados pela empresa CC Energia não se cingem à realização de auditorias energéticas. O diagnóstico energético e posterior implementação de medidas de eficiência energética é algo que deve ser visto como o princípio de ação para a criação de uma instalação mais eficiente e sustentável em termos energéticos. No entanto, é absolutamente fundamental que os resultados destas medidas sejam acompanhados e monitorizados, de forma a validar a redução e/ou manutenção dos valores dos indicadores energéticos previstos no relatório de auditoria. Deste modo, a CC Energia presta igualmente o serviço de acompanhamento das instalações dos seus clientes, através da instalação de um sistema de monitorização de consumos desenvolvido exclusivamente para a empresa, denominado *Visionem<sup>R</sup>*. O acompanhamento das instalações através deste sistema de

monitorização de consumos está a cargo de um departamento específico na empresa, denominado de departamento de Gestão do Desempenho Energético (GDE), atribuído a um gestor de energia.

Este é um serviço faturado separadamente do serviço de auditoria energética. O cliente que compra um serviço de auditoria energética, pode ou não adquirir igualmente este serviço à CC Energia, sendo no entanto recomendado que o faça uma vez que um sistema de monitorização de consumos é considerado uma medida de eficiência energética, uma vez que assegura uma avaliação em tempo real das instalações, permitindo ao gestor de energia identificar outras oportunidades de redução que serão transmitidas ao cliente através de relatórios de acompanhamento periódicos. Trata-se portanto de de um acompanhamento muito personalizado, garantindo aos responsáveis das instalações que estas terão um comportamento mais eficiente do ponto de vista energético, através de um controlo permanente.

No campo da gestão do desempenho energético existem três níveis de serviço distintos que o cliente pode contratualizar com a CC Energia, sendo o serviço mais básico composto pelo acompanhamento da instalação e respectiva emissão de um relatório periódico simples (ver exemplo anexo XV) e os dois restantes serviços com vários *upgrades* ao serviço básico, sendo mais incisivos do ponto de vista da análise efetuada pelo técnico da CC Energia, bem como da identificação de possíveis oportunidades de poupança, mas também logicamente mais onerosos para o cliente. Caberá ao cliente escolher o serviço que pretende, devendo ter sempre em consideração que um serviço de auditoria energética não deve ser visto como um custo, mas sim como um investimento. Na Figura 4.12, é apresentada a caracterização dos três diferentes níveis de serviço de gestão do desempenho energético (GDE) prestados pela CC Energia:

descrição do serviço	nível 0	nível 1	nível 2
relatório periódico simples	✓	✗	✗
relatório periódico completo	✗	✓	✓
atribuição de gestor de energia	✗	✓	✓
definição da política energética	✗	✓	✓
definição da contabilidade energética	✗	✓	✓
apoio à selecção de novos sistemas e/ ou equipamentos	✗	✓	✓
apoio técnico a novos projectos ( produção descentralizada de energia, energias renováveis, etc)	✗	✓	✓
apoio em projectos de financiamento	✗	✓	✓
apoio ao enquadramento legal	✗	✓	✓
outros serviços ex: relatório de acompanhamento PReN ( dec. lei 71/2008); realização de auditoria hídrica; consultoria no âmbito da norma ISO:50001	✗	✗	✓

Figura 4.12 Níveis de serviço da Gestão do Desempenho Energético (GDE) (CCENERGIA, 2016)

Os relatórios periódicos simples, existentes no nível mais básico do serviço, são relatórios automaticamente gerados pela aplicação *Visionem<sup>R</sup>*, sendo o seu nível de detalhe consideravelmente menos complexo que os relatórios “completos” incluídos nos dois níveis seguintes.

O serviço contratualizado com a CC Energia no âmbito da gestão do desempenho energético (GDE) contempla a atribuição de um gestor de energia à instalação, bem como a instalação de um sistema de monitorização de consumos (SMC). A instalação deste sistema é feita colocando contadores de energia em zonas/equipamentos estratégicos da instalação, consumidores de energia. A análise dos dados recolhidos é feita recorrendo ao *Visionem<sup>R</sup>*, acessível através de um *username* e uma *password* por via *online* (*visionem.pt*). Através deste *software*, o gestor de energia tem acesso aos dados energéticos recolhidos de todos os equipamentos consumidores de energia da instalação, onde foram colocados contadores de energia, permitindo visualizar onde estão as melhores oportunidades de redução de consumos, nas diversas formas de energia consumidas na instalação. O ambiente de trabalho geral para uma instalação, utilizando este programa, pode ser visto na Figura 4.13:

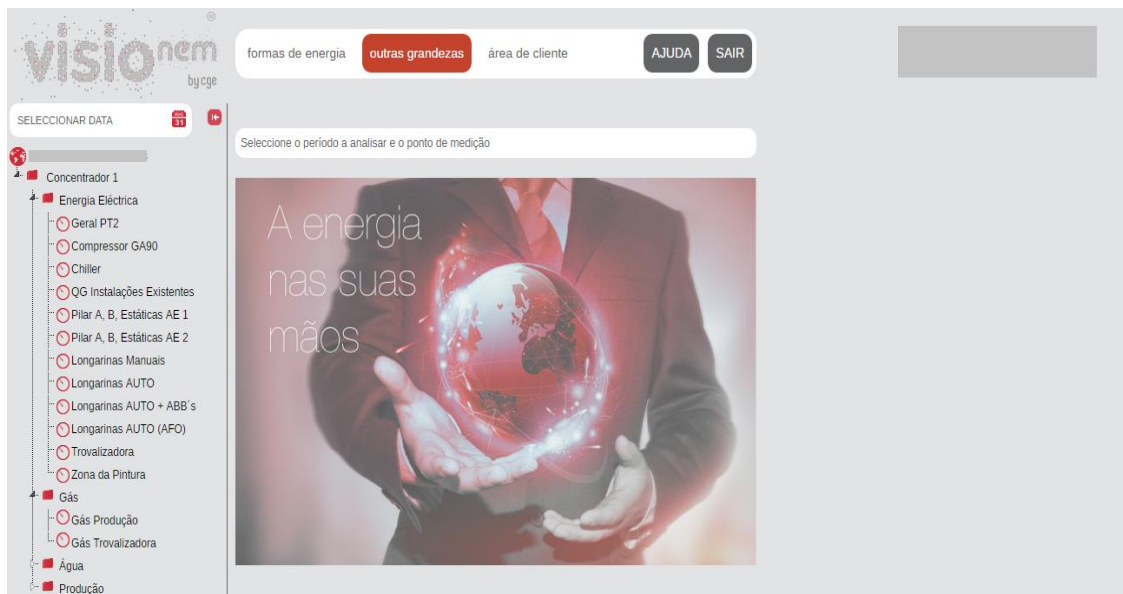


Figura 4.13 Ambiente de trabalho do software Visionem<sup>R</sup>

O *software* é muito simples de utilizar e bastante intuitivo para um novo utilizador. Conforme se pode verificar na imagem em cima apresentada, do lado esquerdo do ambiente de trabalho podem observar-se os diversos concentradores de energia instalados (concentrador 1, concentrador 2, ...). Dentro de cada um dos concentradores apresentam-se os diversos pontos de medição, divididos pelas fontes de energia consumidas na instalação (energia elétrica, gás, vapor, etc...).

Para se iniciar a análise dos dados, basta selecionar qual o ponto de medição que se pretende e qual o período de análise. As variáveis de análise são: Potência, Energia e Custo. Na análise da potência absorvida é possível transitar entre as diferentes possibilidades de visualização: 1/3 (diagrama de carga médio diário), 2/3 (diagrama de carga contínuo) ou 3/3 (diagrama de carga diário com períodos sobrepostos).

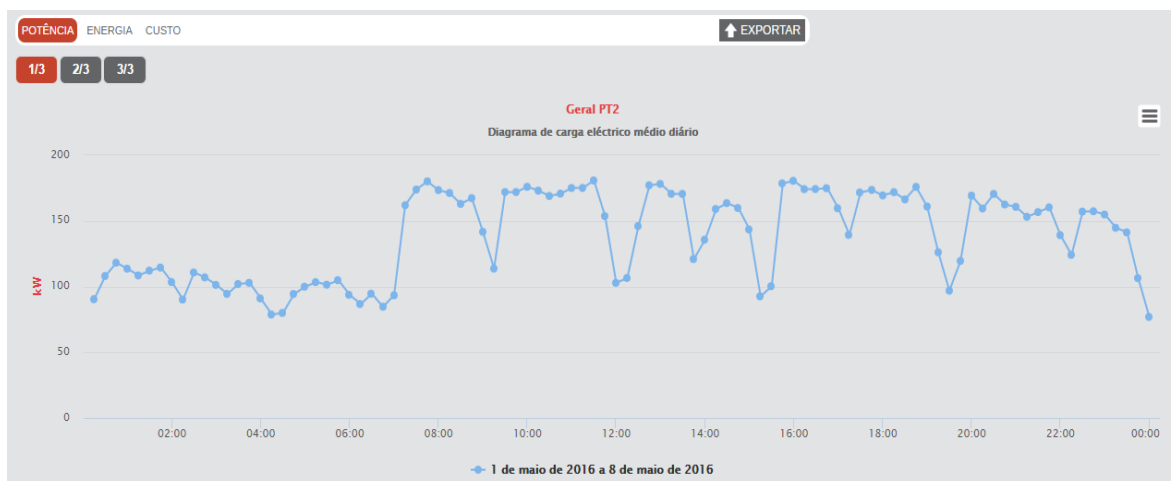


Figura 4.14 Análise de potência no Visionem<sup>R</sup>

Relativamente à análise de energia também é possível visualizar os dados de diferentes formas, nomeadamente a visualização diária dos valores de consumo para o período de análise ou o valor total de energia consumida no período selecionado, conforme exemplificado na Figura 4.15.

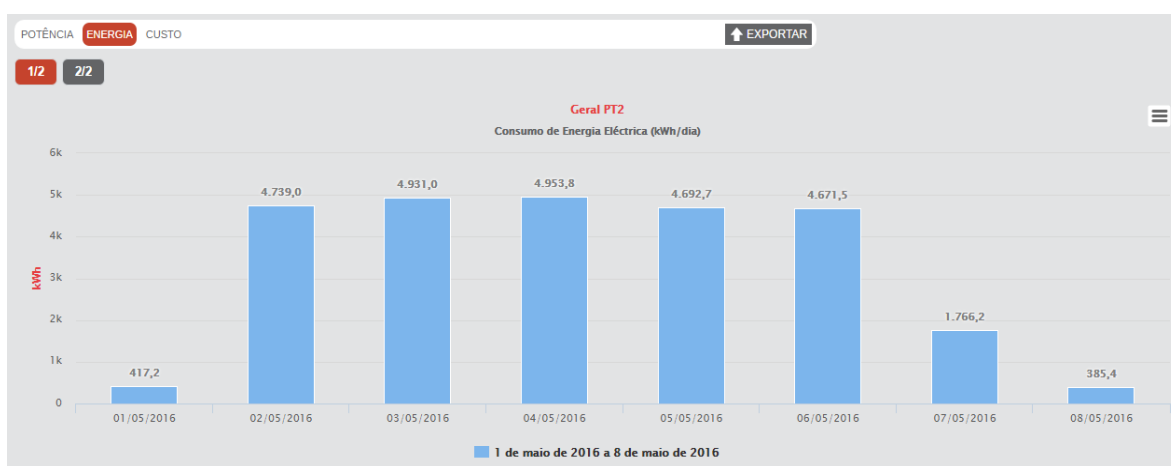


Figura 4.15 Análise de Energia no Visionem<sup>R</sup>

Por último, no que diz respeito ao custo da energia, o Visionem<sup>R</sup> permite também duas formas de visualização: uma análise diária para o período de selecionado e uma análise com os valores totais. Neste campo, o Visionem<sup>R</sup> apresenta os valores separados pelos vários períodos horários de faturação da energia: horas de Ponta, Cheias, Vazio Normal e Super Vazio, conforme apresentado na Figura 4.16.

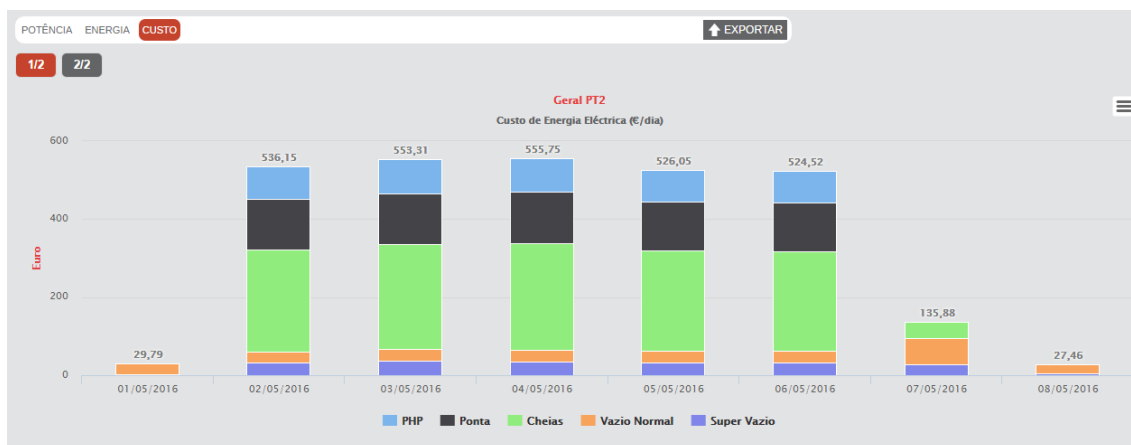


Figura 4.16 Análise de custo da energia no Visionem<sup>R</sup>

Todos os dados podem ser exportados para uma folha de cálculo (Excel), através da opção “exportar”, permitindo assim mais opções de tratamento e análise dos mesmos.

Um Sistema de Monitorização de Consumos (SMC) é uma ferramenta que confere aos responsáveis da instalação o conhecimento aprofundado do perfil de consumo dos principais consumidores energéticos. Esta ferramenta permitirá detetar eventuais desvios ao consumo padrão da instalação, detetar consumos residuais bem como acompanhar a evolução dos consumos após a implementação de medidas de melhoria.

Este tipo de soluções assume especial importância na altura de decidir a alteração de procedimentos ou rotinas em processos e equipamentos, na sua substituição ou otimização. Assume igualmente particular relevância na avaliação do desempenho decorrente da implementação de medidas que visem a poupança energética. Com o SMC é possível calcular indicadores de desempenho energético de processos e equipamentos como o consumo específico de energia. Este indicador oferece a possibilidade de avaliar o desempenho da instalação em cada momento, tornando possível atuar de forma célere em ocasiões em que se verifiquem desvios no comportamento de determinado processo.

A utilização de Sistemas de Monitorização de Consumos é geralmente atrativa, conduzindo a economias até 5% dos sistemas monitorizados. (Turner *et al*, 2006)

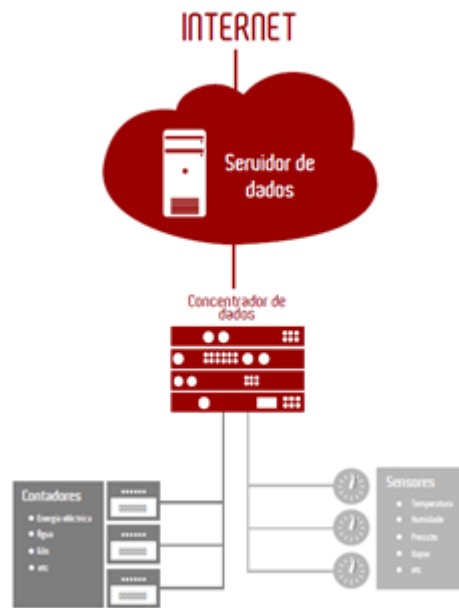


Figura 4.17 – Diagrama simplificado de um Sistema de Monitorização de Consumos (CC Energia)

A conjugação de dados *online* (em tempo real) com a Gestão de Energia apresenta como vantagens (CC Energia):

- Conhecimento aprofundado do consumo e custo energético de cada fase, processo ou sistema;
- Avaliação da eficiência energética de um sector ou equipamento por comparação com outros de funcionamento semelhante;
- Registo histórico de dados (aquisição, análise e comparação de dados) permitindo o planeamento de ações de forma a otimizar consumos e tarifas, com a conseqüente redução da fatura energética;
- Identificação de consumos anómalos ou evitáveis associados a avaria, manutenção deficiente ou má utilização de recursos;
- Avaliação do rendimento de equipamentos e da influência de variáveis externas no seu consumo;
- Simulação da fatura de energia elétrica;
- Correlação dos níveis de consumo energético e das emissões de CO<sub>2</sub> com a produção;
- Obtenção de indicadores energéticos de desempenho da instalação;
- Avaliação dos fatores que afetam o consumo energético, permitindo a análise em detalhe da sua influência na produção atual ou futura;

- Identificação de alterações na prestação de equipamentos consumidores ou produtores de energia, indicando necessidade de intervenção técnica para reparar danos ou de proceder à manutenção;
- Previsibilidade dos consumos, relativamente a aumentos ou diminuição dos níveis de produção;
- Avaliação dos consumos energéticos após a implementação de medidas de alteração efetuadas na instalação, nomeadamente medidas de eficiência energética ou de alterações de processos;
- Possibilidade de implementação de medidas de melhoria contínua no que respeita à redução do custo energético de produção.

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## 5 CASO DE ESTUDO

---

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA EMPRESA EM ESTUDO

A empresa cujo caso de estudo será descrito, pertence a um grupo multinacional, presente em 22 países espalhados por 3 continentes, que se dedica ao *design*, desenvolvimento e fabrico de componentes metálicos e conjuntos para o setor automóvel. Por razões de sigilo profissional, não será referido expressamente o nome da empresa no presente documento. (CC Energia)

### 5.2 PROCESSO PRODUTIVO

Conforme já referido, a empresa em estudo é dedicada ao fabrico de componentes metálicos e conjuntos para o setor automóvel, nomeadamente elementos de carroçaria (capôs, longarinas, portas, etc.). Neste sentido, o processo produtivo da instalação baseia-se em todo o conjunto de processos mecânicos de fabrico das peças metálicas, onde se incluem secções de quinagem, corte e soldadura das peças. Por razões de confidencialidade, não foi possível aceder ao esquema pormenorizado da linha de montagem da instalação.

Após o fabrico mecânico das peças, estas são sujeitas a um processo de tratamento anticorrosivo de fosfatação. Este processo permite, através de um conjunto de reações químicas ocorridas numa solução de ácido fosfórico, a criação de uma camada superficial nas peças contendo cristais de Zinco insolúveis, o que fornece uma grande proteção anticorrosiva de baixo custo. Esta técnica é normalmente utilizada antes da pintura, com o fim de reforçar a sua eficácia. A fosfatação traz de uma forma resumida as seguintes vantagens para as peças, quando aplicada antes da pintura: (Farinha *et al*, 1999)

- Melhoria da aderência da tinta;
- Proteção moderada da estrutura em caso de deterioração localizada ou presença de fissuras na tinta;
- Em certos casos, tal como nos aços, a fosfatação converte os produtos de corrosão (óxido de ferro ou ferrugem) em fosfato de ferro, tornando-se então

desnecessário o processo de preparação de decapagem antes da pintura (não é o caso do processo produtivo do caso de estudo);

Antes de serem mergulhadas no tanque de fosfatação, as peças necessitam de ser sujeitas a um processo de decapagem térmica para a remoção de gorduras. Desta feita, as peças são mergulhadas primeiramente num tanque de desengorduramento e, posteriormente, num tanque de limpeza para remoção de impurezas inorgânicas, seguindo por fim para o tanque de fosfatação.

Seguidamente são apresentadas as imagens reais e esquematizadas dos três tanques onde as peças são imersas:

- Tanque de Desengorduramento (Tanque 1);
- Tanque de lavagem (Tanque 2);
- Tanque de Fosfatação (Tanque 3);

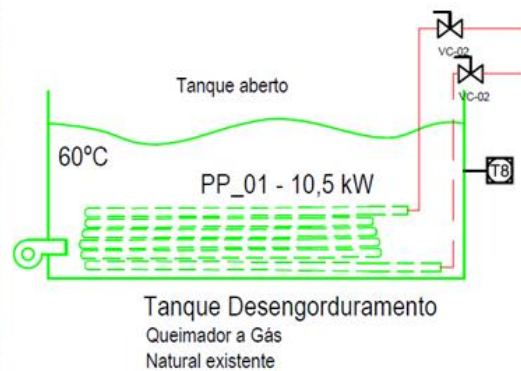


Figura 5.1 Tanque de Desengorduramento (Tanque 1)

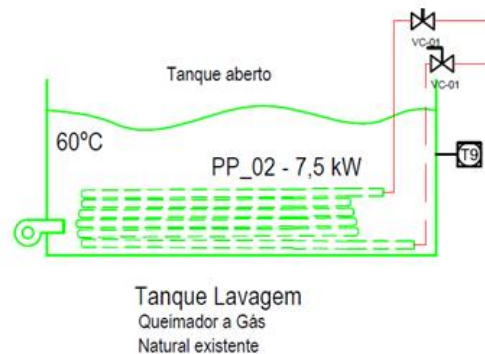


Figura 5.2 Tanque de Limpeza (Tanque2)

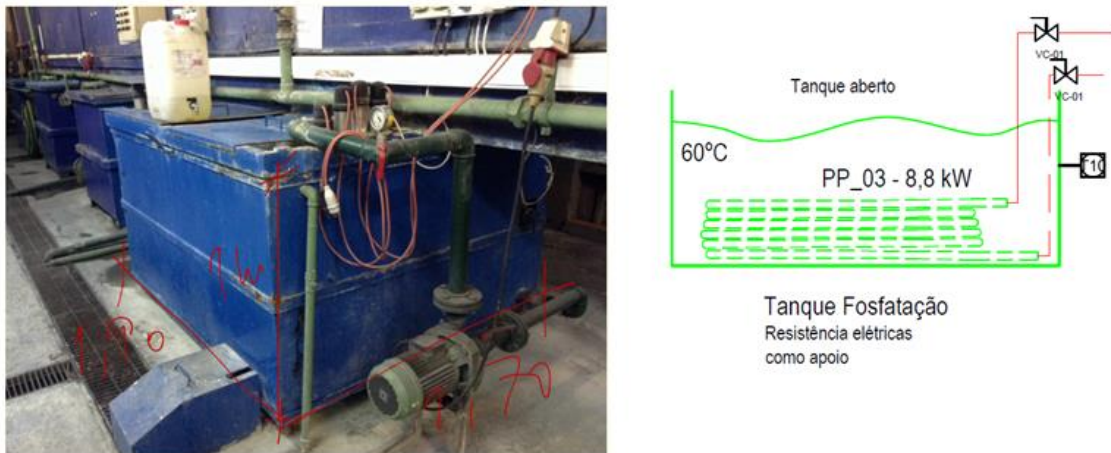


Figura 5.3 Tanque de Fosfatação (Tanque 3)

Em anexo, no final do presente documento (anexo XIII), pode ser consultado o esquema de princípio da secção da instalação, onde se contêm os tanques de acabamento das peças (esquema de princípio após instalação da solução de recuperação térmica da central de ar comprimido).

### 5.3 CENÁRIO AUDITADO – CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA

### 5.4 CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA NA INSTALAÇÃO

As formas de energia consumidas na instalação são Energia Elétrica e Gás Propano.

Na Tabela 8 são apresentadas as quantidades consumidas no período de referência de auditoria (ano civil anterior auditoria) com conversões para Energia Primária (tep) e Energia Final (GJ), bem como o custo e emissões de CO<sub>2</sub> associadas.

Tabela 8 Resumo geral das diferentes formas de energia consumidas pela instalação

Forma de Energia	Quantidade	tep	GJ	tCO <sub>2</sub>	€
Energia Elétrica (kWh)	2.740.556,00	589,20	9.866,00	1288,00	309.768,66
Gás Propano (kWh)	567.065,00	48,77	2.041,43	128,65	53 108,49
<b>TOTAL</b>	<b>3.307.621,00</b>	<b>637,97</b>	<b>11.907,43</b>	<b>1.416,65</b>	<b>362.877,15</b>

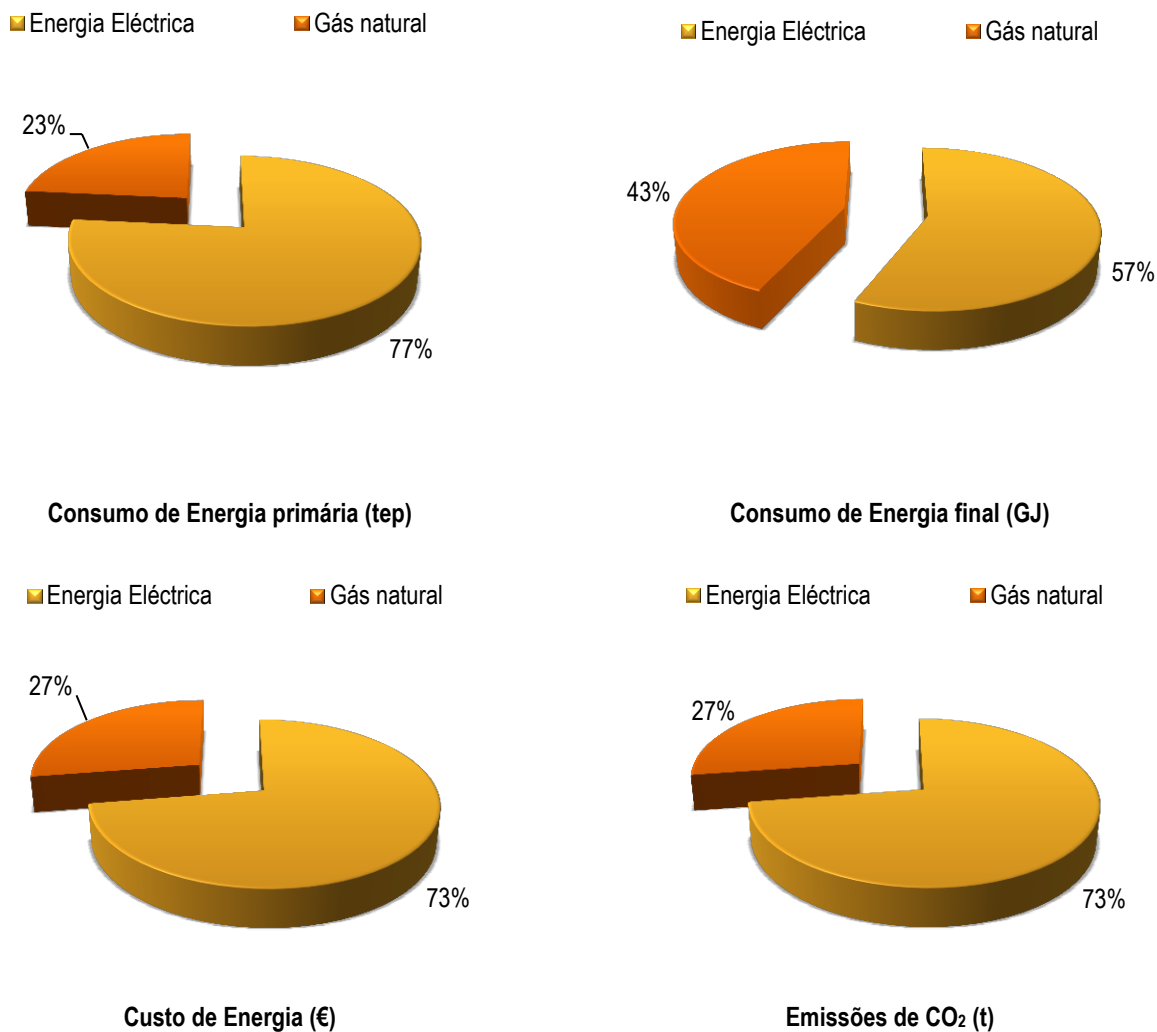


Figura 5.4 Resumo geral das diferentes Formas de energia consumidas pela instalação (CC Energia)

Conforme apresentado na Figura 5.4, a Energia Eléctrica é a forma de energia mais consumida, representando 83 % dos consumos globais, enquanto o Gás Propano representa 17 %. Em termos de custos, a Energia Eléctrica, representa 85 % dos custos globais da instalação. Em relação às emissões de gases com efeito de estufa, a Energia Eléctrica contribuiu com a maior parcela, 85 % das emissões globais, sendo o Gás Propano responsável por 15 % das emissões globais, para o período de referência de auditoria.

Na Tabela 9 são apresentados os valores dos consumos, custos e emissões mensais globais das diferentes Formas energéticas (Energia Eléctrica e Gás Propano).

Tabela 9 Consumo mensal global de energia no período de referência (CC Energia)

Mês	Consumo			Custo	Emissões
	(%)	(tep)	(GJ)	(€)	(tCO <sub>2</sub> )
<b>Janeiro</b>	7,1%	45,3	956,0	26.750,58	102,5
<b>Fevereiro</b>	10,7%	68,3	1.312,1	39.262,62	152,2
<b>Março</b>	8,2%	52,3	876,0	27.208,95	114,4
<b>Abril</b>	9,1%	57,9	1.121,7	33.881,99	129,3
<b>Mai</b>	9,5%	60,7	1.191,6	36.325,36	135,8
<b>Junho</b>	9,3%	59,3	1.144,2	34.490,05	132,4
<b>Julho</b>	8,0%	51,0	853,9	26.660,79	111,5
<b>Agosto</b>	5,6%	35,8	780,1	22.935,54	81,5
<b>Setembro</b>	8,1%	51,6	863,2	27.488,66	112,7
<b>Outubro</b>	7,9%	50,1	839,3	27.021,80	109,6
<b>Novembro</b>	9,0%	57,4	1.158,2	35.286,64	128,9
<b>Dezembro</b>	7,6%	48,4	811,1	25.564,17	105,9
<b>Total</b>	100,0%	638,0	11.907,4	362.877,15	1.416,7
<b>Média</b>	--	53,2	992,3	30.239,76	118,1

As Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7 ilustram as evoluções mensais do consumo, custos e emissões das diferentes formas energéticas no período de referência.

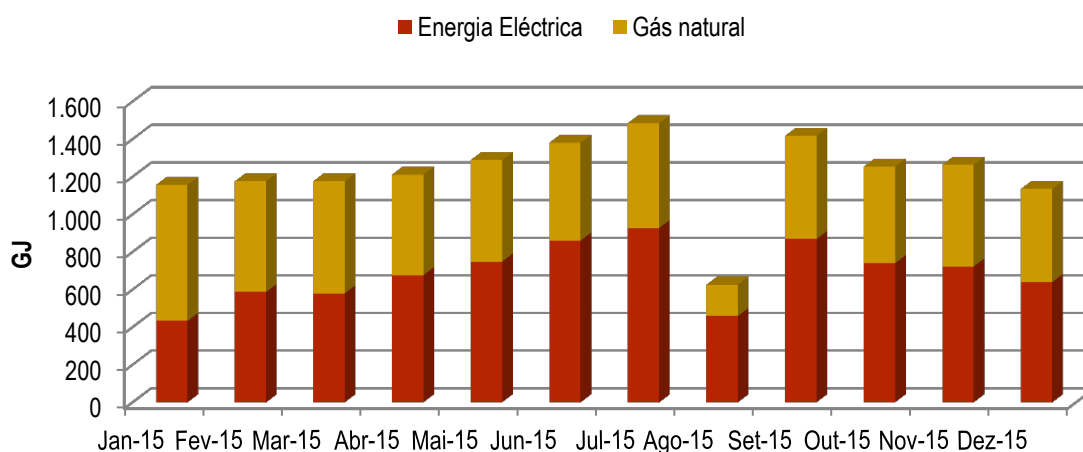


Figura 5.5 Variação do consumo de energia final no período de referência

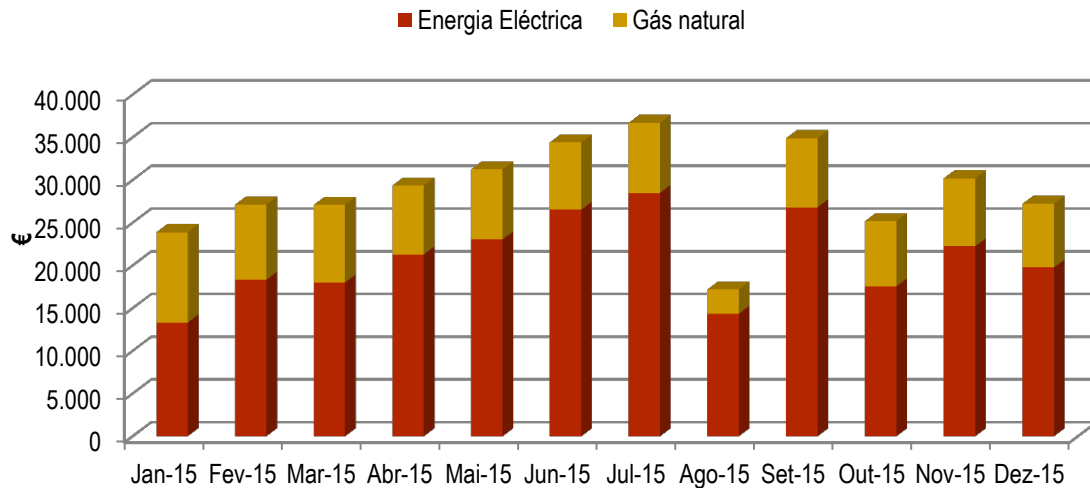


Figura 5.6 Variação do custo de energia no período de referência (CC Energia)

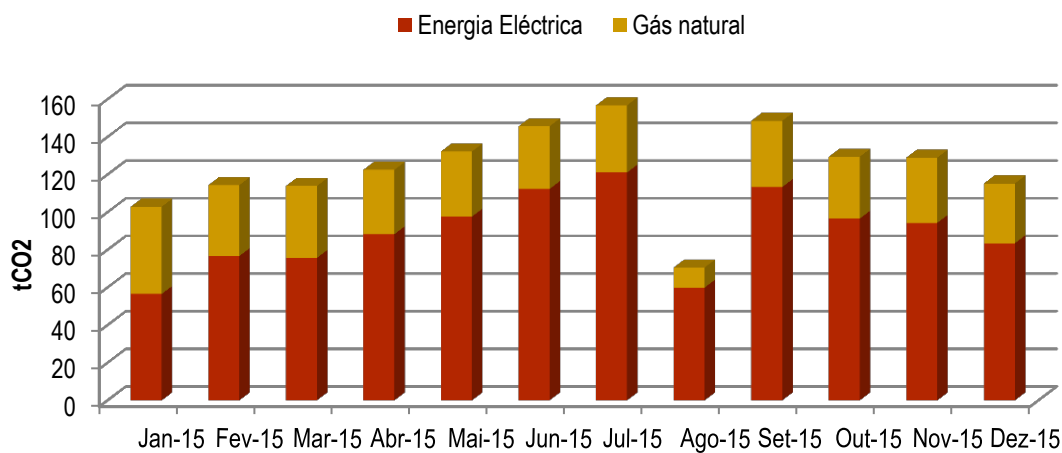


Figura 5.7 Variação das emissões de CO<sub>2</sub> no período de referência (CC Energia)

## 5.5 CENTRAL DE AR COMPRIMIDO

### 5.5.1 Descrição da Central

A central de ar comprimido apresentava, à data da realização auditoria um consumo anual de energia elétrica estimado de aproximadamente 436.800 kWh/ano, o que em termos de custos representa 41.500 €/ano, sendo responsável por cerca de 16 % do consumo global de energia elétrica da instalação (CC Energia).

A Central de Ar Comprimido é composta por duas zonas, uma em funcionamento e outra em *back-up*. De seguida é apresentado um esquema simplificado desta central (CC Energia):

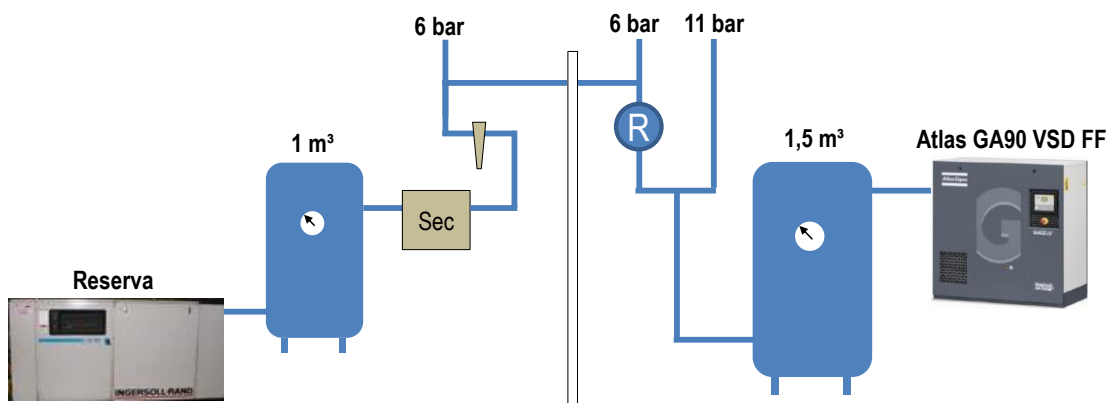


Figura 5.8 Representação esquemática do ar comprimido (CCenergia)

A central em funcionamento tem instalados os equipamentos seguintes (CCenergia):

- Produção: Compressor rotativo de parafuso com injeção de óleo, da marca Ingersoll Rand, modelo SSR ML 55, ano 1997.
- Tratamento: Secador de refrigeração, marca Ingersoll Rand, modelo TMS. Filtros de linha Hiross.
- Armazenamento: Reservatório com volume de 1000 L, timbre 8 bar.

Após o depósito de ar comprimido, existem duas derivações: uma delas à pressão de 11 barg que alimenta diretamente a secção robotizada e outra que, após redução de pressão de 11 barg para 6 barg, alimenta todos os restantes utilizadores/pontos de uso da instalação. A linha de 6 barg tem 2 saídas da central: uma em alumínio e outra em aço galvanizado. (CCenergia)



Figura 5.9 Pormenor da rede de distribuição na central de ar comprimido (CCenergia)

A central de *back-up* tem instalados os equipamentos seguintes (CC Energia):

- **Produção:** Compressor rotativo de parafuso com injeção de óleo, da marca Ingersoll Rand, modelo SSR ML 55, ano 1997, N.S. 2320270.
- **Tratamento:** Secador de refrigeração, marca Ingersoll Rand, modelo TMS. Filtros de linha Hiross.
- **Armazenamento:** Reservatório com volume de 1000 L, timbre 8 bar.



Figura 5.10 Detalhe dos filtros de ar comprimido (CC Energia)



Figura 5.11 Depósito de ar comprimido (CC Energia)

Na Tabela 10 são apresentadas as características do compressor verificado em auditoria:

Tabela 10 Características técnicas do compressor GA90 VSD-FF (CC Energia)

Central de Ar Comprimido	
Identificação	Compressor 1
Marca/Modelo do Compressor	Atlas Copco / GA90VSD-FF
Ano do Compressor	2011
Tipo de Controlo	VEV
Potência nominal Motor (kW)	90
Pressão máxima (bar)	13
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /min)	12,9
Pressão Trabalho (Bar)	11

A rede geral de distribuição é composta pelas seguintes zonas (CC Energia):

- Zona que alimenta os robots de soldadura a 11 bar(g);
- Zona que alimenta do robot de soldadura para testes a 11 bar(g);
- Zona que alimenta diversas máquinas de produção a 6 bar(g) – saída da nova central de ar comprimido;
- Zona que alimenta diversas máquinas de produção a 6 bar(g) – saída da antiga central de ar comprimido.



Figura 5.12 Detalhe da rede de distribuição (CC Energia)

### 5.5.2 Medições efetuadas em Auditoria

Na Figura 5.13 é apresentada a curva teórica de funcionamento (dados interpolados), que relaciona a energia elétrica consumida no compressor com a produção de ar comprimido (m<sup>3</sup>/h).

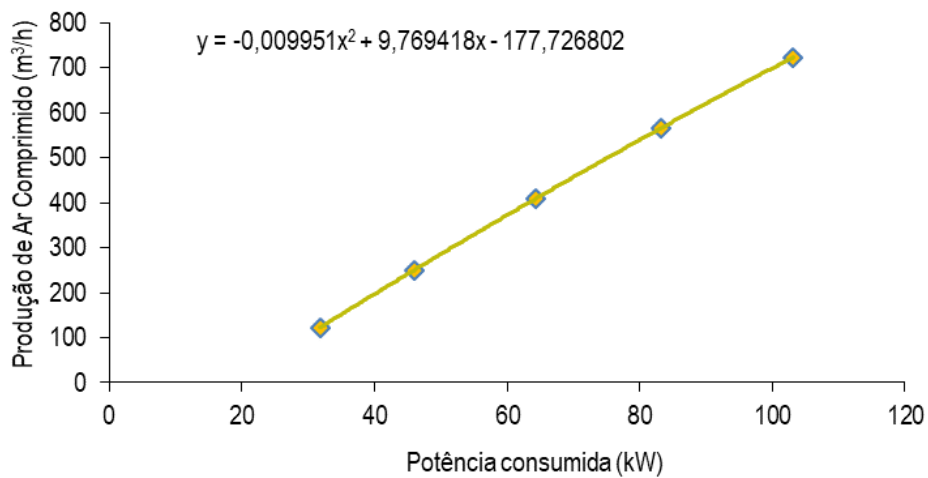


Figura 5.13 Curva teórica do compressor (CC Energia)

Para a avaliação do desempenho energético do compressor de ar comprimido (GA90VSD-FF) foram efetuadas medições do consumo elétrico do compressor, com um tempo de integração de 1 minuto, em todo o período da auditoria energética.

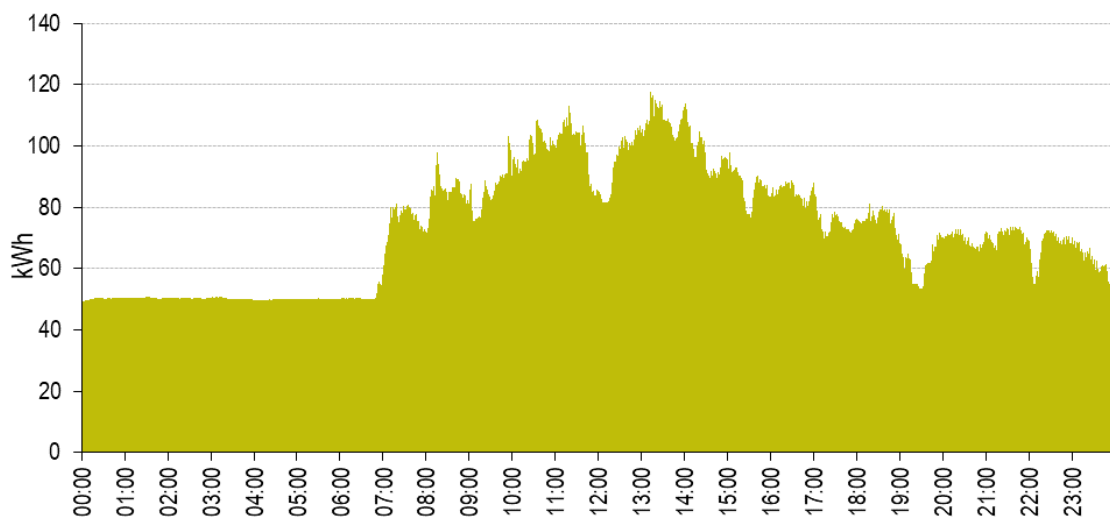


Figura 5.14 Diagrama de carga total da Central de Ar Comprimido (CC Energia)

A Figura 5.15 apresenta o perfil de produção de ar comprimido, obtido a partir do diagrama de carga e das equações das curvas teóricas do compressor.

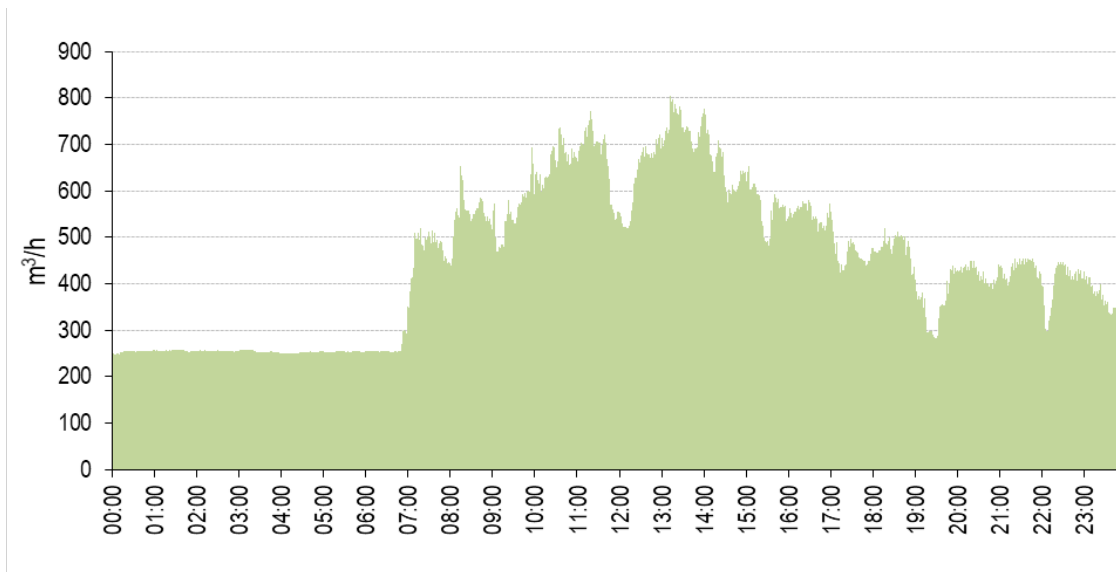


Figura 5.15 Perfil de Produção total de Ar Comprimido (CC Energia)

No período em análise constata-se que as necessidades de ar comprimido da instalação são estáveis no período noturno (00:00h às 07:00h), com um consumo de energia de aproximadamente 50 kWh (produção de 240 m<sup>3</sup>/h). No restante período a potência absorvida é mais elevada e variável, aproximando-se dos 120 kWh de pico.

Conjugando o comportamento elétrico e a produção de ar comprimido, foi possível estimar as necessidades de energia elétrica para comprimir um metro cúbico de ar (consumo específico de energia do compressor de ar). Na Tabela 11, apresentam-se os valores obtidos:

Tabela 11 Consumo Específico de energia na produção de ar comprimido

<u>Central de Produção de AC</u>	Consumo médio de energia elétrica [kWh]	Produção [m <sup>3</sup> /min]	Consumo Específico [kWh/m <sup>3</sup> /min]
	72,8	7,4	9,8

## 5.6 SOLUÇÃO PROPOSTA

A energia requerida em qualquer processo de compressão de ar é maioritariamente transformada em calor. No caso dos compressores de parafuso (não isentos de óleo) a grande maioria deste calor é rejeitado para o óleo que tem como funções a lubrificação e arrefecimento do sistema (fluido de rejeição de calor). O sistema de recuperação de calor utilizado foi projetado para recuperar a maior quantidade de

calor possível rejeitada para o óleo, de forma a utilizar esta energia inicialmente desperdiçada em outras aplicações, promovendo assim uma economia de energia (Novais, 2014).

Na imagem seguinte é apresentado um diagrama de *Sankey* comum de uma unidade compressora convencional (Novais, 2014):

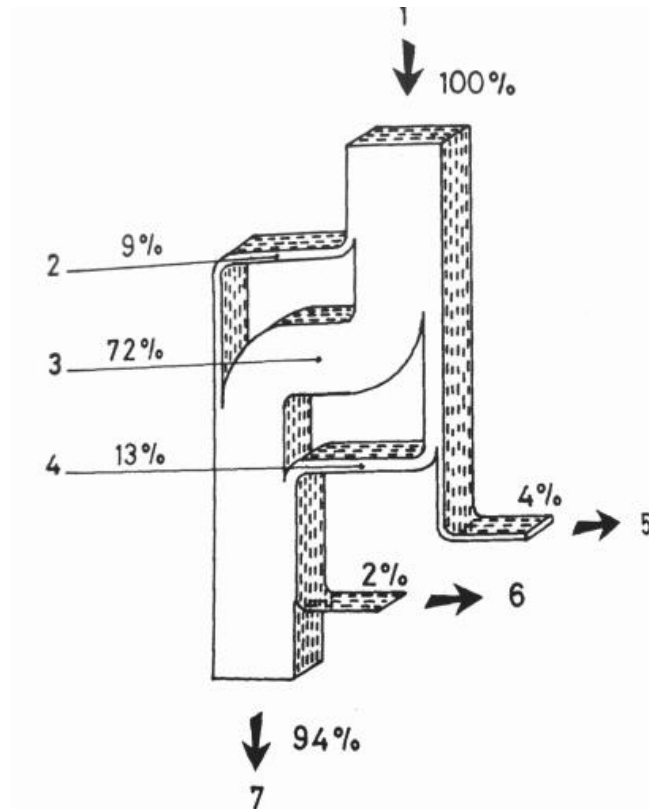


Figura 5.16 Diagrama de calor de uma unidade compressora típica (Novais, 2014)

1. Potência ao veio do compressor: 100%;
2. Perda de calor a partir do motor elétrico (arrefecido por ar): 9%;
3. Calor transmitido ao óleo e libertado no respetivo permutador (*oil cooler*): 72%;
4. Calor libertado no arrefecedor final (*aftercooler*): 13%;
5. Calor remanescente no ar comprimido e transportado para o reservatório da central;
6. Transmissão de calor por condução, radiação e convexão para o meio ambiente: 2%;

7. Quantidade de calor teoricamente recuperável para aquecimento por ar: 94%;  
(Novais, 2014)

A energia mecânica utilizada no ciclo de compressão é transformada em calor, sendo que apenas 4% dessa energia permanece no ar comprimido. As perdas por radiação representam 2% e os restantes 94% são dissipados nos sistemas de refrigeração, que, teoricamente, podem ser recuperados (Novais, 2014).

A proposta de otimização para a instalação em estudo consistiu na substituição do compressor *Atlas Copco GA90*, por dois compressores com variação eletrônica de velocidade integrada *GA75 VSD (FF)* e *GA15 VSD (FF)*, funcionando para a rede de 7 e 11 bar respectivamente. Os compressores propostos permitirão adaptar o funcionamento às necessidades reais da instalação.

No sistema de recuperação térmica proposto, o calor proveniente do óleo do sistema de lubrificação do compressor será dissipado em grande parte para uma fonte fria, neste caso água, através de um permutador de calor do tipo de placas em contracorrente. A Figura 2.1 ilustra o esquema de funcionamento de uma aplicação convencional de recuperação de energia (Atlas Copco, 2013):

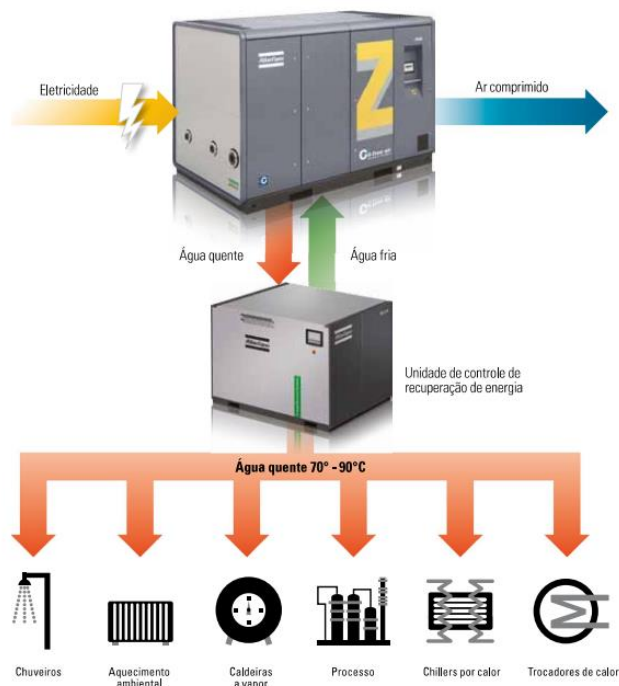


Figura 5.17 Princípio de funcionamento de Sistemas de Recuperação de calor em centrais de AC (Atlas Copco, 2013)

Na proposta de otimização energética da instalação, a potência do sistema de recuperação do compressor terá de ser suficiente para suprir as necessidades de ponta de AQS e AQP (Tanque desengorduramento, Lavagem e Fosfatação), assim como ao nível de energia produzida. Devido o compressor estar a trabalhar mais horas que as “horas de necessidades” existiu a possibilidade de armazenar energia em tanques de acumulação de água quente de modo a ser possível uma utilização posterior, quando necessário. Neste projeto, foram considerados dois depósitos de inércia, um para AQS que será um reaproveitamento de um depósito existente de 2500 L e um depósito novo de 2000 L para os tanques. A temperatura de acumulação é de 80°C (CC Energia).  
 Nesta instalação foi aplicado um sistema de recuperação térmica da marca *Atlas Copco*, apresentando-se na Figura 5.18 o esquema de princípio do mesmo, segundo o manual de instalação do fabricante (Atlas Copco, 2013):

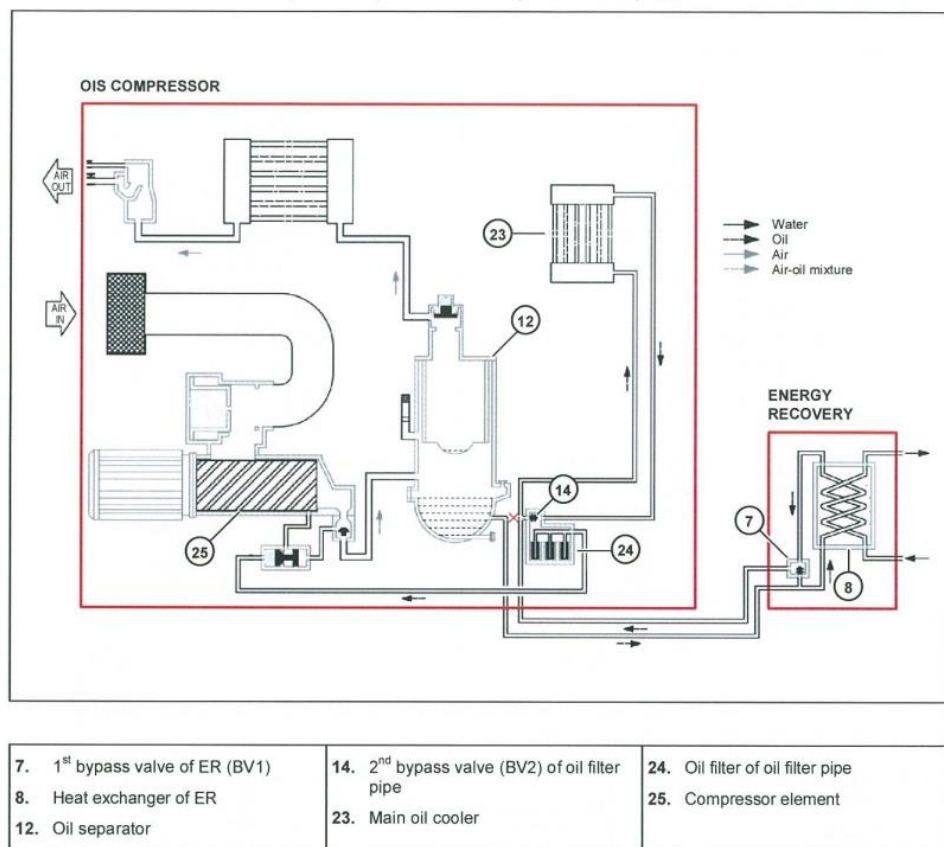
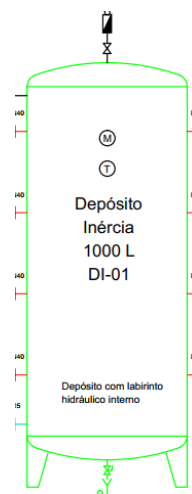


Figura 5.18 Esquema de princípio do compressor com recuperação de calor (Atlas Copco, 2013)

O sistema de recuperação térmica instalado consistiu num sistema de permuta térmica, onde o óleo quente proveniente do sistema de lubrificação de cada compressor irá rejeitar calor para um fluido de acumulação térmica, neste caso a água.

Foi então instalado um permutador de calor óleo-água, do tipo de placas, em contracorrente, à saída dos dois compressores da instalação (Cengel *et al*, 2015). A água circula no circuito de consumo (AQS+AQP) e o óleo circula num circuito fechado entre o permutador e o compressor, conforme apresentado na imagem anterior. Uma válvula de três vias de comando eletrónico regula a passagem do óleo no circuito de permuta térmica, com base nas necessidades dos consumidores finais de energia.

Cada compressor possuirá um circuito de recuperação independente constituído por uma bomba circuladora com variação de velocidade externa à bomba controlada por diferencial térmico entre a temperatura de ida e retorno. Após permuta térmica com o óleo, a água quente é depositada num depósito de inércia com septo central, comum aos dois circuitos, com sonda de temperatura, onde é feita a estratificação térmica do fluido (depósito de 1000 L). As duas bombas funcionarão sempre que o compressor estiver a funcionar. Neste circuito existem duas bombas circuladoras (B1 e B2) com 1,1 kW e 1,1 kW, quatro sondas de temperatura para tubagem e uma para depósito.



*Figura 5.19 Depósito de inércia para alimentação dos depósitos dos consumidores finais (CC Energia) (adaptado pelo autor)*

Este depósito alimentará as necessidades energéticas dos consumidores finais (AQS+AQP). Com base nas necessidades de consumo, a água quente é transferida em circuito fechado para dois depósitos finais de acumulação térmica, um para o AQS e outro para o AQP.

No caso do depósito de AQS, este contém água de alimentação da rede, que irá realizar a troca de calor com a água quente do primeiro reservatório de inércia, através

de permutadores de calores mergulhados no fluido, que irão rejeitar calor para a água de consumo por condução térmica. O circuito de água que vai ao consumidor final (banhos) foi construído em anel fechado, de forma a permitir que ao ligar a torneira da água quente, o tempo espera para aquecimento da água seja praticamente nulo, uma vez que circula permanentemente água quente no circuito, devido à existência de uma bomba hidráulica dedicada, com variação de velocidade externa à bomba, controlada por diferencial térmico entre a temperatura de ida e retorno. A bomba será ativada quando a temperatura no depósito for inferior ao valor mínimo pré-definido. Neste circuito existe uma bomba circuladora (B3) com 1,1kW, duas sondas de temperatura para tubagem e uma para depósito.

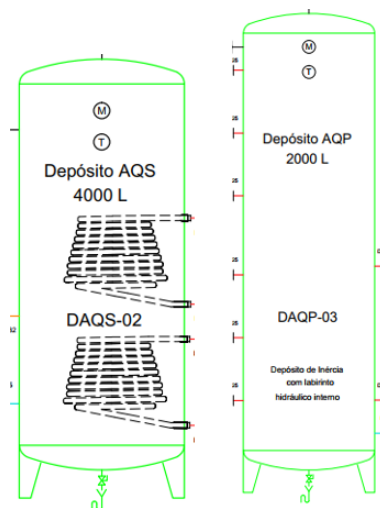


Figura 5.20 Depósito de AQS (esquerda) e depósito de AQP (direita) (CC Energia) (adaptado pelo autor)

No caso do depósito de AQP, o princípio de funcionamento é equivalente ao depósito de inércia inicial (1000 L). Neste caso, a água quente acumulada e estratificada, circula entre o depósito e três permutadores de calor, mergulhados em cada um dos tanques descritos anteriormente. A permuta térmica é efetuada por condução entre os permutadores de calor e o fluido existente em cada um dos tanques.

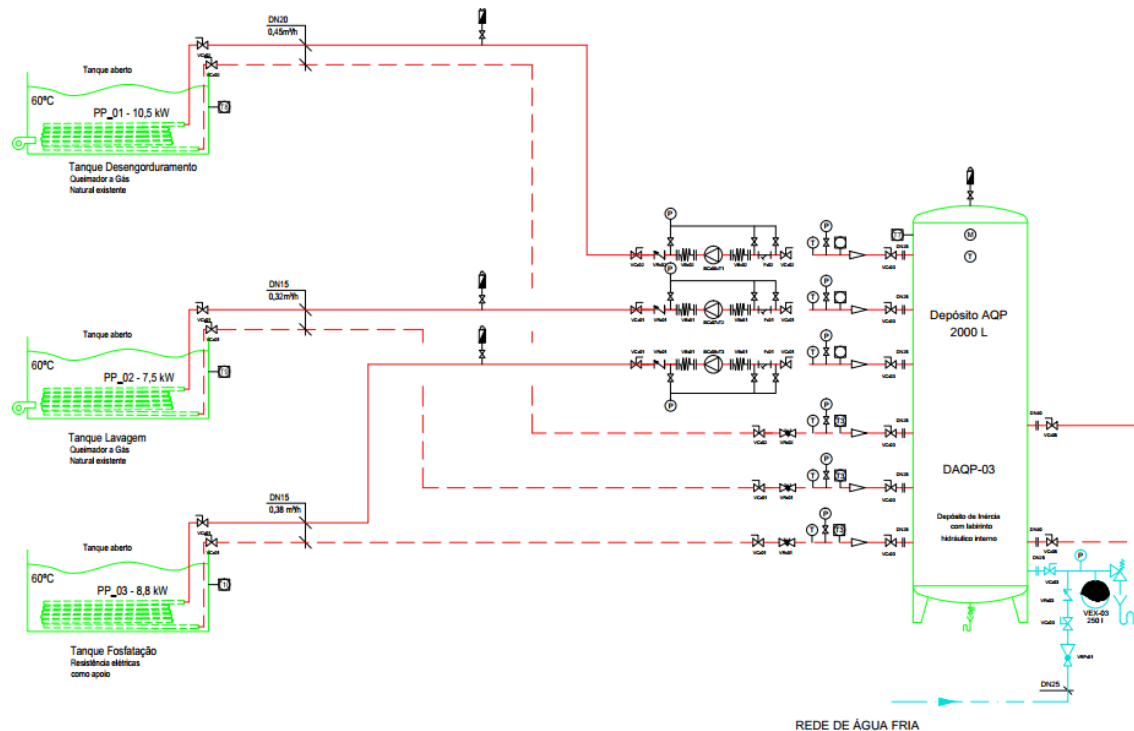


Figura 5.21 Circuito de alimentação térmica dos consumidores finais de AQP (CC Energia) (adaptado pelo autor)

Cada tanque tem uma bomba dedicada que será iniciada quando a temperatura do tanque for inferior ao valor mínimo pré-definido. As bombas terão variação de velocidade externa à bomba controlada por diferencial térmico entre a temperatura de ida e retorno. Neste circuito existem três bombas circuladoras (B6, B7, B8) com respectivamente 1,1 kW, 0,75 kW e 0,55 kW, seis sondas de temperatura para a tubagem e três sondas de temperatura para cada um dos tanques.

No subsistema dos tanques existirá uma bomba de recirculação entre depósito intermédio (D3) e um coletor, que funcionará por relógio e não possuirá variação de velocidade, com uma potência de 1,1 kW (B5). No circuito entre o depósito de inércia (D1) e o depósito intermédio (D3) considerou-se uma bomba com uma potência de 1,1 kW (B4) com variação de velocidade externa à bomba, controlada por diferencial térmico entre a temperatura de ida e retorno.

Em anexo, no final do presente documento (anexo XIII), poderá ser consultado o esquema de princípio final para a solução final implementada na instalação.

## 5.7 NECESSIDADES ENERGÉTICAS E ENERGIA TÉRMICA DISPONÍVEL

Conforme já referenciado o consumo de água quente na instalação é utilizado para saneamento básico, nos duches e na cozinha (AQS) e no processo produtivo (AQP). Identificados os consumidores de energia, torna-se fundamental perceber quais os parâmetros de funcionamento dos mesmos, para se contabilizarem as necessidades energéticas na instalação.

Através de conversa com os responsáveis da instalação (para identificar perfis de consumo) e de medições efetuadas em trabalho de campo, utilizando a instrumentação descrita no presente trabalho (ver secção 4.3.3), fez-se o levantamento do consumo atual de energia térmica (à data da auditoria, consumo verificado antes da implementação de medidas de eficiência energética). Nas tabelas seguintes são apresentados os valores dos dados recolhidos no trabalho de campo, para a água quente sanitária (AQS) e água quente de processo (AQP):

*Tabela 12 Dados recolhidos em auditoria – AQS (CC Energia).*

	AQS	
	Banhos	Cozinha
Sistema Atual Produção	Caldeira de água quente	Caldeira de água quente
Rendimento da Produção (%)	0,9	0,9
Forma de Energia	Gás Propano	Gás Propano
Temperatura da água de reposição (°C)	15	15
Temperatura da água de armazenamento (°C)	60	60
Dias funcionamento anual	260	260
Nº Banhos dia	141	--
Consumo água por banho (L)	50	--
Nº refeições Dia	--	180
Consumo água por refeição (L)	--	3
Outro consumo AQS (L/dia)	--	--

Tabela 13 Dados recolhidos em auditoria – AQP (CC Energia).

	AQP	
	Desengorduramento	Fosfatação
Volume armazenamento (m <sup>3</sup> )	1	1
Temperatura da água de reposição (°C)	15	15
Temperatura da água do depósito/acumulação (°C)	50	50
Horas de funcionamento/dia do processo	7	7
Dias de funcionamento/ano	119	119
Consumo anual de água (m <sup>3</sup> )	439,7	439,7
Sistema utilizado	Caldeira de água quente	Depósito/resistências elétricas
Combustível utilizado	Gás Propano	Energia elétrica
Rendimento Produção (%)	0,7	1
Resistência Elétricas (kW)	--	21,96

Nas tabelas em baixo são apresentados os valores dos perfis de consumo e respetivas necessidades energéticas na instalação para a água quente sanitária (AQS) e água quente de processo (AQP).

Tabela 14 Necessidades Energéticas AQS

	AQS		
	Banhos	Cozinha	Total - AQS
Consumo diário de água (L)	7.050	540	7.590,00
Consumo diário de energia térmica (kWh <sub>térmico</sub> /dia)	368	28,20	396,35
Consumo anual de energia térmica (kWh <sub>térmico</sub> /ano)	95.720	7.331,74	103.051,64
Consumo anual de combustível (kWh/ano)	106.355	8.146,37	114.501,82

Tabela 15 Necessidades Energéticas AQP

	AQP		
	Desengorduramento	Fosfatação	Total - AQP
Consumo anual de água (m <sup>3</sup> /ano)	439,70	439,70	879,40
Horas de anuais de consumo (h)	833,00	833,00	--
Caudal médio de água de reposição (m <sup>3</sup> /h)	0,53	0,53	1,06
Consumo diário de água (m <sup>3</sup> /dia)	3,69	3,69	7,39
Consumo diário de Energia térmica (kWh <sub>térmico</sub> /dia)	190,69	190,69	381,38
Consumo anual de energia térmica (kWh <sub>térmico</sub> /ano)	22.692,06	22.692,06	45.384,13
Consumo anual de combustível (kWh/ano)	32.417,23	22.692,06	55.109,30

Em anexo, no final deste documento (anexo XIV) pode encontrar-se o formulário de cálculo utilizado para a obtenção das variáveis apresentadas.

## 5.8 POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA EM AR COMPRIMIDO

O compressor de ar comprimido “GA\_90\_FF” é um utilizador intensivo de energia com um perfil de funcionamento 24h/dia (dias úteis e fins-de-semana). A potência elétrica média absorvida é de 72,8 kW (dados de auditoria energética).

Para avaliar o potencial de recuperação energética existente, foi considerado um potencial de recuperação de 80% da potência elétrica absorvida (58,3 kW<sub>térmicos</sub>, 1.398,2 kWh<sub>térmicos</sub>/dia). Para a avaliação anual da medida foram considerados 260 dias/ano de funcionamento da instalação (CC Energia).

Com base no balanço energético efetuado verifica-se que o potencial existente de recuperação energética é suficiente para suprir as necessidades de AQS e AQP (Tanque desengorduramento, Lavagem e Fosfatação), existindo um excedente de potência térmica disponível para climatização/aquecimento.

Em anexo no final do presente documento (anexo XVI) é apresentado o balanço energético efetuado.

## 5.9 M&V

Após a reformulação da central de ar comprimido, com a instalação de dois compressores com variação eletrónica de velocidade e dois sistemas de recuperação de energia térmica, foi realizada nova monitorização dos consumos energéticos, de forma a verificar a economia de energia na instalação

Tabela 16 Tabela 6 Características técnicas da central de ar comprimido reformulada

Central de Ar Comprimido		
Identificação	Compressor 1	Compressor 2
Marca/Modelo compressor	GA75 VSD (FF)	GA15 VSD (FF)
Tipo de controlo	VEV	VEV
Potência nominal Motor (kW)	75	15
Pressão trabalho (Bar)	7	11

A Figura 5.22 ilustra o diagrama de carga elétrico típico do compressor 1.

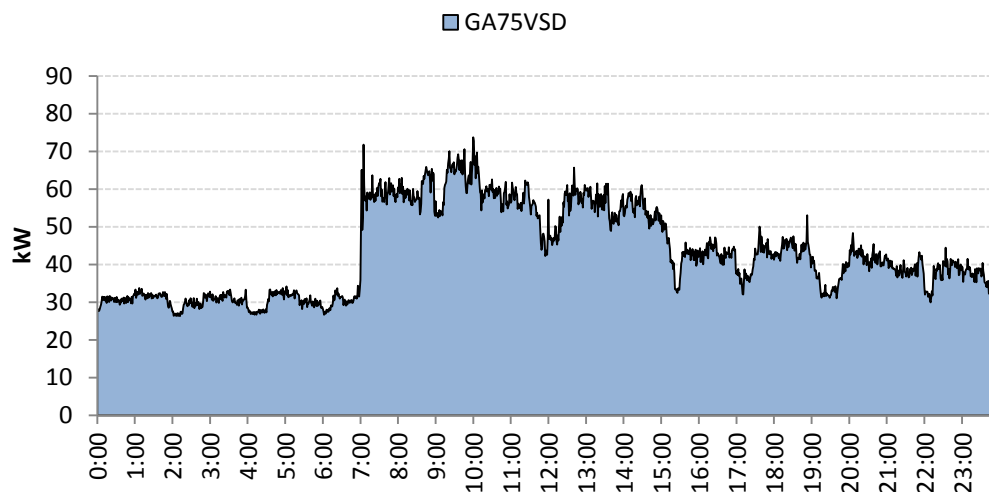


Figura 5.22 Diagrama de carga do compressor 1, após auditoria (CC Energia)

A Figura 5.23 ilustra o diagrama de carga elétrico típico do compressor 2.

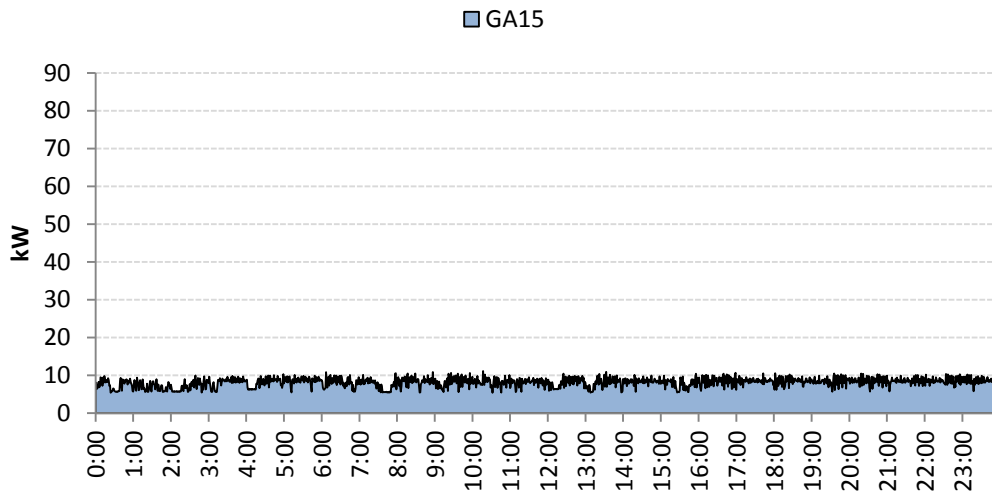


Figura 5.23 Diagrama de carga do compressor 2, após auditoria (CC Energia)

A Figura 5.24 ilustra o diagrama de carga elétrica típico da central de ar comprimido.

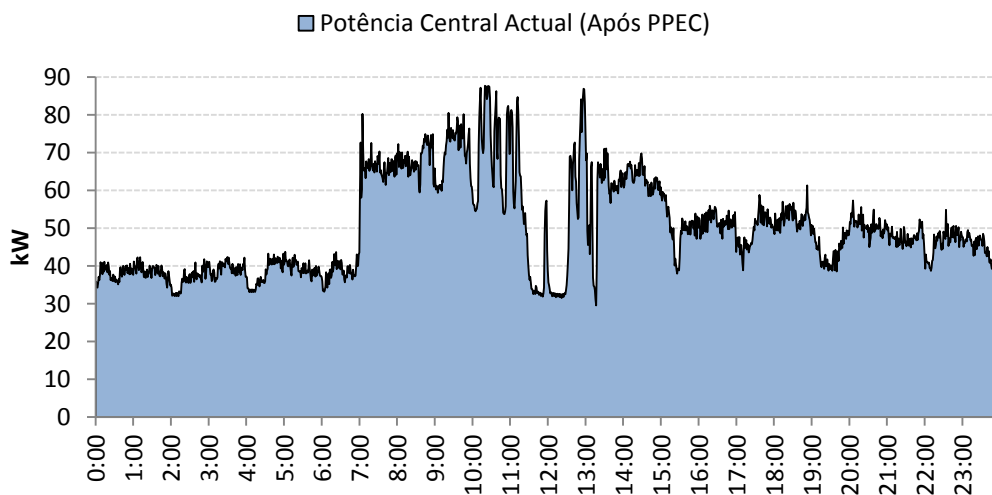


Figura 5.24 Diagrama de carga da central de ar comprimido, após auditoria (CC Energia)

As necessidades de produção da instalação foram avaliadas com base numa simulação (perfil horário) para a situação atual (*baseline*) e situação proposta, sendo a comparação de perfis apresentada na Figura 5.25:

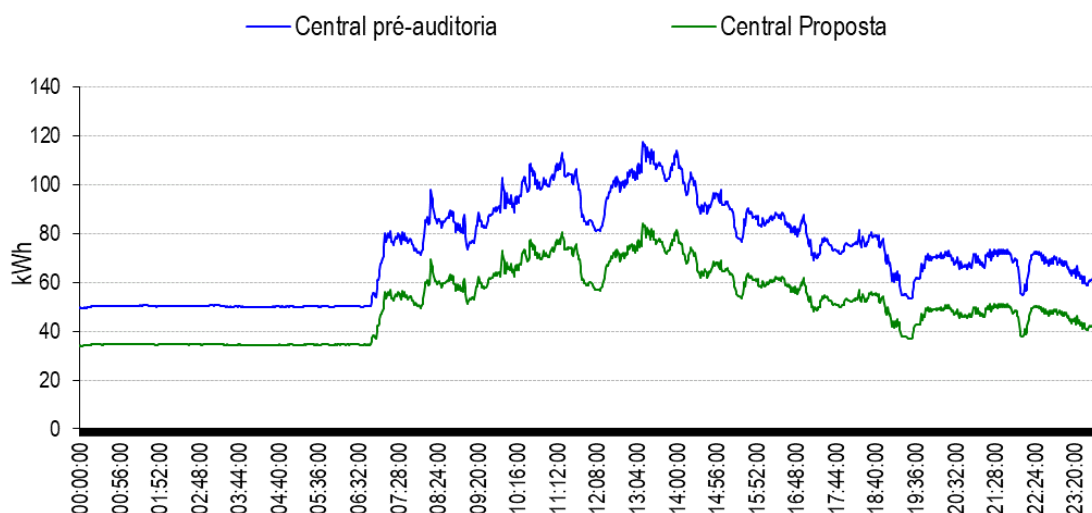


Figura 5.25 Comparação de energia elétrica consumida pela central (Baseline Vs. Solução proposta)  
(CC Energia)

A Tabela 17 apresenta os consumos de energia com a implementação dos compressores com variação eletrónica de velocidade (GA75 VSD e GA15 VSD).

Tabela 17 Consumos de energia da central, após implementação dos compressores com VEV (CC Energia)

Setor/Equipamento	Consumo de energia Elétrica		Consumo de energia Elétrica		Dias/ano
	kWh	kWh/dia	kWh/ano	tep/ano	
Central de ar comprimido	50	1.200,7	360.197	77,4	300

A Tabela 18 apresenta o consumo específico da central de produção de ar comprimido.

Tabela 18 Consumo específico da central de ar comprimido, após auditoria (CC Energia)

Consumo médio de energia elétrica (kWh)	Caudal de ar comprimido (m <sup>3</sup> /min)	Pressão de trabalho (bar)	Consumo específico (kWh/ m <sup>3</sup> / min)
50	7,4	7	6,8

### 5.9.1 Sistemas de recuperação de energia térmica

Os Sistemas de recuperação de energia térmica, provenientes de dois permutadores instalados nos compressores da central de ar comprimido (GA75 VSD e GA15 VSD), permitem recuperar 176 303 kWh<sub>térmicos</sub>/ano (energia térmica).

A Tabela 19 apresenta a economia de energia térmica recuperada:

*Tabela 19 Energia térmica recuperada (CC Energia)*

Setor/Equipamento	Energia Térmica Recuperada				Dias/ano
	kWh <sub>térmicos</sub>	kWh <sub>térmicos</sub> /dia	kWh <sub>térmicos</sub> /ano	tep/ano	Nº
Central de Ar comprimido	24,5	587,7	176 303	31,4	300

### 5.9.2 Otimização energética / racional económico

Na Tabela 20 é apresentada uma análise comparativa do funcionamento da central na situação antes e para a situação proposta de forma a suprir as mesmas necessidades de ar comprimido.

*Tabela 20 Comparativo antes e após auditoria (CC Energia)*

	Energia Elétrica		Energia Térmica		Total
	kWh/ano	€/ano	kWh <sub>térmicos</sub> /ano	€/ano	€/ano
Situação Inicial	524.313	59.247	567.065	53.108	112.356
Situação Proposta	267.589	30.238	390.762	36.597	66.834
Situação instalada	256.957	29.036	390.762	36.597	65.633
<b>Total Economia (Efetiva)</b>	<b>267.355</b>	<b>30.211</b>	<b>176.303</b>	<b>16.512</b>	<b>46.723</b>

Tendo em conta as medições efetuadas, pré e pós intervenção no sistema de ar comprimido e as estimativas calculadas (apresentadas no quadro resumo), verifica-se que a implementação do projeto permite economizar, em média, aproximadamente 267.355 kWh/ano (elétrico) e 176.303 kWh/ano (gás natural), sendo a respetiva redução de custos de cerca de 46.723 €/ano. Assim, com este projeto o cliente consegue uma redução global de consumos e custos de 79%.

## 6 CONCLUSÃO

---

O objetivo fundamental deste trabalho foi, conforme referido, fazer uma caracterização integral de toda a cadeia de processos associada à realização de auditorias energéticas no sector industrial português. Finalizado o documento, considera-se que o objetivo primordial proposto, foi atingido, tendo sido possível demonstrar quantitativamente, as vantagens associadas a este tipo de serviço

Foi possível observar, que as auditorias energéticas são um mecanismo muito válido no combate ao desperdício energético, com vantagens bem fundamentadas, tanto a nível de retorno económico para as empresas auditadas, como a nível de otimização no uso e consumo de energia nas suas diversas formas, sem prejudicar as eficácias dos processos produtivos.

O sector energético é, em parte, vítima de um oligopólio com interesses comuns e que foi, ao longo dos tempos, alimentando uma opinião pública controversa. A suposta descida dos preços da energia elétrica, resultante da liberalização do setor elétrico em Portugal é ainda uma realidade longínqua, a importância da eficiência energética é negligenciada, os índices de dependência energética nacional permanecem elevados, gerando-se, com estas e outras questões, um elevado ceticismo em torno deste setor e que em nada abona a seu favor.

Apesar de uma envolvente pouco equilibrada, o sector em Portugal e no mundo, é dos mais competitivos, geradores de emprego e riqueza, mas acima de tudo, aquele que provavelmente mais contribuirá para a sustentabilidade do nosso planeta e da vida como a conhecemos. As alterações climáticas são, hoje em dia, uma realidade comprovada cientificamente, sendo que neste campo, é necessário alterar comportamentos a fim de se inverter o cenário de destruição e carência que se projeta.

Importa agora que, no futuro, continuem a existir mais e melhores fontes de financiamento no âmbito da promoção da eficiência energética na indústria, se invista na investigação e desenvolvimento e se crie uma cultura de investimento na eficiência energética, baseada numa economia verde.

Como proposta de desenvolvimento/trabalho futuro ao presente trabalho, indica-se o estudo da otimização exergética de sistemas consumidores de energia. Este é um tema de enorme relevância a nível científico, mas no qual ainda não se realizam estudos detalhados, no âmbito da redução dos consumos energéticos através de auditorias energéticas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Asian Productivity Organization. (2008). APO Annual Report 2008.
- ABB. (2013). *ISO50001 norma mundial para a eficiência energética*.
- Abreu, P. A. (2016). Slides da U.C. de Avaliação e Gestão de Projetos - *Cap.3 Avaliação e Seleção de Projetos*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - Departamento de Engenharia Mecânica.
- ADENE - Agencia para a Energia. (2016). Acerca da Organização ADENE. Obtido de Web Site oficial da ADENE - Agência para a Energia: <http://www.adene.pt/>
- ADENE. (2016). Obtido de Portal SGCIE: <http://sgcie.publico.adene.pt/>
- ADENE. (2016). SGCIE Relatório Síntese 2016. Relatório Síntese Dezembro 2016 - SGCIE.
- AEP – Associação Empresarial de Portugal. (2015). EFINERG - Plano Setorial de Melhoria da Eficiência Energética em PME – Eficiência Energética.
- Agência Lusa. (2016). Portugal diminuiu a dependência energética em 2014. Jornal Público.
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA) . (2012). Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE).
- AIDA. (2014). *Sistema de Gestão Energética - Guia Prático*. Aveiro.
- Amador, J. (2010). Produção e Consumo de Energia em Portugal: Factos Estilizados.
- APA. (2017). Missão e Visão. Obtido de Web site oficial da Agência Portuguesa do Ambiente: [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt)
- APA. (2017). PNALE. Obtido de Web site oficial da Agência Portuguesa do Ambiente: <http://www.apambiente.pt>
- Armando, T. J. (2006). Desenvolvimento de um Guia de Medição e Verificação do Desempenho Energético. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Atlas Copco. (2013). *Atlas Copco Energy Recovery Stand Alone Kit - Instruction book*.
- Atlas Copco. (2015). *Compressed Air Manual* (8ª ed.). Belgica.
- Azevedo, D. (2012). A dependência energética de Portugal.
- Azevedo, J. L. (2005). Apontamentos de Permutadores de Calor – Equipamentos Térmicos. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Barata, C. (2014). Rússia corta o gás à Ucrânia e a guerra contínua em tribunal. Jornal Público, 10-12.
- Barreto, M. (2008). *Estratégia Nacional para a Energia*.

- Belo, P. M. (2015). Dissertação de Mestrado: *Auditorias de Energia em Instalações Industriais*, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Berliner, C. (1992). *Gerenciamento de custos em indústrias avançadas: base conceitual*. Fundação Salim Farah Maluf.
- Beuren I. M. (2008). *Análise dos Custos do Ciclo de Vida do Produto: Uma abordagem teórica*. UFSC.
- Brian, J. C. (2006). *Lead Generation for the Complex Sale: Boost the Quality and Quantity of Leads to Increase Your ROI* .
- Calau, P. (14 de maio de 2015). Fundo de Eficiência Energética.
- Capehart, B., Turner, W. C., & Kennedy, W. (2006). *Guide to Energy Management* (5ª ed.). EUA: The Fairmont Press, Inc.
- Cardoso, F. (2016). Nova realidade marca revisão do PNAEE e PNAER. *Revista Edifícios e Energia*, pp. 25-28.
- Carvalho, J. F. (2014). *Energia e sociedade*.
- Carvalho, M. (2015). *Investment Projects Evaluation*. Instituto Superior Técnico, MITPortugal, Lisboa.
- CCENERGIA, A. e. (2016). Descrição da Empresa. Obtido de Página oficial de LinkedIn da empresa: [www.linkedin.com](http://www.linkedin.com)
- CCENERGIA. (2016). Página principal do VISIONEM. Obtido de Website oficial da aplicação VISIONEM: [visionem.pt](http://visionem.pt)
- CCENERGIA. (2014). Suporte técnico (Documento Interno).
- CEH. (2009). *Congress for Environmental History*.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2015). *Heat and Mass Transfer Fundamentals & Applications*. McGraw-Hill Education.
- Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE). (12 de maio de 2015). Obtido de Web site oficial da Agência Portuguesa do Ambiente: [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt)
- Comissão Europeia. (19 de setembro de 2016). Europa 2020. Obtido de Website oficial da Comissão Europeia: <http://ec.europa.eu/europe2020>
- Comissão Executiva da Estrutura de Gestão do PNAEE. (2015). *Relatório de Atividades e Contas do FEE*.
- Costa, G. (2013). *Como qualificar Leads e entregar as melhores oportunidades para Vendas*.
- Decreto-Lei 360/99, de 16 de setembro-271 Série I-A.
- Decreto-Lei n.º 73, de 15 de abril, 1ª Serie (15 de Abril de 2010).

Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, Diário da República n.º 84/2015, 1º Suplemento, Série I, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia (30 de abril de 2015).

Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de abril, Diário da República: I série, Nº 74, Ministério da Economia e da Inovação (abril de 2008).

Delloite. (2016). Energy Efficiency in Europe - The levers to deliver the potential.

DGEG. (2016). Obtido de Web site oficial da Direção Geral de Energia e Geologia: <http://www.dgeg.pt/>

DGEG. (2017). Terceiro PNAEE | 2017 - 2020.

Diretiva 2012/27/UE (Parlamento Europeu 25 de Outubro de 2012).

Decreto-Lei n.º 17/2014, de 04 de fevereiro, Lei Orgânica do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia (4 de fevereiro de 2014).

EDP - Energias de Portugal. (17 de 04 de 2017). A História da Energia. Obtido de Web Site oficial da EDP - Energias de Portugal: [www.edp.pt](http://www.edp.pt)

ERSE A - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (17 de dezembro de 2016). Acerca da ERSE. Obtido de WebSite oficial da ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos: [www.erse.pt](http://www.erse.pt)

ERSE B. (2016). Medidas abrangidas pelo PPEC. Obtido de Website oficial da ERSE-Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos: [www.erse.pt](http://www.erse.pt)

ERSE.C (2014). Plano de Promoção da Eficiência Energética no Consumo de Energia Elétrica para 2013-2014 - Impactes e Benefícios das Medidas Aprovadas.

ERSE D. (2016). Apresentação PPEC 2017-2018.

Eurostat. (2016). Produção e importação de energia.

EVO-Efficiency Valuation Organization. (2012). IPMVP - International Performance Measurement and Verification Protocol.

Farinha, M. H. (1999). *Sebenta de Química Aplicada*. Instituto Superior de Engenharia Mecânica - Departamento de Engenharia Mecânica.

Fernandes, C. (2012). Dependência Energética Portuguesa. Economia Portuguesa e Europeia.

Ferreira, J. d. (2012). *A Importância e as Fases de uma Auditoria Energética*. Portal Energia.

Fulham, L. (8 de julho de 2016). *Lead Definition – Knowing your Perfect Customer Profile*. Sales Optimize.

Gomes, V. S. (2011). Dissertação de Mestrado: Avaliação de Projectos de Investimento: Elaboração de um Estudo de Viabilidade Económico-Financeira. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Departamento de Gestão, Coimbra.

Hasanbeigi, A. P. (2010). *Industrial Energy Audit Guidebook: Guidelines for Conducting*.

Henriques, P. G. (2015). *Método do Rendimento*. Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil.

Holmes, C. (2007). *The Ultimate Sales Machine*. Portfolio.

International Energy Agency. (2010). *World Energy Demand and Economic Outlook 2010*.

International Energy Agency. (2015). *WEO 2015 Special Report on Energy and Climate Change*. França.

International Energy Agency. (2015). *World Energy Outlook Special Report: Energy and Climate Change*.

ISO 50001. (25 de junho de 2016). Obtido de Website oficial do Grupo SGS – Société Générale de Surveillance S.A.: <http://www.sgs.pt>

Junior, H. Q., & Almeida, E. F. (2016). *Economia Da Energia*. Elsevier Editora Lda.

Lei n.º 7/2013. D.R. n.º 15, Série I de 2013-01-22 (2013).

Lima, P. (2016). *Avaliação e Análise de Investimentos e Performance*. Lisboa.

Lopes, M. D. (2012). Dissertação de mestrado: *Elaboração e Análise de Projetos de Investimento* (2ª Edição ed.). Porto: FEUP Edições.

Montemor, F. (2017). A energia, o PIB e a corrosão. *Jornal i*.

Neves, J. C. (2002). *Avaliação de Empresas e Negócios*. Lisboa: McGraw-Hill.

Norma Europeia FprEN 16247-1, Energy audits – Part 1: General requirements (março de 2012).

Novais, J. (2014). *Ar Comprimido Industrial* (3ª ed.). Fundação Calouste Gulbenkian.

O negócio da eletricidade em Portugal. (9 de junho de 2011). Obtido de Web site oficial da Galp Energia: [www.galpennergia.com](http://www.galpennergia.com)

PLMJ Sociedade de Advogados, RL. (21 de novembro de 2015). Nota Informativa – Direito da Energia & Recursos Naturais. Obtido de Website oficial da PLMJ – Sociedade de Advogados, RL: <http://www.plmj.com/>

PNAEE. (agosto de 2016). PNAEE 2016. Obtido de Web Site Oficial do PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética: <http://www.pnaee.pt/>

PNAEE. (2016). Programa de Eficiência Energética na Administração Pública “Eco.AP”. Obtido de Website Oficial do PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética: <http://ecoap.pnaee.pt/>

Portugal 2020. (novembro de 2016). Acerca do PO SEUR. Obtido de Website oficial do Programa Portugal 2020: [poseur.portugal2020.pt](http://poseur.portugal2020.pt)

Qenergia. (agosto de 2016). Promoção da Eficiência Energética: Novas Diretivas Europeias. Obtido de Web site oficial da empresa Qenergia: <http://www.qenergia.pt>

Real, S. A. (2010). Contributo da análise dos custos do ciclo de vida. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Resolução do Conselho de Ministros 20/2013 de abril de 2013 (abril de 2013).

Rodrigues, A., & Nicolau, I. (1988). *Elementos de Cálculo Financeiro* (2ª Edição ed.). Lisboa: Rei dos Livros.

Roriz, L. (2007). *Climatização – Instalação, Conceção e Condução de sistemas* (2ª ed.). Edições Orion.

Roriz, L., & Lourenço, F. (2013). *Sistemas Hidráulicos – Aquecimento, Ambiente e Águas Sanitárias*. (2ª ed.), Ed.Autor

Sánchez, Y., & Cantarero, G. (2000). *MBA para Todos* (1ª Edição ed.). Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Saraiva, J. P. (2005). *Mercados de Eletricidade – Regulação e tarifação do uso das redes*. FEUP Edições.

Shapiro, H. N. & Moran M. J. (2015). *Princípios de Termodinâmica para Engenharia*. LTC.

Silva, A. C. (2012). *PCS – Plataforma para o Crescimento Sustentável*. Lisboa.

Soares, I. (2015). *Eficiência Energética e a ISO 50001*. Lisboa: Edições Sílabo.

Soares, N. M. (2010). Dissertação de mestrado: *Plano de Medição e Verificação Aplicados em Instalações com Consumos Intensivos de Energia*. Porto: FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Think Finance. (junho de 2016). Time Value of Money. Obtido de Web site oficial “Think Finance”: <http://www.thinkfn.com/>

Turner, W. C., & Doty, S. (2006). *Energy Management Handbook* (6ª ed.). The Fairmont Press, Inc.

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco**

## **APÊNDICES**

---

- I. Guia de Recuperação de Calor, realizado pelo aluno, no âmbito do estágio profissional

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## **APÊNDICE I**



*Guia de Recuperação de Calor*



# Índice

<b>RESUMO</b>	<b>4</b>
<b>1. PERMUTADORES DE CALOR</b>	<b>5</b>
1.1 Classificação	5
1.2 Tipos de permutadores de calor	7
1.2.1 Recuperadores	7
1.2.2 Regeneradores	11
1.2.3 Rodas Térmicas	11
1.2.4 Heat pipe (Tubos de calor)	11
1.2.5 Economizadores	12
1.2.6 Permutadores de placas	13
1.2.7 Permutadores do tipo <i>Run Around Coils</i>	16
1.2.8 Bombas de calor	16
1.2.9 Termo-compressoras	17
<b>2. FORMULÁRIO PERMUTA TÉRMICA</b>	<b>19</b>
2.1 - Cálculo da eficiência de um permutador	19
2.2 - Cálculo do calor trocado por um permutador:	19
2.3 - Energia máxima transferível (Real)	20
<b>3. FATORES QUE AFETAM A VIABILIDADE DA RECUPERAÇÃO DO CALOR</b>	<b>21</b>
3.1 Quantidade de calor	21
3.2 Temperatura/qualidade	21
3.3 Área de permuta térmica	22
3.4 Seleção de materiais e temperaturas	25
3.5 Composição do fluido de recuperação térmica	25
3.6 Temperatura mínima admissível	26
<b>4. APLICAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DE CALOR NA INDÚSTRIA</b>	<b>27</b>

<b>4.1</b>	<b>Industria vidreira</b>	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Industria do cimento</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Fabrico de ferro e aço</b>	<b>29</b>
4.3.1	Siderurgias integradas	29
<b>4.4</b>	<b>Produção de alumínio</b>	<b>32</b>
4.4.1	Processo de produção de alumínio primário	33
4.4.1	Processo de produção de alumínio Secundário	33
4.4.2	Calor proveniente de produtos sólidos	34
<b>4.5</b>	<b>Fundição de metal</b>	<b>36</b>
4.5.1	Fundição de alumínio	36
4.5.2	Fundição de Ferro	36
<b>4.6</b>	<b>Caldeiras Industriais</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Fontes de calor de baixas temperaturas:</b>	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>Optimização de sistemas que já incluem recuperação de calor</b>	<b>39</b>
<b>5.3</b>	<b>Fontes calor alternativas</b>	<b>40</b>

## RESUMO

O presente documento tem como objetivo caracterizar as principais tecnologias associadas à recuperação de calor na indústria. Pretende-se com a sua elaboração, que este seja um guia de consulta, para suporte técnico.

O documento é iniciado com uma abordagem geral aos diversos tipos de equipamentos de recuperação de calor passíveis de uso em ambiente industrial, onde são abordadas as diversas classificações dos mesmos. Posteriormente é feita uma descrição de cada um dos tipos de equipamentos de recuperação/permuta de calor existentes.

No segundo capítulo do presente documento pode encontrar-se um formulário simplificado respeitante a sistemas de permuta de calor.

Seguidamente, no terceiro capítulo deste trabalho é feita uma abordagem aos principais fatores a viabilidade da recuperação de calor na industria, nomeadamente: a quantidade de calor disponível, a temperatura e qualidade da energia térmica, a área de permuta térmica do equipamento, materiais dos equipamentos de recuperação de calor, composição do fluido térmico e temperatura mínima admissível para a troca de calor. Todos estes fatores deverão ser tidos em conta no processo de avaliação da viabilidade de recuperação de calor em determinadas aplicações.

No quarto capítulo pode encontrar-se uma caracterização das várias indústrias onde a recuperação de calor é mais utilizada nomeadamente a industria vidreira, de produção de cimento, de fabrico de aço e ferro e aplicações específicas para caldeiras industriais. Neste capítulo são abordadas os principais equipamentos utilizados na recuperação de calor para cada tipo de industria, bem como a viabilidade da sua utilização.

No último capítulo deste documento analisam-se algumas oportunidades e tecnologias em desenvolvimento na área da recuperação de calor.

## 1. PERMUTADORES DE CALOR

### 1.1 CLASSIFICAÇÃO

Os permutadores de calor são equipamentos térmicos que têm como objectivo promover a transferência de calor entre duas ou mais correntes de fluidos. A classificação de permutadores de calor pode ser efectuada de diversas formas consoante o critério considerado. Como exemplos podemos apresentar as seguintes classificações consoante os critérios:

#### 1) Processo de transferência de calor

- **Contacto directo:** Neste sistema existe contacto entre os fluidos entre os quais se permuta calor. Em alguns casos trata-se da mesma substância sendo o processo uma mistura. Outro exemplo são torres de refrigeração nas quais ar e água se separam, existindo no entanto transferência de massa das gotas de água para o ar húmido.
- **Contacto indirecto:** Neste sistema podemos ainda ter a transferência directa ou através de um sistema intermédio de armazenamento/transporte. Na transferência directa os fluidos encontram-se em contacto com uma superfície sólida que os separa. Na transferência de calor com um meio intermédio é usado um fluido ou uma matriz sólida que transporta energia entrando em contacto alternativamente com os fluidos principais quente e frio. São exemplos deste tipo os permutadores utilizados em fornos e caldeiras para aquecer o ar para a combustão à custa dos produtos de combustão e os regeneradores nos ciclos de turbina de gás.

#### 2) Tipo de construção

Os permutadores de contacto directo não são classificados sob este aspecto, sendo a sua constituição a de uma câmara onde se misturam os fluidos que permutam calor. Nos permutadores de contacto indirecto a classificação faz-se em relação à forma da superfície sólida que separa os dois fluidos e através da qual se processa a transferência de calor. As superfícies de transferência são na maioria tubos ou placas sendo os permutadores classificados pela disposição destes elementos.

- **Construção tubular:** Nestes permutadores um dos fluidos circula no interior de tubos circulando o outro fluido no exterior em tubo concêntrico ou no exterior dos tubos, sendo favorecido o escoamento perpendicular ao tubo por permitir maiores coeficientes de convecção.
- **Construção em placas:** As placas podem separar os fluidos e serem montadas em paralelo ou em espiral.
- **Superfícies alhetadas:** Tanto os permutadores baseados em tubos como placas podem possuir superfícies alhetadas.
- Nos permutadores com uma matriz sólida intermédia de transporte de calor a construção pode ser de matriz fixa onde periodicamente se troca o fluido que passa nessa ou rotativa (tambor ou disco) sendo neste caso a matriz sólida transportada.

### 3) Arranjo (tipo de escoamento)

A classificação quanto ao tipo de escoamento relativo entre os fluidos que trocam calor é importante pois permite formular modelos que descrevem a distribuição de temperatura. Nesta classificação distinguem-se os arranjos com passagens simples e múltiplas:

**Passagens Simples:** Neste tipo de permutadores cada fluido tem escoamento uniforme apenas numa direcção e sentido podendo ser classificados pela orientação relativa entre as correntes:

- Equicorrente, contra-corrente. Nestes casos ambos os fluidos deslocam-se na mesma direcção, respectivamente no mesmo sentido ou em sentidos opostos.

- Correntes cruzadas onde os fluidos têm direcção do escoamento perpendicular.

**Passagens Múltiplas:** Nestes permutadores um dos fluidos tem mais de um sentido de escoamento em relação ao outro ou diversas correntes. São exemplos. - Configuração 2x1 em que a corrente de um dos fluidos tem duas passagens em sentidos opostos, uma em equicorrente e outra em contracorrente, em relação ao outro fluido que tem apenas uma passagem. - Em permutadores com correntes cruzadas é usual existirem diversas passagens em série para um dos fluidos (em sentidos alternados) enquanto o outro fluido mantém sempre um escoamento perpendicular.

### 4) Mecanismo de transferência de calor

Em relação ao mecanismo de transferência de calor os permutadores podem-se distinguir pela importância da convecção em relação à radiação. A convecção pode ainda dar-se com ou sem mudança de fase. O mecanismo de transferência de calor para cada um dos fluidos no permutador pode ser diferente.

### 5) Grau de compactação

Esta classificação permite distinguir os permutadores quanto a sua área específica designando-se como compactos os permutadores com valores superiores a  $700 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ . Este valor não é rígido mas dá a indicação que se consideram como compactos permutadores em que a dimensão característica é da ordem de mm.

### 6) Aplicações

As aplicações dos permutadores são muito numerosas podendo no entanto efectuar-se uma classificação tendo em conta o objectivo da sua utilização. São apresentados alguns exemplos: Grandes instalações: Caldeiras de aquecimento e de geração de vapor Com mudança de fase: Geradores de vapor, Evaporadores, Condensadores. Permuta de calor sem mudança de fase: Aquecedores, arrefecedores Recuperação de calor: Recuperadores quando o calor aproveitado é para outra aplicação e regeneradores quando o calor é aproveitado no próprio ciclo térmico. Dissipadores: Radiadores, torres de arrefecimento.

Nestes pretende-se apenas efectuar um arrefecimento não sendo utilizada a energia transferida para o outro fluido.

## 1.2 TIPOS DE PERMUTADORES DE CALOR

### 1.2.1 RECUPERADORES

Num recuperador de calor, a troca de calor é feita entre os gases resultantes de uma combustão (gases de escape) e o ar que atravessa as paredes metálicas ou de cerâmica do recuperador. Num dos lado do recuperador, ar de alimentação da combustão é transportado através de condutas para ser pré-aquecido, enquanto no outro lado circula o caudal dos gases da combustão (calor de permuta). Um exemplo de um recuperador deste tipo é apresentado na imagem seguinte:

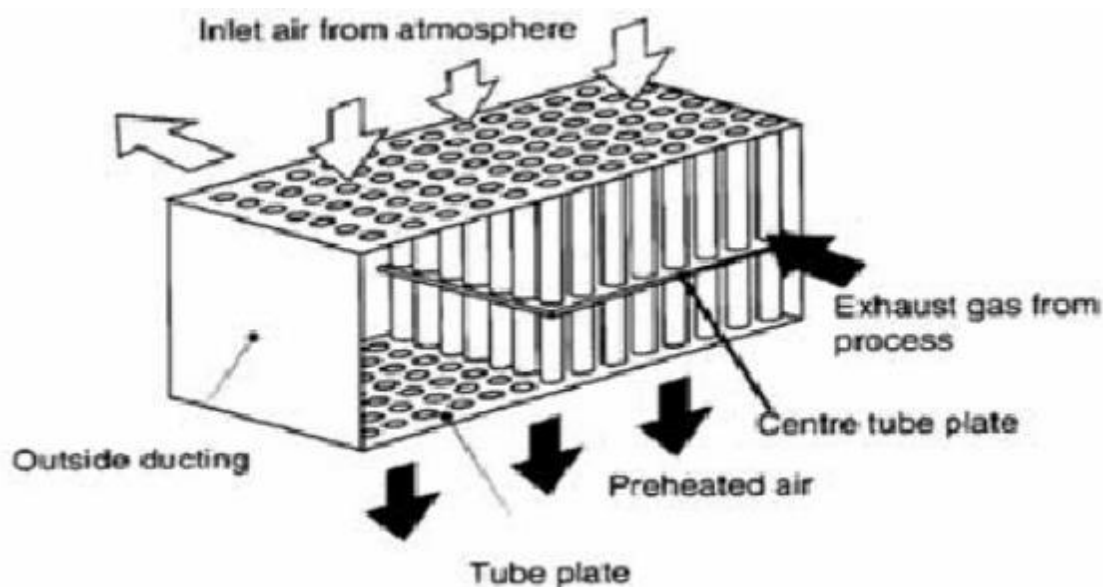


Figura 1 Exemplo de um recuperador de calor

#### Recuperador metálico de radiação

A configuração mais simples de um recuperador é o recuperador de radiação metálico, que consiste em dois comprimentos de tubos metálicos concêntricos, como apresentado na figura em baixo apresentada. O tubo interior transporta os gases de escape quentes enquanto o anel externo transporta o ar de combustão a partir da atmosfera para as entradas de ar dos queimadores. Os gases quentes são arrefecidos pela permuta térmica com o ar de combustão de chegada, que irá transportar energia térmica adicional para a câmara de combustão. Esta energia não terá de ser fornecida na combustível, o que consequentemente fará com que menos combustível tenha de ser queimado. As poupanças no combustível

irão também significar uma diminuição da quantidade de ar necessário (comburente), o que conseqüentemente reduz as perdas de carga no tubo, não apenas através da redução das temperaturas dos gases nos tubos mas também pela descarga de menores quantidades de gases de escape.

O nome dado a este tipo de recuperador advém do facto de uma porção substancial de calor ser transferido dos gases de escape para a superfície do tubo interior através de radiação.

Como mostrado na figura, os dois fluxos de gás são geralmente paralelos, embora a configuração seria mais simples e a transferência de calor mais eficiente se o escoamento fosse feito em contracorrente. A utilização de fluxos paralelos é devido ao facto de os recuperadores frequentemente terem a função adicional de arrefecimento do tubo de transporte dos gases de escape o que, conseqüentemente, aumenta o seu período de sua vida útil.

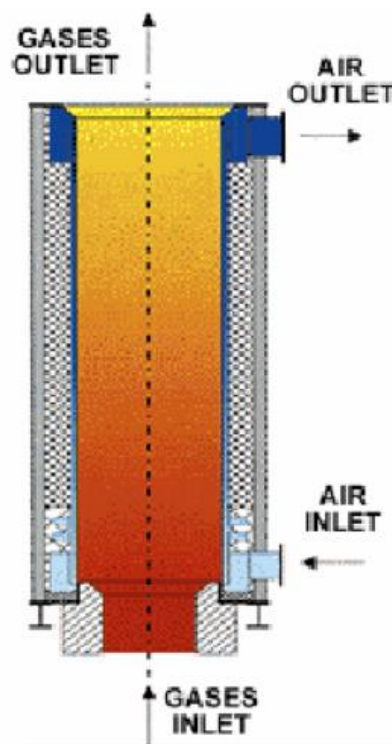
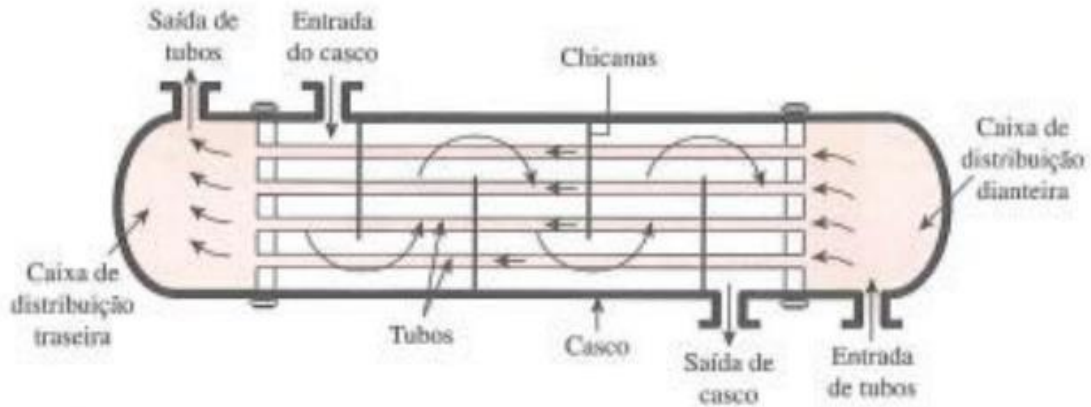


Figura 2 Exemplo de um recuperador metálico de radiação

#### **Tube and Shell (Recuperador de convecção)**

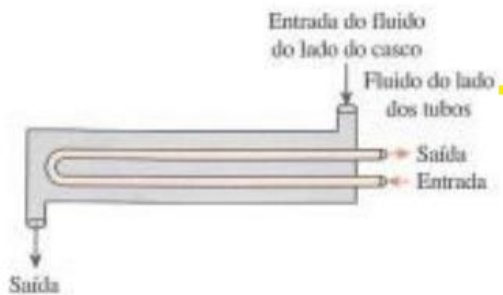
Quando o meio que contém o calor rejeitado é um líquido ou vapor, que irá transmitir calor a outro meio líquido, são utilizados permutadores do tipo *tube and shell* (casco e tubos).

Este é o tipo de permutadores de calor mais comum em aplicações industriais. Estes permutadores de calor contêm um grande número de tubos (por vezes, várias centenas) acondicionados a um casco (*Shell*) com os respectivos eixos paralelos a este último. A transferência de calor ocorre com um fluido escoando no interior dos tubos, enquanto o outro fluido escoar na parte exterior dos tubos, através do casco (*Shell*). Geralmente são colocadas chicanas no casco de forma a forçar o fluido do lado deste a escoar através dele, aumentando a transferência de calor e mantendo a uniformidade do espaçamento entre os tubos. A entrada e a saída destes permutadores estão abertas para uma área denominada de "Caixa de distribuição, uma em cada extremidade do permutador. Nesta área o fluido do lado dos tubos é acumulado antes de entrar e depois de sair.

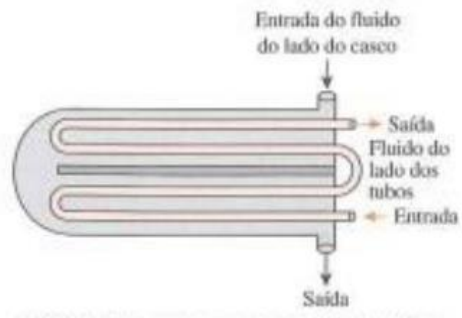


**Figura 3** Esquema de um permutador de calor do tipo *tube and shell* (uma passagem no casco e uma passagem nos tubos)

Este tipo de permutadores de calor são ainda classificados de acordo com o número de passagens envolvidas no casco e nos tubos, como apresentado nas imagens seguintes:



**Figura 5** Uma passagens no casco e duas passagens nos tubos



**Figura 4** Duas passagens no casco e quatro passagens nos tubos

Na figura seguinte pode observar-se de uma forma mais pormenorizada os elementos constituintes deste tipo de permutadores de calor:

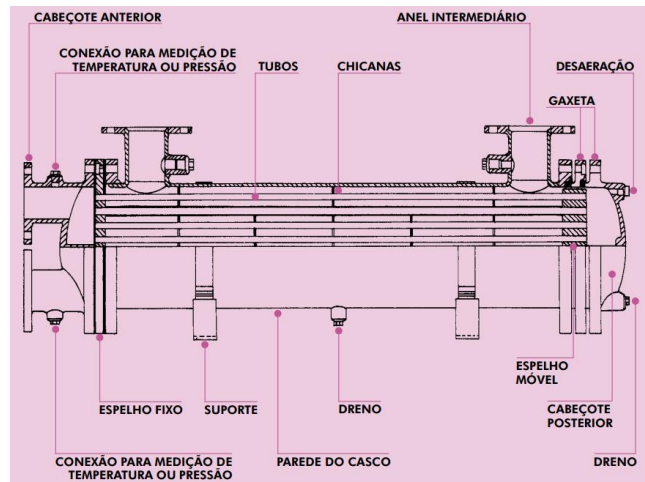


Figura 6 Elementos constituintes de um permutador de calor do tipo *tube and shell*

### Recuperadores Híbridos

Para a obtenção da eficácia máxima de transferência de calor, os recuperadores híbridos são os mais adequados. Os recuperadores deste tipo têm uma combinação de transferência de calor por radiação e por convecção, com uma seção de radiação de alta temperatura seguido por uma seção de convecção (ver figura ao lado)

Este tipo de recuperadores são logicamente mais caros do que os simples recuperadores de radiação metálicos, mas são menos volumosos.

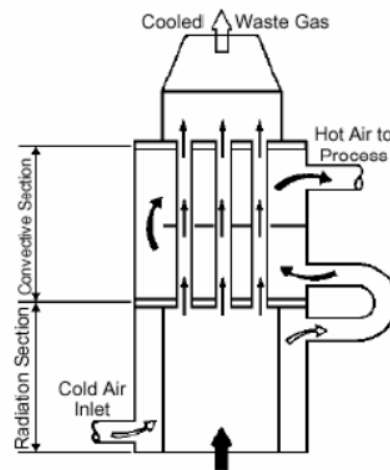


Figura 7 Recuperador híbrido

### Recuperadores cerâmicos

A principal limitação na recuperação de calor com recuperadores metálicos é o desgaste prematuro do revestimento da conduta para temperaturas de entrada superiores a 1100°C. Com o objetivo de ultrapassar este problema foram criados os recuperadores de cerâmica, cujo material permite temperaturas de operação do lado dos gases de escape (lado quente) até 1550 °C e temperaturas na parte do ar para ser pré-aquecido (lado frio) de 815 °C.

Os recuperadores deste tipo mais antigos apresentavam uma taxa de fugas relativamente altas, entre os 8 e os 60%. Os recuperadores cerâmicos atuais são projetados para funcionar perfeitamente durante um período mínimo de 2 anos, com temperaturas de pré aquecimento ar que podem chegar aos 700°C e com percentagens de fugas substancialmente inferiores.

## 1.2.2 REGENERADORES

Outro tipo de permutadores de calor que envolve a passagem dos escoamentos dos fluidos quente e frio através da mesma área é o permutador de calor regenerativo. O permutador de calor regenerativo do tipo estático é relativamente poroso e uma tem grande capacidade de armazenamento de calor. Os fluidos quente e frio escoam através desse meio poroso alternadamente . O calor é transferido a partir do liquido quente para a matriz do regenerador durante o escoamento do fluido e a partir da matriz do regenerador durante o escoamento do fluido frio. Assim, a matriz serve como veio de armazenamento temporário de calor.

## 1.2.3 RODAS TÉRMICAS

A sua principal área de aplicação é em situações em que o calor é trocado entre grandes massas de ar, sendo o diferencial térmico baixo. As rodas térmicas são bastante utilizadas maioritariamente em processos de recuperação de calor para aplicações de AVAC.

Estes permutadores são constituídos por um disco poroso construído com um material com uma elevada capacidade térmica

É um permutador de calor com uma eficiência global de transferência de calor sensível que pode chegar aos 85 %. O diâmetro destas rodas térmicas pode chegar aos 21 metros, com um caudal de ar que pode ascender aos 1130 m<sup>3</sup>/min.

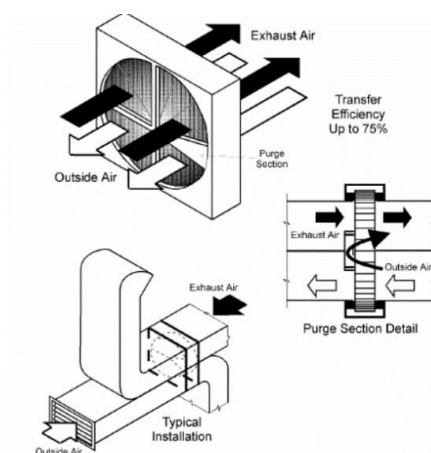


Figura 8 Recuperação de calor por roda térmica

## 1.2.4 HEAT PIPE (TUBOS DE CALOR)

Um tubo de calor pode transferir até 100 vezes mais energia térmica do que o cobre, o material condutor mais conhecido. Por outras palavras um heat pipe é um sistema de armazenamento e transferência de energia térmica sem quaisquer partes móveis, o que reduz substancialmente os custos associados com a manutenção do equipamento.. Um permutador deste tipo é constituído basicamente por 3 elementos: uma carcaça selada, uma estrutura capilar e um fluido de trabalho.

A energia térmica transferida para a superfície externa do tubo de calor, faz com que o fluido de trabalho que se encontra próximo da superfície, evapore instantaneamente. O vapor formado irá absorver o calor latente de vaporização e assim esta zona do tubo de calor será uma zona de evaporação. O vapor, em seguida, é transferido para a outra extremidade do tubo , onde a energia térmica é removida fazendo com que o vapor

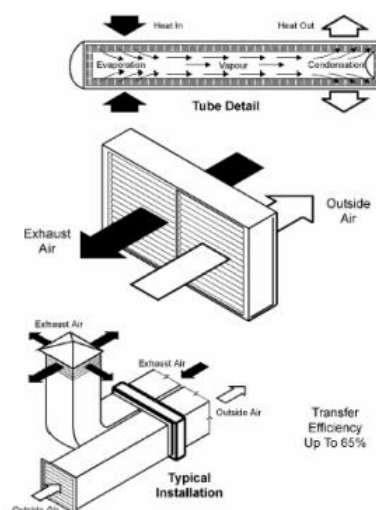


Figura 9 Tubo de calor

volte a condensar, transferindo deste modo, o calor latente da condensação. Esta zona do tubo de calor funciona como a região do condensador. O líquido condensado em seguida, é transferido de novo para a região do evaporador.

Os tubos de calor são utilizados na indústria para as seguintes aplicações:

- Aplicações HVAC;
- Pré aquecimento do ar de combustão das caldeiras;
- Recuperação de calor residual proveniente de fornos;
- Reaquecimento de ar novo para secadores de ar quente;
- Recuperação de calor de equipamentos desodorização catalítica;
- Reutilização do calor residual do forno como fonte de calor para outro forno;
- Arrefecimento de ambientes fechados com ar exterior;
- Pré-aquecimento de água de alimentação de caldeiras com recuperação de calor dos gases de combustão nos economizadores dos tubos de calor;
- Recuperação de vapor

### 1.2.5 ECONOMIZADORES

É comum utilizar-se este tipo de recuperadores de calor em sistemas de caldeiras, de modo a aproveitar o calor contido nos gases da combustão para pré-aquecimento da água de alimentação da caldeira. A utilização de economizadores podem também ser feita para aquecimento do ar da combustão, embora esta solução seja menos frequente. Em ambos os casos , observa-se uma correspondente redução das necessidades de consumo de combustível da caldeira. A figura em baixo ilustra o circuito da água de alimentação da caldeira após instalação do economizador:

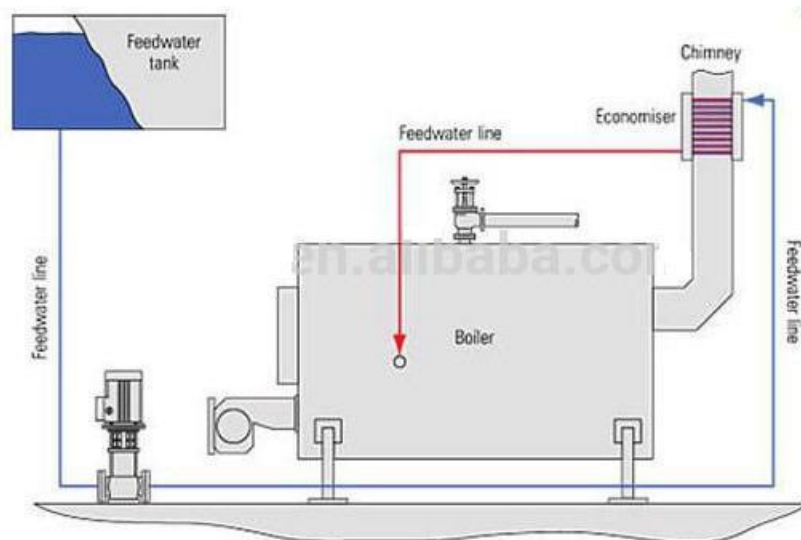


Figura 10 Circuito da água de alimentação da caldeira após instalação do economizador

A utilização de um economizador na caldeira não só evita a perda de calor, mas também pode estender a vida útil da caldeira. Quanto maior for o gradiente térmico entre a entrada e a saída da caldeira, maior serão os consumos de energia e o desgaste da própria caldeira, devido à conseqüente diminuição de pressão no seu interior, estendendo assim o período de vida útil do equipamento. Segundo dados do fabricante de caldeiras Babcock Wanson, apresentam-se as estimativas de aumento na eficiência energética do equipamento, com a utilização de um economizador:

Tipo de Economizador	Cartucho removível montado na caixa traseira de fumos da caldeira	Conjunto montado na saída de gases de combustão	Com permutador de calor na água de alimentação	Com pré-aquecedor de ar com gás/água/gases
<b>Condições de aplicabilidade</b>	Somente gás natural	GN/fuel-óleo, aplicações de combustíveis mistos	Presença de um desgasificador e alimentação de água fria. Taxa de retorno de condensados inferior a 50%	Processo com 85 a 90% de retorno de condensados e produção de vapor acima de 15t/h
<b>Aumento eficiência</b>	4 a 4,5%	5 a 6%	5 a 6%	Variável
<b>Período de amortização *</b>	Menos de 1 ano	Menos de 1 ano	Menos de 2 anos	Menos de 3 anos

\* Este valor varia de acordo com o tempo de utilização anual da caldeira.

Figura 11 Aumento da eficiência energética no equipamento prevista pelo fabricante

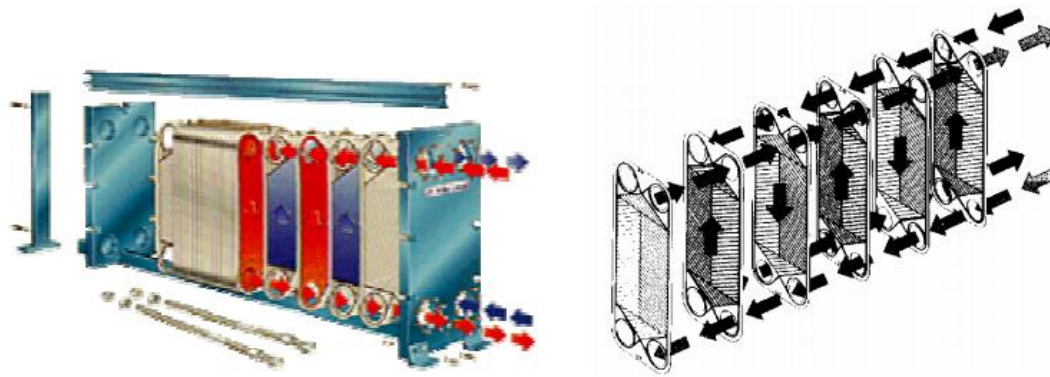
Fonte: [www.babcock-wanson.pt/produtos\\_caldeiras\\_economizadores](http://www.babcock-wanson.pt/produtos_caldeiras_economizadores)

Segundo a bibliografia<sup>1</sup>, a cada 220°C de redução da temperatura dos gases de combustão devido à sua passagem num economizador, as poupanças em termos de consumo de combustível na caldeira são cerca de 1%. Por outras palavras, por cada 60°C de aumento na temperatura da água de alimentação da caldeira por passagem num economizador, ou por cada aumento de 200°C no ar de combustão, existe uma poupança de aproximadamente 1% no consumo de combustível.

### 1.2.6 PERMUTADORES DE PLACAS

Os permutadores de placas são constituídos por placas de transferência de calor que separam os dois fluidos que permutam calor. As placas são dotadas de nervuras ou relevo de modo a guiar o escoamento do fluido e promover a sua mistura. O relevo das placas permite também obter alguma rigidez. A figura seguinte apresenta dois esquemas de um permutador de placas:

<sup>1</sup> Energy Efficiency Guide for Industry in Asia - Thermal Energy Equipment: Waste Heat Recovery



**Figura 12 Representação de um permutador de placas**

Nos permutadores de placas, o fluido é distribuído nos canais formados entre as placas por orifícios situados nos cantos das placas que permitem formar uma conduta de distribuição ou recolha do caudal de fluido. Estas condutas são formadas pelos orifícios existentes em todas as placas, sendo o escoamento do fluido condicionado pelas vedações que são montadas entre as placas que condicionam a distribuição do fluido entre pares de placas alternados. As placas podem ser apertadas entre placas terminais por tirantes permitindo uma abertura para limpeza entre as placas com facilidade. Quando o número de placas é pequeno as placas podem ser soldadas formando então uma unidade mais compacta mas que não pode ser limpa. Em qualquer dos casos para além das placas térmicas (entre canais com fluidos) existem sempre duas placas do mesmo tipo nas extremidades e no exterior destas duas outras placas que permitem formar uma estrutura.

Como principais vantagens dos permutadores de placa não consolidados podem apresentar-se:

- Podem ser facilmente desmontados para limpeza, inspeção e manutenção;
- As superfícies de permuta de calor podem ser substituídas ou rearranjadas de modo a adaptar o equipamento a novas funções ou alterações de funcionamento devido à flexibilidade das dimensões das placas, tipo e orientação das nervuras e arranjo do escoamento;
- A elevada turbulência das placas reduz o sujamento entre 10 e 25%, em relação aos permutadores de feixe e corpo tubular;
- Devido aos elevados coeficientes de transferência de calor, reduzido sujamento, ausência de bypass e correntes de fuga, e arranjos contracorrente, a área de permuta necessária é cerca de um terço a metade da de um permutador de feixe e corpo tubular.
- Desta forma consegue-se reduzir os custos, volume, peso e espaço de manutenção;
- Elevada eficiência térmica (até cerca de 93%);
- Reduzido tempo de retenção dos fluidos, o que pode ser significativo para processos com líquidos de custo elevado;
- Diferenças de temperatura até cerca de 1° C
- Como principais limitações podem indicar-se:
- Pressão máxima baixa, cerca de 25 bar, devido aos vedantes;

- Temperaturas máximas limitadas pelos retentores. Pode ser utilizado até aproximadamente 250° C, mas normalmente a temperatura não excede os 150° C;
- Não é utilizável para fluidos corrosivos, devido aos vedantes e ao risco de fugas;

Este tipo de permutadores, amplamente utilizados na indústria, consistem numa série de placas planas corrugadas com passagens para o escoamento. O fluido quente e o fluido frio escoam em passagens alternadas e, assim, cada escoamento de fluido frio é cercado por dois escoamentos de fluido quente, resultando num processo de transferência de calor bastante eficiente. Além disso, os permutadores de calor de placas podem ser expandidos com o aumento das necessidades de transferência de calor, mediante o aumento do número de placas.

Os permutadores de placas são utilizados principalmente para trocas de calor entre líquidos e são amplamente utilizados em indústrias de processamento de alimentos (lactínios, bebidas) e farmacêuticas, devido às suas necessidades de limpeza e elevado controlo das temperaturas dos processos. Estes permutadores utilizam-se também muito para bombas de calor e máquinas frigoríficas em que as gamas de pressões são baixas, sendo actualmente também utilizados em indústrias mais pesadas (e.g. papelreira e petroquímica).

Para permutadores de placas a temperatura de operação é limitada pelos vedantes utilizados entre as placas podendo indicar-se os valores na tabela seguinte:

Material	Temperatura máxima (°C)	Aplicação
Acrylonitrile –butadiene (borracha média nitrile)	135	Materiais gordurosos
Isobutileno-isoprene (Borracha butil cured resin)	150	Aldehydes, cetonas e esterés.
Borracha Etileno-propileno (EPDM)	150	Grande gama de químicos.
Borracha Fluorocarbono (Viton)	175	Óleos vegetais, animais e minerais, combustíveis.
Fibra de asbestos comprimida	260	Solventes orgânicos e.g. hidrocarbonetos clorados.

O material da estrutura é normalmente de aço, podendo ser de aço inoxidável no caso de indústria farmacêutica e de alimentação. As placas mais comuns são de aço inoxidável (S316), existindo também placas de outros materiais como titânio, ligas titânio- paládio, e ligas Incoloy ou Hastelloy.

Os permutadores de placas aplicam-se numa muito diversificada gama de dimensões, sendo a dimensão máxima existente de 4.3 m de altura e 1.1m de largura. A área efectiva de transferência varia entre 0.01 m<sup>2</sup> e 3.6 m<sup>2</sup>. Uma única unidade pode ter até 700 placas sendo a área total de transferência até 2500 m<sup>2</sup>. Para garantir uma boa distribuição do escoamento na placa a razão

altura/largura deve no mínimo ser de 1.8. A espessura das placas pode variar de 0.5 a 1.2 mm e o espaço entre as placas entre 2 e 5 mm permitindo um diâmetro hidráulico de 4 a 10 mm.

### 1.2.7 PERMUTADORES DO TIPO *RUN AROUND COILS*

Os permutadores têm um princípio de funcionamento semelhante aos já abordados Tubos de Calor. O calor proveniente do fluido quente é transferido para o fluido mais frio através de um fluido denominado de Tipicamnete este sistema é composto por duas baterias de água, tubagem de ligação entre as mesmas, bomba de circulação de água, e todos os demais acessórios como vaso de expansão, controlo, etc. A água, na maioria dos casos, tem uma percentagem de glicol para protecção anti-gelo para a estação de Inverno. O calor recuperado na bateria do lado da extracção é transferido para a bateria do lado da insuflação, pela água que circula entre as baterias, a qual transfere esse mesmo calor para o ar.

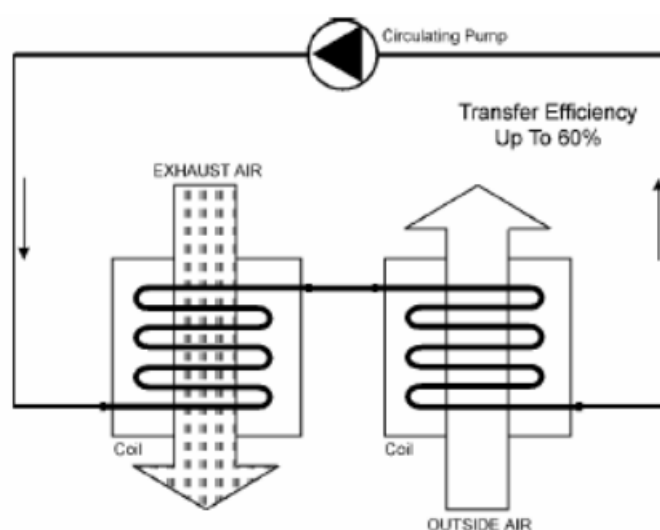


Figura 13 Run around coil

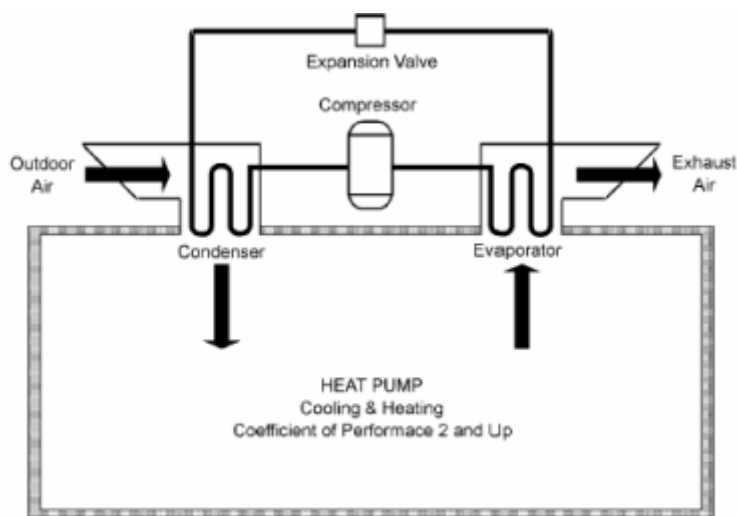
Este sistema é utilizado em instalações onde os fluxos de extracção e insuflação estão divididos em diferentes UTAs (existe uma UTA para extracção e uma UTA para insuflação) ou se existe uma exigência de que não pode haver qualquer tipo de mistura entre os caudais de ar de extracção e insuflação, devido a uma possível contaminação do ar de insuflação.

Neste tipo de sistema as eficiências de recuperação de calor reclamadas pelos fabricantes vão até 60% (e em casos de sistemas mais modernos de alta eficiência até 75%). As baterias run around apenas recuperam temperatura.

### 1.2.8 BOMBAS DE CALOR

Um sistema de bomba de calor funciona segundo o mesmo princípio de um sistema frigorífico, mas neste caso o aproveitamento energético é feito na fonte quente, isto é, é aproveitado o calor rejeitado pelo condensador. Desta forma, a eficiência energética de uma bomba de calor é superior à eficiência energética de um sistema frigorífico equivalente. À semelhança do que ocorre nos sistemas para produção de frio, as

bombas de calor podem trabalhar no princípio de absorção ou da compressão de vapor, no entanto, as primeiras são pouco utilizadas, dado que a eficiência energética é pouco superior à que teria uma máquina frigorífica semelhante.



**Figura 14** Esquema de princípio de uma bomba de calor

As bombas de calor podem ser utilizadas para aquecimento do ar ou da água. No caso de servirem para aquecimento do ar, muitas delas permitem também o seu arrefecimento, sendo aplicados neste caso de sistemas reversíveis. No caso de sistemas para aquecimento de água, o sistema pode possuir evaporador a água mas a situação mais generalizada para potências médias ou elevadas (dezenas ou centenas de kW) é a de evaporador com circulação de água. Desta forma, o aproveitamento simultâneo de produção de água refrigerada (no evaporador) e água quente (no condensador) é a solução mais generalizada e corresponde a uma unidade produtora de água refrigerada (UPAR) com condensador arrefecido a água e recuperação de energia no condensador.

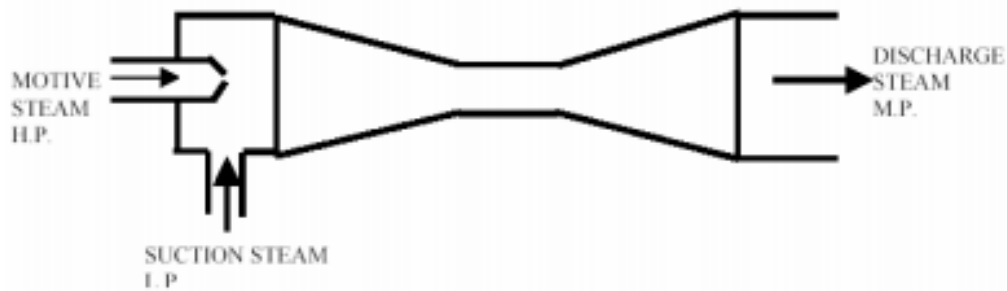
As aplicações para bombas de calor são mais benéficas quando aquecimento e arrefecimento podem ser utilizados em simultâneo. Um exemplo típico é uma fábrica de plásticos onde a água arrefecida pelo chiller é utilizada para arrefecimento dos moldes de injeção, enquanto que o calor produzido pela bomba de calor é utilizado para aquecimento da instalação ou de zonas administrativas. Outros exemplos de instalações de bombas de calor incluem a secagem de peças, mantendo a atmosfera seca para armazenamento e secagem de ar comprimido.

### 1.2.9 TERMO-COMPRESSORAS

Na impossibilidade de melhor aproveitamento, em muitos casos o vapor de baixa pressão é reutilizado como água após a sua condensação.

Em muitos casos torna-se viável comprimir este vapor de baixa pressão tornando-o em vapor de alta pressão e reutilizá-lo como um vapor de média pressão. O principal conteúdo energético presente no vapor

de água está no calor latente , desta forma, a termo compressão é uma boa forma de aproveitamento deste calor.



**Figura 15 Termo-Compressor**

O termo- compressor é um equipamento simples em forma de tubeira onde o vapor de alta pressão é acelerado num um fluido a alta velocidade . Este arrasta o vapor de baixa pressão pela transferência de momento e , em seguida, recomprime o fuido um tubo de Venturi divergente .

É normalmente utilizado em evaporadores , onde o vapor de ebulição é recomprimido e usado como vapor para aquecimento.

## 2. FORMULÁRIO PERMUTA TÉRMICA

### 2.1 - CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE UM PERMUTADOR



$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Transferência de energia real}}{\text{Transferência real máxima possível}}$$

$$\varepsilon = \frac{\dot{m}_{AN} \times (X_2 - X_1)}{\dot{m}_{min} \times (X_3 - X_1)} = \frac{\dot{m}_{AR} \times (X_4 - X_3)}{\dot{m}_{min} \times (X_3 - X_1)}$$

$\varepsilon$  – Eficiência do permutador

$X$  – grandeza termodinâmica ( $t_{db}$ ,  $t_{wb}$ ,  $h$  ...)

$\dot{m}_{AN}$  – caudal mássico de ar novo

$\dot{m}_{AR}$  – caudal mássico de ar de retorno

$\dot{m}_{min}$  – o menor caudal entre  $\dot{m}_{AN}$  e  $\dot{m}_{AR}$

### 2.2 - CÁLCULO DO CALOR TROCADO POR UM PERMUTADOR:

$$q_{total} = Q \times \rho \times (h_{out} - h_{in}) \rightarrow \text{Para cálculo sensível e latente}$$

$$q_{sensível} = Q \times \rho \times C_{p_{ar}} \times (t_{out} - t_{in}) \rightarrow \text{Para cálculo sensível}$$

$Q$  – Caudal volúmico em  $m^3/s$

$\rho$  – massa específica  $kg/m^3$

$h$  – entalpia específica  $kJ/kg$

**Nota:** para calcular a energia máxima transferível, utiliza-se o caudal mássico mínimo de ar nas expressões anteriores, ou seja,  $Q \times \rho \rightarrow$  mínimo (de entre os dois fluxos de ar):

$$q_{total\ máx} = (Q \times \rho)_{min} \times (h_{out} - h_{in})$$

$$q_{sensível\ máx} = (Q \times \rho)_{min} \times C_{p_{ar}} \times (t_{out} - t_{in})$$

### 2.3 - ENERGIA MÁXIMA TRANSFERÍVEL (REAL)

$$q_{tn} = \varepsilon \times q_{total\ máx} \rightarrow \text{calor máximo total transferível}$$

$$q_{sn} = \varepsilon \times q_{sensível\ máx} \rightarrow \text{calor máximo sensível transferível}$$

$$q_t = q_l + q_s \quad (6) \rightarrow \text{calor máximo sensível transferível}$$

### 3. FATORES QUE AFETAM A VIABILIDADE DA RECUPERAÇÃO DO CALOR

Avaliar a viabilidade de recuperação de calor requer a caracterização da fonte de calor residual e o fluxo de calor. Seguidamente apresentam-se alguns parâmetros essenciais na análise da recuperação de calor:

- Quantidade de calor;
- Temperatura/qualidade;
- Composição;
- Temperatura mínima de admissão;
- Horários de funcionamento, disponibilidade e outros aspectos logísticos;

#### 3.1 QUANTIDADE DE CALOR

A quantidade ou o conteúdo de calor, é uma medida da quantidade de energia que está contida num determinado caudal de calor recuperado, enquanto a qualidade é uma medida da capacidade de utilização desse calor. A quantidade de calor contida numa certa quantidade de calor recuperado é uma função tanto da temperatura como do caudal do fluxo de calor:

$$\dot{E} = \dot{m} h(t)$$

Onde:

- E- Perda de calor residual;
- M- Caudal mássico de calor residual
- h- Entalpia específica do caudal de calor recuperado;

Embora a quantidade de calor residual disponível seja um parâmetro importante, existem outros parâmetros de análise da recuperação de calor, que serão seguidamente abordados

#### 3.2 TEMPERATURA/QUALIDADE

A temperatura do calor recuperado é um fator determinante na análise de viabilidade da recuperação de calor, sendo que este valor pode ter valores muito variados, dependendo da indústria em análise. Para que a recuperação de calor seja possível é logicamente necessário que a temperatura recuperada dos gases seja superior à da fonte onde o calor irá ser rejeitado (2ª lei da termodinâmica). Esta diferença de temperaturas influencia:

- A taxa à qual o calor é transferido por unidade de superfície de permutador de calor;
- A eficiência teórica máxima de conversão térmica da fonte de calor para uma outra forma de energia (isto é, energia elétrica ou trabalho mecânico);
- Finalmente, o intervalo de temperatura tem implicações importantes para a selecção

de materiais em projetos de permutadores de calor;

As oportunidades de recuperação de calor são classificadas neste relatório, dividindo as gamas de temperatura em baixa, médio e alta qualidade de fontes de calor residual da seguinte forma:

Alta	Acima de 649 °C
Média	650 °C
Baixa	Abaixo de 232 °C

Figura 16 Categorias para a recuperação de calor

As fontes típicas de baixa, média e de alta temperatura de recuperação de calor estão listadas na Tabela 1 em cima apresentada, juntamente com vantagens relacionadas na recuperação , principais barreiras e tecnologias aplicáveis.

### 3.3 ÁREA DE PERMUTA TÉRMICA

A temperatura do calor recuperado influencia a taxa de transferência de calor entre a fonte quente e a fonte fria oque que influencia significativamente a viabilidade de recuperação. A expressão para a transferência de calor pode ser generalizada pela a seguinte equação :

$$\dot{Q} = UA\Delta T \text{ (W or Btu/s)}$$

Onde:

- “Q” é a taxa de transferência de calor;
- “U” é o coeficiente de transmissão de calor;
- “A” é a área de permuta térmica;
- $\Delta t$  é a diferença de temperatura entre as duas fontes;

Devido ao facto de a taxa de transferência de calor ser função de “U”, da área de permuta térmica e do  $\Delta t$ , uma diferença de temperaturas mais baixa irá requerer uma transferência de calor superior, conforme apresentado na figura seguinte:

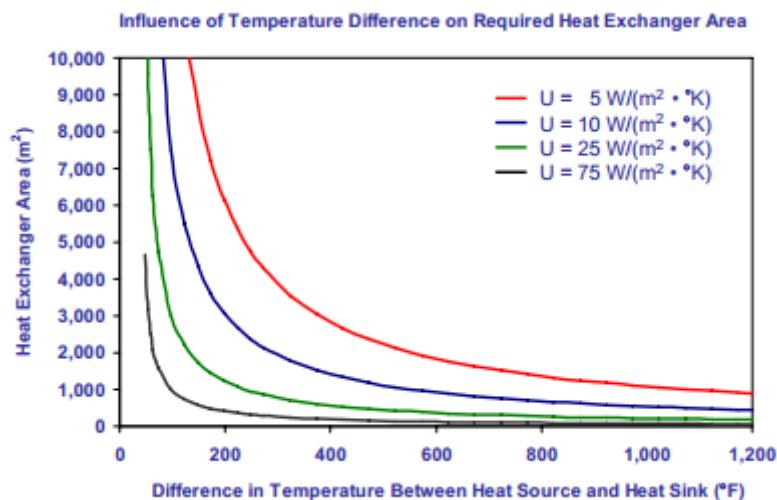


Figura 17 Influência da diferença de temperaturas na área de permuta térmica

A figura em cima apresenta a área de permuta térmica necessária para se realizar a transferência de calor entre a recuperação de calor de um gás quente e água líquida. Conforme mostrado , existe um ponto de

inflexão no gráfico nas temperaturas mais baixas, onde a área necessária para a transferência de calor aumenta drasticamente . O comportamento da curva e a área necessária irão variar dependendo dos fluidos de transferência de calor, do coeficiente de transferência de calor , e da taxa de transferência de calor desejado .

Tabela 1 Classificação das fontes de recuperação de calor e respectivas oportunidades de atuação

Temp Range	Example Sources	Temp (°F)	Temp (°C)	Advantages	Disadvantages/ Barriers	Typical Recovery Methods/ Technologies	
<b>High</b> >1,200°F [> 650°C]	Nickel refining furnace	2,500-3,000	1,370-1,650	High-quality energy, available for a diverse range of end-uses with varying temperature requirements	High temperature creates increased thermal stresses on heat exchange materials	Combustion air preheat	
	Steel electric arc furnace	2,500-3,000	1,370-1,650				
	Basic oxygen furnace	2,200	1,200				
	Aluminum reverberatory furnace	2,000-2,200	1,100-1,200				
	Copper refining furnace	1,400-1,500	760-820	High-efficiency power generation	Increased chemical activity/corrosion	Furnace load preheating	
		Steel heating furnace	1,700-1,900				930-1,040
		Copper reverberatory furnace	1,650-2,000	900-1,090			High heat transfer rate per unit area
		Hydrogen plants	1,200-1,800	650-980			
		Fume incinerators	1,200-2,600	650-1,430			
		Glass melting furnace	2,400-2,800	1,300-1,540			
Coke oven	1,200-1,800	650-1,000			Transfer to med-low temperature processes		
Iron cupola	1,500-1,800	820-980					
<b>Medium</b> 450-1,200°F [230-650°C]	Steam boiler exhaust	450-900	230-480	More compatible with heat exchanger materials		Combustion air preheat Steam/ power generation Organic Rankine cycle for power generation Furnace load preheating, feedwater preheating Transfer to low-temperature processes	
	Gas turbine exhaust	700-1,000	370-540				
	Reciprocating engine exhaust	600-1,100	320-590	Practical for power generation			
	Heat treating furnace	800-1,200	430-650				
	Drying & baking ovens	450-1,100	230-590				
Cement kiln	840-1,150	450-620					
<b>Low</b> <450°F [<230°C]	Exhaust gases exiting recovery devices in gas-fired boilers, ethylene furnaces, etc.	150-450	70-230	Large quantities of low-temperature heat contained in numerous product streams.	Few end uses for low temperature heat	Space heating	
	Process steam condensate	130-190	50-90				
	Cooling water from:				Low-efficiency power generation	Domestic water heating	
		furnace doors	90-130	30-50			
	annealing furnaces	150-450	70-230	For combustion exhausts, low-temperature heat recovery is impractical due to acidic condensation and heat exchanger corrosion	Upgrading via a heat pump to increase temp for end use		
	air compressors	80-120	30-50				
	internal combustion engines	150-250	70-120				
	air conditioning and refrigeration condensers	90-110	30-40				
	Drying, baking, and curing ovens	200-450	90-230			Organic Rankine cycle	
	Hot processed liquids/solids	90-450	30-230				

### 3.4 SELEÇÃO DE MATERIAIS E TEMPERATURAS

A temperatura da fonte de recuperação de calor tem também implicações importantes na seleção dos materiais dos sistemas de recuperação de calor. Como todas as reações químicas, a oxidação e a corrosão são aceleradas drasticamente pelo aumento da temperatura. Se a fonte de calor proveniente, por exemplo, de um gás de combustão contém substâncias corrosivas, as superfícies dos sistemas de recuperação de calor irão ser danificadas. Além disso, o aço de carbono, a temperaturas superiores a 425°C e o aço inoxidável acima de 650°C começam a sofrer oxidação.

Por esta razão, materiais como ligas avançadas ou os materiais compósitos devem ser utilizados para temperaturas elevadas. Os materiais metálicos geralmente não são utilizados para temperaturas superiores a 871°C.

### 3.5 COMPOSIÇÃO DO FLUÍDO DE RECUPERAÇÃO TÉRMICA

A composição química do fluido de recuperação térmica irá ajudar a determinar fatores como a condutividade térmica ou a potência calorífica, fatores estes que afetam diretamente a eficácia dos permutadores de calor. As taxas de transferência de calor estão dependentes da composição química do fluido de recuperação térmica assim como também são influenciadas pela deposição de qualquer substância incrustante na superfície do permutador. Fluidos mais densos têm coeficientes de transmissão de calor superiores, o que permite taxas de transferência de calor por unidade de área mais elevadas para uma determinada diferença de temperaturas

Fluid Conditions	Heat Transfer Coefficient (W/(m <sup>2</sup> • °K))
Water, liquid	5 x 10 <sup>3</sup> to 1 x 10 <sup>4</sup>
Light organics, liquid	1.5 x 10 <sup>3</sup> to 2 x 10 <sup>3</sup>
Gas (P = 1,000 kPa)	2.5 x 10 <sup>2</sup> to 4 x 10 <sup>2</sup>
Gas (P = 100-200 kPa)	8 x 10 <sup>1</sup> to 1.2 x 10 <sup>2</sup>

Outra questão fundamental é a interação entre substâncias químicas no fluido e o material do permutador de calor. As incrustações são um problema comum no processo de transferência de calor causando uma diminuição de eficiência de troca de calor. A figura à direita apresentada mostra um recuperador de calor deixado ao abandono, previamente utilizado num forno de fundição de alumínio. A deposição de substâncias incrustantes nos permutadores de calor reduzem as taxas de transferência de calor e causam obstrução ao fluxo de calor, podendo mesmo causar a danificação total do equipamento.

O métodos utilizados na prevenção dos efeitos negativos das incrustações são vários, entre os quais: filtração dos caudais de ar, construção de permutadores de calor com materiais tecnologicamente avançados, aumento das áreas de permuta térmica e limpeza adequada dos permutadores.



**Figura 18 Incrustações em permutadores de calor**

### 3.6 TEMPERATURA MÍNIMA ADMISSÍVEL

A temperatura mínima admissível para recuperação de calor está relacionada com problemas de corrosão associados ao material do permutador de calor. Dependendo do combustível usado, os gases resultantes da combustão podem conter diferentes concentrações diferentes de dióxido de carbono, vapor de água,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , produtos orgânicos não oxidados e outros minerais. Caso os gases resultantes das combustão sejam arrefecidos abaixo do ponto de orvalho, o vapor de água no gás condensa e irá depositar substâncias corrosivas na superfície do permutador de calor.

Desta forma, os permutadores de calor são projetados para que mantenham a temperatura dos gases de recuperação de calor acima do seu ponto de condensação. A temperatura mínima admissível de modo a prevenir a corrosão depende em grande parte da composição química do combustível, por exemplo, gases resultantes da combustão de gás natural podem ser arrefecidos até proximadamente  $120^\circ\text{C}$ , enquanto que gases resultantes da queima de carvão, ou outros óleos combustíveis com percentagens de enxofre superiores estão limitados a temperaturas entre  $150$  e  $175^\circ\text{C}$ . As temperaturas mínimas admissíveis estão também relacionadas com o tipo de indústria onde a recuperação de calor é aplicada, por exemplo, os sulfatos, contidos nos gases da combustão nos fornos de fundição de vidro, ficarão depositados nas superfícies dos permutadores de calor para temperaturas abaixo dos  $270^\circ\text{C}$ .

O método mais conhecido para prevenir a corrosão química é projetar permutadores de calor com temperaturas dos gases abaixo do seu ponto de orvalho.

## 4. APLICAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DE CALOR NA INDÚSTRIA

### 4.1 INDÚSTRIA VIDREIRA

Na indústria do vidro estima-se que aproximadamente 70 % da energia consumida seja devida aos processos de refinação e fundição do material em fornos de alta temperatura. A energia necessária para fundir uma tonelada de vidro varia consoante o tipo de forno utilizado, sendo que em termos teóricos, a energia mínima requerida para este processo ronda os 645 kWh /ton, podendo alguns fornos chegar aos 5,862 mWh/ton.

Os fornos utilizados em grandes operações de fundição podem ser do tipo: combustão direta, recuperativos, regenerativos, oxy-fuel, e híbridos (dois combustíveis). Nos Estados Unidos , mais de metade dos fornos de vidro encontrados na indústria são fornos regenerativos cujo combustível é o gás natural, que representam mais de 90 % da produção total. A eficiência máxima verificada nestes equipamentos ronda os 40 %, com perdas de calor de cerca de 30 % e as perdas estruturais responsáveis por outros 30%.

Os sistemas de recuperação de calor mais encontrados na indústria do vidro são os regeneradores e os recuperadores de calor, que podem ser utilizados para pré aquecimento do ar de combustão. A fundição do vidro exige temperaturas de operação muito elevadas sendo de facto uma excelente oportunidade de recuperação de calor residual. Sem a recuperação de calor as temperaturas dos gases de escape excedem frequentemente os 1315 °C.

Os fornos do tipo regenerativo possuem duas câmaras que absorvem alternadamente o calor proveniente dos gases de escape e o transferem para o ar utilizado na combustão. A direcção do fluxo de ar muda aproximadamente a cada 20 minutos , de modo que uma das câmara recebe calor dos gases de escape, enquanto a outra rejeita calor para o ar de admissão. As temperaturas finais dos gases resultantes da combustão variam entre 316 e 518 °C ao longo do ciclo. Os fornos do tipo recuperador de calor são uma opção menos eficiente, sendo mais vulgarmente utilizados em casos onde não seja possível suportar os custos associados a fornos do tipo regenerativo. Para fornos deste tipo são utilizados recuperadores metálicos para para promover o pré aquecimento do ar de combustão, sendo as temperaturas de pré aquecimento não superiores a 800°C e as temperaturas de saída na ordem dos 980 °C.

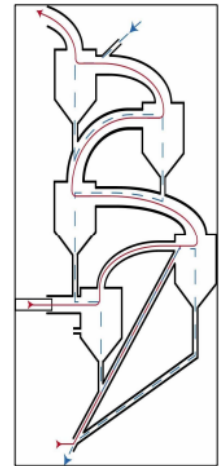
### 4.2 INDÚSTRIA DO CIMENTO

A indústria do cimento consome cerca de 550 TBTU/ano. para produzir cerca de 110 milhões de toneladas de cimento anualmente (dados EUA). As principais etapas do processo incluem a extração de matérias primas (principalmente calcário e giz ), britagem e moagem de materiais em preparação para o forno , a produção de clínquer ( pyroprocessing ) , e moagem do cimento. O clínquer é o material sólido nodular que sai dos fornos e é utilizado para produção de cimento. A produção de clínquer em fornos é, de longe, o processo mais consumidor de energia na indústria cimenteira, responsável por cerca de 74 % do consumo total de energia ( quando as perdas relacionadas com a energia elétrica estão incluídas).

Nos fornos de cimento rotativos, o combustível mais utilizado é o carvão. O material moído (calcário e outros materiais) entram pelo topo do forno e vai sendo transportado para zonas gradualmente mais quentes, à medida que se aproxima da zona da combustão. Este tipo de fornos podem ser classificados em dois grandes grupos: fornos de processos húmidos e fornos de processos secos. Num forno com um processo húmido o material de entrada no forno tem uma humidade entre 30 a 40 %, requerendo um consumo de energia superior para evaporar a água. Estes fornos são cada vez menos vistos na indústria.

Os fornos de processo seco, como o nome indica, utilizam um material seco. Sem recuperação de calor as temperaturas de saída dos gases de escape rondam os 450 °C.

Relativamente à recuperação de calor, esta pode ser aplicada para pré aquecimento do material moído que entra no forno ou para produção de energia. O pré-aquecimento é realizado por meio de fluxo de contracorrente de matérias-primas e dos gases de escape nos ciclones, como mostrado na figura ao lado apresentada. Os sistemas mais comuns são os pré-aquecedores com 4 estágios, onde as temperaturas de saída dos gases rondam os 340 °C, havendo assim oportunidades para recuperação de energia. O aumento do número de estágios de pré aquecimento leva a uma diminuição da temperatura de saída dos gases. Para a utilização de 5-6 estágios, as temperaturas de saída podem ser reduzidas para 204-300 °C. O número de estágios de pré aquecimento é muitas vezes limitado pelo aumento da complexidade e das limitações estruturais associadas a cada estágio incrementado. O calor recuperado dos gases pode também ser utilizado para o pré aquecimento e secagem dos materiais de alimentação do forno.



**Figura 19 Forno para pré aquecimento do cimento**

A cogeração, em vez do pré aquecimento do material moído, é outra opção válida para recuperação de calor. O sistemas de cogeração podem ser de diferentes tipos, desde ciclos a vapor, ciclos de Rankine e ciclos de Kalina. Estes dois últimos são mais alternativos, sendo os mais adequados para recuperação de calor a baixas e médias temperaturas.

Outra forma de aumentar a eficiência dos fornos rotativos de cimento é através da recuperação de calor no processo de arrefecimento do clínquer. O clínquer é descarregado a uma temperatura alta do forno rotativo, e transferido para os arrefecedores, que têm duas funções: arrefecimento do clínquer para o transporte e o processamento a jusante, bem como recuperação de energia térmica contida no clínquer. A recirculação de ar arrefece o clínquer de cerca de 1200 °C a 100 °C. O ar quente descarregado a partir dos arrefecedores é usado para aquecer o ar secundário de combustão no forno. A eficiência do processo de recuperação de energia do clínquer pode ser aumentada através da redução do volume de ar em excesso, através do controlo da profundidade do leito de clínquer, otimizando os modelos das grelhas de arrefecimento e controlando a distribuição de ar através das grelhas.

## 4.3 FABRICO DE FERRO E AÇO

### 4.3.1 SIDERURGIAS INTEGRADAS

#### FORNO DE COQUE

A produção de coque é um passo fundamental no processo de fabricação de ferro. O coque é produzido em fornos de coque, onde o carvão é aquecido num ambiente com atmosfera controlada relativamente ao nível de oxigénio. Existem dois métodos para a produção de coque: processo de subproduto e o processo sem recuperação. No processo de subproduto, subprodutos químicos (alcatrão, óleos amônia e luz) no combustível do forno de coque são recuperados, enquanto o combustível remanescente é limpo e reciclado. No processo sem recuperação, todos o combustível do forno de coque é queimado no processo

O processo de coqueificação do carvão mineral gera, além do coque como produto principal, o gás cru de coqueria, que dá origem, basicamente, ao gás de coqueria, alcatrão e licor amoniacal. Na coqueria, rotineiramente, é consumido gás misto (gás de coqueria – COG + gás de alto-forno – BFG) com opção de utilização de COG. O gas de Coque reciclado do forno

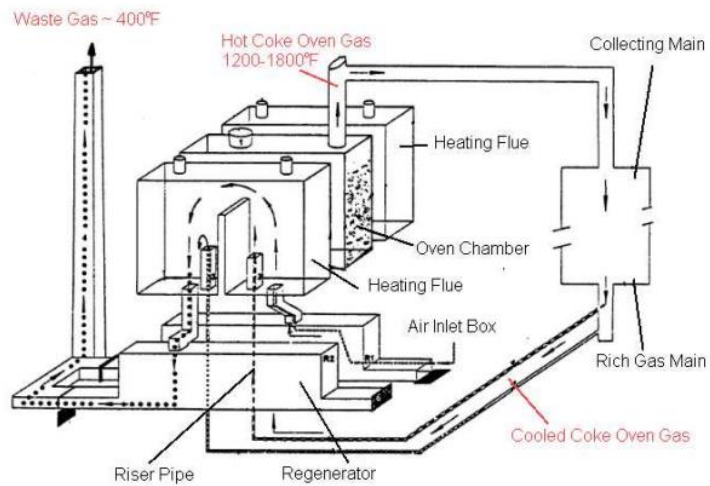


Figura 20 Processo de produção de coque

(COG), e por vezes outros gases como o gás de alto-forno, são utilizados como a fonte de combustível na condução de aquecimento e fornecimento calor para a câmara do forno onde tem lugar a pirólise do carvão. Como o processo de pirólise do carvão é feito na câmara do forno, o gas resultante do processo e a humidade são expelidos através dos tubos ascendentes das chaminés (exaustão). Na tabela seguinte pode verificar-se a composição típica deste gás resultante da produção de coque (COG):

Compound	Volume %
H <sub>2</sub>	39-65
CH <sub>4</sub>	32-42
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	3.0-8.5
CO	4.0-6.5
H <sub>2</sub> S	3-4
BTX	23-30
PAH	nd
NH <sub>3</sub>	6-8
CO <sub>2</sub>	2-3

**Figura 21 Composição típica do COG**

A temperatura do COG em bruto à saída do forno varia entre 649 ° C para 982 ° C. Neste ponto , o gás COG é uma fonte de calor sensível ; no entanto, o calor é universalmente desperdiçado , devido ao elevado nível de alcatrão e outros materiais que se acumulam nas superfícies do permutador de calor .Ao deixar o forno, o COG é arrefecido por amoníaco, por pulverização seguida de arrefecedores primários. Várias tecnologias são, então, usado para a remoção de alcatrão , compostos de enxofre , amoníaco , e óleos leves. Após limpeza, o COG é utilizado como combustível. Neste sistema, apenas a energia química do COG é recuperada quando este é reciclado, enquanto o calor sensível é desperdiçado

Em geral, a temperatura mínima admissível para o COG no permutador de calor é de cerca de 450 ° C ; a temperaturas mais baixas condensa e leva à formação de fuligem na superfície do permutador. Outra fonte de perda de calor sensível em fornos de coque são os fumos provenientes da combustão de reciclados COG (limpo) . O COG reciclado é utilizado como combustível na conduta de aquecimento , que é adjacente ao forno câmara.

A combustão do COG gera gases de escape quentes que saem da chaminé do forno e passam através de um regenerador para transferir calor para o ar de combustão de chegada e / ou combustível . Os gases residuais saem do regenerador a temperaturas médias de cerca de 200 ° C. Em alguns casos , principalmente fora dos Estados Unidos , o calor dos gases residuais é recuperado pelo uso de um tubo de calor ou para o pré-aquecimento de carvão e reduzir o seu teor de humidade .

## ALTO FORNO

A principal unidade de centrais industriais de fabrico de ferro e aço é o alto forno, cuja função é converter o minério de ferro (óxido de ferro) em ferro (Fe). A matéria prima, incluindo os materiais contendo ferro (minério granulado ou pellets), aditivos e o coque, são depositado no topo do forno, enquanto que o ar quente e o combustível são injetados no fundo do forno. O calor resultante da combustão no forno é transferido para um recuperador de calor do tipo regenerativo. Quando o regenerador atinge uma temperatura adequada, o caudal de ar é invertido e ar frio é forçado através do regenerador, que transfere calor para o ar frio. O ar já aquecido é então transferido para o forno.

Os altos fornos mais antigos tinham temperaturas de saída dos gases que rondam os 400° C. Relativamente aos fornos mais recentes, estes foram concebidos para serem energeticamente mais eficientes, o que pressupõe uma temperatura de saída dos gases mais baixa. Várias instalações utilizam o calor recuperado dos gases para pré aquecimento do ar da combustão, aquecimento dos fornos de coque, produção de energia e produção de vapor. Como o conteúdo energético é de apenas 80 a 90 Btu/Scf, muitas vezes o calor recuperado dos gases do forno é muitas vezes combinado com outros combustíveis como oCOG ou Gás natural. Em alguns casos, os altos-fornos funcionam a uma pressão suficientemente elevada (2,5 atm ou superior) para utilizar economicamente uma turbina de recuperação de pressão superior (TRT) para se recuperar a "energia de pressão" da GAF.

## FORNO BÁSICO DE OXIGÉNIO

Um forno básico de oxigénio (BOF- Basic oxygen furnace) utiliza oxigénio para efetuar a descarbonização - o processo de diminuir o nível de carbono em metais – e para a conversão de metal quente formado no alto-forno de aço líquido. Este processo geralmente responde por cerca de metade da quantidade de oxigênio utilizado em uma fabrica siderúrgica integrada. Quando o oxigénio reage com o silício e com o carbono, produz uma grande quantidade de calor. Este calor é suficiente para derreter a sucata em grandes quantidades. Neste processo, o produto (metal e sucata) é introduzido no forno a alta temperatura, sendo o oxigénio injetado ao mesmo tempo. A temperatura requerida para fundir o metal é estabelecida pela reação de oxidação exotérmica, como tal, não é necessária nenhuma fonte de calor (a energia é consumida apenas para alimentar os processos auxiliares).

Os gases resultantes do processo encontram-se a uma temperatura elevada e possuem uma concentração elevada de monóxido de carbono e há semelhança dos fornos de coque e alto forno, são boa oportunidade para recuperação de calor sensível. As principais barreiras ao aproveitamento do conteúdo energético destes gases estão relacionadas com os elevados custos de manutenção associados, devido à contaminação dos gases (metais pesados, ferro, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e fluoretos). A composição típica destes gases pode ser vista na tabela em baixo apresentada:

Compound	Volume %	
	Range	Average
CO	55-80	72.5
H <sub>2</sub>	2-10	3.3
CO <sub>2</sub>	10-18	16.2
N <sub>2</sub> +Ar	8-26	8

Source: IPCC,233

**Figura 22 Composição dos gases de um forno básico de oxigênio**

Os principais métodos utilizados para recuperação de calor neste tipo de fornos são chamados de sistemas “open combustion” e sistemas “suppressed combustion”. Nos sistemas de “open combustion” o ar é introduzido na conduta do gás de forma a promover a combustão do CO. O calor gerado é recuperado numa caldeira de recuperação. Nos sistemas de “supressed combustion” uma saia é adicionado à boca do conversor para reduzir a infiltração de ar e inibir a combustão do CO . O gás é então limpo , recolhido e utilizado como um combustível . Também é possível recuperar simultaneamente o gás e o calor sensível por meio de um combinado caldeira de recuperação e um sistema de recuperação de calor utilizando o método , “suppressed combustion”,.

#### 4.4 PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO

O fabrico do alumínio começa na extração de um mineral chamado bauxita, sendo este o processo primário de refinação do alumínio. Inicialmente a bauxita é convertida em alumina, um óxido de alumínio. A partir da alumina, por meio de um processo chamado redução eletrolítica, o alumínio puro é extraído em células eletrolíticas que medem cerca de 3 metros de largura por 10 metros de comprimento e correspondem a cerca de 60% da energia consumida no processo.

Numa indústria de fabrico de alumínio há centenas destas células eletrolíticas, cada uma recebendo cerca de 1 Megawatt ou mais de energia na forma de corrente contínua. A reação química do interior da célula eletrolítica quebra o óxido de alumínio, libertando o alumínio metálico puro, num processo que ocorre a cerca de 960°C. Na superfície deste banho fervente cria-se naturalmente uma crosta de sal. Quando essa crosta se quebra, a célula eletrolítica emite gases causadores do efeito estufa, entre eles o fluoreto de hidrogênio (HF) e os perfluorocarbonos (PFC).

O processo de produção de alumínio secundário requer apenas cerca de um sexto da energia necessária para o processo de produção de alumínio primário, o que tem contribuído para o aumento da reciclagem de alumínio. Um passo fundamental na produção secundária é a sucata em fornos de alta temperatura , onde a recuperação de calor é empregue em apenas cerca de um terço dos fornos de alta capacidade . Na indústria dos EUA, as perdas totais de gases de escape do processo primário e secundário ascendem a um total de 9 TBTU / ano, conforme mostra a tabela seguinte:

Source	Energy Consumption TBtu/yr	Assumed Average Exhaust Temperature		Waste Heat 77°F [25°C] Ref	Waste Heat 300°F [150°C] Ref	Carnot Efficiency	Work Potential TBtu/yr
		°F	°C	TBtu/yr	TBtu/yr		
Hall Héroult Cells	134.6	1,292	700	2.6	2.2	69%	1.8
Secondary Melting							
no Recovery	9.3	2,100	1,150	6.1	4.2	79%	4.8
with Recovery	2.2	1,000	538	0.8	0.4	63%	0.5
<b>Total</b>	<b>146.1</b>			<b>9.5</b>	<b>6.7</b>		<b>7.1</b>

Note: Sources and assumptions in Appendix A: Documentation of Waste Heat Estimates

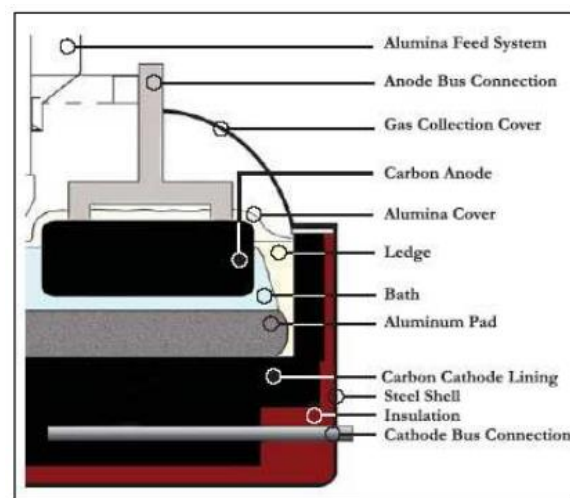
Figura 23 Calor residual não recuperado e potencial de trabalho dos gases de exaustão do processo de produção de alumínio

#### 4.4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO PRIMÁRIO

A produção de alumínio primário é levado a cabo em células Hall-Héroult (Figura ao lado), onde a alumina sofre um processo de electrólise num banho conhecido como criolite. As temperaturas de operação do forno são tipicamente de cerca de 960 °C. As perdas de calor nas células de alumínio são originadas por perdas na saída dos gases assim como perdas por convecção pelas paredes laterais.

As primeiras são maioritariamente devidas a reações anódicas e queima do ar. Estas perdas são baixas, correspondendo em média a perto de 1% da eletricidade fornecida às células. Por outro lado, as perdas pelas paredes laterais das células de alumínio são

incomparavelmente maiores que as perdas pelos gases de saída. Cerca de 45% do total da energia fornecida à célula é perdida por condução, convecção e radiação através das paredes laterais. Apesar da forte percentagem de calor perdido, não existem ainda tecnologias que permitam a recuperação deste calor.



#### 4.4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO SECUNDÁRIO

A produção de alumínio secundário envolve a reciclagem de sucata. Esta é primeiramente pré aquecida de forma a remover tintas, óleos e outros químicos antes de ser enviada para o forno de fundição. O tipo de fornos mais encontrados na produção de alumínio secundário são os reverberatory furnaces. Em muitos casos o consumo efetivo de energia associado à produção de uma libra (0.45Kg) de produto final é bastante elevado, uma vez que as perdas de energia podem ascender aos 45% fazendo com que seja necessário 2 lb (0,9kg) d alumínio derretido para cada lb (0,45 kg) de produto final produzido.

A produção de alumínio secundário tem tido ao longo da história alguns problemas relativamente à recuperação de calor. Foram realizados alguns testes em unidades fabris, como por exemplo com instalação de recuperadores de calor para pré aquecimento do ar, no entanto estas soluções não se mostraram viáveis devido aos elevados custos de manutenção associados. As principais barreiras à utilização de recuperação de calor na produção de alumínio secundário incluíam a corrosão originada pelos cloretos e fluoretos

utilizados na fase de remoção de impurezas do alumínio, a combustão dos compostos voláteis no recuperador e o sobreaquecimento. A primeira barreira pode ser facilmente ultrapassada através do uso de um bypass para impedir que os gases que contêm substâncias corrosivas entrem em contacto com as paredes do recuperador de calor. Relativamente ao sobreaquecimento, este pode ser atenuado através da mistura de ar não aquecido à entrada do recuperador de calor, bem como de uma correta monitorização dos parâmetros de funcionamento do forno.

#### 4.4.2 CALOR PROVENIENTE DE PRODUTOS SÓLIDOS

Para além da recuperação através dos gases resultantes dos processos, existe também um forte potencial Energético em alguns produtos sólidos e subprodutos como são exemplo: coque a alta temperatura, subprodutos da combustão; escórias, e aço laminado quente. Embora a recuperação de calor através de fontes sólidas seja de difícil recuperação, o seu potencial energético é muito elevado, apresentando-se os valores de potencial de recuperação de energia térmica na tabela seguinte:

Waste Heat Source	Max Temp <sup>a</sup>	Sensible Heat (Btu/ton) <sup>a</sup>	Applicable Steel Production (million tons/year)	Recovery Technology <sup>a</sup>	Stage of Development <sup>a</sup>	Waste Heat (TBtu/yr)
Hot Coke	2000°F [1100°C]	0.21	56.47 <sup>b</sup>	Dry coke quenching	Commercial, not widely used in US	12
BF Slag	2400°F [1300°C]	0.34	56.47 <sup>b</sup>	Radiant heat boiler (RHB)	Prototype, R & D stopped since end of 1980s	19
BOF Slag	2700°F [1500°C]	0.02	56.47 <sup>b</sup>	RHB	Prototype, R & D stopped since end of 1980s	1
Cast Steel	2900°F [1600°C]	1.20	104.58 <sup>c</sup>	RHB with heat pipes, slab cooler boiler, hot charging.	RHBs are commercial, but not used in US. Hot charging is used for a small % of production.	125
Hot Rolled Steel	1700°F [900°C]	4.76	104.58 <sup>c</sup>	Water spraying and heat pumps	Commercial, not widely used in US	497
<b>Total</b>		-				<b>497</b>

a. adapted from de Beer, p. 189

b. based on steel production at integrated steel mills in the United States (USGS Mineral Yearbook, 2005)

c. based on total steel production in the United States

**Figura 24 Potencial de recuperação de calor sensível proveniente de produtos sólidos**

O calor sensível perdido pelo coque pode ser parcialmente recuperado através do arrefecimento seco do coque em alternativa ao arrefecimento húmido. Este processo consiste na deposição do coque no recipiente apropriado. Posteriormente, é feita a passagem de um gás inerte como o o azoto que recolhe o calor sensível proveniente do coque. De seguida este gás quente passa por uma caldeira de recuperação, sendo aí feito o seu aproveitamento energético. O potencial de poupança pode chegar aos 294 kWh por cada tonelada de coque (dados EUA).

Outra opção viável para reduzir as perdas de calor no processo de fundição do aço é a recuperação de calor sensível do aço laminado. Esta poderá ser realizada através da utilização de água refrigerada. Uma

vez que a temperatura final da água de refrigeração é geralmente baixa (80°C), esta poderá ser utilizada para outras aplicações de aquecimento como bombas de calor.

#### 4.5 FUNDIÇÃO DE METAL

A fundição de metais envolve a deposição de metal em moldes para a produção de peças como blocos de motor, peças para suspensão de automóveis, entre outros. A indústria conta com uma grande variedade de fornos de fundição. As oportunidades de recuperação de calor estão maioritariamente na indústria do alumínio e do ferro, uma vez que estas são as maiores consumidoras de energia (no caso dos EUA, correspondem a cerca de 80% da energia total utilizada na indústria da fundição de metal. Na tabela seguinte apresenta-se uma caracterização da indústria de fundição de metal dos EUA, relativamente às oportunidades de recuperação de energia:

Source	Energy Consumption TBtu/yr	Assumed Average Exhaust Temperature		Waste Heat 77°F [25°C] Ref TBtu/yr	Waste Heat 300°F [150°C] Ref TBtu/yr	Carnot Efficiency	Work Potential TBtu/yr
		°F	°C				
Aluminum							
Reverb Furnace	19.0	2,100	1,150	12.5	8.5	0.8	9.9
Stack Melter	1.1	250	121	0.2	-	0.2	0.0
Iron Cupola							
no Recovery	46.7	1,650	900	19.3	15.3	0.7	14.4
with Recovery	7.8	400	204	0.8	0.2	0.4	0.3
Total	74.6			32.8	24.0	2.2	24.6

As utilizações mais comuns para recuperação de calor na indústria da fundição de metal incluem o pré aquecimento do material a carregar no forno e/ou pré aquecimento do ar da combustão. A recuperação de calor pode também ser utilizada para aquecimento ambiente (HVAC).

##### 4.5.1 FUNDIÇÃO DE ALUMINIO

Os fornos de alumínio mais comuns (reverberatory furnaces) têm temperaturas de saída dos gases que rondam os 1090-1316°C e eficiências térmicas entre os 30 e 35%. Outra opção muito encontrada nesta indústria são os stack melters que tem uma melhor vedação, diminuindo as fugas de calor e usa o calor dos gases de recuperação para pré aquecer o metal que vai ser depositado, permitindo eficiências de 40-45%. A temperatura dos gases que saem destes fornos pode ir dos 120 aos 205 °C. Apesar destas vantagens este tipo de fornos são pouco utilizados maioritariamente devido aos altos custos de manutenção e devido às fortes restrições de material a depositar no forno.

Outra opção para recuperação de calor é a instalação de recuperadores nos fornos, que têm o potencial para economizar até 30% do consumo de energia atual.

##### 4.5.2 FUNDIÇÃO DE FERRO

O ferro é responsável por aproximadamente 50 % da energia consumida na indústria da fundição de metal. Os tipos de fornos mais encontrados neste tipo de indústria são os fornos de indução, os fornos de arco elétrico e os fornos de cúpula. De acordo com alguns estudos realizados a este tipo de fornos, os menos

eficientes perdem cerca de 50% do calor pelos gases de escape, no entanto, os mais eficientes já têm incorporado um recuperador para pré aquecimento do ar de combustão, reduzindo as perdas em ceca de 35%. A temperatura dos gases da combustão de um forno deste tipo podem desde os 816 aos 982°C, sendo que a temperatura à saída do recuperador ronda os 200°C.

#### 4.6 CALDEIRAS INDUSTRIAIS

A geração de vapor corresponde a um processo com elevado consumo energético em unidades industriais. Este consumo tem maior relevância em determinadas indústrias como a indústria química, a industria da refinação, a do papel e a industria de metais primários. Nestas industrias o consumo de energia em caldeiras industriais pode ir de 10 a 80% do consumo total da instalação. Na figura seguinte pode verificar-se um exemplo de consumo de combustiveo bem como o número de caldeiras existentes por tipologia de industria (dados EUA, 2005):

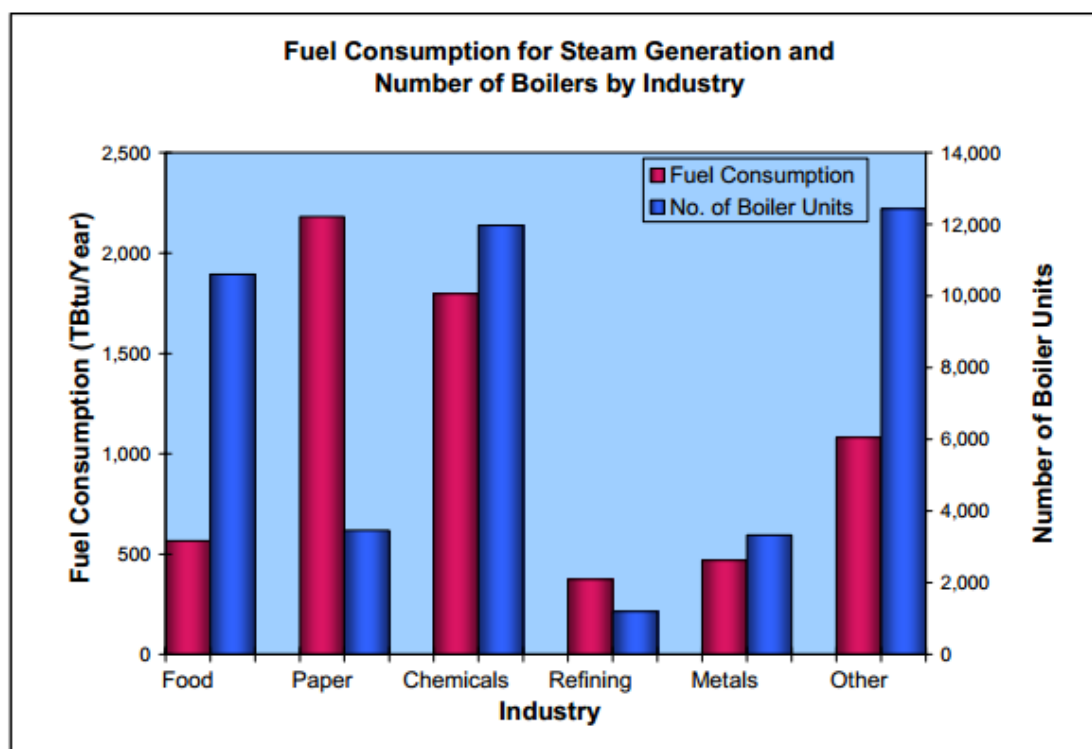


Figura 25 Combustível consumido para produção de vapor e nº de caldeiras por tipod e industria

O combustível mais utilizado em caldeiras industriais é gás natural. As temperaturas de saída dos gases dependem das pressões de vapor requeridas para cada processo industrial. As opções existentes para recuperação de calor em caldeiras industriais centram-se basicamente no uso de economizadores, pré aquecedores do ar da combustão, ou ambos.

De acordo com dados dos fabricantes de alguns fabricantes de caldeiras, a grande maioria das caldeiras com capacidades superiores a 25 mil BT/hora (7327 kW) incluem economizadores. Embora o uso de

economizadores seja uma prática comum neste tipo de equipamentos o uso de caldeiras de condensação é também uma prática existente embora comum, possibilitando o arrefecimento dos gases de escape, onde o calor latente contido no vapor de água pode ser recuperado. O uso destas caldeiras é menos frequente devido ao elevado preço das mesmas. Uma caldeira de condensação pode representar um investimento 3 vezes superior a uma caldeira com economizador. Por outro lado, neste tipo de caldeiras é necessário que a água de retorno se esteja a uma temperatura suficientemente baixa para que seja possível a transferência de calor dos gases de escape para a água de retorno, o que nem sempre é possível.

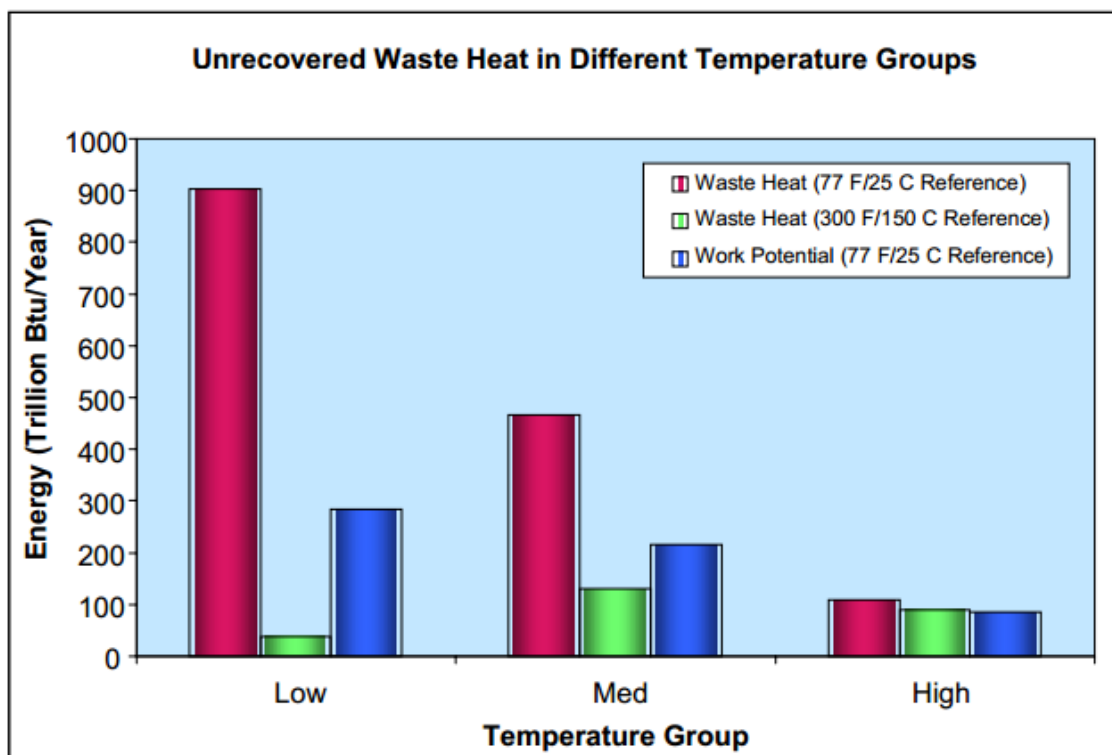
## 5. R&D

### 5.1 FONTES DE CALOR DE BAIXAS TEMPERATURAS:

- A temperatura da fonte de calor é um fator determinante na quantidade de energia recuperada. Desta forma definem-se três gamas de temperatura diferentes, conforme apresentado na tabela seguinte:

Alta temperatura	Igual ou superior 650 °C
Média temperatura	De 230 a 650°C
Baixa temperatura	230°C ou inferior

- 
- A imagem em baixo apresentada mostra as oportunidades de recuperação de energia e de geração de trabalho para os diferentes grupos de temperatura apresentados, partindo de temperaturas de referência diferentes:



- Figura 26 Possibilidades de recuperação de calor para diferentes grupos de temperaturas
- O gráfico acima indica que a maioria das perdas de calor (com base numa temperatura de referencia de 25 ° C) estão na gama de baixa temperatura. Embora o calor residual de baixa temperatura seja uma fonte de calor de baixa qualidade, o seu potencial de trabalho é superior à das restantes fontes de calor, uma vez que está presente em grande abundância.

## 5.2 OPTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS QUE JÁ INCLUEM RECUPERAÇÃO DE CALOR

Na tabela seguinte pode observar-se uma comparação entre unidades com e sem recuperação de calor, relativamente a consumos de energia e perdas de calor. São exemplos de unidades que utilizam recuperação de calor: caldeiras , fornos de etileno, fornos rotativos para pré aquecimento do cimento, fornos de fundição de alumínio, etc.

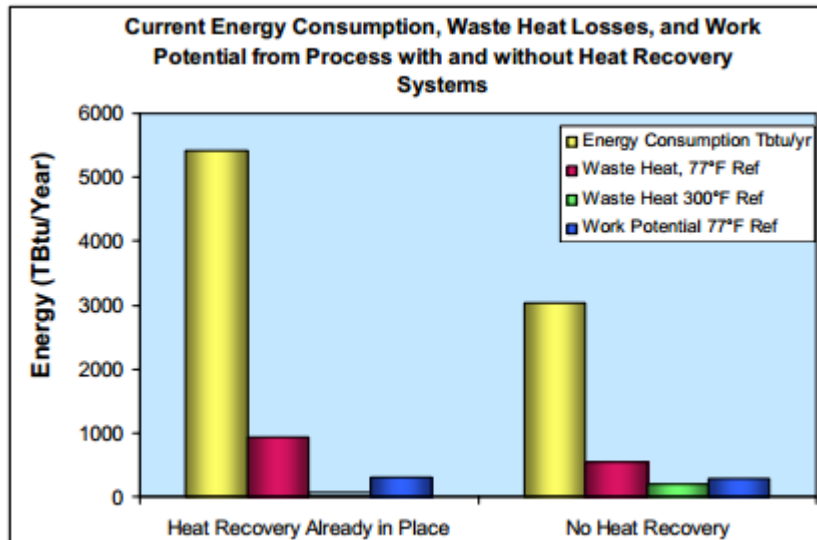


Figure 31 - Waste Heat Losses and Work Potential from Processes with and without Heat Recovery

As oportunidades adicionais de recuperação de energia estão na recuperação de calor dos gases à saída dos recuperadores de calor. Estes possuem temperaturas que podem ir desde os 121°C aos 982 °C. Como exemplo podem aplicar-se os economizadores das caldeiras, com temperaturas que rondam os 150°C, ou os recuperadores dos fornos de fundição de vidro, cuja temperatura dos gases à saída pode ascender aos 982°C. Desta forma a recuperação de calor dos gases à saída dos recuperadores contem uma quantidade de energia significativa que deve ser aproveitada.

Existem no entanto alguns fatores técnicos e económicos que limitam a recuperação de calor em algumas unidades. Como exemplo tem-se a área de permuta térmica dos recuperadores de calor. Quanto maior a área de permuta térmica, mais energia térmica será possível recuperar, sendo que por outro lado maiores serão os custos do equipamento e também maiores serão as perdas de carga associadas ao escoamento, o que aumenta o consumo de energia do sistema. Em outros casos, tais como fornos de rotativos para pré aquecimento de cimento as limitações estruturais relativamente ao peso fazem com que o número de estágios de pré aquecimento sejam limitados. Por outro lado, o aumento das emissões de gases NOx em resultado de temperaturas de combustão mais elevadas, são motivo de preocupação em algumas aplicações para pré aquecimento do ar de combustão. Este facto pode influenciar a escolha das temperaturas da fonte de calor, e conseqüentemente o pré aquecimento do ar de combustão. Todos estes parâmetros contribuem para uma diminuição da quantidade de calor recuperado à saída dos equipamentos.

### 5.3 FONTES CALOR ALTERNATIVAS

No decorrer do presente documento a fonte de calor abordada foi maioritariamente os gases resultantes dos processos a alta temperatura (maioritariamente combustão). No entanto, foi possível verificar que existem outras fontes de calor que devem ser consideradas, como o calor proveniente das perdas por condução, convecção e radiação verificadas nas paredes laterais das células utilizadas na produção de alumínio primário e as fontes de calor provenientes de produtos sólidos nas indústrias do ferro e do aço.

Na imagem em baixo apresentada caracterizam-se as fontes de calor alternativas em termos de conteúdo e potencial energético:

Waste Heat Source	Waste Heat TBtu/yr (77°F/25°C Ref)	Work Potential TBtu/yr
Primary aluminum cell sidewall losses	59	41
Solid streams in iron/steel	654	501
<b>Total</b>	<b>713</b>	<b>541</b>

Note: Sources and assumptions in Appendix A: Documentation of Waste Heat Estimates

Figura 27 Outras fontes de calor residual

## ANEXOS

---

- I. Decreto-Lei 71/2008, de 15 de abril;
- II. Importações líquidas de energia primária 2004-2014;
- III. Balanço Energético Nacional 2016;
- IV. Prioridades de investimento no Programa PO SEUR;
- V. Síntese de procedimentos e responsabilidades no âmbito do Sistema de Gestão dos consumos Intensivos de Energia (SGCIE);
- VI. Fluxograma de implementação do Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril;
- VII. Exemplo de árvore dos custos de aquisição e dos custos de manutenção;
- VIII. *Checklist* para a realização de uma auditoria interna ao SGE;
- IX. Tabela resumo “Tipos de Auditorias Energéticas”;
- X. Exemplo de planta de implementação de um SMC;
- XI. Fluxograma para escolha do tipo de opção de M&V, segundo o IPMVP;
- XII. Conteúdo do plano de M&V, segundo o IPMVP;
- XIII. Esquema de princípio do sistema de recuperação de calor do caso de estudo real;
- XIV. Formulário de cálculo para obtenção de valores de requisitos energéticos de AQS e AQP (referente ao capítulo 5);
- XV. Exemplo de um relatório periódico simples, da CC Energia;
- XVI. Balanço Energético efetuado ao sistema de recuperação de calor.

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## **ANEXO I**

## Artigo 2.º

## Entrada em vigor

A presente portaria entra em vigor no dia imediato à data da sua publicação.

Em 31 de Março de 2008.

O Ministro de Estado e das Finanças, *Fernando Teixeira dos Santos*. — O Ministro da Justiça, *Alberto Bernardes Costa*. — O Ministro das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, *Mário Lino Soares Correia*.

## MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO

## Decreto-Lei n.º 71/2008

de 15 de Abril

A Estratégia Nacional para a Energia, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 15 de Outubro, prevê como uma das medidas para a promoção da eficiência energética a reforma do Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE), com vista a compatibilizá-lo com as novas exigências ao nível das emissões de gases de efeito estufa, com a revisão da fiscalidade do sector energético e com a necessidade de promover acordos para a utilização racional de energia.

O Programa Nacional para as Alterações Climáticas, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto, estabelece três medidas adicionais para o sector da indústria: a alteração do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP) sobre os combustíveis industriais estabelecendo um mecanismo de incentivo à redução de gases de efeito estufa (MAi1), a definição de um novo RGCE que fomente a eficiência energética no sector industrial através de acordos (MAi2) e a revisão do RGCE para o sector dos transportes (MAT7).

O Orçamento do Estado para 2008 implementa já a medida MAi1 ao rever os limites máximos para o ISP aplicável aos combustíveis industriais com vista a imputar aos utilizadores de carvão, coque de petróleo ou fuelóleo os custos associados às emissões de CO<sub>2</sub> adicionais relativamente à utilização de gás natural e ao substituir os critérios sectoriais de isenção deste imposto por critérios ambientais e de eficiência energética, em linha com o artigo 17.º da Directiva n.º 2003/96/CE, de 27 de Outubro, que reestrutura o quadro comunitário de tributação dos produtos energéticos e da electricidade.

Por outro lado, o Orçamento do Estado para 2008 prevê a isenção do ISP nestes combustíveis para os utilizadores abrangidos pelo comércio europeu de licenças de emissão ou que realizem acordos de racionalização do consumo de energia, a definir nos termos do presente decreto-lei.

Assim, no intuito de dar execução à Estratégia Nacional para a Energia, ao Programa Nacional para as Alterações Climáticas e de operacionalizar a isenção prevista na lei do OE/2008 e tendo em conta os objectivos estabelecidos na Directiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos e que revoga a Directiva n.º 93/76/CEE, do Conselho, importa redefinir um conjunto de regras que actualizem a disciplina de gestão do consumo de energia constantes do regulamento para a eficiência energética na indústria, estabelecido no Decreto-Lei n.º 58/82, de 26 de Fevereiro, e sua regulamentação.

Neste quadro, o presente decreto-lei define quais as instalações consideradas com consumo intensivo de energia, estendendo a sua aplicação a um conjunto mais abrangente de empresas e instalações com vista ao aumento da sua eficiência energética tendo em atenção a necessidade de salvaguardar a respectiva base competitiva no quadro da economia global, ao mesmo tempo que estabelece um regime diversificado e administrativamente mais simplificado para as empresas que, actualmente, já estão vinculadas a compromissos de redução de emissões de CO<sub>2</sub> definidos no PNALE (Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão), embora permitindo a ambas as categorias de instalações o acesso às isenções e demais estímulos e incentivos vocacionados para a promoção de eficiência energética.

Foram ouvidos os órgãos de governo próprio das Regiões Autónomas.

Assim:

Nos termos da alínea *a*) do n.º 1 do artigo 198.º da Constituição, o Governo decreta o seguinte:

## Artigo 1.º

## Objecto

O presente decreto-lei regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia, abreviadamente designado por SGCIE, instituído com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia.

## Artigo 2.º

## Âmbito de aplicação

1 — O regime previsto no presente decreto-lei aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) que no ano civil imediatamente anterior tenham tido um consumo energético superior a 500 toneladas equivalentes petróleo (500 tep/ano), com excepção das instalações de co-geração juridicamente autónomas dos respectivos consumidores de energia.

2 — No caso das empresas de transportes e das empresas com frotas próprias consumidoras intensivas de energia a aplicação do regime previsto no presente decreto-lei deve ser adaptada nos termos a estabelecer em legislação específica para o efeito.

3 — O regime previsto no presente decreto-lei não se aplica aos edifícios que se encontrem sujeitos aos regimes previstos nos Decretos-Leis n.ºs 78/2006, 79/2006 e 80/2006, de 4 de Abril, excepto nos casos em que os edifícios se encontrem integrados na área de uma instalação consumidora intensiva de energia.

4 — Sem prejuízo do disposto nos números anteriores, o regime previsto no presente decreto-lei pode ser aplicável às empresas que tendo um consumo energético inferior aos limites previstos no n.º 1 ou que se encontrem na situação referida no número anterior pretendam, de forma voluntária, celebrar acordos de racionalização de consumo de energia.

## Artigo 3.º

## Organização e funcionamento do SGCIE

1 — São intervenientes no SGCIE a Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), a Direcção-Geral das Alfândegas e Impostos Especiais sobre o Consumo (DGAIEC), a Agência para a Energia (ADENE) e os operadores que

exploram instalações CIE, bem como os técnicos credenciados ao serviço destes.

2 — Compete à DGEG a supervisão e fiscalização do funcionamento do SGCIE e exercer as demais competências que lhe estão cometidas pelo presente decreto-lei.

3 — Compete à DGAIEC a concessão e controlo das isenções do ISP, nos termos previstos no artigo 11.º

4 — É atribuída à Agência para a Energia (ADENE) a gestão operacional do SGCIE, cabendo-lhe, nomeadamente:

- a) Assegurar o funcionamento regular do sistema;
- b) Organizar e manter o registo das instalações CIE;
- c) Receber os planos de racionalização do consumo de energia, submetendo-os à aprovação da DGEG;
- d) Receber e analisar os pedidos de credenciação de técnicos ou entidades, submetendo-os à aprovação da DGEG;
- e) Acompanhar a actividade dos operadores e técnicos no âmbito do cumprimento da disciplina do presente decreto-lei.

5 — A ADENE apresenta à DGEG e DGAIEC, até 31 de Março de cada ano, relatório anual sobre a actividade desenvolvida e o funcionamento do sistema.

#### Artigo 4.º

##### Operador de instalações CIE

1 — O operador que explore instalações CIE fica sujeito às seguintes obrigações:

- a) Promover o registo das instalações;
- b) Efectuar auditorias energéticas que avaliem, nomeadamente, todos os aspectos relativos à promoção do aumento global da eficiência energética, podendo também incluir aspectos relativos à substituição por fontes de energia de origem renovável, entre outras medidas, nomeadamente, as de redução da factura energética.
- c) Elaborar Planos de Racionalização do Consumo de Energia (PREn), com base nas auditorias previstas na alínea anterior, visando o aumento global da eficiência energética, apresentando-os à ADENE;
- d) Executar e cumprir os PREn aprovados, sob a responsabilidade técnica de um técnico credenciado.

2 — O operador que explore instalações CIE sujeitas ao PNALE fica isento do cumprimento das obrigações previstas no número anterior, sem prejuízo do disposto no n.º 4 do artigo 12.º

#### Artigo 5.º

##### Registo

1 — O registo da instalação CIE processa-se mediante declaração do operador que contenha:

- a) Identificação completa do declarante e respectivo endereço postal e electrónico;
- b) Indicação da CAE identificadora da actividade em que se insere a instalação;
- c) Localização da instalação, mediante indicação da morada do estabelecimento;
- d) Memória descritiva sucinta da mesma, o consumo anual de energia no último ano, a data do licenciamento e respectiva entidade licenciadora.

2 — O registo é promovido no prazo de quatro meses contados do final do primeiro ano em que a instalação atinja o estatuto de CIE ou, se já verificado à data da entrada em vigor do presente decreto-lei, em igual prazo contado desta última data.

3 — A ADENE disponibiliza formulário da declaração para registo *online* no seu *site* na Internet.

4 — O operador deve promover a extinção do registo se a instalação deixar de preencher os requisitos determinantes do mesmo, fazendo prova de que já não se encontra nas condições definidas no âmbito do artigo 2.º

#### Artigo 6.º

##### Auditorias energéticas

1 — É obrigatória a realização das seguintes auditorias energéticas:

- a) Nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, com uma periodicidade de seis anos, sendo que a primeira destas auditorias deve ser realizada no prazo de quatro meses após o registo.
- b) Nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 500 tep/ano mas inferior a 1000 tep/ano, com uma periodicidade de oito anos, sendo que a primeira destas auditorias deve ser realizada no ano seguinte ao do registo.

2 — As auditorias incidem sobre as condições de utilização da energia, bem como a concepção e o estado da instalação, devendo ainda ser colhidos os elementos necessários à elaboração do Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn) e à verificação do seu subsequente cumprimento.

3 — Sem prejuízo do disposto nos números anteriores, o operador pode realizar as auditorias que considerar necessárias à promoção da eficiência energética da instalação consumidora intensiva de energia.

#### Artigo 7.º

##### Plano de Racionalização do Consumo de Energia

1 — O Plano de Racionalização do Consumo de Energia é elaborado com base nos relatórios das auditorias energéticas obrigatórias, devendo prever a implementação, nos primeiros três anos, de todas as medidas identificadas com um período de retorno do investimento inferior ou igual a cinco anos, no caso das instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou com um período de retorno do investimento inferior ou igual a três anos no caso das restantes instalações.

2 — O PREn deve ainda estabelecer metas relativas à intensidade energética e carbónica com base nas medidas previstas no número anterior, tendo em conta os seguintes indicadores:

- a) Intensidade energética, medida pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o valor acrescentado bruto das actividades empresariais directamente ligadas a essas instalações industriais e, sempre que aplicável, pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o volume de produção;

b) Intensidade carbónica, medida pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respectivo consumo total de energia.

3 — As metas referidas no número anterior estão sujeitas aos seguintes valores:

a) No mínimo, uma melhoria de 6 % dos indicadores referidos na alínea a) do número anterior em seis anos, quando se trate de instalações com consumo intensivo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou melhoria de 4 % em oito anos para as restantes instalações; e

b) No mínimo, a manutenção dos valores históricos de intensidade carbónica.

### Artigo 8.º

#### Aprovação do PREn

1 — O PREn é apresentado à ADENE nos quatro meses seguintes ao vencimento do prazo para a realização da auditoria energética.

2 — Se o PREn estiver devidamente instruído, a ADENE, no prazo de 5 dias, submete-o à aprovação da DGEG, acompanhado do relatório de auditoria energética que lhe serve de base.

3 — Nos casos em que as medidas identificadas no PREn não permitam a definição de objectivos de melhoria da intensidade energética nos termos do previsto no artigo anterior, a aprovação do PREn depende da realização de uma nova auditoria por técnico ou entidade credenciada que não tenha intervindo na elaboração do PREn, da responsabilidade da ADENE, e da verificação do cumprimento do previsto no n.º 1 do artigo anterior.

4 — A DGEG pronuncia-se sobre o PREn no prazo de 30 dias após a sua apresentação nos termos do n.º 1, sem o que o mesmo se considera como tacitamente aprovado.

5 — O prazo previsto no número anterior é de 60 dias para os casos previstos no n.º 3.

6 — A DGEG pode solicitar informações complementares ao operador, incluindo a realização de uma nova auditoria nos termos do n.º 3 e, fundamentadamente, recomendar alterações ao conteúdo do PREn tendo em vista a sua aprovação, suspendendo-se a contagem do prazo previsto no número anterior até à resposta do operador.

7 — O PREn quando aprovado pela DGEG designa-se por Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE).

8 — O ARCE é comunicado pela DGEG à DGAIEC, com vista à instrução dos mecanismos de isenção previstos na legislação fiscal aplicável.

### Artigo 9.º

#### Controlo de execução e progresso do ARCE

1 — O operador deve apresentar à ADENE, a cada dois anos de vigência do ARCE e até 30 de Abril do ano subsequente ao termo daquele período, relatório de execução e progresso verificados no período de implementação do ARCE a que respeita o relatório, o qual deve referir as metas e objectivos alcançados, desvios verificados e medidas tomadas ou a tomar para a sua correcção.

2 — O relatório relativo ao último período de vigência do ARCE deve incluir o balanço final da execução da totalidade do mesmo, considerando-se como relatório final.

3 — O relatório final de execução de cada ARCE é elaborado por técnico ou entidade credenciados, escolhido pela ADENE e por conta desta, que não tenha intervindo na elaboração das auditorias energéticas, no PREn ou nos relatórios intercalares.

### Artigo 10.º

#### Reconhecimento de técnicos ou entidades

1 — Para cumprimento das obrigações previstas no presente decreto-lei deve o operador recorrer a técnicos ou entidades devidamente habilitadas para a elaboração de auditorias energéticas e planos de racionalização, e para o controlo da sua execução e progresso, incluindo a elaboração dos relatórios de execução e progresso.

2 — Para efeitos do número anterior os técnicos ou pessoas colectivas são credenciados pela DGEG, com base em critérios de competência técnica, de acordo com os requisitos a definir na portaria a que se refere o n.º 1 do artigo 19.º

3 — Os técnicos interessados em se credenciar devem apresentar os pedidos de credenciação à ADENE, demonstrando que preenchem os requisitos mínimos de habilitação académica e profissional e a experiência adequados aos objectivos em causa.

4 — Tratando-se de pessoa colectiva, devem os respectivos representantes legais fazer prova de que o objecto estatutário consiste na actividade de consultoria e projecto em áreas adequadas e dispor de técnicos que preenchem os requisitos a que se refere o número anterior.

5 — O despacho de credenciação deve especificar o âmbito e o prazo de caducidade da mesma, que não pode exceder cinco anos, prorrogáveis automaticamente em caso de realização por cada técnico de pelo menos cinco relatórios ou planos no período, ou mediante pedido do interessado a apresentar antes de terminar o respectivo prazo.

6 — Nos casos em que não haja prorrogação automática, a DGEG profere decisão sobre os pedidos de credenciação, ou sua prorrogação, no prazo de 15 dias após a sua remessa pela ADENE.

7 — A DGEG, mediante parecer fundamentado da ADENE e ouvido o interessado, pode rejeitar o pedido de prorrogação, ou obstar à sua automaticidade, nos casos em que o técnico ou entidade, enquanto credenciados, tenham repetidamente subscrito relatórios de auditoria energética cujo diagnóstico não identifique deficiências manifestas, segundo as boas práticas da indústria, no funcionamento das instalações CIE por si auditadas que originem ausência de medidas ou medidas notoriamente desadequadas à eficiência na utilização final de energia.

8 — Os relatórios de auditoria energética, os planos de racionalização energética e os respectivos relatórios de monitorização da execução são subscritos pelo técnico ou entidade credenciados, os quais, no âmbito técnico, respondem solidariamente com o operador pelo seu conteúdo.

### Artigo 11.º

#### Isenção de ISP

1 — O operador explorador de instalações sujeitas ao PNALE, incluindo das novas instalações, ou abrangidas por um ARCE, previamente aprovadas pela DGEG, será por esta direcção-geral identificado em declaração, para efeitos de reconhecimento da isenção do ISP, por parte da DGAIEC.

2 — A DGAIEC procede ao reconhecimento da isenção do ISP e notifica os operadores exploradores das referidas instalações, da data a partir da qual a mesma produz efeitos,

ou da revogação da mesma, caso o operador explorador deixe de cumprir o estabelecido no número anterior.

### Artigo 12.º

#### Incentivos

1 — O operador de instalações abrangidas por um ARCE beneficia dos seguintes estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética:

a) No caso de consumos inferiores a 1000 tep/ano, ao ressarcimento de 50 % do custo das auditorias energéticas obrigatórias, até ao limite de € 750 e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existentes para o efeito, recuperáveis a partir do relatório de execução e progresso que verifique o cumprimento de pelo menos 50 % das medidas previstas no ARCE;

b) Ao ressarcimento de 25 % dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao limite de € 10 000 e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existentes para o efeito.

2 — No caso das instalações que consumam apenas gás natural e ou renováveis, os limites previstos nos números anteriores são majorados em 25 % no caso das renováveis e 15 % no caso do gás natural.

3 — As instalações sujeitas ao regime do PNALE têm também acesso aos benefícios previstos nos números anteriores desde que cumpram as exigências estabelecidas no presente artigo para as instalações com consumos iguais ou superiores a 1000 tep/ano.

4 — Os regulamentos de acesso aos benefícios previstos no n.º 1 são definidos por portaria dos membros do Governo responsáveis pela área da economia e da inovação e do desenvolvimento regional.

### Artigo 13.º

#### Fiscalização

1 — A fiscalização do cumprimento das obrigações do operador previstas no presente decreto-lei, bem como a aplicação das penalidades nele previstas cabe à DGEG, que neste âmbito e na medida do necessário pode, nomeadamente:

a) Solicitar informações e dados relativos à instalação e seu funcionamento;

b) Aceder aos serviços e instalações e nesse âmbito realizar vistoria e recolher os registos relativos ao funcionamento da mesma.

2 — Os técnicos da DGEG ou os consultores externos incumbidos da fiscalização estão obrigados a assegurar a confidencialidade perante terceiros dos dados, análises e informações obtidos neste âmbito.

### Artigo 14.º

#### Penalidades

1 — O não cumprimento das metas ou a não implementação das medidas definidas no ARCE, e nos casos em que no ano seguinte ao relatório final de execução o operador não recupere os desvios, implica:

a) Quando o desvio a apurar no final do período de vigência do ARCE for igual ou superior a 25 %, o pagamento

pelo operador do montante de € 50 por tep/ano não evitado, o qual é agravado em 100 % em caso de reincidência;

b) Quando o desvio a apurar no final do período de vigência do ARCE for igual ou superior a 50 %, para além do pagamento previsto na alínea anterior, o pagamento do valor recebido em virtude da concessão dos apoios previstos nos n.ºs 1 e 2 do artigo 12.º, e do valor proporcional correspondente aos benefícios decorrentes do facto da instalação se encontrar abrangida pelo ARCE.

2 — O valor da penalidade prevista na alínea a) do número anterior deve ser actualizado anualmente, com base na evolução do índice médio de preços no consumidor do continente, sem habitação, verificado no ano anterior e publicado pelo Instituto Nacional de Estatística.

3 — Os montantes apurados em virtude da cobrança pela DGEG dos montantes referidos no n.º 1 reverterem integralmente para o Fundo de Eficiência Energética.

4 — Os montantes pagos nos termos do n.º 1, mediante despacho do director-geral da DGEG, são reembolsáveis em 75 %, desde que o operador recupere no ano subsequente à aplicação da penalidade os desvios ao cumprimento do ARCE que determinaram a aplicação da penalidade.

### Artigo 15.º

#### Contra-ordenações e coimas

1 — Constituem contra-ordenações, puníveis com coima:

a) A violação de qualquer das obrigações previstas nas alíneas a), b) e c) do n.º 1 do artigo 4.º, as quais são puníveis com a coima cujo montante mínimo é de € 250 e máximo de € 3500;

b) A violação do disposto nos n.ºs 1 e 2 do artigo 9.º e no n.º 2 do artigo 10.º, a qual é punida com coima cujo montante mínimo é de € 150 e máximo de € 300.

2 — Tratando-se de pessoas colectivas os montantes mínimo e máximo das coimas previstas no número anterior são elevadas ao dobro.

3 — A negligência é punível.

### Artigo 16.º

#### Sanções acessórias

Consoante a gravidade da infracção e a culpa do agente, pode ser aplicada, simultaneamente com a coima, a sanção acessória da privação dos direitos a subsídios ou benefícios outorgados por serviços ou entidades públicas.

### Artigo 17.º

#### Competência sancionatória e destino das receitas das coimas

1 — O processamento das contra-ordenações e a aplicação das coimas e sanções acessórias compete à DGEG.

2 — O produto das coimas cobradas em aplicação do presente decreto-lei reverte:

a) 60 % para o Estado;

b) 40 % para o Fundo de Eficiência Energética.

## Artigo 18.º

## Taxas

1 — São devidas taxas pelos actos e nos montantes a seguir indicados:

a) Pela apreciação e acompanhamento do PREN — € 350, e no caso de instalações com consumos iguais ou superiores a 1000 tep/ano — € 750, agravados em 50 % nos casos previstos no n.º 3 do artigo 8.º;

b) Pela credenciação de técnicos — € 200, no caso da credenciação de entidades ou pessoas colectivas este valor é elevado ao dobro. No caso de prorrogações não automáticas, estes valores são reduzidos a € 75.

2 — As taxas previstas no número anterior são devidas pelo operador, à excepção da referida na alínea b) do número anterior, que constitui encargo do técnico ou entidade credenciada, devendo ser pagas no prazo de 30 dias após a notificação do respectivo documento de cobrança a emitir pela ADENE.

3 — Os actos a que se refere o n.º 1 podem ser praticados após a emissão do respectivo documento de cobrança da taxa devida.

4 — Os montantes resultantes da cobrança das taxas previstas no número anterior revertem para a ADENE.

5 — O valor das taxas previstas neste artigo deve ser actualizado bianualmente, com base na evolução do índice médio de preços no consumidor do continente, sem habitação, verificado no ano anterior e publicado pelo Instituto Nacional de Estatística.

## Artigo 19.º

## Regulamentação técnica

1 — Os requisitos de habilitação e experiência profissional a observar para a credenciação de técnicos ou entidades devem ser aprovados mediante portaria do membro do Governo responsável pela economia.

2 — Com vista à aplicação do presente decreto-lei, o director-geral da DGEG aprova, por despacho a publicar no *Diário da República*, a seguinte regulamentação técnica:

a) Factores de conversão para equivalente a petróleo de teores em energia de combustíveis seleccionados para utilização final;

b) Elementos a ter em consideração na realização de auditorias energéticas, na elaboração dos planos de ra-

cionalização energética e nos relatórios de execução e progresso;

c) O regulamento interno do SGCIE.

## Artigo 20.º

## Norma revogatória

1 — Com a entrada em vigor do presente decreto-lei são revogados os Decretos-Leis n.ºs 58/82, de 26 de Novembro, e 428/83, de 9 de Dezembro, e a Portaria n.º 359/82, de 7 de Abril, sem prejuízo do disposto no número seguinte.

2 — A Portaria n.º 228/90, de 27 de Março, que aprova o Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes e respectivos anexos, mantém-se até à entrada em vigor da legislação específica aplicável a que se refere o n.º 2 do artigo 2.º

## Artigo 21.º

## Disposições finais e transitórias

1 — O presente decreto-lei entra em vigor 60 dias após a sua publicação.

2 — A entrada em vigor do presente decreto-lei não prejudica o reconhecimento de técnicos ou a manutenção dos planos de racionalização de consumos de energia, já concedidos e aprovados nos termos e pelos prazos previstos nos termos dos Decretos-Leis n.ºs 58/82, de 26 de Novembro, e 428/83, de 9 de Dezembro, podendo os respectivos titulares, propondo as necessárias alterações, requerer a aplicação do regime deste decreto-lei com vista à credenciação ou conversão em ARCE.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 28 de Fevereiro de 2008. — *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa* — *Fernando Teixeira dos Santos* — *Manuel Pedro Cunha da Silva Pereira* — *Alberto Bernardes Costa* — *Humberto Delgado Ubach Chaves Rosa* — *António José de Castro Guerra* — *Mário Lino Soares Correia*.

Promulgado em 3 de Março de 2008.

Publique-se.

O Presidente da República, ANÍBAL CAVACO SILVA.

Referendado em 4 de Abril de 2008.

O Primeiro-Ministro, *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa*.

I SÉRIE



Depósito legal n.º 8814/85

ISSN 0870-9963

Preço deste número (IVA incluído 5%)

€ 1,40



*Diário da República Electrónico*: Endereço Internet: <http://dre.pt>  
Correio electrónico: [dre@incm.pt](mailto:dre@incm.pt) • Linha azul: 808 200 110 • Fax: 21 394 5750

Toda a correspondência sobre assinaturas deverá ser dirigida para a Imprensa Nacional-Casa da Moeda, S. A., Departamento Comercial, Sector de Publicações Oficiais, Rua de D. Francisco Manuel de Melo, 5, 1099-002 Lisboa

## **ANEXO II**

	(thousand tonnes of oil equivalent)						(tonnes of oil equivalent per inhabitant)					
	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2004	2006	2008	2010	2012	2014
<b>EU-28 (*)</b>	939 420	1 013 992	1 014 220	954 191	923 010	880 892	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7
Belgium	53 623	52 793	55 638	53 592	46 187	47 070	5.1	5.0	5.2	4.9	4.2	4.2
Bulgaria	9 175	9 352	10 362	7 078	6 600	6 147	1.2	1.2	1.4	1.0	0.9	0.9
Czech Republic	11 634	12 873	12 677	11 447	10 844	12 590	1.1	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2
Denmark	-9 835	-7 822	-4 214	-3 253	-473	2 259	-1.8	-1.4	-0.8	-0.6	-0.1	0.4
Germany	211 021	215 396	207 089	201 690	196 766	194 207	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4
Estonia	1 657	1 664	1 530	867	1 110	625	1.2	1.2	1.1	0.7	0.8	0.5
Ireland	13 823	14 309	14 321	13 212	11 784	11 683	3.4	3.3	3.2	2.9	2.6	2.5
Greece	24 775	24 911	25 595	21 828	19 873	17 404	2.3	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6
Spain	115 141	123 898	122 285	106 337	99 662	90 661	2.7	2.8	2.7	2.3	2.1	2.0
France (†)	141 295	141 826	138 988	132 143	125 164	115 385	2.3	2.2	2.2	2.0	1.9	1.7
Croatia	4 998	4 771	5 390	4 393	4 338	3 587	1.2	1.1	1.3	1.0	1.0	0.8
Italy	158 893	163 669	156 494	149 460	133 190	116 122	2.8	2.8	2.7	2.5	2.2	1.9
Cyprus	2 442	3 001	3 069	2 944	2 627	2 291	3.4	4.0	3.9	3.5	3.0	2.7
Latvia	3 255	3 308	2 880	2 220	2 692	1 899	1.4	1.5	1.3	1.1	1.3	1.0
Lithuania	4 352	5 381	5 413	5 668	5 797	5 225	1.3	1.6	1.7	1.8	1.9	1.8
Luxembourg (‡)	4 609	4 638	4 515	4 505	4 349	4 073	10.1	9.8	9.2	8.9	8.2	7.3
Hungary (‡)	15 949	17 207	16 835	14 965	12 220	14 056	1.6	1.7	1.7	1.5	1.2	1.4
Malta	1 903	1 664	1 879	2 362	2 185	2 051	4.7	4.1	4.6	5.7	5.2	4.8
Netherlands	32 016	38 221	34 011	30 139	28 787	30 228	2.0	2.3	2.1	1.8	1.7	1.8
Austria	23 606	24 928	23 603	21 571	21 421	21 537	2.9	3.0	2.8	2.6	2.5	2.5
Poland	13 248	19 011	29 695	31 534	29 912	27 045	0.3	0.5	0.8	0.8	0.8	0.7
Portugal	23 024	22 527	21 643	18 588	18 119	16 262	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6
Romania	11 936	11 920	11 293	7 827	8 017	5 500	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3
Slovenia (‡)	3 749	3 828	4 309	3 580	3 631	3 007	1.9	1.9	2.1	1.7	1.8	1.5
Slovakia	12 518	12 048	11 791	11 263	10 045	9 856	2.3	2.2	2.2	2.1	1.9	1.8
Finland	20 536	20 409	19 707	17 868	16 119	16 919	3.9	3.9	3.7	3.3	3.0	3.1
Sweden	19 505	18 983	19 016	19 294	14 749	15 991	2.2	2.1	2.1	2.1	1.5	1.6
United Kingdom	10 575	49 279	58 407	61 071	87 297	87 218	0.2	0.8	0.9	1.0	1.4	1.3
Iceland	1 078	1 094	1 208	1 093	801	851	3.7	3.6	3.8	3.4	2.5	2.6
Norway	-201 882	-186 905	-188 632	-173 291	-172 323	-167 357	-44.0	-42.0	-39.2	-38.4	-37.6	-36.3
Montenegro	0	502	561	285	366	290	0.0	0.7	0.8	1.0	0.9	0.7
FYR of Macedonia	1 117	1 260	1 327	1 220	1 432	1 395	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6
Albania	1 069	890	1 089	654	461	783	0.3	0.4	0.3	:	:	0.4
Serbia	5 678	6 209	6 209	5 170	4 051	3 665	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	0.7
Turkey	58 290	69 159	72 815	74 290	90 310	93 543	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9
Bosnia and Herzegovina	19	156	213	286	647	1 670	0.0	0.0	0.1	0.1	:	:
Kosovo (under UNSCR 1244/99) (*)	545	581	601	619	650	523	0.3	0.3	0.3	0.3	:	:

(\*) Tonnes of oil equivalent per inhabitant, 2010, 2012 and 2014: break in series.

(†) Tonnes of oil equivalent per inhabitant, 2012: break in series.

(‡) Tonnes of oil equivalent per inhabitant, 2008: break in series.

(\*) Tonnes of oil equivalent per inhabitant, 2010: break in series.

Source: Eurostat (online data codes: nrg\_100a and demo\_pjan)

## **ANEXO III**

Portugal, 2014 (ktoe)	Total (all products)	Solid fossil fuels	Crude oil & petroleum products	Gas	Nuclear heat	Renewable energies	Non-renewable wastes	Electricity	Derived heat
+ Primary production	5 994					5 848	146		
+ Primary production receipt									
+ Other sources (recovered products)	85		85						
+ Recycled products									
+ Imports	21 986	2 595	15 197	3 475		71	24	623	
+ Stock changes	361	83	281	- 1		- 2			
- Exports	5 724		4 787			392		545	
- Bunkers	605		605						
- Direct use									
<b>Gross inland consumption</b>	<b>22 097</b>	<b>2 678</b>	<b>10 171</b>	<b>3 473</b>		<b>5 526</b>	<b>170</b>	<b>78</b>	
<b>Transformation input</b>	<b>18 686</b>	<b>2 666</b>	<b>13 178</b>	<b>1 791</b>		<b>965</b>	<b>84</b>		<b>1</b>
+ Conventional thermal power stations	5 488	2 666	245	1 561		930	84		1
+ Nuclear power stations									
+ District heating plants									
+ Coke ovens									
+ Blast furnaces									
+ Gas works									
+ Refineries	12 933		12 933						
+ Patent fuel plants									
+ BKB/PB plants									
+ Charcoal production plants	35					35			
+ Coal liquefaction plants									
+ For blended natural gas									
+ Gas-To-Liquids (GTL) plants									
+ Non-specified Transformation Input	230			230					
<b>Transformation output</b>	<b>15 492</b>		<b>12 933</b>			<b>14</b>		<b>2 034</b>	<b>512</b>
+ Conventional thermal power stations	2 545							2 034	512
+ Nuclear power stations									
+ District heating plants									
+ Coke ovens									
+ Blast furnaces									
+ Gas works									
+ Refineries	12 933		12 933						
+ Patent fuel plants									
+ BKB/PB plants									
+ Charcoal production plants	14					14			
<b>Exchanges, transfers and returns</b>	<b>0</b>		<b>0</b>			<b>- 2 434</b>		<b>2 434</b>	
<b>Consumption of the energy branch</b>	<b>1 269</b>		<b>678</b>	<b>139</b>				<b>211</b>	<b>240</b>
<b>Distribution losses</b>	<b>452</b>			<b>4</b>				<b>448</b>	
<b>Available for final consumption</b>	<b>17 183</b>	<b>12</b>	<b>9 248</b>	<b>1 539</b>		<b>2 141</b>	<b>86</b>	<b>3 886</b>	<b>270</b>
<b>Statistical difference</b>	<b>- 61</b>	<b>1</b>	<b>- 54</b>	<b>- 9</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Final non-energy consumption</b>	<b>1 437</b>		<b>1 437</b>						
<b>Final energy consumption</b>	<b>15 807</b>	<b>11</b>	<b>7 865</b>	<b>1 548</b>		<b>2 141</b>	<b>86</b>	<b>3 886</b>	<b>270</b>
+ Industry	4 403	11	698	1 057		984	86	1 324	243
+ Iron and Steel	182	11	3	47				120	
+ Chemical and Petrochemical	373	1	10	142		1	1	182	37
+ Non-ferrous metals	26		2	13				10	
+ Non-metallic minerals	1 175		410	426		80	85	166	8
+ Transport eEquipment	51		5	15				31	
+ Machinery	162		16	33		0	0	112	1
+ Mining and Quarrying	105		29	5		2		53	16
+ Food, Beverages and Tobacco	430		80	125		26		160	40
+ Paper, Pulp and Printing	1 311		35	90		830	0	263	93
+ Wood and Wood products	99		6	9		39		42	3
+ Construction	129		84	13		4		28	
+ Textile and Leather	297		13	131		3		115	35
+ Not elsewhere specified (Industry)	63		3	7		0		42	10
+ Transport	6 472		6 173	12		261		26	
+ Rail	36		10					25	
+ Road	5 233		4 962	12		259			
+ International aviation	987		987						
+ Domestic aviation	129		129						
+ Domestic navigation	86		85			2			
+ Pipeline transport	1							1	
+ Not elsewhere specified (Transport)									
+ Other sectors	4 931		994	479		896		2 536	27
+ Commercial and public services	1 905		152	216		75		1 441	21
+ Residential	2 570		469	258		814		1 025	5
+ Agriculture / Forestry	338		262	4		5		67	
+ Fishing	90		84	1		2		4	
+ Not elsewhere specified (Other)	28		28						

Portugal, 2014	ktoe							average annual growth rate	
	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	90 > 14	05 > 14
<b>Primary production</b>	3 394	3 319	3 846	3 615	5 800	5 773	5 994	+2.40	+5.78
Solid fossil fuels	115							-100.00	
Crude oil & other hydrocarbons									
Natural gas									
Nuclear heat									
Renewable energies	3 278	3 319	3 759	3 475	5 642	5 629	5 848	+2.44	+5.96
Non-renewable wastes			87	140	159	144	146		+0.44
<b>Net imports</b>	15 834	18 025	22 072	24 845	18 588	16 791	16 262	+0.11	-4.60
Solid fossil fuels	2 990	3 811	3 914	3 225	1 629	2 529	2 595	-0.59	-2.39
Crude oil & other hydrocarbons	11 852	13 628	12 316	13 795	11 875	13 842	12 247	+0.14	-1.31
Petroleum products	988	507	3 723	3 346	561	- 3 336	- 1 836		
Natural gas			2 039	3 893	4 505	3 813	3 475		-1.26
Renewable energies					- 208	- 321	- 320		
<b>Gross inland consumption</b>	18 210	20 636	25 285	27 475	24 282	22 400	22 097	+0.81	-2.39
Solid fossil fuels	2 757	3 601	3 805	3 349	1 658	2 650	2 678	-0.12	-2.45
Crude oil & petroleum products	12 110	13 572	15 475	16 174	12 293	10 266	10 171	-0.72	-5.02
Gas	62	66	2 078	3 751	4 489	3 756	3 473	+18.29	-0.85
Nuclear heat									
Renewable energies	3 278	3 319	3 759	3 475	5 459	5 320	5 526	+2.20	+5.29
Non-renewable wastes			87	140	159	170	170		+2.17
<b>Transformation input</b>	16 274	19 526	19 523	21 867	17 941	20 104	18 686	+0.58	-1.73
Conventional thermal power stations	4 303	5 420	6 520	7 913	5 788	5 540	5 488	+1.02	-3.99
Nuclear power stations									
District heating plants									
Coke-ovens	219	318	345						
Blast-furnaces	39	47	46						
Refineries	11 638	13 658	12 555	13 953	12 153	14 266	12 933	+0.44	-0.84
BKB / PB plants									
<b>Transformation output</b>	13 561	16 151	15 791	17 691	15 060	16 981	15 492	+0.56	-1.46
Conventional thermal power stations	1 679	2 168	2 876	3 739	2 925	2 701	2 545	+1.75	-4.18
Nuclear power stations									
District heating plants									
Coke-ovens	195	281	316						
Blast-furnaces	39	47	46						
Refineries	11 649	13 655	12 553	13 952	12 136	14 266	12 933	+0.44	-0.84
BKB / PB plants									
<i>of which: electricity</i>	1 651	2 132	2 741	3 412	2 420	2 090	2 034	+0.87	-5.59
<i>of which: derived heat</i>	28	36	134	328	504	611	512	+12.81	+5.08
<b>Exchanges, transfers and returns</b>	- 2	- 1	10	15	0	1	0		
<b>Consumption of the energy branch</b>	672	1 045	1 028	1 235	1 195	1 564	1 269	+2.69	+0.30
<b>Distribution losses</b>	300	300	319	387	396	474	452	+1.73	+1.74
<b>Energy available for final consumption</b>	14 525	15 915	20 215	21 692	19 810	17 240	17 183	+0.70	-2.56
Solid fossil fuels	629	544	469	30	60	25	12	-15.22	-9.79
Gas/Diesel Oil (w/o bio)	2 503	3 150	4 825	5 652	5 194	4 329	4 406	+2.38	-2.73
Motor Gasoline (w/o bio)	1 477	2 033	2 188	1 925	1 462	1 132	1 133	-1.10	-5.72
Kerosene Type Jet Fuel	621	651	826	914	1 042	1 084	1 156	+2.63	+2.65
Naphtha	1 423	1 254	1 437	1 467	1 232	803	758	-2.59	-7.08
LPG	850	1 128	1 104	977	783	894	1 066	+0.94	+0.97
All other oil & petroleum products	2 545	2 114	2 614	2 509	1 264	811	729	-5.07	-12.82
Natural gas			802	1 345	1 565	1 628	1 539		+1.51
Derived gases	86	112	82						
Solid biomass & charcoal	2 327	2 400	2 414	2 505	2 151	1 870	1 780	-1.11	-3.73
Liquid biofuels				0	326	275	275		
All other renewable energies	11	16	19	23	49	75	87	+9.01	+15.64
Non-renewable wastes				34	55	70	86		+10.90
Electricity	2 024	2 477	3 299	3 983	4 290	3 891	3 886	+2.75	-0.27
Derived heat	28	36	134	328	338	352	270	+9.84	-2.12
<b>Statistical difference</b>	520	- 18	- 96	97	- 16	25	- 61		
<b>Final non-energy consumption</b>	2 109	2 081	2 392	2 587	1 728	1 358	1 437	-1.59	-6.32
<b>Final energy consumption</b>	11 897	13 852	17 919	19 009	18 099	15 857	15 807	+1.19	-2.03
Industry	4 714	4 929	6 322	5 796	5 452	4 598	4 403	-0.28	-3.01
Transport	3 781	4 938	6 636	7 188	7 303	6 380	6 472	+2.27	-1.16
<i>Road transport</i>	3 091	4 192	5 715	6 211	6 109	5 165	5 233	+2.22	-1.89
<i>Domestic &amp; International aviation</i>	562	618	787	891	1 015	1 057	1 116	+2.90	+2.53
Other sectors	3 402	3 984	4 961	6 025	5 343	4 879	4 931	+1.56	-2.20
<i>Services</i>	602	905	1 396	2 195	1 878	1 785	1 905	+4.92	-1.56
<i>Residential</i>	2 286	2 564	2 804	3 224	2 976	2 641	2 570	+0.49	-2.49

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

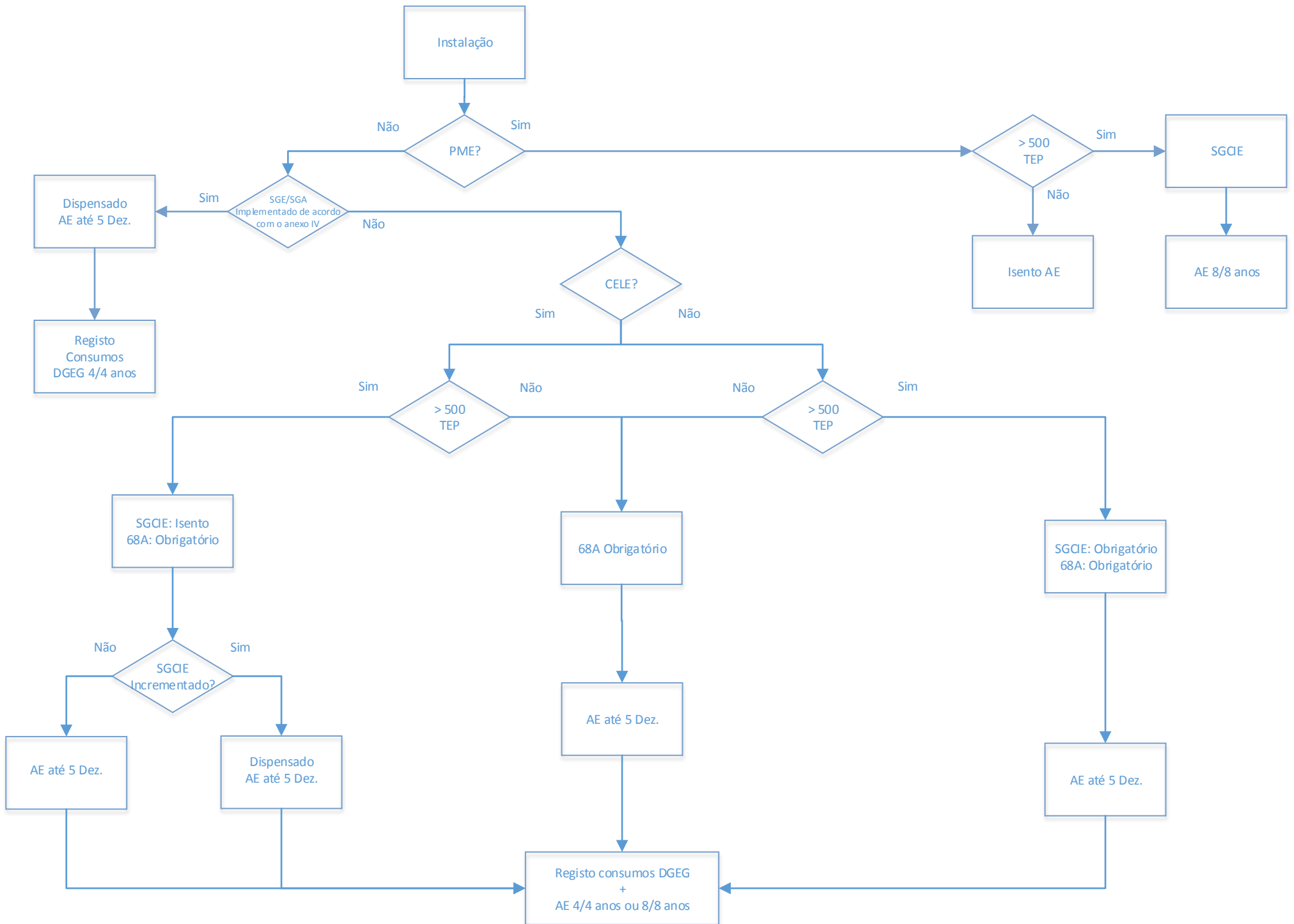
## **ANEXO IV**

Eixos	Prioridade de Investimento	Secção RE	Objetivos Específicos	Indicadores de Resultados	Meta 2023
I	Fomento da produção e distribuição de energia proveniente de fontes renováveis	Secção 1	Diversificação das fontes de energias renováveis endógenas, garantindo a ligação das instalações produtoras à rede, para reduzir a dependência energética	Penetração dos recursos renováveis na produção de energia elétrica na RAM	35,00%
				Energias renováveis produzidas através de tecnologias apoiadas na produção de energia nacional	863 Mw
	Apoio à eficiência energética, gestão inteligente da energia e uso de energias renováveis	Secção 3	No âmbito da administração central do estado	Consumo de energia primária nos edifícios da administração central	198.196 tep
		Secção 5	No setor habitacional	Consumo de energia primária na habitação (particulares)	1.992.776 tep
	Incentivar sistemas de distribuição inteligente que operem a níveis de baixa e média tensão	Secção 7	Desenvolvimento de redes inteligentes dotando os consumidores da informação e ferramentas necessárias e criar sinergias para redução de custos	Taxa de penetração de sistemas de contagem	20,00%
Estratégias de baixo teor de carbono, incluindo a promoção da mobilidade urbana multimodal sustentável e medidas de adaptação relevantes para a atenuação	Secção 8	Apoio a medidas de eficiência energética e de racionalização dos consumos nos transportes Apoio à promoção de transportes ecológicos e da mobilidade sustentável	Poupança de energia primária nas frotas de transportes públicos	1,40%	
			N.º de Veículos elétricos	33.663	
II	Apoio ao investimento para a adaptação às alterações climáticas, incluindo abordagens baseadas nos ecossistemas	Secção 12	Reforço das capacidades de adaptação às alterações climáticas pela adoção e articulação de medidas transversais, sectoriais e territoriais	Nível de implementação das medidas de adaptação às alterações climáticas decorrentes de estratégias e planos	30,00%
	Promoção de investimentos para abordar riscos específicos, assegurar a capacidade de resistência às catástrofes e desenvolver sistemas de gestão de catástrofes	Secção 11	Proteção do litoral e das suas populações face a riscos, especialmente de erosão costeira	Percentagem de linha de costa continental em situação crítica de erosão	9%
			Reforço da gestão face aos riscos, numa perspetiva de resiliência, capacitando as instituições envolvidas	Incêndios florestais ativos com duração superior a 24 horas)	
III	Investimento no setor dos resíduos para satisfazer requisitos em matéria de ambiente e as necessidades de investimento que excedam esses requisitos, identificadas pelos Estados-Membros	Secção 13	Valorização dos resíduos, reduzindo a produção e deposição em aterro, aumentando a recolha seletiva e a reciclagem	Preparação para reutilização e reciclagem de RU no total de RU recicláveis	50%
				Redução da quantidade total depositada em aterro, dos resíduos urbanos biodegradáveis, face aos resíduos produzidos em 1995	35%
	Investimento no setor da água para satisfazer requisitos em matéria de ambiente e as necessidades de investimento que excedam esses requisitos, identificadas pelos Estados-Membros	Secção 16	Investimentos nos recursos hídricos para a melhoria da qualidade das massas de águas	% nacional das massas de água que passou de qualidade "Inferior a Boa" a "Boa ou Superior"	70%
		Secção 14	Otimização e gestão eficiente dos recursos e infraestruturas existentes, garantindo a qualidade e a sustentabilidade dos sistemas, no âmbito do ciclo urbano da água	Índice das melhorias nos sistemas de AA Indicador Global da Qualidade de Serviço - AA - Entidades gestoras em baixa	75%
				Índice das melhorias nos sistemas de SAR Indicador Global de Qualidade de Serviço - SAR - Entidades gestoras em baixa	69%
				Índice das melhorias nos sistemas de AA Indicador Global da Qualidade de Serviço - AA - Entidades gestoras em alta	83%
	Índice das melhorias nos sistemas de SAR Indicador Global de Qualidade de Serviço - SAR - Entidades gestoras em alta	80%			
	Proteção e reabilitação da biodiversidade e dos solos e promoção de sistemas de serviços ecológicos, nomeadamente através da rede Natura 2000 e de infraestruturas verdes	Secção 10	Conservação, gestão, ordenamento e conhecimento da biodiversidade, dos ecossistemas e dos recursos geológicos	Melhoria do conhecimento sobre o estado de conservação e dos estatutos de ameaça de espécies e habitats	70-75 %
Adoção de medidas destinadas a melhorar o ambiente urbano, a revitalizar as cidades, recuperar e descontaminar zonas industriais abandonadas, incluindo zonas de reconversão, a reduzir a poluição do ar e a promover medidas de redução de ruído	Secção 15	Recuperação de passivos ambientais localizados em antigas unidades industriais, mitigando os seus efeitos sobre o ambiente	Recuperação dos passivos ambientais industriais prioritários	50%	
			Recuperação dos passivos mineiros/indústria extrativa prioritários	89%	

## **ANEXO V**

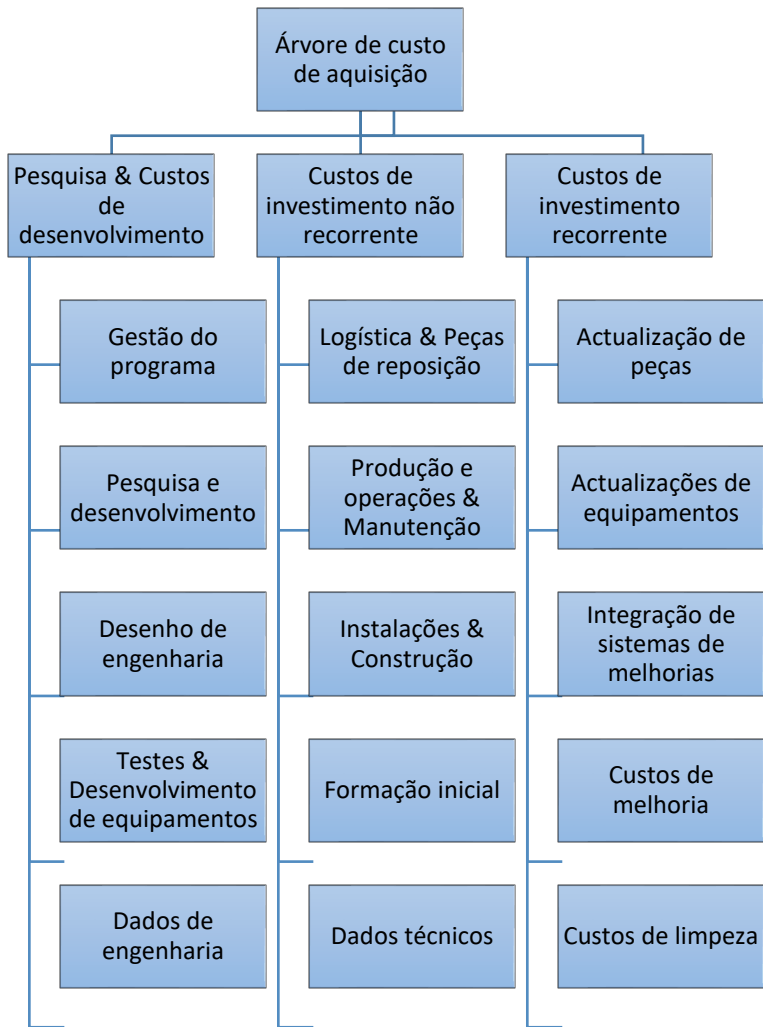
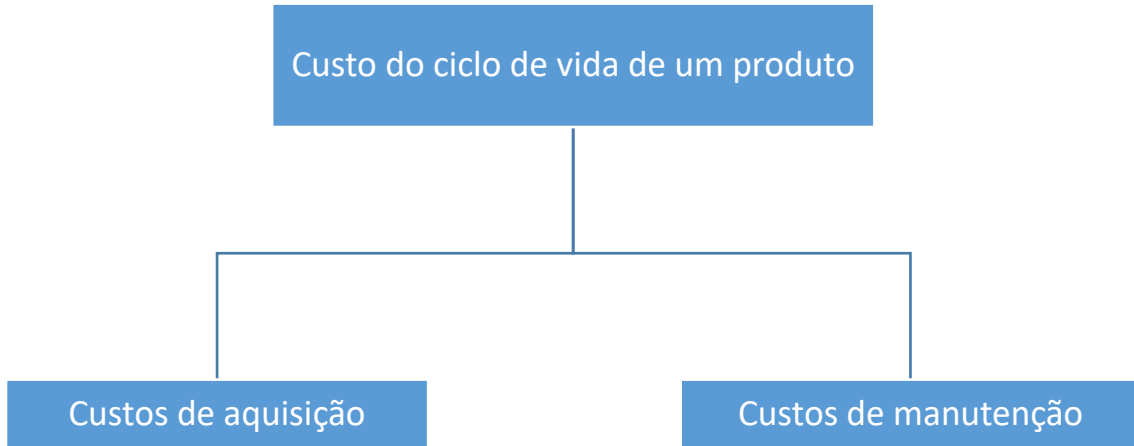
O quê?	Quem?	Como?
1. Registo das Instalações consumidoras intensivas de Energia / Registo transitório das Instalações Abrangidas pelo RGCE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas que tendo um consumo de energético inferior a 500 tep/ano pretendam de forma voluntária celebrar acordos de racionalização de consumo de energia.</li> <li>• Instalações com consumos de energia iguais ou superiores a 1000 tep/ano (Obrigatório)</li> <li>• Instalações com consumos de energia iguais ou superiores a 500 tep/ano(Obrigatório)</li> </ul>	<p>Através do Site da ADENE – (<a href="http://www.adene.pt/SGCIE/pages/ContentRegistoInstalacoes.aspx">http://www.adene.pt/SGCIE/pages/ContentRegistoInstalacoes.aspx</a>) SGCIE - REGISTO DE INSTALAÇÕES</p> <p>O operador deverá efectuar o pré-registo da sua instalação consumidora intensiva de energia através da opção Pré-registo online de Instalação e posteriormente, após preenchimento dos campos solicitados, submeter para validação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Através da opção Validação online de Instalação, utilizando para tal o Login e Password que lhe foram enviados por email ou;</li> <li>• Carregando no link indicado no email que lhe foi enviado ou em LOGIN (menu superior esquerdo) e inserir o Login e Password fornecidos</li> </ul>
2. Realização de uma auditoria Energética para identificação de medidas de eficiência energética	Empresa de Auditorias Energéticas com Técnico Responsável pela elaboração e controlo de execução de Planos de Racionalização de Energia, reconhecido pela DGEG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamento das condições de utilização de energia nas instalações, incluindo a quantificação discriminada dos consumos nos diferentes sectores/centros de custo;</li> <li>• Identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético da instalação;</li> </ul>
3. Definição do Plano de Racionalização dos Consumos de Energia Eléctrica (PREn)	Empresa definida em 1. + Técnico Responsável pela elaboração e controlo de execução de Planos de Racionalização de Energia (RG TR ) reconhecido pela DGEG.	O técnico responsável elabora o PREn, submete à aprovação da Empresas definidas em 1.
4. Entrega ( <i>online</i> ) do PREn para aprovação	Técnico Responsável pela elaboração e controlo de execução de Planos de Racionalização de Energia, reconhecido pela DGEG + Empresa definida em 1.	<p>Através do Site da ADENE. Técnico Responsável introduz o Plano no site da ADENE Empresa definida em 1 valida <b>A DGEG</b> aprova o PREn, que se converte em Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE). De cumprimento obrigatório por parte das empresas definidas em 1.</p>
5. Entrega (on-line) de relatórios de Execução de Progresso (REP) Bianuais	Técnico Responsável pela elaboração e controlo de execução de Planos de Racionalização de Energia, reconhecido pela DGEG	O Técnico executa o Relatório de acordo com os dados enviados pelas empresas durante esses dois anos
6. Penalidades	DGEG	Através de notificação, sempre que se verifique o não cumprimento das metas ou a não implementação das medidas definidas no ARCE.

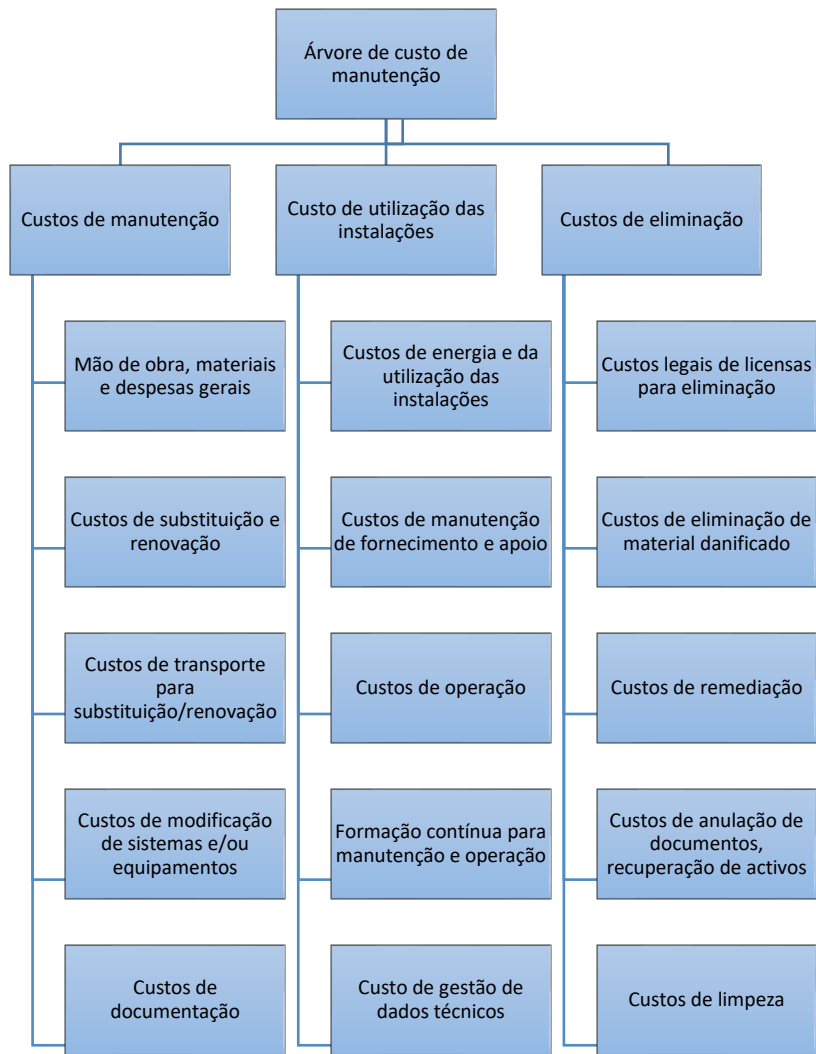
## **ANEXO VI**



## **ANEXO VII**

**Exemplo de árvore dos custos de aquisição e dos custos de manutenção**





**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## **ANEXO VIII**

## ANEXO

### Anexo - Checklist para a realização de uma auditoria interna ao SGE

#### Cláusula 4.1 – Requisitos gerais

- |   |                          |  |
|---|--------------------------|--|
| A. A organização já estabeleceu, documentou, implementou e mantém um sistema de gestão de energia de acordo com a ISO 50001?  | <input type="checkbox"/> | Totalmente estabelecido e implementado         |
|   | <input type="checkbox"/> | Estabelecido e alguns requisitos implementados |
|   | <input type="checkbox"/> | Não estabelecido ou implementado               |
| <br>  |                          |  |
| B. A organização já definiu e documentou o âmbito e fronteiras do seu sistema de gestão de energia?                           | <input type="checkbox"/> | Totalmente estabelecido e implementado         |
|   | <input type="checkbox"/> | Estabelecido e alguns requisitos implementados |
|   | <input type="checkbox"/> | Não estabelecido ou implementado               |
| <br>  |                          |  |
| C. A organização já determinou e documentou como vai cumprir os requisitos da norma em termos de atingir a melhoria contínua? | <input type="checkbox"/> | Totalmente estabelecido e implementado         |
|   | <input type="checkbox"/> | Estabelecido e alguns requisitos implementados |
|   | <input type="checkbox"/> | Não estabelecido ou implementado               |

#### Cláusula 4.2 – Responsabilidades da gestão

##### 4.2.1. Gestão de topo

- |  |                          |                |
|--|--------------------------|----------------|
| A. A gestão de topo já estabeleceu, implementou e mantém uma política energética?                                      | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |
| <br>   |                          |                |
| B. A gestão de topo já nomeou um representante da gestão e aprovou a formação de uma equipa de energia multifuncional? | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |
| <br>   |                          |                |
| C. A gestão de topo já providenciou os recursos necessários para estabelecer e manter um SGE?                          | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |
| <br>   |                          |                |
| D. A gestão de topo já definiu o âmbito e fronteira do SGE?  | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |
| <br>   |                          |                |
| E. A gestão de topo já comunicou a importância da gestão de energia?   | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |
| <br>   |                          |                |
| F. A gestão de topo já assegurou que os objetivos e metas de desempenho energético foram estabelecidos?                | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |
| <br>   |                          |                |
| G. A gestão de topo já desenvolveu e monitoriza os indicadores de desempenho energético?                               | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |
| <br>   |                          |                |
| H. A gestão de topo já conduziu o processo de revisão pela gestão?   | <input type="checkbox"/> | Sim totalmente |
|  | <input type="checkbox"/> | Parcialmente   |
|  | <input type="checkbox"/> | Não            |

#### 4.2.2. Representante da gestão de topo

- A. A gestão de topo já apontou um representante da gestão com papéis, responsabilidades e autoridades definidas p/ estabelecer, implem. e manter o SGE?
- Sim totalmente  
 Alguns papéis, responsabilidade e autoridades não definidos  
 Não
- B. Os papéis, responsabilidades e autoridades estão definidos, documentados e comunicados?
- Sim totalmente  
 Parcialmente  
 Não
- C. O representante da gestão reporta as alterações ao desempenho energético à gestão de topo?
- Sim totalmente  
 Parcialmente  
 Não

70

#### Cláusula 4.3 – Política energética

- A. A gestão de topo já definiu a política energética da organização?
- Sim  
 Não
- B. A política é apropriada à natureza, escala e impacto na utilização de energia pela organização?
- Totalmente apropriada  
 Parcialmente apropriada  
 Não apropriada
- C. A política da organização inclui um compromisso com a melhoria contínua na eficiência energética?
- Sim totalmente  
 Compromisso pode ser melhorado  
 Não há compromisso
- D. A política inclui compromisso para assegurar a disponibilidade de informação e dos recursos necessários para atingir objetivos e metas?
- Sim totalmente  
 Compromisso pode ser melhorado  
 Não há compromisso
- E. A política inclui o compromisso para cumprimento da legislação e regulamentos aplicáveis?
- Sim  
 Sim mas compromisso pode ser melhorado  
 Não
- F. A política inclui um compromisso para cumprir com outros requisitos subscritos pela organização?
- Sim  
 Sim mas compromisso pode ser melhorado  
 Não
- G. A política fornece uma base para a definição e revisão dos objetivos e metas em termos de gestão de energia?
- Sim  
 Sim mas a base pode ser melhorada  
 Não
- H. A política apoia a aquisição de produtos e serviços energeticamente eficientes?
- Sim  
 Não
- I. A política está documentada e comunicada a todo o pessoal que trabalha na organização ou, em nome da organização?
- Sim, os três  
 Política documentada e comunicada mas não total/ compreendida  
 Nem comunicada nem compreendida
- J. A política é revista e atualizada sempre que necessário?
- Ambos  
 Não

## Cláusula 4.4 – Planeamento energético

### 4.4.1. Generalidades

A. A organização já conduziu o planeamento energético tal como exigido pela norma?

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Planeamento energético está completo                 |
| <input type="checkbox"/> | Planeamento energético começou mas não está completo |
| <input type="checkbox"/> | Planeamento energético ainda não começou             |

### 4.4.2. Requisitos legais e outros requisitos

A. A organização já identificou ou tem acesso ao quadro legal e outros requisitos que são aplicáveis aos seus aspetos energéticos?

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Sim a organização já identificou e tem acesso   |
| <input type="checkbox"/> | A organização já identificou mas não tem acesso |
| <input type="checkbox"/> | Não a ambos                                     |

B. A organização já determinou como esses requisitos são aplicáveis ao seu sistema de gestão de energia?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

### 4.4.3. Avaliação energética

A. A organização já desenvolveu, registou e mantém uma avaliação energética?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

B. A metodologia e os critérios utilizados para desenvolver a avaliação energética foram documentados?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

C. A utilização de energia foi analisada com base em medições e outra informação?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

D. Já foram identificadas as áreas de consumo e uso significativo de energia?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

E. As oportunidades para melhorar o desempenho energético foram identificadas, priorizadas e registadas?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

F. A avaliação energética foi atualizada em intervalos definidos e em resposta a alterações significativas nas instalações, equipamentos, sistemas ou processos?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

### 4.4.4. Consumo energético de referência

A. Já foi estabelecido um consumo energético de referência?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

B. O consumo energético de referência é mantido e os dados são registados?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

### 4.4.5. Indicadores de desempenho energético

A. Já foram identificados indicadores de desempenho energético apropriados à monitorização e medição do desempenho energético?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

B. Já foi desenvolvido (e regularmente revisto) um procedimento para desenvolver e rever os indicadores de desempenho energético?

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | Sim |
| <input type="checkbox"/> | Não |

C. Os indicadores de desempenho energético são revistos e comparados com o consumo energético de referência numa base regular?

#### 4.4.6. Objetivos energéticos, metas energéticas e planos de ação para a gestão de energia

A. A organização já desenvolveu e mantém objetivos e metas energéticos?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

B. A organização já estabeleceu e documentou objetivos e metas energéticas mensuráveis nas funções e níveis relevantes na organização?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente, nalgumas funções e nível, não em todas
<input type="checkbox"/>	Não

C. Os objetivos e as metas energéticos são específicos e mensuráveis?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

D. Os intervalos de tempo para atingir cada um dos objetivos e metas foram estabelecidos?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

E. Os objetivos e metas são consistentes com a política energética?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

F. Foram considerados os requisitos legais e outros requisitos no estabelecimento dos objetivos e metas energéticas?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

G. Foram considerados os usos significativos de energia no estabelecimento dos objetivos e metas energéticas?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

H. Foram consideradas as opções tecnológicas, os requisitos financeiros, operacionais e de negócio nos objetivos e metas energéticas?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

I. Foram consideradas as perspetivas das terceiras partes no estabelecimento de objetivos e metas energéticas?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

J. Já foram desenvolvidos planos de ação para atingir os objetivos e metas energéticas?

<input type="checkbox"/>	Sim totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

K. Os planos de ação definem responsabilidades para as várias tarefas?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

L. Os planos de ação incluem os meios e intervalos temporais nos quais as metas individuais têm de ser atingidas?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

M. Os planos de ação descrevem como o desempenho energético irá ser verificado?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

N. Os planos de ação são documentados e atualizados em intervalos de tempo bem definidos?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

#### Cláusula 4.5 – Implementação e operação

##### 4.5.1. Generalidades

A. A organização utiliza os planos de ação para a implementação e operação?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

##### 4.5.2. Competências, formação e sensibilização

A. Foram identificadas as necessidades de formação e o pessoal está a receber a formação necessária?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

B. O pessoal está consciente da importância da conformidade com a política energética, procedimentos e requisitos do SGE?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

C. O pessoal está consciente dos seus papéis e responsabilidades em atingir os requisitos do SGE?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

D. Está o pessoal consciente de como as suas atividades e comportamento contribuem para o cumprimento dos objetivos e metas energéticos?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

##### 4.5.3. Comunicação

A. A organização comunica internamente sobre o desempenho energético e o SGE?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

B. A organização assegurou o compromisso, a sensibilização e a compreensão através de comunicação relevante?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

C. A organização decidiu se vai comunicar externamente sobre o SGE?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

##### 4.5.4. Documentação

###### 4.5.4.1. Requisitos da documentação

A. A organização estabeleceu, implementou e mantém informação a descrever os elementos chave do SGE e a sua interação?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente

B. A documentação do SGE inclui o âmbito e fronteira do SGE?

 Não

C. A documentação do SGE inclui a política energética?

 Sim, totalmente  
 Parcialmente  
 Não

D. A documentação do SGE inclui os objetivos, metas e planos de ação?

 Sim, totalmente  
 Parcialmente  
 Não

E. A documentação do SGE inclui planos para atingir os objetivos e metas energéticos?

 Sim, totalmente  
 Parcialmente  
 Não

#### 4.5.4.2. Controlo documental

A. Os procedimentos para controlar todos os documentos estão estabelecidos, mantidos e facilmente acessíveis?

 Sim  
 Procedimentos estabelecidos, mas não acessíveis facilmente  
 Procedimentos podem ser melhorados  
 Procedimentos não estabelecidos

B. Os procedimentos são periodicamente revistos, revistos se necessário, e aprovados por pessoal autorizado?

 Sim  
 Procedimentos são revistos mas não periodicamente  
 Não

C. As versões actuais de documentos relevantes estão disponíveis e numa localização apropriada?

 Sim, totalmente  
 Parcialmente  
 Não

D. Os documentos obsoletos são rapidamente removidos de todas as áreas que estejam a utilizá-los?

 Sim  
 Não

E. Os documentos obsoletos retidos para fins legais ou de preservação de conhecimento são marcados adequadamente?

 Sim  
 Não

F. Os documentos são legíveis, datados e rapidamente identificáveis?

 Sim  
 Não

#### 4.5.5. Controlo operacional

A. Foram definidos e estabelecidos critérios para estabelecer a operação e manutenção de usos significativos de energia?

 Sim, totalmente  
 Parcialmente  
 Não

B. As instalações, processos, sistemas e equipamentos são operados e mantidos de acordo com critérios operacionais definidos?

 Sim, totalmente  
 Parcialmente  
 Não

C. Os controlos operacionais foram comunicados a todos os funcionários apropriados?

 Sim  
 Não

#### 4.5.6. Concepção

A. A organização considera o desempenho energético na concepção de instalações, equipamentos, sistemas ou processos?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

B. Os resultados da avaliação do desempenho energético foram incorporados na concepção e especificações de projetos relevantes?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

C. Os resultados das atividades de concepção foram documentados?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

#### 4.5.7. Aprovisionamento de fornecimento, seus serviços, produtos e equipamentos

A. A organização informa os fornecedores que as compras são baseadas parcialmente no seu impate no desempenho energético?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

B. A organização define critérios para avaliar o uso de energia?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

C. A organização define as especificações na aquisição de energia?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

### Cláusula 4.6 – Verificação

#### 4.6.1. Monitorização, medição e análise

A. A organização já identificou as características chave para as operações que afetam o desempenho energético?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

B. Os resultados da monitorização e medição são registados?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

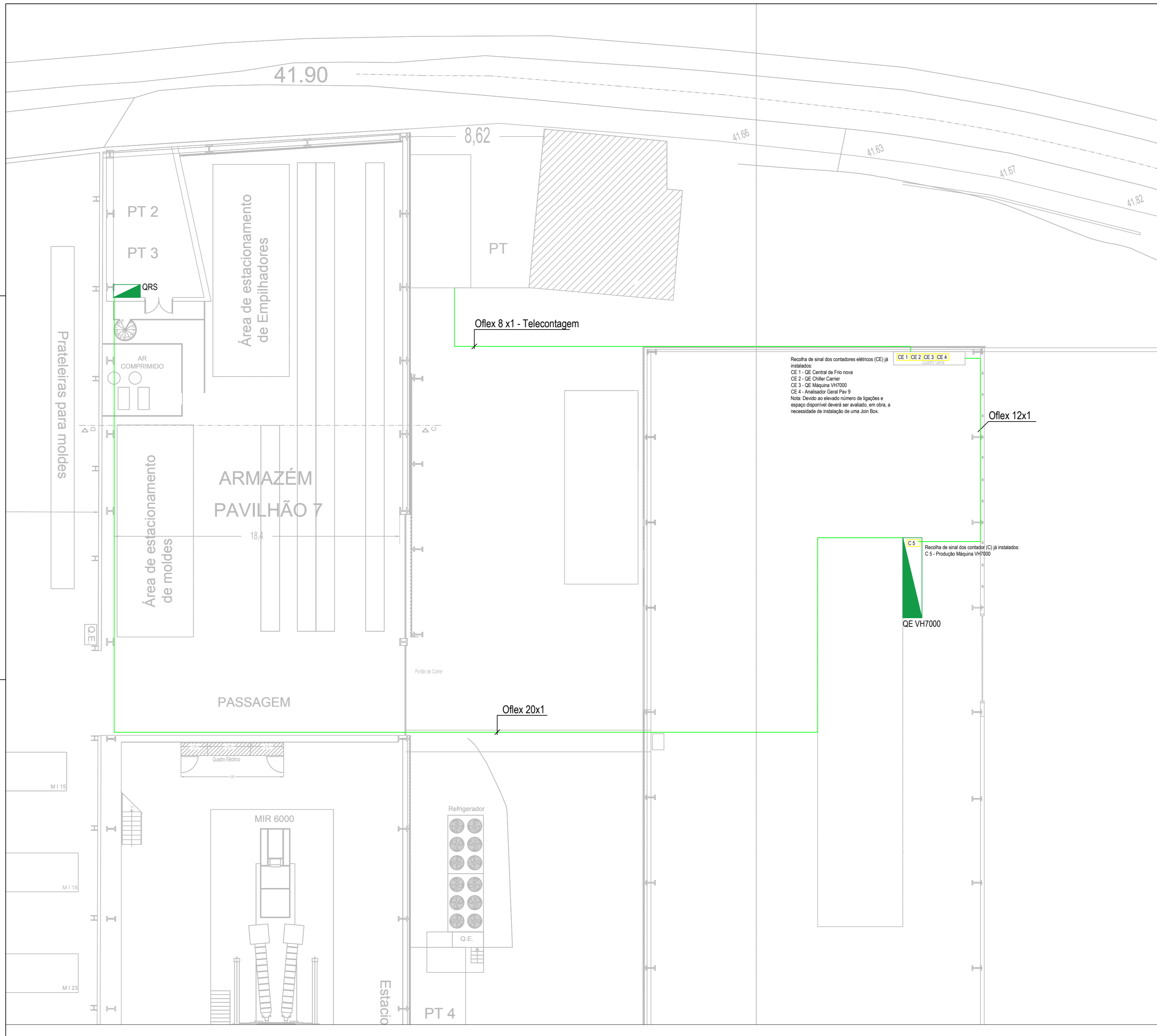
C. Os equipamentos de monitorização são calibrados e mantidos e os registos do processo de calibração são mantidos?

<input type="checkbox"/>	Sim, totalmente
<input type="checkbox"/>	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	Não

## **ANEXO IX**

Nível	Tipo de Auditoria	Vantagens	Desvantagens
Nível 1	<p align="center"><b><u>"Walk through audit"</u></b></p> <p>Diagnóstico rápido da instalação , efetuado com base numa visita rápida ("walk-through") à instalação, durante a qual o auditor apercebe-se dos principais fluxos de energia, processos e formas de operar, preços de energia e principais equipamentos consumidores, permitindo-lhe produzir um relatório que identifica as áreas de oportunidade, que deverão ser alvo de análise detalhada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo Custo;</li> <li>• Execução rápida;</li> <li>• Permite decidir se vale a pena avançar com uma auditoria detalhada geral ou direccionada;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não permite obter definição de MURE'S com exatidão;</li> <li>• Apenas identifica as áreas com maior potencial;</li> </ul>
Nível 2 Tipo A	<p align="center"><b><u>Diagnóstico Geral</u></b></p> <p>Auditoria detalhada a toda a unidade industrial, orientada para a determinação e descrição técnico-económica de MURE's</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo médio reduzido (não requer a complexidade de uma auditoria oficial de acordo com o DL71/2008);</li> <li>• Permite determinar com rigor oportunidades de melhoria com análise técnico-económica;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é suficiente para cumprir as exigências do DL 71/2008</li> </ul>
Nível 2 Tipo B	<p align="center"><b><u>Diagnóstico Direccionado</u></b></p> <p>Auditoria detalhada a um determinado equipamento/sistema (*) ou unidade fabril, permitindo definir com rigor a sua eficiência energética, identificação exhaustiva de MURE's e respectiva análise de viabilidade técnico-económica.</p> <p>(*) ex. redes de ar comprimido ou vapor, sistemas de produção de vapor, etc...</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo limitado (horas de trabalho do auditor gastas apenas nos equipamentos de maior interesse);</li> <li>• Permite determinar com rigor oportunidades de melhoria com análise técnico-económica, no sistema analisado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Outras unidades excluídas da auditoria não são analisadas, perdendo-se eventuais oportunidades que aí possam existir, mas pode ser evitado se for feita uma auditoria "Walk-through" em primeiro lugar</li> </ul>
Nível 3	<p align="center"><b><u>Auditoria Oficial</u></b></p> <p>(de acordo com o DL 71/2008 atualizado pela Lei 7/2013)</p> <p>Idêntica à auditoria detalhada direccionada, mas abrangendo toda a instalação e todos os tipos de energia. Este tipo de auditoria inclui todos os requisitos exigidos pelo SGCI, aos consumidores intensivos de energia (&gt;500 tep/ano) de acordo com o DL 71/_2008.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclui a caracterização detalhada dos consumos de energia, cálculos de consumos específicos e identificação de MURE's com análises técnico-económicas;</li> <li>• Pode incluir o cumprimento das exigências legais (DL 71/2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo mais elevado;</li> <li>• Prazo mais longo;</li> </ul>

## **ANEXO X**



Recolha de sinal dos contadores elétricos (CE) já instalados:  
 CE 1 - QE Central de Frio nova  
 CE 2 - QE Chiller Carrier  
 CE 3 - QE Máquina VH7000  
 CE 4 - Analisador Geral Pav 9  
 Nota: Devido ao elevado número de ligações e espaço disponível deverá ser avaliado, em obra, a necessidade de instalação de uma Join Box.

CE 1 | CE 2 | CE 3 | CE 4

Oflex 12x1

Recolha de sinal dos contador (C) já instalados:  
 C 5 - Produção Máquina VH7000

QE VH7000

Oflex 20x1

Oflex 8 x1 - Telecontagem

<b>Ciente</b>		
Não apresentado intencionalmente, devido a sigilo profissional		
<b>Coordenação</b>		
<b>ccenergia</b>		Metropolitan Business Center Rua Fernando Namora, nº4-5ªA - 2675-487 Odivelas tel +351 219 328 252 geral@ccenergia.com   www.ccenergia.com
<b>Parcerias</b>		
<b>Título do Projecto</b>		
Sistema monitorização Consumos (SMC)		
<b>Instalação</b>		
<b>Especialidade</b>		
Eletricidade		
<b>Fase</b>		
Execução		
<b>Título</b>		
Implantação de traçados de cabos		
<b>Escala</b>	<b>Desenho nº</b>	<b>Desenhou</b>
6:1	01	Pedro Belo
<b>Referência</b>	<b>Revisão</b>	<b>Data</b>
[REF]	V1	01/04/2015

Este desenho é propriedade intelectual dos seus autores, não podendo, sem prévia autorização ser reproduzido ou usado para qualquer outro fim a não ser o aqui indicado

## **ANEXO XI**

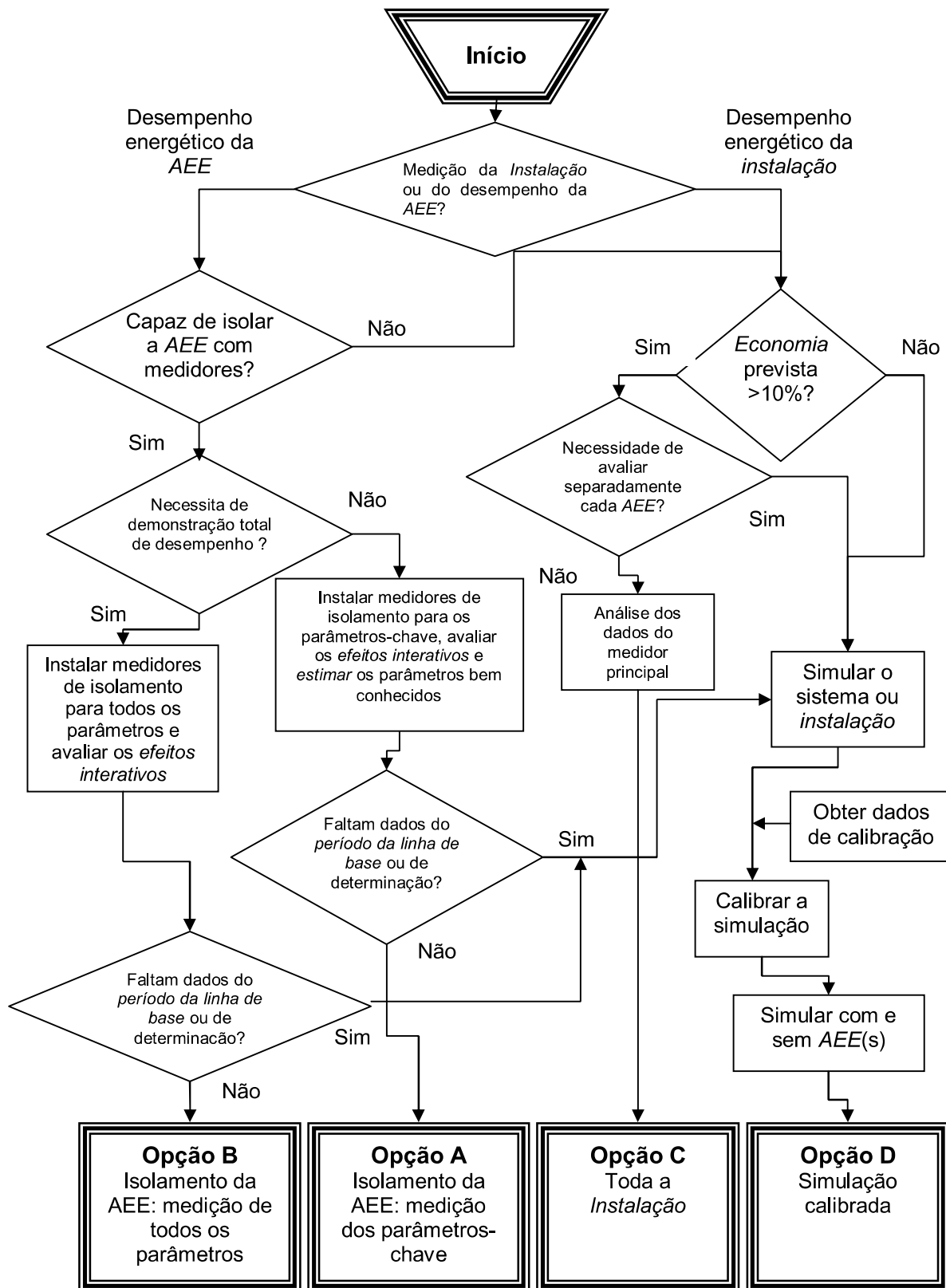


Figura 4  
Processo de Seleção da opção (Simplificada)

## **ANEXO XII**

## CAPÍTULO 5 CONTEÚDO DO PLANO DE M&V

A preparação de um *Plano de M&V* é etapa recomendada para a determinação da *economia*. A planificação antecipada garante que todos os dados necessários para a determinação da *economia* estarão disponíveis após a implementação da(s) *AEE(s)*, dentro de um orçamento aceitável.

Os dados da *linha de base* e os pormenores das *AEEs* podem se perder depois de certo tempo. Por esse motivo é preciso registrá-los para referência futura, no caso de as condições se alterarem ou as *AEEs* falharem. A documentação deve ser fácil de ser encontrada e compreendida por verificadores e outros, porque podem decorrer alguns anos antes de estes dados serem necessários.

Um *Plano de M&V* completo deve incluir a discussão dos seguintes 13 tópicos:

1. **Objetivo da AEE** Descrever a *AEE*, o resultado pretendido, e os procedimentos da *verificação operacional* a serem utilizados para verificar o sucesso da implementação de cada *AEE*. Identificar todas as alterações planejadas às condições da *linha de base*, tais como a regulação da temperatura de um edifício desocupado;
2. **Opção do PIMVP selecionada e fronteira de medição** Especificar a opção do PIMVP, definida nas seções 4.7 – 4.10, que será usada para determinar a *economia*. Esta identificação deve incluir a data de publicação ou o número da versão e o número do Volume da edição do PIMVP a ser seguida (Volume I do PIMVP, EVO 10000-1:2012, por exemplo). Identificar a *fronteira de medição* da determinação da *economia*. A fronteira pode ser tão estreita quanto o fluxo de energia através de um tubo ou condutor elétrico, ou tão larga quanto o consumo total de energia de uma ou muitas *instalações*. Descrever a natureza de quaisquer *efeitos interativos* para além da *fronteira de medição*, juntamente com os seus efeitos possíveis (ver seção 4.5.1);
3. **Linha de base: Período, energia e condições** Documentar as condições da *linha de base* da instalação e os dados de *energia*, dentro da *fronteira de medição*. (Nos *contratos de desempenho energético*, a *energia* e as condições da *linha de base* podem ser definidas pelo proprietário ou pela ESCO, dando assim à outra parte a oportunidade adequada de verificá-las).

Uma auditoria energética utilizada para estabelecer os objetivos de um programa de *economia* ou os termos de um *contrato de desempenho energético* fornece habitualmente a maioria senão toda a documentação do período da *linha de base* necessária ao *Plano de M&V*. Esta documentação da *linha de base* deve incluir:

- a) identificação do *período da linha de base* (seção 4.5.2);
- b) todos os dados de consumo e demanda de *energia da linha de base*;
- c) todos os dados das *variáveis independentes* que coincidem com os dados de *energia* (ex: taxa de produção, temperatura ambiente);
- d) todos os *fatores estáticos* que coincidem com os dados de *energia*:
  - Tipo, densidade e períodos de ocupação,
  - Condições de funcionamento da *linha de base* e estação do ano, outras que não as *variáveis independentes*. (Por exemplo, em um processo industrial, as condições de funcionamento da *linha de base* podem incluir tipos de produto, tipo de matéria-prima, e número de turnos de produção por dia. Em um edifício, as condições de funcionamento da *linha de base* podem compreender o nível de iluminação, a umidade e temperatura ambiente e os níveis de ventilação. Uma avaliação do conforto térmico e/ou da qualidade do ambiente interno (QAI) em recintos fechados poderá igualmente ser útil em casos nos quais o novo sistema atue de forma diferente do velho sistema ineficiente. Ver Volume II do PIMVP).

- Descrição de quaisquer condições da *linha de base* que fiquem abaixo das condições requeridas. Por exemplo, o espaço está sub aquecido durante o *período da linha de base*, mas a *AEE* vai restaurar a temperatura desejada. Os pormenores de todos os ajustes necessários aos dados da *energia da linha de base* para refletir os melhoramentos esperados do programa de gestão de energia às condições da *linha de base*,
- Tamanho, tipo e isolamento de quaisquer elementos relevantes da envoltória do edifício, tais como paredes, telhados, portas, janelas,
- Inventário dos equipamentos: dados da placa de identificação, localização, condição. Fotografias ou vídeos são formas eficazes de registrar o estado dos equipamentos,
- Práticas de funcionamento dos equipamentos (horários e pontos de ajuste, temperaturas e pressões reais),
- Problemas significativos dos equipamentos ou paradas durante o *período da linha de base*.

A documentação da *linha de base* exige geralmente auditorias bem documentadas, sondagens, inspeções, e/ou atividades de medição a curto prazo. A extensão desta informação é determinada pela *fronteira de medição* escolhida ou pelo propósito da determinação da *economia*.

Quando os métodos de *M&V* de *toda a instalação* são utilizados (seção 4.8 ou 4.9), todos os equipamentos e condições da *instalação* devem ser documentados;

4. **Período de determinação da economia** Identificar o *período de determinação da economia*. Este período pode ser tão curto como uma medição instantânea durante a colocação em serviço de uma *AEE*, ou tão longo quanto o tempo necessário para recuperar o custo do investimento do programa da *AEE* (ver seção 4.5.2);
5. **Base para o ajuste** Declarar o conjunto de condições ao qual todas as medições de *energia* serão ajustadas. As condições podem ser as do *período de determinação da economia* ou outro conjunto de condições fixas. Como discutido na seção 4.5.3, essa escolha determina se a *economia* é reportada como *energia evitada* ou como *economia normalizada*;
6. **Procedimento de análise** Especificar os procedimentos exatos de análise de dados, algoritmos e hipóteses a serem usados em cada relatório de *economia*. Para cada modelo matemático usado, reportar todos os seus termos, e a faixa de variação das *variáveis independentes* para o qual é válido;
7. **Preço da energia** Indicar os preços da energia que serão utilizados para avaliar a *economia*, e, se for o caso, como a *economia* será ajustada se os preços mudarem no futuro (ver seção 8.1);
8. **Especificações do medidor** Especificar os pontos de medição e períodos se a medição não for contínua. Para os medidores que não são das concessionárias, especificar: as características da medição; a leitura do medidor e o protocolo de confirmação; o procedimentos da colocação em serviço do medidor; o processo de calibração de rotina; e o método de tratamento de dados perdidos (ver seção 8.11.1);
9. **Responsabilidades de monitoramento** Atribuir as responsabilidades de reportar e registrar dados de *energia*, *variáveis independentes* e *fatores estáticos* dentro da *fronteira de medição*, durante o *período de determinação da economia*;
10. **Precisão esperada** Avaliar a precisão esperada associada à medição, à obtenção de dados, à amostragem e à análise de dados. Esta avaliação deve incluir medidas qualitativas e todas as medidas quantitativas possíveis do nível de incerteza nas medições e ajustes a usar no relatório de *economia* planejado (ver seção 8.3 e Apêndice B);

11. **Orçamento** Definir o orçamento e os recursos necessários para a determinação da *economia*, os custos iniciais estabelecidos, e os custos contínuos durante o *período de determinação da economia*;
12. **Formato do relatório** Indicar a forma pela qual os resultados serão reportados e documentados (ver Capítulo 6). Deve ser incluída uma amostra de cada relatório;
13. **Garantia de qualidade** Especificar os procedimentos de garantia de qualidade que serão utilizados para os relatórios de *economia*, e todos os passos intermediários na preparação dos relatórios.

Dependendo das circunstâncias de cada projeto, alguns tópicos específicos adicionais devem também ser discutidos em um *Plano de M&V* completo.

Para a Opção A:

- **Justificação de estimativas** Apresentar os valores a serem usados para todos os *valores estimados*. Explicar a origem destes *valores estimados*. Mostrar a importância global destas *estimativas* em função do total da *economia* prevista, reportando a faixa possível de *economias* associada à faixa de valores plausíveis dos parâmetros *estimados*;
- **Inspeções periódicas** Definir as inspeções periódicas que serão efetuadas durante o *período de determinação da economia* para verificar se os equipamentos ainda estão no lugar e funcionando como previsto quando se determinarem os valores *estimados*.

Para a Opção D:

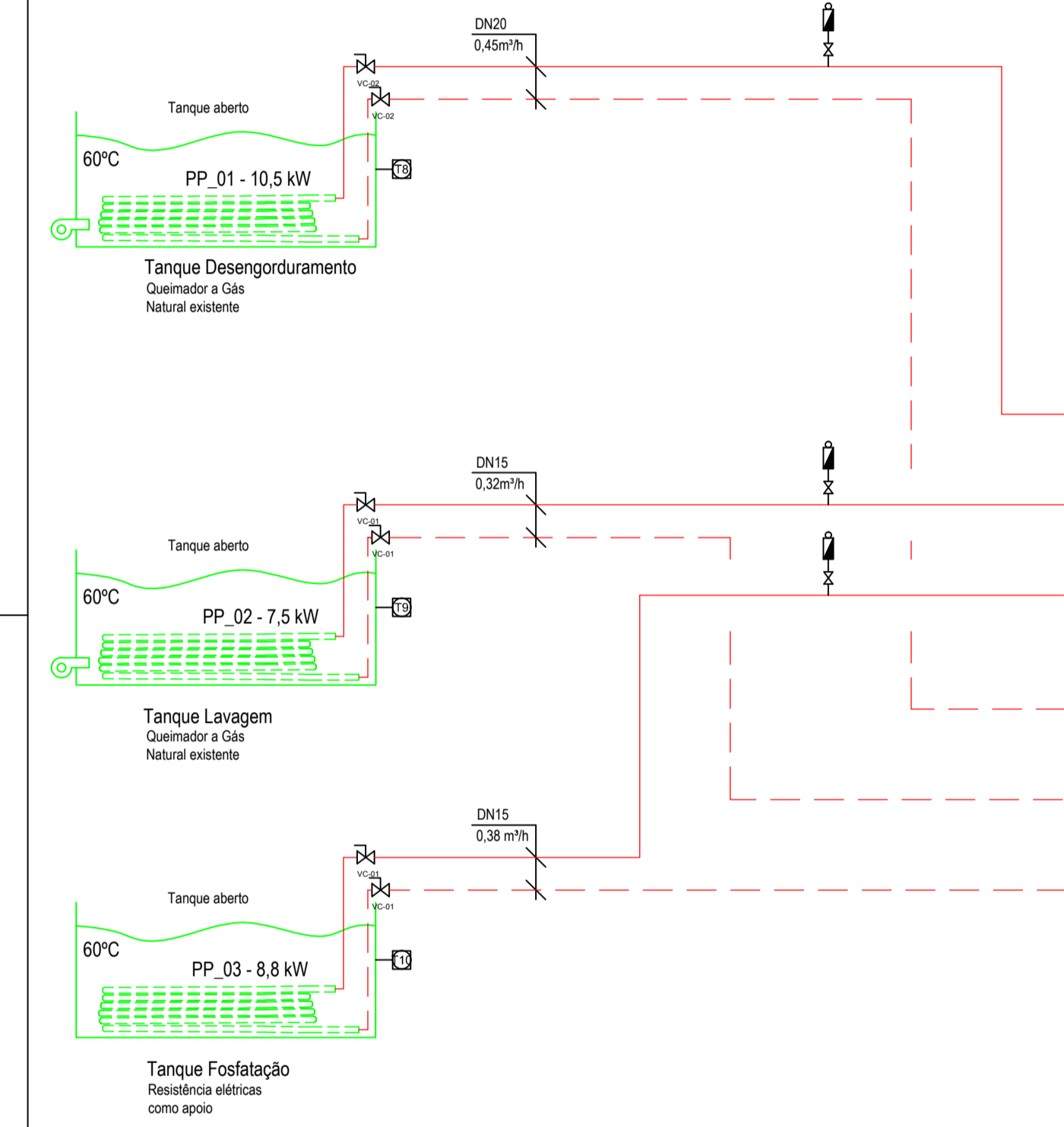
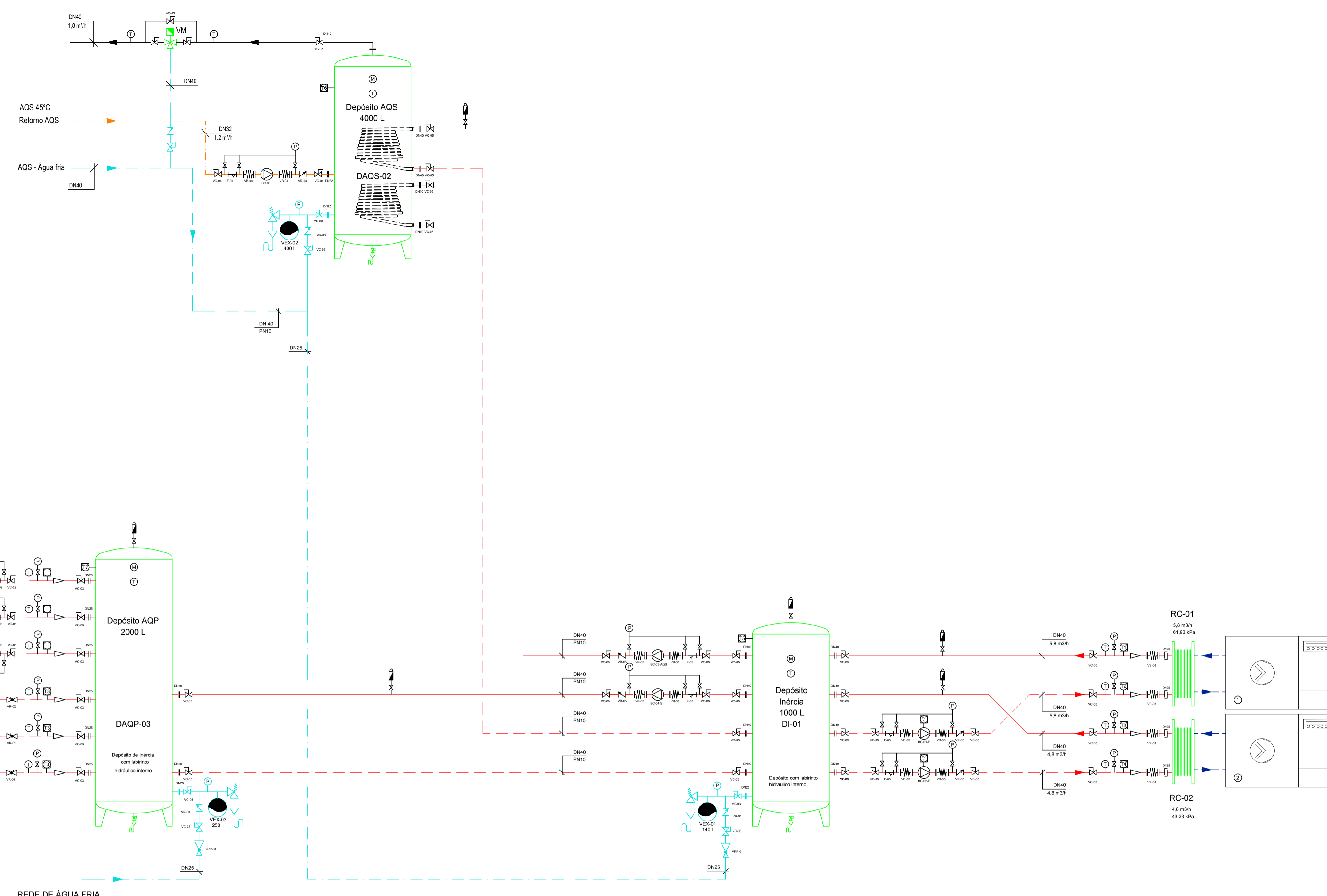
- **Nome do software** Reportar o nome e o número da versão do *software* de simulação a ser utilizado;
- **Dados de entrada/saída** Fornecer uma cópia em papel e uma cópia eletrônica dos arquivos de entrada, dos arquivos de saída, e dos arquivos dos dados climáticos usados para a simulação;
- **Dados medidos** Anotar quais os parâmetros de entrada foram medidos e quais os que foram estimados. Descrever o processo de obtenção dos dados medidos;
- **Calibração** Reportar os dados de *energia* e os dados de funcionamento utilizados para a calibração. Reportar a precisão com que os resultados da simulação correspondem aos dados de *energia* da calibração.

Quando a natureza das futuras alterações puder ser antecipada, definir métodos para efetuar os *ajustes não de rotina* adequados.

Os requerimentos de tempo e orçamento (item 11, mencionado acima) são frequentemente subestimados, o que leva a uma coleta de dados incompleta. A determinação da *economia* menos precisa e menos dispendiosa é melhor do que a determinação incompleta ou mal feita, teoricamente mais precisa, porém mal fundamentada. A seção 8.5 trata dos compromissos entre custos e benefícios.

Questões levantadas no momento do desenvolvimento dos *Planos de M&V* são discutidas nos exemplos mostrados no Apêndice A. A página da internet da *Efficiency Valuation Organization* ([www.evo-world.org](http://www.evo-world.org)) contém uma seleção crescente de amostras de *Planos de M&V*.

## **ANEXO XIII**



LEGENDA

	Tubagem de água fria - Us
	Tubagem de água quente - Retorno
	Tubagem água da rede
	Tubagem água retorno AQS
	Depósito água quente sanitária
	Depósito água quente processo
	Bomba U/ variação de velocidade
	Válvula Seccionamento
	Filtro tipo "Y"
	Válvula Reguladora de Caudal
	Válvula de Alívio
	Válvula de Retenção
	Válvula Medidora de Temperatura
	Junta Anti-Vibração
	Purgador
	Espejo Sifonado
	Vaso de Expansão
	Variação Eletrônica de Velocidade
	Sonda de Temperatura
	Manômetro
	Termômetro

**Ciente**  
 Não apresentado intencionalmente, devido a sigilo profissional

**Coordenação**  
  
 Metropolitan Business Center  
 Rua Templo Negro, nº43/A - 2075-487 Osvaldo  
 tel +55 219 328 252  
 geral@ccenergia.com | www.ccenergia.com

**Parcerias**  
 Não apresentado intencionalmente, devido a sigilo profissional

**Título do Projeto**  
 Recuperação Térmica - Compressores Ar Comprimido

**Instalação**  
 Gestamp Vendas Novas

**Especialidade**  
 Térmica

**Fase**  
 Execução

**Título**  
 Esquema de Princípio Térmica

<b>Escala</b>	Desenho nº	Desenhou
S/Escala	02	JJ
<b>Referência</b>	Revisão	Data
R_129_14	VD4	02/02/2015

Este documento é propriedade intelectual da empresa autora, não podendo, sem prévia autorização por escrito, ser reproduzido ou usado para qualquer outro fim a não ser o aqui indicado.

## **ANEXO XIV**

## Formulário de Cálculo - Necessidades Energéticas (Capítulo 5):

### ➤ AQS - Água Quente Sanitária

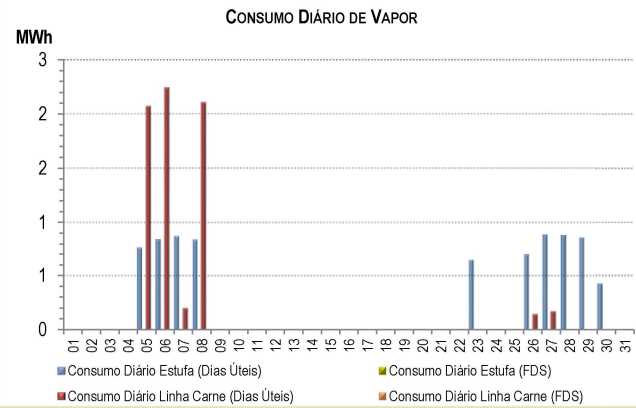
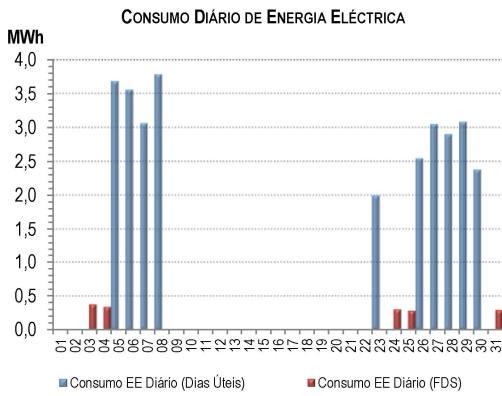
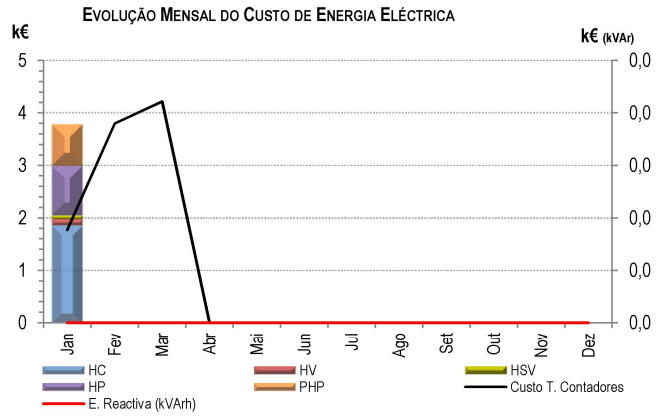
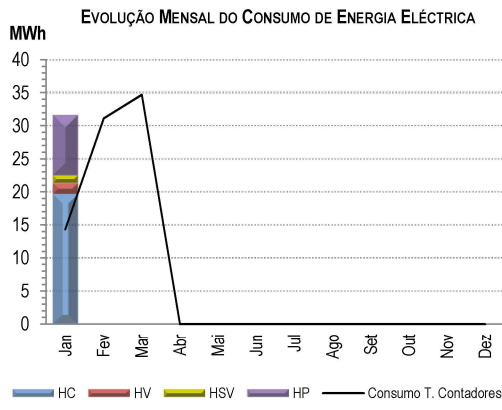
1. *Consumo Diário Água (l) = N° de Banhos × Consumo por banho (l);*
2. *Consumo diário de Energia Térmica (kWh<sub>térmicos</sub>) =  $\frac{\text{Consumo diário de água (l)}}{1000} \times CP_{\text{água}} (\text{Kj}/(\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})) \times \rho_{\text{água}} (\text{Kg}/\text{m}^3) \times \frac{T_{\text{armazenamento}} - T_{\text{Reposição}} (^\circ\text{C})}{3600}$ ;*
3. *Consumo Anual de Energia Térmica (kWh<sub>térmicos</sub>) = Consumo diário de Energia Térmica × N° dias de funcionamento;*
4. *Consumo anual de Energia Combustível (kWh<sub>térmicos</sub>) =  $\frac{\text{Consumo Anual de Energia Térmica (kWh}_{\text{térmicos}})}{\text{Rendimento da Produção}}$ ;*

### ➤ AQP – Água Quente do Processo

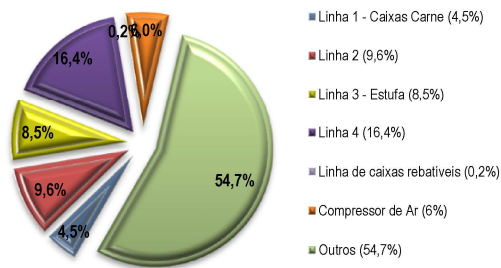
1. *Horas Anuais de Consumo (H) = Horas diárias de funcionamento da instalação × N° de dias anuais de funcionamento;*
2. *Caudal Médio de água de reposição (m<sup>3</sup> / hora) =  $\frac{\text{Consumo anual de água (m}^3/\text{ano)}}{\text{Horas anuais de consumo (H)}}$ ;*
3. *Caudal diário de água (m<sup>3</sup> / dia) = Caudal Médio de água de reposição × Horas de funcionamento diárias do processo;*
4. *Consumo Anual de Energia Térmica (kWh<sub>térmicos</sub>) = Consumo diário de Energia Térmica × N° dias de funcionamento;*
5. *Consumo anual de Energia Combustível (kWh<sub>térmicos</sub>) =  $\frac{\text{Consumo Anual de Energia Térmica (kWh}_{\text{térmicos}})}{\text{Rendimento da Produção}}$ ;*

## **ANEXO XV**

## RELATÓRIO ENERGÉTICO SIMPLIFICADO (JANEIRO DE 2015)



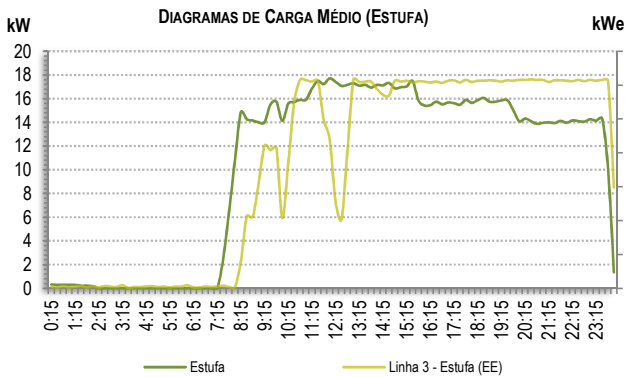
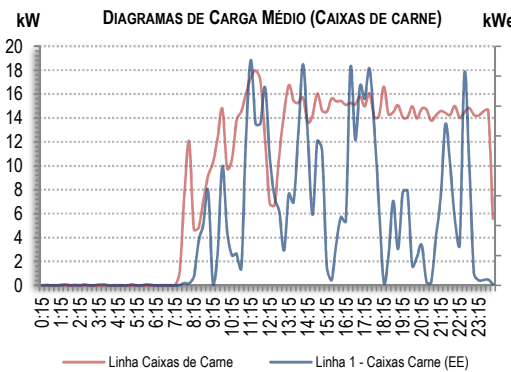
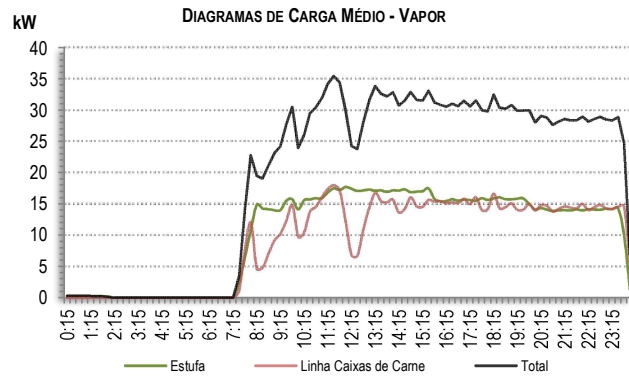
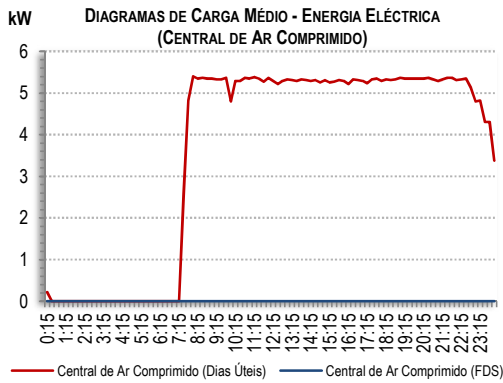
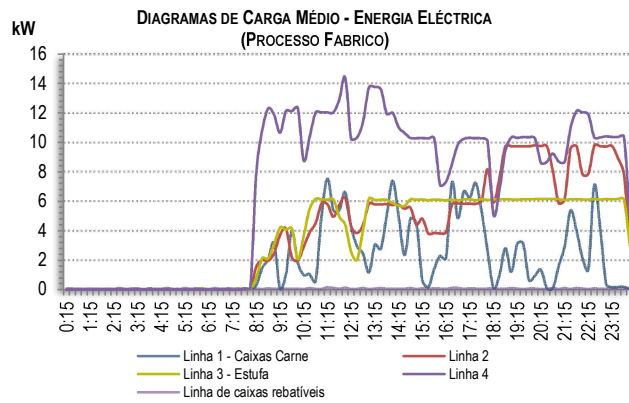
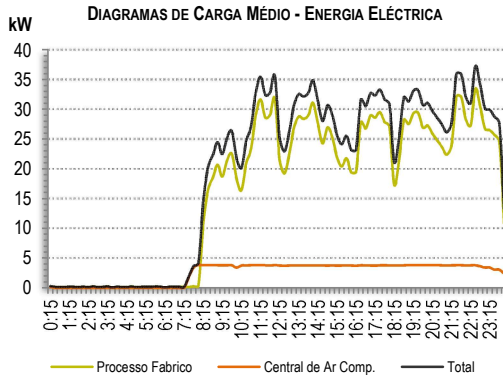
### DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS DE ENERGIA ELÉCTRICA



Consumo Total EE:	31.648 kWh
Consumo Total EE (Processo):	12.412 kWh
Consumo Total EE (Ar Comp.):	1.912 kWh

Custo Total EE:	3.787 €
Custo Total EE (Processo):	1.537 €
Custo Total EE (Ar Comp.):	234 €

\* EE - Energia Eléctrica



**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

## **ANEXO XVI**

Balanço OK

Energia térmica diária disponível (kWh/dia) 884

Utilização	kWh/dia	%			
AQS - Banhos	368	47%	368	Sim	
AQS - Cozinha	28	4%	28	Sim	
AQS - Outros	0	0%	0	Sim	
AQP - Desengorduramento	191	25%	191	Sim	
AQP - Fosfatação	191	25%	191	Sim	
AQP - Identificar	0	0%	0	Sim	
Aquec. - Naves	0	0%	0	Não	
Aquec. - Escritórios	0	0%	0	Não	
Aquec. - Identificar	0	0%	0	Sim	
Outros - Identificar	0	0%	0	Sim	
Outros - Identificar	0	0%	0	Sim	
Outros - Identificar	0	0%	0	Sim	
<b>Total</b>	<b>778</b>	<b>100%</b>			

Soma uti. 778  
Diferença 106

Seleccionar consumidor a suprimir parcialmente Aquec. - Escritórios

GN 1,077 8,5969E-05  
GP 1,09 8,70067E-05

Utilizações de água quente	Consumo diário de energia (kWh/dia)	Consumidor es suprimidos na (kWh/dia)	Consumidor parcialment e suprimidos (kWh/dia)	Economia anual de energia (kWh/ano)	Wh/ar	Economia de Energia										
						Energia Eléctrica			Gás Natural			Gás Propano			Global	
						€/ano	tep/ano	kWh/ano	€/ano	tep/ano	kWh/ano	€/ano	tep/ano	tep/ano	€/ano	
AQS - Banhos	368	368	0	95.720	0	0	0	0	0	0	106.355	9.961	9	9	9.961	
AQS - Cozinha	28	28	0	7.332	0	0	0	0	0	0	8.146	763	1	1	763	
AQS - Outros	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AQP - Desengorduramento	191	191	0	22.692	0	0	0	0	0	0	32.417	3.036	3	3	3.036	
AQP - Fosfatação	191	191	0	22.692	###	2.565	5	0	0	0	0	0	0	0	5	2.565
AQP - Identificar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aquec. - Naves	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aquec. - Escritórios	0	0	106	11.235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aquec. - Identificar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Outros - Identificar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Outros - Identificar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Outros - Identificar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Total</b>	<b>778</b>	<b>778</b>	<b>106</b>	<b>159.671</b>	<b>###</b>	<b>2.565</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>146.919</b>	<b>13.760</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>16.325</b>	

**Esta página foi deixada intencionalmente em branco.**

