



## **Desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à realização de auditorias energéticas**

**ANA SOFIA VERDE LIMA**

Outubro de 2016

# Desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à realização de auditorias energéticas

Ana Lima

Dissertação submetida para a obtenção do grau de  
Mestre em Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica

outubro de 2016

Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2º ano do  
Mestrado em Energias Sustentáveis

Candidato: Ana Sofia Verde Lima, N° 1070520, [107520@isep.ipp.pt](mailto:107520@isep.ipp.pt)

Orientação Científica: Doutor Roque Brandão, [rfb@isep.ipp.pt](mailto:rfb@isep.ipp.pt)

Empresa: Ecoinside-soluções em ecoeficiência e sustentabilidade, Lda



Supervisão: Dr. Joaquim Guedes, [joaquimguedes@ecoinside.pt](mailto:joaquimguedes@ecoinside.pt)

Mestrado em Energias Sustentáveis  
Departamento de Engenharia Mecânica



outubro de 2016



## *Agradecimentos*

Aos meus pais e irmã antes de quaisquer outros devo o maior agradecimento, por todo o apoio incondicional que me deram, sempre estiveram ao meu lado neste difícil percurso. Principalmente a eles meu suporte em todos os momentos menos bons e parte integrante dos mais felizes.

A minha irmã um especial obrigado por seres única e neste momento seres um grande contributo para ser uma pessoa mais feliz.

Queria expressar todo o meu agradecimento à empresa Ecoinside, e todos os colaboradores, pela oportunidade de colaborar neste projeto, em especial ao Eng. Joaquim Guedes pela disponibilidade sempre demonstrada e pelos ensinamentos.

Gostava também de demonstrar a minha gratidão ao Eng. Roque Brandão por todas as orientações e organização.

E por ultimo e não menos importantes, agradeço aos meus amigos, as amizades foram essenciais.

Agradeço à Ana Paradela e ao João Fernandes pelos excelentes conselhos e pelo tempo que me dedicaram. À minha francesinha, Ana Gonçalves, obrigada por toda a paciência nos momentos em que a frustração e o cansaço me fizeram mais difícil.

A Ana Antunes, Ana Rodrigues, Ana Henriques, Paula Apolinário, Leonor Sousa, Renato Gomes, Dona Cristina Galvão foram sempre os amigos.

Muito obrigada!!!!





## *Resumo*

O tema dos consumos de energia, tem vindo a ocupar lugar de destaque nas principais preocupações das empresas. Contudo, o consumo de energia nas empresas não representa atualmente a maior fatia das suas despesas mensais, sendo ainda descuidada a questão da redução dos consumos de energia.

Em 2007, a União Europeia assumiu objetivos para a redução do consumo médio anual de energia para 2020, assim como o aumento do consumo de energia proveniente de fontes renováveis. Portugal enquanto membro da União Europeia assumiu também compromissos de redução dos consumos de energia e de aposta nas renováveis.

Esta mudança de mentalidade em Portugal baseia-se em dois pilares: racionalidade económica e sustentabilidade, através da criação de medidas de eficiência energética, e incentivo ao consumo de energia com origem em fontes renováveis e fontes endógenas.

Com base nesta nova mentalidade e no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, foi criado o Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de abril, que regula o SGCIE (Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia), no qual são caracterizados os CIE (Consumidores Intensivos de Energia).

No decorrer da dissertação, e com base no SGCIE, é apresentado o desenvolvimento de uma *checklist*, de onde se pretende obter um modelo de apoio a novas auditorias energéticas, aplicável a diversas áreas da indústria que não a transformadora, onde ocorreu a validação desta. A validação foi feita durante o acompanhamento de um processo de execução de um ARCE (Acordo de Racionalização dos Consumos Energéticos) a uma empresa.

É também apresentado um pequeno estudo das medidas que poderão ser implementadas, após a apresentação do PReN (Plano de Racionalização dos Consumos de Energia).

### ***Palavras-Chave***

Auditorias energéticas, *checklist*, eficiência energética, indústria, energia, racionalização de consumos.



## *Abstract*

The theme of energy consumption has come to occupy a prominent place in the main concerns of businesses. However, power consumption in enterprises, currently do not represents the largest share of their monthly expenses. Because of that, still being neglected the issue of reducing energy consumption.

In 2007, the European Union defined the set goals for reducing the annual average annual of energy consumption for 2020, as well as the increase in energy consumption from renewable sources. Portugal as a member of the European Union also made commitments to reduce energy consumption and grow the investment in renewable.

This change of mentality in Portugal is based on two pillars: economic rationality and sustainability through the creation of energy efficiency measures, and encouraging the consumption of energy derived from renewable sources and endogenous sources.

Based on this new mentality and under the National Energy Strategy, the Decree Low No. 71/2008 of 15 of April, which regulates the SGCIE (Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia) [Management System of Intensive Energy Consumption], was created. This document characterizes the CIEs (Consumidores Intensivos de Energia) [Intensive energy consumers].

During the dissertation, and based on the SGCIE, the development of a checklist is presented, from where it is pretended to achieve a new model for energy audits, able to be applied to several areas of the industry, other than manufacturing, the industry where the validation of this checklist occurred. The validation was performed during the follow-up of an implementation process of an ARCE (Acordo de Racionalização dos Consumos Energéticos) [Rationalization Agreement of Energy Consumption] to a company.

It also features a small study of the measures that could be implemented, after the presentation of the PReN (Plano de Racionalização dos Consumos de Energia) [Rationalization Plan of Energy Consumption].

### ***Keywords***

Energy auditing, *checklist*, energy efficiency, industry, energy, rationalization of consumption.



## *Declaração*

Ana Sofia Verde Lima declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas, com identificação da fonte.

*de outubro de 2016*

---

*Assinatura*



# Índice

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	3
<b>2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b> .....	<b>5</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	5
2.2. INDÚSTRIA .....	8
2.3. RESIDENCIAL, SERVIÇOS E ESTADO .....	10
2.4. TRANSPORTES.....	11
2.5. AGRICULTURA E COMPORTAMENTOS .....	13
<b>3. LEGISLAÇÃO</b> .....	<b>15</b>
3.1. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A ENERGIA (ENE 2020).....	15
3.2. PLANO NACIONAL DE AÇÃO.....	16
3.3. SGCIE.....	18
<b>4. CHECKLIST</b> .....	<b>29</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	29
4.2. PRIMEIRA FASE .....	30
4.3. SEGUNDA FASE .....	34
4.4. CONCLUSÕES .....	37
<b>5. VALIDAÇÃO DE CHECKLIST</b> .....	<b>39</b>
5.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	39
5.2. PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	39
5.3. OBJETIVOS DO CASO DE ESTUDO.....	44
5.4. EVOLUÇÃO DA ENERGIA CONSUMIDA E INDICADORES ENERGÉTICOS .....	44
5.4.1. <i>Consumos de energia</i> .....	45
5.4.2. <i>Indicadores Energéticos</i> .....	49
5.5. ANÁLISE DOS CONSUMOS GLOBAIS .....	51
5.5.1. <i>Produção</i> .....	51
5.5.2. <i>Análise dos consumos de energia elétrica</i> .....	51
5.5.3. <i>Gás Natural</i> .....	52
5.6. VALIDAÇÃO DA <i>CHECKLIST</i> .....	52
5.7. CONCLUSÃO .....	65
<b>6. OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE CONSUMOS</b> .....	<b>67</b>
6.1. INTRODUÇÃO .....	67
6.2. MEDIDAS DE UTILIZAÇÃO RACIONAL DE ENERGIA IMPLEMENTADAS NA INSTALAÇÃO.....	68
6.2.1. <i>Oportunidades de redução de consumo</i> .....	68
6.2.2. <i>Estudo das medidas</i> .....	69
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	<b>80</b>



## Índice de Figuras

Figura 1: Evolução da Dependência Energética de Portugal. [5].....	7
Figura 2: Dependência Energética dos UE-28 em 2013 [5].....	8
Figura 3: Sistema fotovoltaico aplicado à agricultura [17]. .....	13
Figura 4: Programas do Portugal Eficiência 2015 [20].....	17
Figura 5: Diagrama do SGCIE para CIE > 1000 tep/ano [23]. .....	19
Figura 6: Diagrama do SGCIE para CIE < 1000 tep/ano [23]. .....	20
Figura 7: Formulas de cálculo dos indicadores [22] .....	20
Figura 8: Incentivos Financeiros [23] .....	21
Figura 9: Penalidades [23].....	22
Figura 10: Taxas [23] .....	23
Figura 11: Poderes caloríficos e Fatores de Emissão para Combustíveis [23].....	26
Figura 12: Equivalências energéticas de referência [23].....	27
Figura 13: Auditorias Energéticas obrigatórias para empresas não PME [27].....	28
Figura 14: Listagem de tópicos da <i>checklist</i> . .....	31
Figura 15: Folha 1 - Diagrama de fabrico. ....	32
Figura 16: Folha 2 - Separação por sector.....	33
Figura 17: Folha 3 - Horário de funcionamento.....	33
Figura 18: Folha 4 - Utilidades.....	34
Figura 19: Folha 5 - Produção. ....	35
Figura 20: Folha 6 - Exemplo de folha da forma de energia.....	36
Figura 21: Folha 7 - Motores.....	36
Figura 23 : Serra de corte dos lingotes de alumínio .....	40
Figura 24: Rampa de introdução dos billetes no forno e forno de aquecimento .....	40
Figura 25: Do lado esquerdo, forno de matrizes, do direito, local onde são introduzidas. ....	41
Figura 26: Prensa de extrusão. ....	41
Figura 27: do lado esquerdo linha de ventiladores, para arrefecimento forçado, do lado direito, mesa de arrefecimento.....	42
Figura 28: Serra de corte de perfis de alumínio .....	42
Figura 29: Estufa de envelhecimento da P1 .....	43
Figura 30: Zona de acabamentos.....	43
Figura 31: Forno e Prensa de extrusão P2.....	44
Figura 48: Perfil de consumo de energia nos 1º trimestres dos 3 anos em comparação. ....	46
Figura 47: Desagregação dos consumos no 1º trimestre do ano de referência.....	46
Figura 48: Desagregação dos consumos no 1º trimestre do ano 2015. ....	47
Figura 49: Desagregação dos consumos no 1º trimestre do ano 2016 .....	47
Figura 32: Fluxograma de fabrico da empresa P.....	54
Figura 33: Pequena parte da tabela dos equipamentos, componentes, potências e variadores de velocidade. ....	55
Figura 34: Desagregação dos consumos de energia no 1º trimestre do ano 2016.....	56
Figura 35: Folha - forma de energia elétrica. ....	57
Figura 36: Folha - forma de energia gás natural.....	57
Figura 37: Folha - forma de energia gás natural.....	58
Figura 38: Folha - forma de energia gasóleo. ....	58
Figura 39: Analisador de energia em medição no quadro elétrico da P2.....	61
Figura 40: Variação dos consumos de energia elétrica e das produções.....	62
Figura 41: Variação dos consumos de gás natural e das produções.....	62
Figura 42: Imagens da chaminé do forno de aquecimento da P1 .....	63

Figura 43:Do lado esquerdo, conduta de ar após recuperação. Do lado direito, conduta de injeção de ar após permuta da P1.....	63
Figura 44: Paredes laterias do forno de aquecimento da P1.....	64
Figura 45: Forno de preparação de matrizes, tampa e zona de contacto com o solo e parede lateral. .....	64
Figura 46: Tubagem de admissão do ar no forno de envelhecimento.....	65
Figura 47: Vista das portas traseiras do forno de envelhecimento.....	65
Figura 50: Área da empresa P utilizada para a simulação da instalação dos painéis Fotovoltaicos.	70
Figura 51:Dados utilizados para a simulação, nos dois casos, autofinanciamento e proposta ESCO. .....	70
Figura 52: Modos de transferência de calor ( <a href="https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571590077/transp1.pdf">https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571590077/transp1.pdf</a> ).....	73
Figura 53: Lã de rocha em forma de manta.....	74
Figura 54: Aspeto das portas da estufa de envelhecimento.....	76
Figura 55: Juntas de calafetação em fibra de vidro. ....	76
Figura 56: Exemplos de baterias de condensadores. ....	77

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1: Áreas e programas do PNAEE 2016 [19]. .....	18
Tabela 2: Fatores de conversão utilizados nos cálculos. ....	45
Tabela 3: Consumos de energia por forma de energia .....	45
Tabela 4: Emissões de gases com efeito de estufa por tipo forma de energia.....	48
Tabela 5: Emissões de gases com efeito de estufa em tCO <sub>2</sub> e/tep.....	48
Tabela 6: Custos associados a cada tipo de energia .....	48
Tabela 7: Indicadores energéticos e metas legais para o final de 2016.....	50
Tabela 8: Metas legais para os trimestres em análise.....	50
Tabela 9: Desvio dos indicadores.....	51
Tabela 10: Produção por trimestre .....	51
Tabela 11: Consumos de energia elétrica dos 1º trimestres dos anos em análise.....	52
Tabela 12: Consumo de Gás Natural dos 1º trimestres dos anos em análise. ....	52
Tabela 13: Aparelhos de medida e proteção individual utilizados na visita .....	59
Tabela 14: Resultados da simulação para autofinanciamento .....	71
Tabela 15: Resultados da simulação para programa ESCO .....	71
Tabela 16: Aspeto das paredes laterais dos fornos de preparação de matrizes. ....	72
Tabela 17: Propriedades da lã de rocha [30] .....	74
Tabela 18: Informações comerciais.....	75
Tabela 19: Informações utilizadas para o dimensionamento da bateria de condensadores.....	77
Tabela 20: Tarifas da fatura de energia elétrica (despacho ERSE nº 12605/2010).....	78



## *Nomenclatura*

<b>Símbolos</b>	<b>Significado</b>	<b>Unidade</b>
q	Fluxo de calor	$w/m^2$
$\Delta x$	Espessura	M
$R_t$	Resistência térmica	$^{\circ}C/w$
k	Condutividade térmica	$w/m^{\circ}C$
$\Delta t$	Gradiente de temperatura	$^{\circ}C$
$Q_c$	Capacidade da bateria de condensadores	Kvar
$P_c$	Potência contratada	Kw
$\varphi$	Fator de potência	
PB	Payback	Anos

## **Abreviaturas**

*ADENE* – Agência para a Energia Gestão Operacional do SGCIE

*AE* – Auditoria Energética

*ARCE* – Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia

*CIE* – Consumo Intensivo de Energia

*LNEG* – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

*P* – Produção

- PCI* – Poder calorífico inferior
- PT* – Posto de Transformação
- PNAEE* – Plano Nacional de Ação em Eficiência Energética
- PNALE* – Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
- PREN* – Plano de Racionalização do Consumo de Energia
- REP* – Relatórios de Execução e Progresso
- tep* – Toneladas equivalente petróleo
- VAB* – Valos Acrescentado Bruto



# 1. Introdução

Na transição do século XX para o século XXI, a sociedade ocidental tornou-se mais materialista, com acesso fácil a um determinado tipo de bens e serviços que, anteriormente, só estariam ao alcance de uma pequena minoria. Deu-se, assim, uma melhoria da qualidade de vida da população e, conseqüentemente, uma utilização da energia de uma forma indiscriminada. Este facto acarretou, contudo, custos elevados que serão ainda maiores a médio e a longo prazo, pois não tem existido um crescimento sustentável. Porém, existem já custos evidentes: florestas desbastadas, espécies extintas ou que correm sério risco de o ser, rios poluídos, aumento da temperatura global com conseqüentes catástrofes naturais, diminuição perigosa de energias fósseis, entre outros [1].

No século passado, a temperatura mundial média subiu 0,6 °C, enquanto a temperatura média na Europa subiu quase 1 °C. À escala mundial, os cinco anos mais quentes desde que há registos (desde cerca de 1860, quando foram concebidos instrumentos capazes de medir a temperatura com uma precisão aceitável) foram, por esta ordem: 1998, 2002, 2003, 2004, e 2001 [2].

Muitos cientistas acreditam que a tendência para o aquecimento se deva principalmente à quantidade crescente de gases com efeito de estufa libertados por atividades humanas. De acordo com os climatólogos, esta tendência vai intensificar-se e, até 2100, a temperatura

média mundial deverá subir entre 1,4 e 5,8 °C e as temperaturas na Europa entre 2 e 6,3 °C. Estas subidas de temperatura podem parecer pouco significativas, mas basta lembrar que durante a última época glacial, que terminou há cerca de 11 000 anos, a temperatura média mundial era apenas 5 °C mais baixa do que a atual, e que, mesmo assim, uma grande parte da Europa estava coberta de gelo, ou seja, uma diferença de poucos graus pode ter um impacto enorme no nosso clima [2].

A longo prazo, as alterações climáticas poderão mesmo desencadear catástrofes, como a subida do nível do mar, inundações ou grandes tempestades, e conduzir a uma escassez de alimentos e de água em algumas partes do mundo. Este tipo de fenómenos irá afetar todos os países, mas os mais vulneráveis são os países em desenvolvimento, que dependem frequentemente de atividades sensíveis ao clima e dispõem de poucos recursos económicos para se adaptarem às mudanças ou recuperarem de consequências potencialmente muito graves. É assim muito importante que as sociedades, os países, avaliem a sua vulnerabilidade às Alterações Climáticas e implementem as medidas de adaptação necessárias para proteger pessoas, bens e atividades [2].

## **1.1. Contextualização**

O estudo realizado no âmbito da disciplina de Dissertação/ Projeto /Estágio, foi feito em ambiente empresarial, na Ecoinside, no âmbito de um estágio curricular.

No decorrer do estágio é desenvolvida uma *checklist* de apoio à recolha de dados de uma auditoria energética. Posteriormente é feita a validação e tratamento desses mesmos dados no âmbito do SGCIE, de acordo com o Decreto-Lei 71/2008, de 15 de abril.

## **1.2. Objetivos**

O principal objetivo da dissertação é o desenvolvimento de uma *checklist* modelo que possa ser utilizada em diversas situações, como auxílio à realização de auditorias.

O modelo de *checklist* deverá servir de referência para a maioria das auditorias às indústrias, após um reconhecimento geral do espaço e dos seus consumos. Após esta averiguação poderão ser feitas as necessárias alterações de acordo com o tipo de trabalho e as necessidades de cada indústria a auditar.

A dissertação terá também como objetivo a validação da *checklist*. Para este efeito será feito o acompanhamento de uma auditoria, de modo a que seja o mais completa e adequada às diversas situações em que o modelo possa ser utilizado.

### **1.3. Organização do relatório**

A organização da dissertação encontra-se dividida por 7 capítulos.

O capítulo 1 tem o nome de Introdução, onde está presente a contextualização, os objetivos e onde é também explicada a organização do relatório.

O capítulo 2 é dedicado á Eficiência Energética. Neste capítulo é explicado o que é a eficiência energética, contextualizando-a para cada sector, como na indústria, residência, serviço público e nos transportes.

O capítulo 3 está afeto à legislação, nomeadamente o DL-71/2008, no âmbito do SGCIE, que também é explicado nesse capítulo. São também citadas e é descrito o papel de cada entidade no processo de auditoria energética.

No capítulo 4 é descrito o processo de desenvolvimento da *checklist* modelo, assim como as vantagens e as desvantagens da realização de uma auditoria energética.

O capítulo 5 apresenta a validação da *checklist* no acompanhamento de um processo de SGCIE a uma indústria transformadora.

No Capítulo 6, denominado de Oportunidades de redução de consumos, são apresentadas as medidas que poderão ser implementadas para redução dos consumos, no caso de estudo utilizado como base para este trabalho.

O último capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho e perspectiva o desenvolvimento de trabalhos a realizar no futuro.



# 2. Eficiência Energética

## 2.1. Introdução

A crescente preocupação com as alterações climáticas registadas levou a União Europeia-EU a propor um pacote de medidas em 2007:

- Reduzir em 20% as emissões de Gases com efeito de estufa-GEE até 2020, tendo como valor de referência de emissões os valores registados em 1990.
- 20% da quota proveniente de fontes de energia renováveis, no consumo final bruto.
- 20% de redução do consumo de energia primária relativamente à projeção do consumo para 2020 [3].

Sendo a eficiência energética uma componente fundamental na política energética europeia, a UE criou em 2011 o “Plano de Eficiência Energética”. Este plano destina-se a promover uma economia que respeite os recursos do planeta, a implementação de um sistema de baixa emissão de carbono, melhorar a independência energética e reforçar a segurança no abastecimento energético. Para alcançar os objetivos apresentados, a Comissão Europeia propõe agir em diferentes níveis. Um dos objetivos é promover o baixo consumo de energia por parte dos edifícios, visto que este sector é responsável por quase 40% do consumo final de energia na Europa. Para promover, eficazmente, um

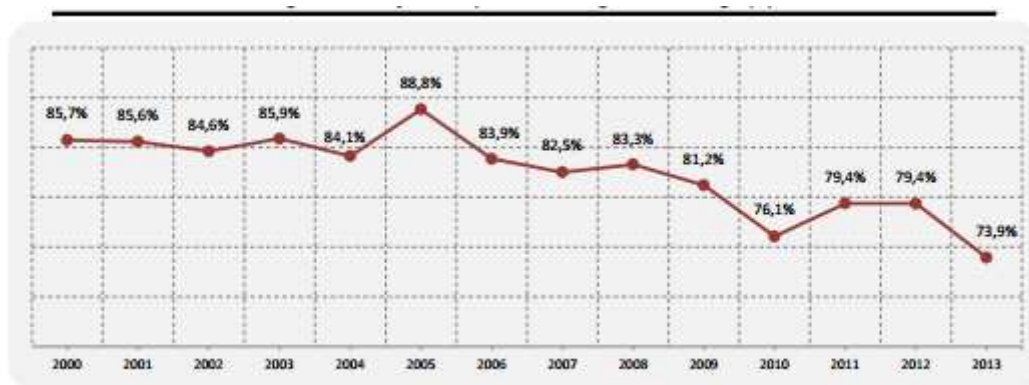
abaixamento do consumo de energia neste sector, a formação de arquitetos, engenheiros e técnicos deve ser adaptada com vista à eficiência energética nos edifícios. As empresas ESCO (*Energy Service Company*) são uma parte fundamental neste processo, podendo dar assistência financeira para modernizar edifícios com vista à redução do seu consumo de energia [3].

A comissão pretende também desenvolver a indústria europeia, incentivando a novas capacidades de produção e novas práticas de substituição de equipamentos antigos. É importantíssimo existir um modelo para uma eficaz recuperação das perdas de calor das redes elétricas e produção industrial e valorizar e implementar sistemas de cogeração e de produção descentralizada de energia. As auditorias energéticas devem tornar-se obrigatórias para pequenas e médias indústrias [3].

O sector dos transportes, como um dos grandes consumidores europeus de energia, representa uma fatia de 32% do consumo final de energia. A melhoria do serviço de transporte pode passar pelo controlo do tráfego em todos os tipos de transportes, por exemplo. Tendo em conta estas propostas, e outras, as melhorias no plano da eficiência energética são substanciais. O bom trabalho está a fazer bons progressos no sentido de cumprir os objetivos climáticos e energéticos para 2020 [3].

Portugal é caracterizado pela grande dependência exterior de energia primária e impôs como, metas para 2020, um objetivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% e um objetivo específico de 30% para a Administração Pública. No plano da utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis, pretende-se que os objetivos definidos de, em 2020, 31% do consumo final bruto de energia e 10% da energia utilizada nos transportes provir de fontes renováveis, sejam cumpridos ao menor custo para a economia. Em simultâneo, pretende -se reduzir a dependência energética do país e garantir a segurança de abastecimento, através da promoção de um mix energético equilibrado [4].

Em 2013 a dependência energética situava-se nos 73.9%, demonstrando um abaixamento de 5.4% face a 2012 e uma redução de 14.9% face a 2005, ano em que a dependência energética foi a mais elevada dos últimos anos.



**Figura 1: Evolução da Dependência Energética de Portugal. [5]**

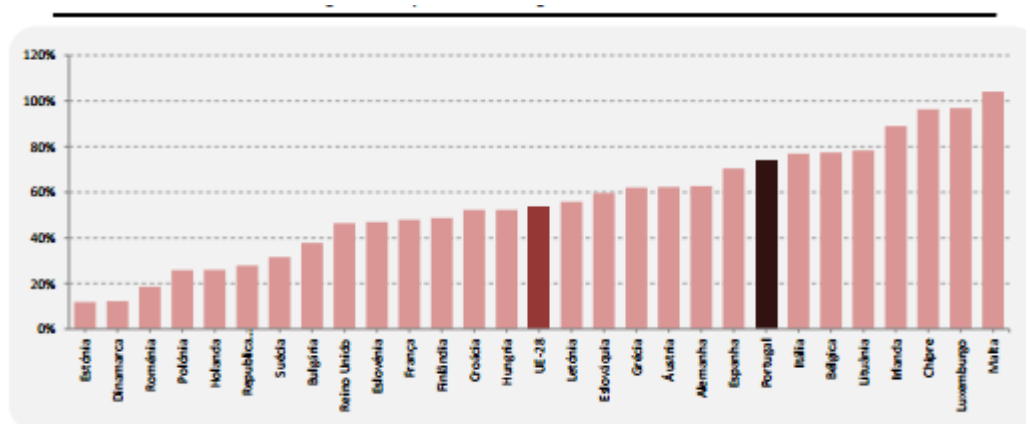
A Resolução do Conselho de Ministros nº20/2013, de 10 de abril, aprovou e publicou o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética-PNAEE (Estratégias para a Eficiência Energética) para o período de 2013-2016 e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis-PNAER (Estratégia Para as Energias Renováveis) para o período de 2013-2020 [6].

O principal objetivo do PNAEE 2016 passa, em suma, por projetar novas ações e metas para 2016, em articulação com o PNAER 2020, integrando as preocupações relativas à redução de energia primária para o horizonte de 2020 constantes da Diretiva 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012, relativa à Eficiência Energética, com base em três eixos de atuação:

- Ação, através da adequação das medidas ao atual contexto económico-financeiro, tendo em vista a redução do custo global do programa nacional de eficiência energética
- Monitorização, através da revisão dos métodos de monitorização de resultados em conformidade com as diretrizes europeias e criação de uma visão macro do impacto do programa nacional de eficiência energética; e
- Governação, através da redefinição do modelo de governação do PNAEE [6].

Em 2016, o PNAEE prevê uma poupança induzida de cerca de 8,2%, próximo da meta definida pela EU, cerca de 9%, de poupança de energia até 2016. Estas poupanças são distribuídas pelos vários sectores, passando agora a ter seis áreas específicas de atuação: transportes, residencial e serviços, indústria, serviços, estado, comportamentos e agricultura [7].

Contudo, Portugal ainda se apresenta como muito dependente de energia importada, como se pode ver na Figura 2. É o 8º país com maior dependência energética, cerca de 20% acima da média europeia.



**Figura 2: Dependência Energética dos UE-28 em 2013 [5].**

A separação dos consumos de energia por setores económicos facilita a perceção de dependência energética, essencial para o estudo de medidas mitigadoras.

Mais recentemente, em dezembro de 2015, os 195 países reunidos em Paris, na conferência das Nações Unidas sobre o clima (COP 21), assinaram um acordo universal de luta contra as alterações climáticas e o aquecimento global.

No acordo legal universal contra as alterações climáticas listam-se várias medidas vinculativas a longo prazo para conseguir limitar a subida da temperatura a dois graus no final do século.

Deverá ser aplicado a partir de 2020 e pôr termo ao conflito entre países ricos e pobres sobre como travar o aquecimento global.

A aplicação do acordo supõe reduzir ou eliminar o consumo de carvão, petróleo e gás como fontes de energia, um modelo que move as sociedades humanas desde o século XVIII [8].

## 2.2. Indústria

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.

A indústria é responsável por cerca de um terço do consumo final de energia no mundo e essa fatia continua a crescer. Se por um lado, a eficiência energética tem vindo a melhorar constantemente, por outro verifica-se uma constante penalização da crescente industrialização mundial. Por isso, as entidades políticas estão a fazer esforços, através de incentivos financeiros, estruturais e legislativos, para que a redução dos consumos seja uma realidade. Torna-se assim importante uma gestão de energia rigorosa, o que envolve a monitorização sistemática, a análise e o planeamento da utilização de energia, permitindo às empresas melhorar o desempenho energético e a redução da fatura energética [9].

A elevada dependência energética de Portugal, predominantemente do petróleo, expõe o país a constantes oscilações de preços desta fonte energética nos mercados internacionais, comprometendo a competitividade das indústrias portuguesas.

A área da indústria é abrangida por um programa designado por Sistema de Eficiência na Indústria, que inclui a revisão do - SGCIE, continuando a destacar-se as medidas transversais no sector industrial e outras medidas setoriais para a eficiência no processo industrial.

O SGCIE tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações CIE [5].

No SGCIE, as indústrias são diferenciadas por totais de consumos, onde as que apresentem um consumo anual, igual ou superior a 500 tep estão sujeitas a um processo de SGCIE, com exceção das:

- Instalações de cogeração juridicamente autónomas;
- Empresas de transportes e empresas com frotas próprias consumidoras intensivas de energia;
- Edifícios abrangidos pelos Decreto-Lei n.º 78/2006, 79/2006 e 80/2006, todos de 4 de Abril, exceto quando integrados na área de uma instalação industrial consumidora intensiva;
- Instalações CIE, sujeitas ao PNALE [10].

### **2.3. Residencial, Serviços e Estado**

Ao falarmos de energia consumida nos edifícios portugueses, esta representa mais de 30% da energia disponível para consumo final nacional, um pouco inferior à média europeia de 40% do consumo energético do edificado. Importa referir, e mais uma vez desalinhado com a média europeia, que a maioria dos consumos de energia nos edifícios nacionais são consumos elétricos, cerca de 55% (41% domésticos e 77% nos serviços) face aos 33% da média europeia. Já no que diz respeito ao Gás Natural- GN, este representa apenas 10% do consumo de energia final nos nossos edifícios, contrastando com a média europeia de 36% [11].

Porém, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> – quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto [5].

Perante esta realidade, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a impulsionar a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios [5].

Surge também o conceito “edifícios com necessidades quase nulas de energia”, obrigando a que, “o mais tardar em 31 de dezembro de 2020, todos os novos edifícios tenham desempenhos energéticos muito elevados”, sendo que as suas necessidades de energia quase nulas deverão ser cobertas por fontes de energias renováveis. Esse prazo é antecipado em dois anos para os novos edifícios públicos [5].

No ano de 2016, o PANEE-Plano Nacional de Ação em Eficiência Energética, na área de Residencial e Serviços, integra os seguintes programas de melhoria da eficiência energética:

- a) Renove Casa e Escritório, que integra um conjunto de medidas destinadas a potenciar a eficiência energética na iluminação, eletrodomésticos e reabilitação de espaços;
- b) Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios, que reúne as medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios;

c) Integração de fontes de Energia Renováveis Térmicas/Solar Térmico, relativo às medidas dirigidas à promoção de uma maior integração de fontes de energia renovável nos edifícios e equipamentos residenciais e de serviços [12].

A área do Estado é abrangida por um programa designado por Eficiência Energética no Estado, com um conjunto de medidas dirigidas à certificação energética dos edifícios do Estado, aos Planos de Ação de Eficiência Energética, designadamente no âmbito do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública – ECO.AP, frotas de transporte do Estado e à Iluminação Pública (IP) [5].

O programa de Sistemas de Eficiência Energética nos Edifícios contempla o SCE- Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o REH- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e do RECS- Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços, e ainda transpondo a Diretiva nº2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios [13].

A crise financeira, em Portugal, provocou um abrandamento no bom desempenho que vinha a ser registado. Este abrandamento pode ser observado pela queda de 15 lugares de Portugal na avaliação dos EU-28. Em 2012, ocupava o 6º lugar na avaliação da evolução das políticas de eficiência energética e, em 2015, ocupava o 21º lugar, demonstrando um mau desempenho durante estes 3 anos. O sector publico foi uma das áreas mais afetadas, pela crise financeira, sendo o investimento feito pelo sector publico na eficiência energética um dos mais baixos [14].

## **2.4. Transportes**

Em Portugal, no setor dos transportes, o transporte individual é ainda dos mais utilizados de entre os vários existentes. Este tipo de transporte é muito poluente e dispendioso, fazendo com que a ineficiência do sector aumente, assim como a dependência excessiva de combustíveis fósseis, que o país não produz.

A situação atual do país, relativamente às emissões gasosas e aos sucessivos aumentos de preço da energia, torna necessário um aumento do investimento nos transportes coletivos de passageiros e nos de mercadorias, mas também o desenvolvimento de biocombustíveis.

A aposta nos biocombustíveis é apontada como uma solução para o problema das emissões de GEE em Portugal e na Europa.

Segundo o estudo “Avaliação do Impacto Global da Primeira Fase do Metro do Porto”, o metro do Porto é um bom exemplo de como os transportes coletivos podem ser uma grande ajuda na mobilidade, assim como no consumo de energia, quando existe uma boa coordenação com os restantes meios de transportes coletivos. Na Área Metropolitana do Porto- AMP, antes do aparecimento do metro, cerca de 61% das pessoas utilizavam o automóvel como forma de se deslocarem, 30% o autocarro e 9% o comboio. Com o aparecimento do metro, cerca de 65,4% das pessoas que utilizavam outros tipos de transportes passaram a utilizar com frequência o metro sendo que, destes, 23,6% utilizavam transporte individual. Estima-se que aproximadamente 11.000 veículos tenham deixado de circular diariamente na AMP, havendo assim benefícios sociais e ambientais [15].

A Rede de Mobilidade Elétrica, surge em Portugal, motivada pela crescente dependência energética do petróleo e pelo impacto que daí resulta. Esta rede está integrada entre vários postos existentes em território nacional, dinamizada pela plataforma tecnológica MOBI.E e que permite o abastecimento dos veículos elétricos, mediante a utilização de um cartão de carregamento. Pretende-se com este novo paradigma de mobilidade, diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> melhorando a qualidade do ar e reduzir a dependência energética do país. A par disto, a aposta na mobilidade elétrica visa estimular a criação de novos modelos de negócio associados ao *cluster* da mobilidade, bem como potenciar o desenvolvimento tecnológico dos sistemas de gestão de rede, das infraestruturas energéticas e dos componentes automóveis, como baterias, *powertrains* e materiais mais leves e recicláveis [16].

A área dos Transportes integra os seguintes programas de melhoria da eficiência energética:

- Eco Carro, que agrega as medidas direcionadas para a melhoria da eficiência energética nos veículos;
- Mobilidade Urbana, que abrange as medidas relacionadas com a necessidade de incentivar a utilização de transportes coletivos e de modos suaves de transporte em detrimento de transporte individual motorizado, com um enfoque particular nas zonas urbanas;

- Sistema de Eficiência Energética nos Transportes, que integra medidas que visam dinamizar a utilização das redes ferroviárias de passageiros, bem como a gestão energética das frotas de transportes [12].

## 2.5. Agricultura e Comportamentos

A área da Agricultura é abrangida por um programa designado Eficiência Energética no Sector Agrário e tem como objetivo agrupar e dinamizar as ações realizadas neste sector com vista a induzir a redução de consumos energéticos.

A produção própria de eletricidade a partir de sistemas fotovoltaicos é uma alternativa cada vez mais usada pelos agricultores portugueses para reduzirem a sua fatura elétrica mensal, um recurso sobretudo na iluminação autónoma de cercas elétricas ou sistemas autónomos de alimentação elétrica em locais que estejam muito afastados da rede, como lagares de azeite, celeiros ou armazéns de refrigeração de frutas [17].



**Figura 3: Sistema fotovoltaico aplicado à agricultura [17].**

A área dos Comportamentos integra medidas que visam promover hábitos e atitudes de consumidores energeticamente eficientes, como sejam a recomendação de produtos eficientes, através de campanhas de sensibilização e comunicação [5].



# 3. Legislação

## 3.1. Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020)

O Governo definiu as grandes linhas estratégicas para o sector da energia, estabelecendo a Estratégia Nacional para a Energia (aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de abril de 2010, que substitui a anterior Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de outubro.) [18]

A ENE estabelecida tem como objetivos para 2020:

- Reduzir a dependência energética do país face ao exterior (passar de 83-85%, em média, nos últimos anos, para 74% em 2020).
- Cumprir os compromissos para 2020 assumidos por Portugal no contexto europeu (31% de fontes de energia renovável no consumo de energia final, redução de 20% do consumo de energia final).
- Reduzir o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas (redução de 20% face a 2008- equivalente a redução de importações de 2.000M€ anuais).

- Consolidar o *cluster* das energias renováveis em Portugal (assegurar um Valor Acrescentado Bruto de 3.800 M€ em 2020, criar mais 100.000 novos postos de trabalho, a acrescer aos 35.000 já existentes).
- Continuar a desenvolver os sectores associados à promoção da eficiência energética (assegurar a criação de 21000 novos postos de trabalho, gerar um investimento previsível de 13.000 M€ até 2020 e exportações adicionais de 400 M€).
- Promover o desenvolvimento sustentável (criar condições para o cumprimento das metas de redução de emissões assumidas pelo País).

As opções de política energética definidas para a ENE 2020 assumem-se como um fator de crescimento de economia, de promoção da concorrência nos mercados da energia, de criação de valor e de emprego qualificado em sectores com elevada incorporação tecnológica. Pretende-se manter Portugal na fronteira tecnológica das energias alternativas, potenciando a produção e exportação de soluções com elevado valor acrescentado, que permitam ainda diminuir a dependência energética do exterior e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa.

A ENE 2020 assenta sobre cinco eixos principais que nela se desenvolvem e detalham, traduzindo uma visão, um conjunto de prioridades e um enunciado de medidas que as permite concretizar.

- Eixo 1- A ENE 2020 é uma agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira.
- Eixo 2- Aposta nas energias renováveis.
- Eixo 3- Promoção da eficiência energética.
- Eixo 4- Garantia da segurança de abastecimento.
- Eixo 5- Sustentabilidade económica e ambiental.

### **3.2. Plano Nacional de Ação**

O PNAEE e o PNAER são instrumentos de planeamento energético que estabelecem o modo de alcançar as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal em matéria de eficiência energética e de utilização de energia proveniente de fontes renováveis. Para além da densificação das metas a atingir, os referidos Planos identificam

ainda as barreiras existentes, bem como o potencial de melhoria em matéria de eficiência energética e de incorporação de energia proveniente de fontes renováveis nos vários sectores de atividade, com vista ao estabelecimento dos programas e medidas mais adequados à observância dos referidos compromissos, tendo em conta a realidade nacional. [19]

### Plano Nacional de Ação Para a Eficiência Energética [19]

No âmbito da aprovação da ENE 2005, surge o PNAEE, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº80 de 20 de maio de 2008, contemplando um conjunto de medidas que pretendem a redução do consumo final de energia em 10% até 2015. Neste plano são contempladas quatro áreas específicas de atuação: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado, e três áreas transversais: Comportamentos, Fiscalidade e Incentivos e Financiamento.



Figura 4:Programas do Portugal Eficiência 2015 [20].

A revisão feita ao PNAEE 2008, com base numa análise de impacto a todas as medidas previstas, de acordo com as normas europeias sobre monitorização e planos de eficiência energética, resultou na continuidade da maioria das medidas previstas no PNAEE de 2008 para o PNAEE 2016, ainda que algumas sofram alterações das respetivas metas, ou até a introdução ou extinção de algumas ações previstas, em função do estado e potencial de implementação face ao respetivo custo económico.

O PNAEE 2016 passa a abranger seis áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Estas agregam um total de 10 programas, que integram um leque de medidas de melhoria da eficiência energética, orientadas para a procura energética, e que, de uma forma quantificável e monitorizável, visam alcançar os objetivos propostos.

**Tabela 1: Áreas e programas do PNAEE 2016 [19].**

		ÁREAS					
		Transportes	Residencial e Serviços	Indústria	Estado	Comportamentos	Agricultura
PROGRAMAS	Eco Carro		Renove Casa & Escritório	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Eficiência Energética no Estado	Comunicar Eficiência Energética	Eficiência no setor Agrário.
	Mobilidade Urbana		Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios				
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes		Solar Térmico				

A área da Indústria é abrangida por um programa designado por Sistema de Eficiência Energética na Indústria, que inclui a revisão do SGCIE que será objeto de análise neste capítulo, continuando a destacar -se as medidas transversais no setor industrial e outras medidas setoriais para a eficiência no processo industrial.

### 3.3. SGCIE

- **Decreto – Lei nº 71/2008, de 15 de abril – SGCIE [21]**

O decreto de lei designado por SGCIE foi criado no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos de energia das instalações intensivas de energia, classifica como Consumidoras Intensivas de Energia-CIE as indústrias que no ano anterior tiverem registado um consumo de energia superior de 500 tep/ano. Contudo, as indústrias que não apresentem este valor de consumo energético, mas que pretendam de forma voluntária realizar acordos de racionalização, podem aplicar também este decreto de lei.

O processo do SGCIE inicia-se com a separação das instalações em CIE superior ou igual a 1000tep/ano, e inferior a 1000 tep/ano, sendo após esta diferenciação estabelecido o tempo do processo assim como a meta de redução. Está prevista, a realização periódica de auditorias energéticas e a promoção do aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis.

Após o registo da instalação e a realização de uma auditoria está previsto que seja feito o Plano de Racionalização do Consumo de Energia- PREn, acordando com a Direção Geral de Energia e Geologia- DGEG a racionalização dos consumos, permitindo o alcance das metas de redução de consumos de energia. O PREn tem em conta os relatórios das auditorias energéticas obrigatórias e deve prever medidas realísticas que levam ao aumento da eficiência energética da instalação.

Devem ser estabelecidas metas para os indicadores, Intensidade Energética- IE, Intensidade Carbónica- IC e Consumo Especifico de Energia- k. Estas metas são dependentes do tipo de consumidora em que a instalação se enquadra:

- Melhoria do IE de 6%, em 8 anos, quando se trata de instalações com CIE superior ou igual a 1000tep/ano
- Melhoria IE de 4%, em 8 anos, quando se trata de instalações com CIE inferior a 1000tep/ano [22].

A figura a seguir apresenta o plano a seguir, conforme o tipo de CIE em que se encontra o caso em estudo.

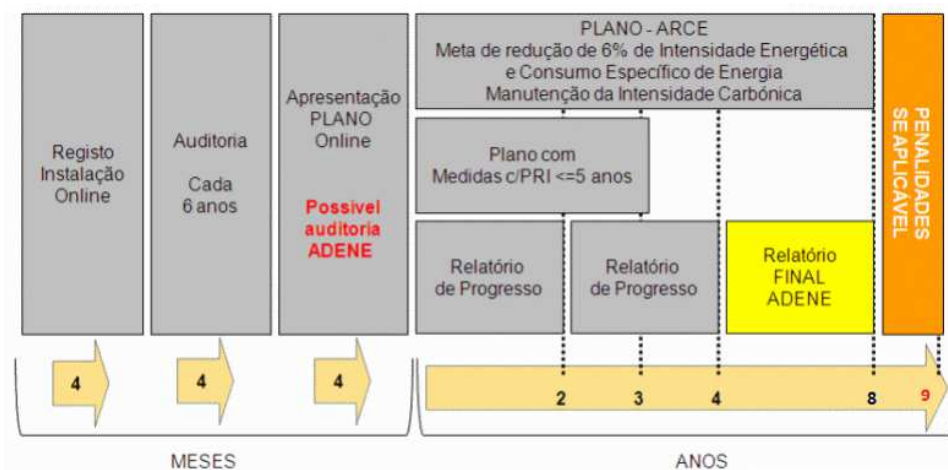


Figura 5: Diagrama do SGCIE para CIE > 1000tep/ano [23].

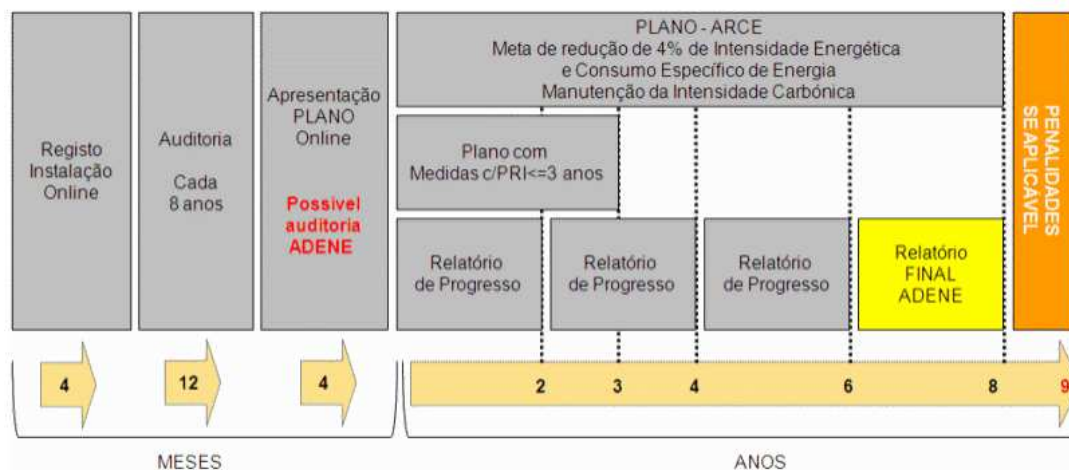


Figura 6: Digrama do SGCIE para CIE < 1000 tep/ano [23].

A figura a seguir mostra como devem ser calculados os indicadores acima referidos.

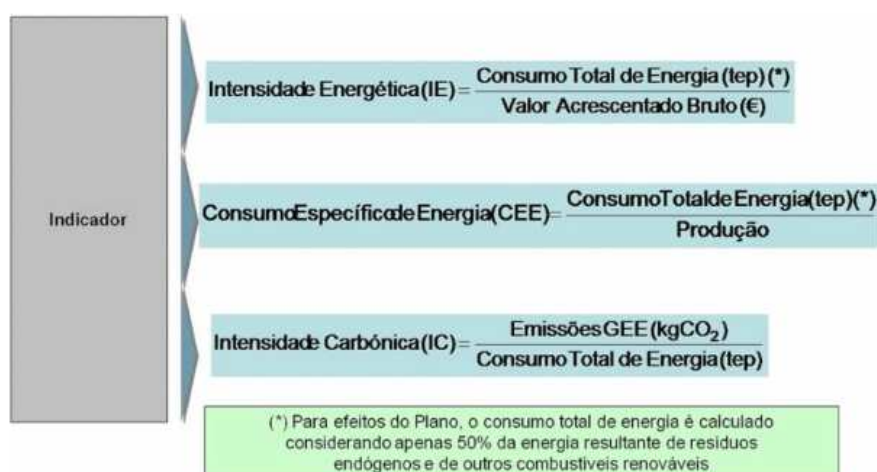
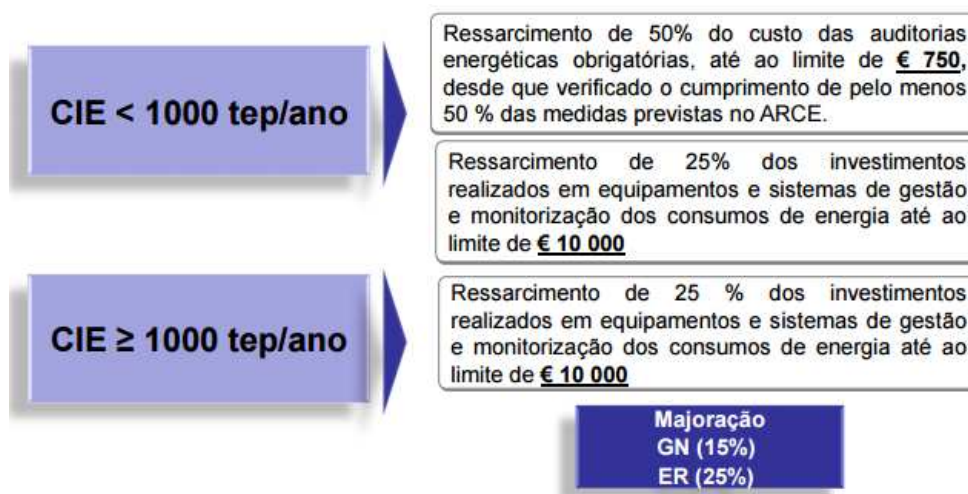


Figura 7: Fórmulas de cálculo dos indicadores [22]

O operador de instalação abrangido por Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia- ARCE beneficia dos seguintes estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética:

- 25% dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia (limite de 10.000 €);
- Para empresas que usem apenas gás natural e ou energias renováveis, os limites são majorados em 25% nas renováveis ou 15% no caso do gás natural;

- Isenção de ISP para instalações sujeitas ao Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão- PNALE ou a um ARCE;
- No caso de CIE com consumos inferiores a 1.000 tep/ano, podem ainda ser ressarcidos de 50% do custo das auditorias obrigatórias (limite de 750 €) desde que, a partir do relatório de execução e progresso, se verifique o cumprimento de pelo menos 50% das medidas previstas no ARCE; [22]

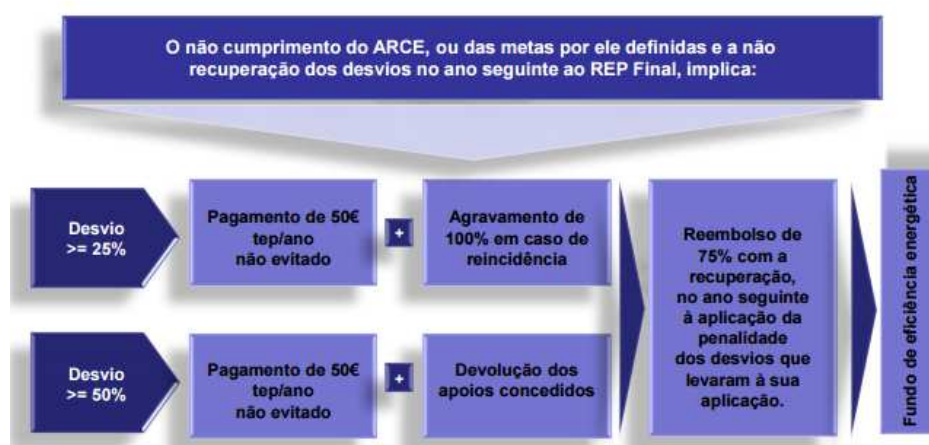


**Figura 8: Incentivos Financeiros [23]**

O não cumprimento do ARCE, ou das metas por ele definidas, e a não recuperação dos desvios no ano seguinte ao Relatório de Execução de Progresso (REP) Final, implica as seguintes penalidades:

- O Desvio  $\geq 25\%$  pagamento do montante de € 50 por tep/ano não evitado, o qual é agravado em 100 % em caso de reincidência;
- O Desvio  $\geq 50\%$  pagamento do montante de € 50 por tep/ano não evitado, bem como a devolução dos apoios concedidos;

- Reembolso de 75% com a recuperação, no ano seguinte à aplicação da penalidade dos desvios que levaram à sua aplicação. [23]



**Figura 9:Penalidades [23]**

São devidas taxas pelos atos e nos montantes a seguir indicados:

- Pela apreciação e acompanhamento do PReN —350 €, no caso de instalações com consumos inferiores a 1000 tep/ano e 750 € no caso de instalações com consumos iguais ou superiores a 1000 tep/ano, agravados em 50 % nos casos previstos no n.º 3 do Artigo 8.º do Decreto-Lei nº 71/2008;
- Pela credenciação de técnicos —200 €, e no caso da credenciação de entidades ou pessoas coletivas este valor é elevado ao dobro. No caso de prorrogações não automáticas, estes valores são reduzidos a 75 €. [23]



Figura 10:Taxas [23]

São intervenientes no processo a Direção Geral de Energia e Geologia-DGEG, a Direção Geral das Alfandegas 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. [21]

- A DGEG supervisiona e fiscaliza o funcionamento do SGCIE e exercer as demais competências que lhe estão cometidas pelo presente decreto-lei.
- À DGAIEC compete a concessão e controlo das isenções do ISP.
- É atribuída à ADENE a gestão operacional do SGCIE, cabendo-lhe, nomeadamente:
  - Assegurar o funcionamento regular do sistema;
  - Organizar e manter o registo das instalações CIE;
  - Receber os planos de racionalização do consumo de energia, submetendo-os à aprovação da DGEG;
  - Receber e analisar os pedidos de credenciação de técnicos ou entidades, submetendo-os à aprovação da DGEG;
  - Acompanhar a atividade dos operadores e técnicos no âmbito do cumprimento da disciplina do presente decreto-lei. [21]

A ADENE apresenta à DGEG e DGAIEC, até 31 de março de cada ano, relatório anual sobre a atividade desenvolvida e o funcionamento do sistema. [21]

O operador que explore instalações CIE fica sujeito às seguintes obrigações:

- Promover o registo das instalações;
- 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 as de redução da fatura energética.
- 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;
- Executar e cumprir os PREn aprovados, sob a responsabilidade técnica de um técnico credenciado. [21]

O operador que explore instalações CIE sujeitas ao PNALE fica isento do cumprimento das obrigações acima referidas. [21]

- **Portaria n.º 519/2008, de 25 de junho - Credenciais de técnicos e entidades**

O diploma que regula o SGCIE, instituído com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações CIE, prevê que os 37 operadores, para cumprirem as obrigações decorrentes deste decreto-lei, devem recorrer a técnicos ou entidades credenciadas pela DGEG e remeteu para portaria do membro do Governo responsável pela economia a aprovação dos requisitos de habilitação e experiência profissional a observar para a credenciação desses técnicos ou entidades. Nesse sentido, os requisitos mínimos de habilitação e experiência profissional a ter em conta na credenciação de técnicos e entidades são os seguintes:

- Técnico auditor energético e autor de planos de racionalização e de relatórios de execução e progresso:
  - Habilitação com o curso de Engenheiro, reconhecido pela Ordem dos Engenheiros, ou com o curso de Engenheiro Técnico, reconhecido pela Ordem dos Engenheiros Técnicos;
  - Experiência profissional adequada;
  - Ter à disposição aparelhos de medida e controlo necessários para o efeito. [24]

- Entidade auditora energética e autora de planos de racionalização e de relatórios de execução e progresso:
  - Ter como fim estatutário atividade relacionada com a consultoria e projeto (auditoria ou elaboração de projetos de instalações industriais) na área da energia;
  - Fazer prova de que possui ao seu serviço técnico ou técnicos reconhecidos conforme exigido no ponto anterior. [24]
  
- **Despacho n.º 17313/2008, de 26 de junho – Fatores de conversão para tep e fatores para intensidade carbónica**

O presente despacho apresenta os fatores de conversão para tonelada equivalente petróleo (tep) de teores em energia de combustíveis selecionados para utilização final, bem como dos respetivos fatores para cálculo da Intensidade Carbónica pela emissão de gases com efeito de estufa, referidos a quilograma de CO<sub>2</sub> equivalente (kgCO<sub>2</sub>e). [25]

Os Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis estão representados na Figura 9.

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (gCO <sub>2</sub> /kWh)	FE (gCO <sub>2</sub> /kg)
Ártrite	26,7	0,638	98,2	4111,4
Bacano / Alcanfo	40,2	0,96	89,6	3374,6
Biogásolina + Biodiesel	27	0,645	0	0,0
Braquetes de madeira	20	0,478	101,1	4232,9
Braquetes de turfa	16 — 16,8	0,387 — 0,401	105,9	4433,8
Carvão betuminoso	25,8	0,616	94,5	3956,5
Carvão sub-betuminoso	18,9	0,451	96,0	4019,3
Carvão vegetal	29,5	0,705	0	0,0
Combustível para motor (gasolina)	44 — 45	1,031 — 1,073	69,2	2807,3
Coque de Carvão	28,2	0,674	94,5	3956,5
Coque de forno / lignite ou gás	28,2 — 28,5	0,674 — 0,681	107	4479,9
Coque de Petróleo	31 — 32,5	0,740 — 0,776	97,3	4082,1
Etano	46,4	1,108	61,6	2579,1
Fuelóleo pesado	40 — 40,4	0,955 — 0,965	77,3	3236,4
Fuelóleo	41,2	0,984	77,3	3236,4
Gás de Alto Forno	2,5	0,060	259,4	10860,6
Gás de coqueira e de fábricas de Gás	38,7	0,924	44,7	1871,5
Gás de forno de acenta a oxigênio	7,1	0,170	171,8	7182,9
Gás de petróleo liquefeito	46 — 47,3	1,069 — 1,130	63,0	2637,7
Gás de Refinaria	49,5	1,182	51,3	2147,8
Gás natural (superior a 93% de metano)	47,3 — 48	1,137 — 1,146	56,1	2348,8
Gás natural liquefeito	44,2 — 45,2	1,056 — 1,080	64,1	2683,7
Gás natural (1)	45,1	1,077	64,1	2683,7
Gases de atero/ lamas de depuração e outros biogases	30,4	1,204	0	0,0
Gasóleo / Diesel	42,3 — 43,3	1,010 — 1,034	74,0	3098,2
Hulla	17,2 — 30,7	0,411 — 0,733	97,5	4082,1
Lignite castanho	5,6 — 10,5	0,134 — 0,231	101,1	4232,9
Lignite negro	10,0 — 21	0,239 — 0,502	101,1	4232,9
Lubrificantes, ceras parafinicas e outros produtos Petrolíferos	40,2	0,960	73,3	3068,9
Madeira / resíduos de Madeira	13,8 — 15,6	0,330 — 0,373	0	0,0
Matérias-primas para refinaria	48	1,027	73,3	3068,9
Metano	50	1,194	54,9	2298,6
Monóxido de Carbono	10,1	0,241	155,2	6497,9
Nafra química / Condensados da gasolina	44,5	1,065	73,3	3068,9
Óleo de xisto	38,1	0,910	73,3	3068,9
Óleos usados	40,2	0,960	73,3	3068,9
Orimulsão	27,5	0,657	76,9	3219,6
Outra biomassa primária sólida	11,6	0,277	0	0,0
Outros biocombustíveis Líquidos	27,4	0,654	0	0,0
Peletes / braquetes de madeira	16,8	0,401	0	0,0
Petróleo Bruto	42,3	1,01	73,3	3068,9
Quecoseae	43,8	1,046	71,8	3006,1
Resíduos Industriais	7,4 — 10,7	0,177 — 0,256	142,9	5982,9
Turfa	7,8 — 13,8	0,186 — 0,330	105,9	4433,8
Nafra betuminosa	8 — 9	0,191 — 0,215	106,6	4463,1

(1) Peso específico do Gás Natural é de 0,8404 kg /m<sup>3</sup>

Figura 11: Poderes caloríficos e Fatores de Emissão para Combustíveis [23]

Para outros combustíveis primários sólidos, líquidos ou gasosos não referidos, na Figura 11, é usada a expressão seguinte, que transforma o valor do PCI do combustível de MJ/kg para tep/t:

Equação 1: Cálculo do PCI

$$PCI(tep/t) = PCI (MJ/kg) / 41.868$$

Esta expressão considera a conversão termodinâmica de tep em MJ utilizada pela Agência Internacional da Energia (1 tep = 41 868 MJ). [25]

No caso da energia elétrica, para a conversão considera-se o rendimento elétrico médio (η<sub>elétrico</sub>) das centrais termoelétricas que usam combustíveis fósseis. Para a converter kWh de energia elétrica para tep é utilizada a seguinte fórmula:

## Equação 2: Conversão da energia elétrica para tep

$$\text{Energia eléctrica}(tep/kWh) = \eta_{eléctrico} / 86 * 10^{-6}$$

Para efeitos deste Despacho e de acordo com o Anexo II da Diretiva 2006/32/CE, o valor de  $\eta_{eléctrico}$  é igual a 0,4 pelo que  $1 \text{ kWh} = 215 \times 10^{-6} \text{ tep}$  [14] [25].

Na Figura 10 é possível verificar algumas equivalências energéticas de referência.

Energia Eléctrica	1000 tep/ano	4.651.163 kWh
	500 tep/ano	2.325.581 kWh
Fuelóleo	1000 tep/ano	1.016 t
	500 tep/ano	508 t
Gás Natural	1000 tep/ano	928,5 t 1.104.837 Nm <sup>3</sup>
	500 tep/ano	464,25 t 552.419 Nm <sup>3</sup>
Gás de Petróleo Liquefeito	1000 tep/ano	885 t
	500 tep/ano	442,5 t

Figura 12: Equivalências energéticas de referência [23].

- **Auditorias Energéticas obrigatórias para empresas não PME - Decreto de Lei 68-A/2015 de 30 de abril**

O presente decreto de lei é a segunda alteração ao SGCIE, apresentando algumas alterações aos dois anteriores, mantendo sempre o objetivo primórdio de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações CIE [26].

As empresas não PME, neste decreto, deveriam ser alvo de uma auditoria energética, até 5 de dezembro de 2015, de acordo com o anexo IV do presente decreto de lei, seguidamente pelo menos de quatro em quatro anos a contar da última [26].



**Figura 13: Auditorias Energéticas obrigatórias para empresas não PME [27].**

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 [26].

As empresas que não sejam PME devem registar -se junto da Direção-Geral de Energia e Geologia (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 referidos consumos [26].

As empresas que não sejam PME devem ainda registar, de quatro em quatro anos, os seus consumos de energia relativos aos anos anteriores, ainda que, ao abrigo do n.º 8 do artigo anterior, estejam dispensadas de realizar auditorias energéticas, bem como as auditorias energéticas realizadas nos termos do artigo anterior:

- No portal do SGCIE, para as unidades industriais;
- No portal do SCE, para edifícios de habitação e de comércio e serviços;
- No portal do RGCE Transportes, para os transportes [26].

# 4. *Checklist*

## 4.1. Introdução

A gestão energética nas empresas é fundamental para uma utilização racional dos combustíveis e da energia elétrica. No entanto, para que seja eficaz, tem de se basear em dados concretos.

Um processo de auditoria energética de uma qualquer instalação exige um conhecimento profundo da mesma. É necessária a identificação das diferentes áreas de trabalho, como escritórios, armazéns, oficinas, áreas produtivas, entre outras, assim como o conhecimento dos processos e consumos de energia da instalação, bem como de cada área diferenciada.

Neste capítulo, serão apresentadas duas fases do processo de elaboração de uma *checklist* de apoio à realização de auditorias energéticas. Esta poderá ser adaptada a qualquer processo de auditoria energética, desde que realizadas as alterações apropriadas a cada caso específico.

Optou-se pela elaboração da *checklist* no sentido de criar um documento de apoio e orientação do processo de auditoria. Ao longo das visitas às instalações, esta poderá sofrer alterações decorrentes do conhecimento adquirido, com o objetivo de a tornar mais adequada ao processo em curso.

## 4.2. Primeira fase

Inicialmente a informação que o auditor tem sobre a instalação é pouca, ou praticamente nenhuma, tornando a elaboração de uma *checklist* específica muito improvável.

Assim sendo, deve ser programada uma reunião com os responsáveis da empresa em questão, a fim de recolher dados que permitam um conhecimento sobre a instalação, mas também os objetivos esperados pelos responsáveis da empresa. Nesta visita é essencial a recolha de informação sobre toda a instalação, tais como, dados de produção, horários, utilidades, tipos de energia utilizada, etc.

Seguidamente são apresentados alguns dos tópicos que devem ser abordados durante este encontro:

- Diagrama de fabrico: numa primeira aproximação da instalação, deve ser feita uma análise da linha de produção de cada secção e caso exista, a empresa deve disponibilizar os diagramas de fabrico, sendo com isto possível a desagregação dos consumos. Deve, também, ser discriminado o tipo de energia utilizada em cada secção.
- Separação por secção: é pretendido o conhecimento da divisão das secções da empresa. Independentemente do processo de fabrico a que os equipamentos estão associados, estes devem ser agrupados de acordo com a secção a que pertencem.
- Horário de funcionamento: devem ser facultados os horários de cada secção, assim como de todos os espaços onde ocorram consumos de energia.
- Utilidades: conhecimento de todos os sectores essenciais ao funcionamento da instalação.
- Produção: sempre que possível, é essencial a recolha detalhada dos valores de produção. No caso de existirem produtos diferentes, devem também ser fornecidos os valores destes separadamente.
- Motores: caso existam nas instalações, deve ser recolhida toda a informação possível, podendo ser a informação existente nas chapas características.

- Energia: devem ser disponibilizadas faturas energéticas, dos diferentes tipos de energia utilizados no processo de produção, assim como diagramas de carga, bem como outra informação que possa ser considerada relevante

Diagrama de fabrico: informação da constituição da empresa (fluxograma de produção), mas também o tipo de energia utilizada por cada área identificada.	
Separação por secções: identificar e separar os equipamentos e componentes em cada secção das instalações, e os tipos de energia utilizados por cada um destes equipamentos.	
Devem também ser tomadas notas sobre possíveis alterações de processo que possam ter ocorrido	
Horário de funcionamento: conhecimento do horário de funcionamento de cada sector da empresa.	
Utilidades: (aquilo que é essencial para o funcionamento da empresa).	
Na <u>iluminação</u> podem ser feitas leituras pontuais, de forma a verificar a adequabilidade da iluminação presente. Pretende-se saber também o tipo de lâmpadas, tipo de armadura e número de armaduras.	
No <u>ar comprimido</u> , já foram implementadas algumas medidas, sendo desta forma pretendido verificar a adequabilidade, funcionamento e resultados destas medidas. Deve também verificar-se os compressores de ar comprimido existentes, assim como a potência dos motores, regulação, arrefecimento, a existência de um secador de ar refrigeração, tal como a existência e capacidade de um depósito de ar comprimido.	
Nas <u>necessidades de arrefecimento</u> , pretende-se quantificar o número de sistemas, assim como a sua potência.	
<u>Produção</u> : nesta fase o objetivo é ter um maior conhecimento sobre os valores de produção, a quantidade de matéria-prima, stock e stock intermédio.	
<u>Motores</u> : onde se pretende retirar toda a informação possível das chapas características.	
Verificar a existência e utilização mínima do <u>Gerador de energia</u> , assim como a faturação do gasóleo utilizado para a utilização mínima.	

Figura 14: Listagem de tópicos da *checklist*.

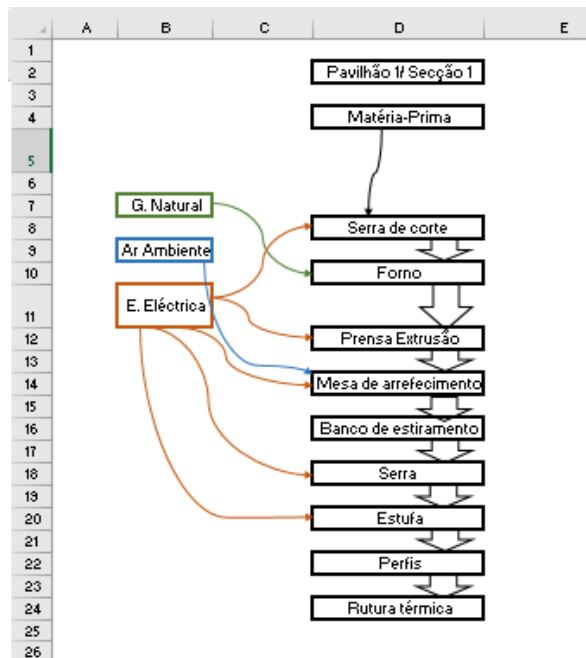
No anexo A é apresentada a forma escolhida para organizar os tópicos na primeira visita.

Para o caso de estudo foi construído um ficheiro em Excel, no sentido de facilitar a organização da informação recolhida, e da que futuramente irá ser recolhida. O documento está separado pelos tópicos acima descritos, que estão distribuídos pelas várias folhas do ficheiro. A figura 14 resume os tópicos da *checklist*.

Optou-se pelo formato Excel para organizar toda a informação recolhida, mas também para o desenvolvimento continuado da *checklist*.

Nas três primeiras folhas é feito o tratamento da informação recolhida, que é apresentada de uma forma organizada e precisa, de acordo com os objetivos da empresa em questão.

Na primeira folha é apresentado o diagrama de fabrico/ fluxograma do processo, conforme mostrado na figura 15, onde estão identificadas as diferentes áreas, conforme o tipo de tratamento, mas também a forma de energia utilizada em cada uma dessas áreas.



**Figura 15: Folha 1 - Diagrama de fabrico.**

A segunda folha, conforme demonstrado na figura 16, contém a divisão dos equipamentos por cada secção. Quando possível, devem ser detalhados os componentes de cada equipamento, assim como a identificação da forma de energia utilizada por cada um.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		Sector	Equipamento	o que verificar?	V	NV	observações	Outras considerações		
2		Prensa 1	Forno de biteles	Validar os equipamentos em cada secção.						
3			Serra de lingotes							
4			Prensa Extrusão 1							
5			Frono de Matrizes 1							
6			Frono de Matrizes 2							
7			Robô							
8			Puller							
9			Esticador e mesa							
10			Ventiladores							
11			Serra de perfis e							
12		Estufa de envelhecimento								
13		Prensa 2	Forno de lingotes							
14			Prensa extrusão 2							
15			Frono de matrizes 2							
16			Prensa de extração de matrizes							
17			Serra de puller							
18			Mesa							
19			Tunél de frio							
20			Ventiladores							
21			Enfardadeira							
22			Serra de perfis							
23		Esticador fixo e movel								
24		Empilhadora de carros de caminho de cestas								
25		Equipamento por setor	Frono de envelhecimento							
26			Forno de lingotes							
27			Forno de matrizes							
28			Prensa de extrusão 3							
29			Prensa extratora de matrizes							
30			Puller superior							
31			Tunél de frio							
32		Ventiladores								
			Serra de corte a quente							

Diagramas de fabrico    **Separações por setor**

**Figura 16: Folha 2 - Separação por sector.**

De seguida, na folha três, conforme demonstrado na figura 17, estão organizados os horários de cada área da empresa, podendo estes serem distintos em função da sua secção. É obrigatória também a indicação dos turnos, caso existam.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		Sector	Horário	o que verificar?	V	NV	Observações	Outras considerações		
2	Horário de funcionamento	Administração/ Comercial	9h-13h e 14h-18h	Validar os horários de funcionamento, em cada setor.						
3					06h-14h					
4		Prensa 1 (3 turnos)	14h-22h							
5					22h-6h					
6					22h-6h					
7		Ruptura térmica (1 turno)	6h-14h							
8					14h-22h					
9		Prensa 2 (3 turnos)	22h-6h							
10					6h-14h					
11					14h-22h					
12		Prensa 3 (2 turnos)	6h-14h							
13					14h-22h					
14					8h-12h e 13h-17h					
15			Manutenção							
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										

Diagramas de fabrico    Separações por setor    **Horário de funcionamento**    Utilidades    Produção    Forma de energia

**Figura 17: Folha 3 - Horário de funcionamento.**

### 4.3. Segunda fase

Nesta fase, é feita a análise cuidada da informação recolhida, sendo já possível perceber as primeiras oportunidades de redução de consumos energéticos.

Para esta segunda visita, agora com o conhecimento do processo, criou-se uma *checklist* específica e objetiva das medições a realizar.

A organização dos tópicos está de acordo com as prioridades da empresa em estudo, em outros casos a ordem em que os tópicos se organizam pode ser diferente, dependendo das necessidades e objetivos de cada empresa.

A folha quatro, como demonstrado na figura 18, é dedicada às utilidades, (áreas, secções, processos ou até equipamentos essenciais ao normal funcionamento da empresa) também estas alvo de análise.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
1	Requisitos		Leitura pontual 1		Leitura pontual 2		Leitura pontual 3		Horas de funcionamento	o que verificar?	V	NV	observações	Outras considerações					
2			T (°C)	Im	T (°C)	Im	T (°C)	Im											
3	Iluminação	Administração								Verificar se a iluminação presente nestas zonas é a adequada ao tipo de atividade efetuado nestas zonas.									
4		Prensa 1																	
5		Ruptura térmica																	
6		Prensa 2																	
7		Prensa 3																	
8		Exterior																	
9		Zona de circulação																	
10		Medidas								Verificar se as medidas implementadas estão a ser levadas a cabo, no caso de estarem a ser levadas a cabo se estão a ter resultados positivos, e esse adequam ao tipo de empresa e trabalho									
11	Ar comprimido	Validar as medidas implementadas																	
12		Adequação das medidas																	
13		Resultados das medidas positivas																	
14	Arrefecimento		Tipo de sistema	Nº de sistemas	Potência														
15		Secção Prensa 1	Bombas de permuta ar/água						Saber a função de cada um dos equipamentos de										
		Ventiladores																	

Figura 18: Folha 4 – Utilidades.

Com a folha cinco, como demonstrado na figura 19, pretende-se um estudo pormenorizado da produção, da quantidade de matéria-prima que entra na empresa, e respetiva distribuição por secção e processo, quantidade de produto final para venda e da quantidade em *stock*. É

também tida em conta toda a matéria-prima que é desperdiçada por defeito ou qualquer outro motivo, podendo ter como fim a transformação em sucata ou lixo.

Para os casos em que existe uma quantidade de material reservado durante o processo de produção, deve ser contabilizada a energia, proporcional aos processos sofridos, e tido em consideração o fuso horário em que ocorre.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Requisitos	o que verificar?	V	NV	observações	Outras considerações			
2	Produção	Quantidade de matéria- que entra na secção 1 (em ton)	Verificar a quantidade de materia que entra na extrusora para ser transformada em perfis, não a quantidade de materia que a empresa compra.							
3		Quantidade de matéria- que entra na secção 2 (em ton)								
4		Quantidade de refugo (material não aproveitado à saída da extrusora) (em ton)	Saber a quantidade de material que não é utilizado para produzir mais nenhum perfil, podendo ter como fim a sucata ou até o lixo .							
5		Quantidade de produto em stock intermédio (em ton)	Verificar a quantidade de material que por algum motivo fica reservado em alguma zona da linha de produção dos perfis, para ser utilizado mais tarde.							
6		Quantidade de produto que entra em armazem (em ton)	Verificar a quantidade de materia que entra no armazem, com origem a linha de produção, para venda ou stock							
7										

Diagramas de fabrico | 
 Separações por setor | 
 Horário de funcionamento | 
 Utilidades | 
 **Produção**

**Figura 19: Folha 5 – Produção.**

Por cada quantidade de material reservado é consumida uma determinada quantidade de energia. A contabilização acima descrita, permite ter uma noção realista dos consumos num determinado espaço de tempo, mas também poderá ajudar a desagregar os consumos de cada fase do processo.

As folhas seguintes são dedicadas às formas de energia. Nestas, a determinação dos consumos de energia é a principal preocupação. A familiaridade com os consumos de cada área ou secção deve ser a maior possível. A desagregação dos consumos só é possível quando o nível do conhecimento das áreas é levado ao detalhe, permitindo assim maior sucesso na sua redução.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Seção	Equipamento	Leitura pontual 1	Leitura pontual 2	Leitura pontual 3	Potência (kW)	Horas de funcionamento	o que verificar?		V	NV	observações	Outras considerações								
1																				
2		Serra de lingotes																		
3		Forno de Billetes																		
4		Presso Extrusão 1																		
5		Frono de Matrizes 1																		
6		Frono de Matrizes 2																		
7		FioBô																		
8		Puller																		
9		Esticador e mesa																		
10		Ventiladores																		
11		Serra de perfil e encostador																		
12		Estufa de envelhecimento																		
13		Forno de lingotes																		
14		Presso extrusão 2																		
15		Frono de matrizes 2																		
16		Presso de extração de matrizes																		
17		Serra de puller																		
18		Mesa																		
19		Tundê de frio																		
20		Ventiladores																		
21		Enfardadeira																		
22		Serra de perfil																		
23		Esticador fixo e movel																		
24		Empilhadora de carros de caminho de costas vazias																		
24		Forno de envelhecimento																		

Diagramas de fabrico | Separações por setor | Horário de funcionamento | Utilidades | Produção | **Forma de energia E.**

Figura 20: Folha 6 - Exemplo de folha da forma de energia.

O estudo dos motores, presente na figura 21, tem como intuito perceber se estes estão bem dimensionados. Esta questão é de grande relevância para o consumo energético da instalação. O mau dimensionamento dos mesmos pode provocar o consumo excessivo, nas funções correntes da sua atividade.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Requisitos				o que verificar?	V	NV	observações	Outras considerações									
1																	
2			Potência														
3			Estrela	Tensão													
4		Arranque	Corrente														
5			Triângulo	Tensão													
6			Corrente														
7			Frequência														
8			Rotação (rpm)														
9			Arrancador suave														
10			Variador eletrónico de velocidade														
11			Potência														
12			Estrela	Tensão													
13		Arranque	Corrente														
14			Triângulo	Tensão													
15			Corrente														
16			Frequência														
17			Rotação (rpm)														
18			Arrancador suave														
19			Variador eletrónico de velocidade														
20			Potência														
21			Estrela	Tensão													
22		Arranque	Corrente														
23			Triângulo	Tensão													
24			Corrente														
25			Frequência														
26			Rotação (rpm)														
27			Arrancador suave														

Utilidades | Produção | Forma de energia E. | Forma de energia GN EQ | Forma de energia G. N. AT | Forma de energia Gasóleo | **Motores**

Figura 21: Folha 7 - Motores

#### **4.4. Conclusões**

O desenvolvimento de uma *checklist*, pode facilitar a organização das atividades, na poupança de tempo e na minimização de erros e falhas, na elaboração de uma auditoria energética. Assegura uma abordagem consistente, obtendo um melhor desempenho durante a inspeção e uma sistematização e uniformização da mesma. Proporciona ainda a criação de um banco de dados comum permitindo o acesso à informação a todos os intervenientes.

O conteúdo padrão da lista pode ser limitado e induzir o operador em erro, ao considerá-lo suficiente para uma boa inspeção, deixando de parte outras questões da envolvente, não contemplados na *checklist*.

A *checklist* desenvolvida servirá para a organização da informação recolhida, facilitando também as visitas, tornando-as mais céleres e precisas na recolha de dados.



# 5. Validação de *Checklist*

## 5.1. Apresentação da empresa

A validação da *checklist* desenvolvida aconteceu durante o acompanhamento de um processo de auditoria a um cliente da empresa Ecoinside, que por motivos de confidencialidade não será identificado, sendo doravante designado por “Empresa P”.

A Empresa P é uma indústria transformadora de alumínio, sediada no norte de Portugal, consumidora intensiva de energia, estando obrigada ao cumprimento da legislação em vigor, o SGCIE. Esta empresa labora 24h por dia, 5 dias por semana, e por vezes também aos Sábados, sendo dias de paragem da produção os Domingos e feriados.

## 5.2. Processo de produção

O processo de fabricação está dividido em três linhas de produção idênticas, identificadas como a secção 1 (P1), a secção 2 (P2) e a secção 3 (P3). Nas três secções, apesar de o processo produtivo ser semelhante, apresentam algumas diferenças entre elas.

A secção P1 é a mais antiga das secções. Primeiramente, a empresa P produzia apenas com esta secção. É composta por um conjunto de máquinas que transformam os lingotes de

alumínio em perfis, dispostas de modo que o processo de transformação se realize em contínuo.

Inicialmente os lingotes são cortados, na serra de corte, em biletas com as dimensões pretendidas. De seguida, os biletas passam por uma rampa sendo introduzidos no forno de aquecimento, onde aquecerão até uma temperatura de aproximadamente 500 °C.

Só depois de a temperatura ser atingida é possível a deformação, ou seja, a entrada dos biletas na prensa de extrusão e passagem na matriz, previamente aquecidas no forno de matrizes, que lhe vai conferir a forma desejada.



**Figura 22 : Serra de corte dos lingotes de aluminio**



**Figura 23: Rampa de introdução dos biletas no forno e forno de aquecimento**



**Figura 24:.** Do lado esquerdo, forno de matrizes, do direito, local onde são introduzidas.



**Figura 25: Prensa de extrusão.**

Após lhe ser conferida a forma desejada, os perfis sofrem um choque térmico para que as suas propriedades sejam estabilizadas. Este é conseguido encaminhando os perfis para uma

mesa de arrefecimento, equipada com um sistema de ventilação forçada, passando de seguida para um bando de estiramento, num processo contínuo de arrefecimento, podendo assim ser cortados com as dimensões pretendidas.



**Figura 26: do lado esquerdo linha de ventiladores, para arrefecimento forçado, do lado direito, mesa de arrefecimento.**



**Figura 27: Serra de corte de perfis de alumínio**

Por último, os perfis são expostos a um tratamento de envelhecimento superficial, a 185 °C durante cerca de seis horas, numa estufa de envelhecimento.



**Figura 28: Estufa de envelhecimento da P1**

Quando finalizado o processo de tratamento dos perfis, estes encontram-se prontos a passar nas zonas de acabamentos de rutura térmica e mecanização. Só assim estarão preparados para serem comercializados.



**Figura 29: Zona de acabamentos**

Com o aumento do volume de negócio, a necessidade de aumentar a produção levou a Empresa P a adquirir duas novas linhas de produção. As duas secções são semelhantes, havendo uma diferença entre elas e a secção P1, nomeadamente a ordem de corte dos lingotes. Na secção P1, os lingotes são cortados antes da entrada no forno de aquecimento. Nas secções P2 e P3, os lingotes entram diretamente para o forno de aquecimento, sendo cortados à saída, pois a linha está equipada com uma cisalha de corte automático.



**Figura 30: Forno e Prensa de extrusão P2**

### **5.3. Objetivos do caso de estudo**

O processo de auditoria, em que esta dissertação se enquadra, acontece desde 2010, tendo sido efetuados os relatórios devidos durante o ARCE – Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia.

Apesar de já estar no final do período do ARCE, existe ainda necessidade de reduzir os consumos de energia, intervindo particularmente no isolamento térmico e ao nível da produção de energia elétrica.

O recurso a equipamentos de análise e medida como a câmara termográfica, o analisador de energia e o analisador de gases ajudarão a ter um melhor conhecimento das áreas que ainda podem ser intervencionadas.

### **5.4. Evolução da Energia Consumida e Indicadores Energéticos**

As principais formas de energia utilizadas pela empresa P são a eletricidade, o gás natural, o gasóleo e o gás propano. Para os cálculos dos consumos em tep e das emissões gasosas das várias formas de energia foi necessário recorrer a vários fatores de conversão.

Estes fatores de conversão estão de acordo com o que se encontra previsto no Despacho nº17313/2008 do Ministério da Economia e da Inovação.

**Tabela 2: Fatores de conversão utilizados nos cálculos.**

<i>Forma de energia</i>	<b>Emissões gasosas</b>	<b>unidades</b>	<b>Tep</b>	<b>unidades</b>
<i>Gasóleo</i>	3098,2	KgCO2e/tep	1,022	tep/ton
<i>Propano</i>	2637,7	KgCO2e/tep	1,1145	tep/ton
<i>G. Natural</i>	2683,7	KgCO2e/tep	1,077	tep/ton
<i>E. Elétrica</i>	0,47	KgCO2e/KWh	0,000215	tep/KWh

#### **5.4.1. Consumos de energia**

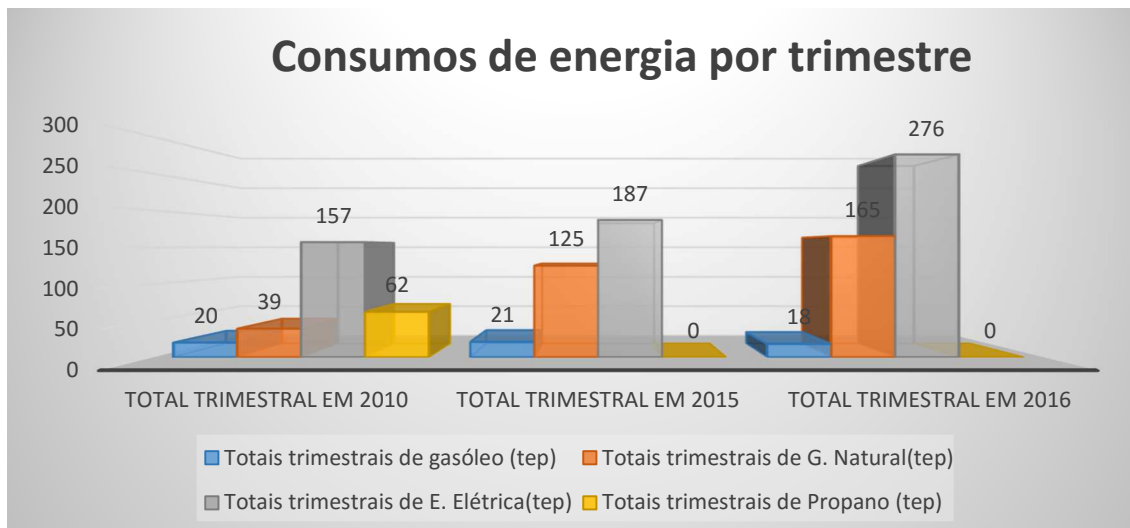
Quando o processo do ARCE se iniciou a empresa utilizava as quatro formas de energia mencionadas anteriormente, contudo no 4º trimestre do ano de referência uma das formas de energia, o Gás de Petróleo Liquefeito (Propano), deixou de ser utilizada nas instalações da empresa P.

Com base nos dados obtidos foi possível determinar os consumos de energia, neste caso, a partir de uma análise trimestral feita ao conjunto de dados registados nos anos de 2010, 2015 e 2016. Estes dados permitiram compreender a evolução desses consumos ao longo do tempo.

**Tabela 3: Consumos de energia por forma de energia**

<i>Consumos de energia trimestrais</i>	<b>Total do 1º trimestre de 2010</b>	<b>Total do 1º trimestre de 2015</b>	<b>Total 1º trimestre de 2016</b>
<i>Totais trimestrais de gasóleo (tep)</i>	20	21	18
<i>Totais trimestrais de G. Natural (tep)</i>	39	125	165
<i>Totais trimestrais de E. Elétrica (tep)</i>	157	187	276
<i>Totais trimestrais de Propano (tep)</i>	62	0	0
<i>Total</i>	278	333	459

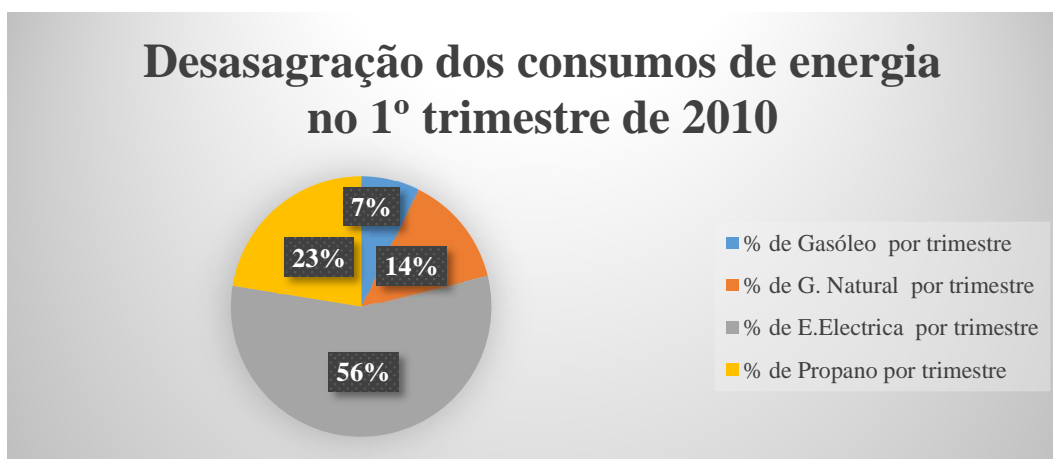
\*Peso específico (Gás Natural): 0.8404kg/m<sup>3</sup>N.



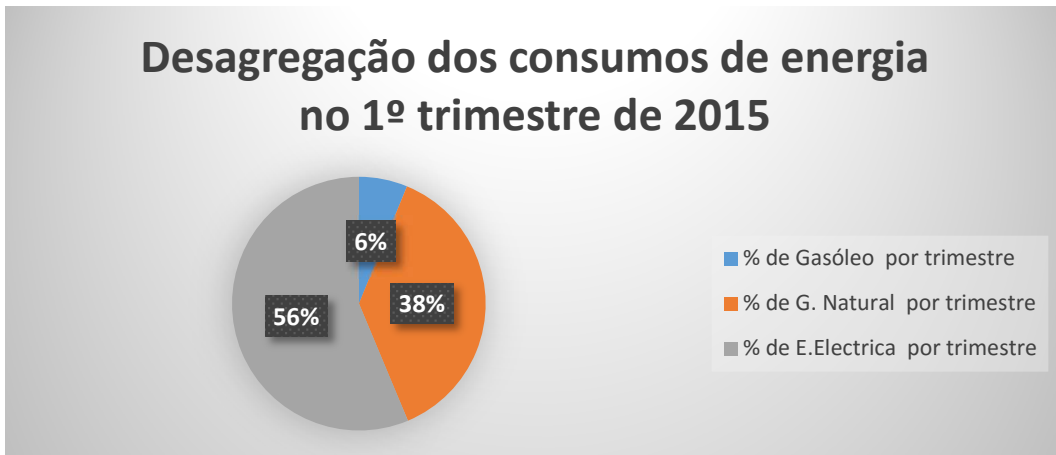
**Figura 31: Perfil de consumo de energia nos 1º trimestres dos 3 anos em comparação.**

No final do ano de referência, os valores de consumo total energia, registados eram de 1103.66tep/ano, no ano de 2015 o valor do consumo total de energia foi de 1536 tep/ano, valor superior em 28% ao valor registado no ano de referência, em 2016 o 1º trimestre não apresenta uma redução dos consumos, ocorrendo inclusive um aumento dos consumos na ordem dos 126 tep. A partir de 2015 ficou registado um aumento da produção o que ajuda a justificar este aumento exponencial dos consumos.

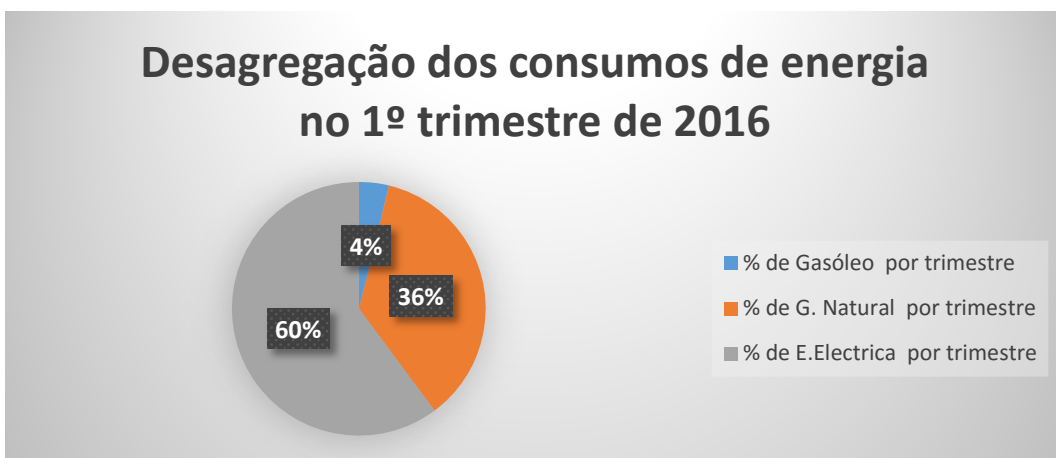
De seguida é demonstrada a desagregação dos consumos por forma de energia em cada um dos anos analisados.



**Figura 32: Desagregação dos consumos no 1º trimestre do ano de referência.**



**Figura 33: Desagregação dos consumos no 1º trimestre do ano 2015.**



**Figura 34: Desagregação dos consumos no 1º trimestre do ano 2016**

Nos três primeiros trimestres dos três anos em análise, a forma de energia mais utilizada foi a elétrica, representando sempre mais de 50% do total da energia consumida. Durante o ano de referência, o Gás Propano foi a segunda forma de energia mais utilizada. Com o abandono do consumo de Gás Propano, por parte desta indústria, o Gás Natural passou a ser a segunda forma de energia mais representativa, com uma percentagem superior a 35%.

A análise das emissões de gases com efeito de estufa é também importante para a determinação dos indicadores de energia.

**Tabela 4: Emissões de gases com efeito de estufa por tipo forma de energia**

<i>Emissões em tCO2e</i>	<b>Total trimestral em 2010</b>	<b>Total trimestral em 2015</b>	<b>Total trimestral em 2016</b>
<i>Totais trimestrais de gasóleo (tCO2e)</i>	63	64	54
<i>Totais trimestrais de G. Natural (tCO2e)</i>	104	335	443
<i>Totais trimestrais de E. Elétrica (tCO2e)</i>	343	409	604
<i>Totais trimestrais de Propano (tCO2e)</i>	164	0	0
<i>Total</i>	673	808	1101

**Tabela 5: Emissões de gases com efeito de estufa em tCO2e/tep**

<i>Emissões em tCO2e/tep</i>	<b>Total trimestral em 2010</b>	<b>Total trimestral em 2015</b>	<b>Total trimestral em 2016</b>
<i>Totais trimestrais de gasóleo (tCO2e/tep)</i>	3	3	3
<i>Totais trimestrais de G. Natural (tCO2e/tep)</i>	3	3	3
<i>Totais trimestrais de E. Elétrica (tCO2e/tep)</i>	2	2	2
<i>Totais trimestrais de Propano (tCO2e/tep)</i>	3	0	0
<i>Total</i>	11	8	8

A forma de energia responsável pela maior quantidade de emissões, nos três trimestres em análise foi a energia elétrica, contudo não foi a que mais gases com efeito de estufa, por tonelada equivalente de petróleo, emitiu, sendo o Gasóleo a par do Gás Natural as fontes que mais gases deste tipo emitem.

Através das faturas recolhidas nas visitas, foi possível discriminar os custos associados aos consumos energéticos. Estes podem ser observados na tabela 6.

**Tabela 6: Custos associados a cada tipo de energia**

<i>Custos em €</i>	<b>Total trimestral em 2010</b>	<b>Total trimestral em 2015</b>	<b>Total trimestral em 2016</b>
<i>Totais trimestrais de gasóleo (tep)</i>	21458	28470	21804
<i>Totais trimestrais de G. Natural (tep)</i>	13508	97010	94249
<i>Totais trimestrais de E. Elétrica (tep)</i>	43221	115856	209860
<i>Totais trimestrais de Propano (tep)</i>	54246	0	0
<i>Total</i>	132433	241336	325913

Em termos de custos, a energia elétrica é também a energia que mais pesava e pesa, na fatura final.

### 5.4.2. Indicadores Energéticos

Relativamente aos indicadores energéticos do ano de referência, estes são calculados de acordo com o Decreto-Lei 71/2008 e o despacho nº17449/2008, sendo os indicadores a determinar na auditoria energética o Consumo Específico, a Intensidade Energética e a Intensidade Carbónica.

- Consumo Específico de Energia, K

$$K = \frac{\text{Consumo total de energia (kgep)}}{\text{Produção total (ton)}} \quad (1.1)$$

- Intensidade Energética, IE

$$IE = \frac{\text{Consumo total de energia (kgep)}}{\text{VAB (€)}} \quad (1.2)$$

O Valor Acrescentado Bruto (VAB) é definido pela expressão:

$$VAB = POC71 + POC72 + POC73 + POC75 - POC61 - POC62 - POC65 \quad (1.3)$$

POC 71	Vendas
POC 72	Prestações de serviços
POC 73	Proveitos suplementares
POC 75	Trabalhos para a própria empresa
POC 61	Custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas
POC 62	Fornecimentos e serviços externos
POC 65	Outros custos e perdas operacionais

- Intensidade Carbónica, IC

$$IC = \frac{\text{Emissões de gases com efeito de estufa (kgCO}_2\text{e)}}{\text{Consumo total de energia (kgep)}} \quad (1.4)$$

**Tabela 7: Indicadores energéticos e metas legais para o final de 2016**

<i>Indicadores</i>	<b>Total trimestral em 2010</b>	<b>Metas legais definidas para o final de 2016</b>	<b>Total trimestral em 2015</b>	<b>Total trimestral em 2016</b>
<i>Intensidade energética (kgep/€)</i>		0,340	0,408	0,254
<i>Consumo específico de energia (kgep/ton)</i>	94	100	119	111
<i>Intensidade carbónica (tCO2e/tep)</i>	2,420	2,410	2,43	2,400

De acordo com o enquadramento legal, a empresa em 2010 apresentava um valor de consumo de energia de 1136,6tep/ano, sendo estes um valor superior a 1000tep/ano, para o cumprimento dos requisitos legais é exigida uma redução dos consumos igual ou superior a 6% no período de vigência do PREN, os 6 anos que se seguirão ao ano de referência.

No ano de 2015 como se pode comprovar pelos valores da tabela 8, os indicadores energéticos, principalmente os indicadores de intensidade energética e consumo específico, apresentam um desvio considerável às metas pretendidas para o ano de 2016.

Tendo sido o ano de 2015, um ano de transição para a empresa P, com a introdução de uma nova prensa e um ajuste às produções dadas as novas condições de produção, foram também analisados os resultados do primeiro trimestre de 2016.

**Tabela 8: Metas legais para os trimestres em análise**

<i>Indicadores</i>	<b>Metas legais definidas para o final de 2016</b>	<b>Metas 1º trimestral em 2015</b>	<b>Metas 1º trimestral em 2016</b>
<i>Intensidade energética (kgep/€)</i>	0,34	0,346	0,343
<i>Consumo específico de energia (kgep/ton)</i>	100	101	100
<i>Intensidade carbónica (tCO2e/tep)</i>	2,41	2,307	2,28

**Tabela 9: Desvio dos indicadores**

<i>Indicadores</i>	<b>Metas legais definidas para o final de 2016</b>	<b>Metas 1º trimestral em 2016</b>	<b>Desvios das metas do 1º trimestre de 2016</b>
<i>Intensidade energética (kgep/€)</i>	0,34	0,343	0,254
<i>Consumo específico de energia (kgep/ton)</i>	100	100	110,789
<i>Intensidade carbónica (tCO2e/tep)</i>	2,410	2,283	2,400

No final do trimestre pode ver-se que a evolução é positiva, notando-se uma descida dos indicadores de intensidade energética e consumo específico. Contudo, segundo a análise dos dados fornecidos pelos responsáveis, existem ainda oportunidades para a redução dos consumos estas são apresentadas no capítulo 6.

## **5.5. Análise dos consumos globais**

Devido ao desvio, que se regista, dos indicadores relativamente às metas expectáveis para o ano de 2016, é necessária uma nova análise dos consumos globais.

### **5.5.1. Produção**

Uma vez que a que a matéria-prima passa por todas as fases do processo é necessário fazer uma análise aos volumes de produção. A tabela 10 apresenta o volume de produção do primeiro trimestre dos três anos em análise.

**Tabela 10: Produção por trimestre**

<i>Produção (ton)</i>	<b>Produção trimestral em 2010</b>			<b>Produção trimestral em 2015</b>			<b>Produção trimestral em 2016</b>		
	Jan.	Fev.	Mar.	Jan.	Fev.	Mar.	Jan.	Fev.	Mar.
	924	958	1085	916	883	996	1351	1279	1513
<i>Total</i>	2967			2796			4143		

### **5.5.2. Análise dos consumos de energia elétrica**

A energia elétrica é essencial para o funcionamento de diversos equipamentos, como fornos de matrizes, ventiladores, motores, etc.

A tabela 11, mostra os consumos de eletricidade medidos e faturados mensalmente pela EDP Comercial, empresa fornecedora de energia elétrica à empresa P.

**Tabela 11: Consumos de energia elétrica dos 1º trimestres dos anos em análise.**

Ano	Energia Elétrica 1º trimestre 2010			Energia Elétrica 1º trimestre 2015			Energia Elétrica 1º trimestre 2016		
	kwh	tep	€	kwh	tep	€	kwh	tep	€
Jan.	163865	35	10679	279176	60	36839	426943	92	72888
Fev.	297409	64	2320057	263494	57	34187	404092	87	65748
Mar.	267919	58	21137	328090	71	44830	453706	98	71225

Pode ver-se que o consumo de energia elétrica teve um comportamento crescente, sendo o maior aumento registado para o ano de 2015 e para o ano de 2016.

Este aumento pode dever-se ao aumento da produção com a introdução de uma nova linha de fabrico que acrescenta novos equipamentos com necessidades de alimentação elétrica.

### 5.5.3. Gás Natural

O gás natural é essencial para o funcionamento de diversos aparelhos como fornos de aquecimento de biletas, fornos de envelhecimento, etc.

A tabela 12, mostra os consumos de gás natural medidos e faturados mensalmente pela EDP Comercial, empresa fornecedora de energia à empresa P.

**Tabela 12: Consumo de Gás Natural dos 1º trimestres dos anos em análise.**

Ano	Gás Natural 1º trimestre 2010			Gás Natural 1º trimestre 2015			Gás Natural 1º trimestre 2016		
	ton	tep	€	ton	tep	€	ton	tep	€
Jan.	5,85	5,98	6247,08	39	40,24	32065,99	62	63,36	32125,14
Fev.	5,09	5,20	5488,75	36	36,86	30155,22	56	57,23	29047,85
Mar.	8,80	8,99	9722,37	40	41,21	34788,76	64	65,41	33076,11

O consumo deste tipo de energia também regista um aumento, que se presume ser devido ao aumento de produção.

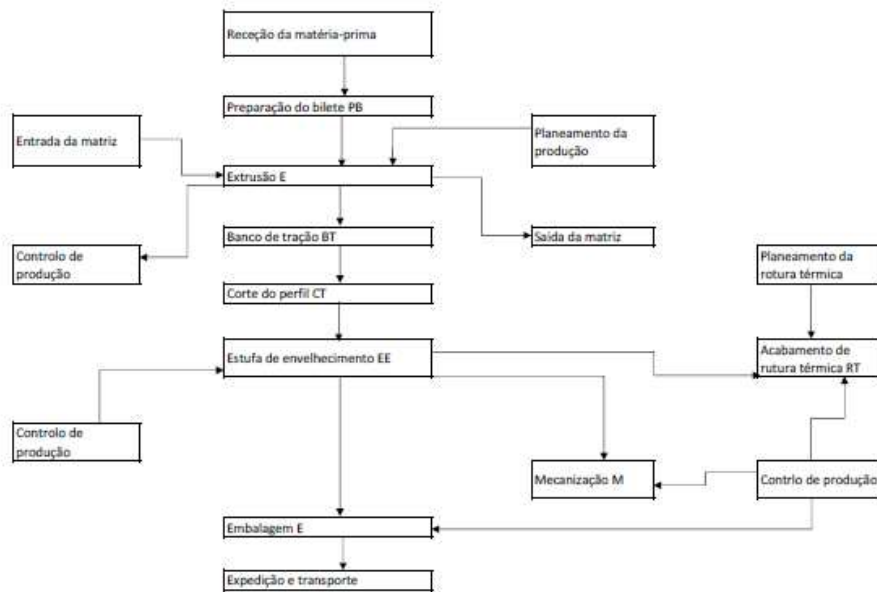
### 5.6. Validação da Checklist

Na busca pela elaboração de uma *checklist*, o primeiro e essencial passo foi o estudo detalhado dos relatórios feitos anteriormente, para uma perceção do estado do processo de ARCE, mas também das medidas propostas, tal como as implementadas e os seus resultados.

Com base no facto de já existir alguma informação anterior a este acompanhamento, optou-se por dividir o processo em duas fases. Na primeira fase, foi elaborada uma *checklist* um pouco mais desenvolvida, comparativamente a um caso onde não exista nenhum conhecimento sobre a empresa, com intuito de se proceder à validação da informação existente nos relatórios anteriores e consequente atualização dos dados. Optou-se pela realização das medições dos consumos energéticos na segunda fase, como por exemplo as medições nos quadros elétricos, no contador de gás ou a recolha de imagens termográficas, por nesta fase já existe um conhecimento mais abrangente da situação da empresa.

Primeiramente planeou-se uma reunião nas instalações da empresa P com os respetivos responsáveis, com a finalidade de confirmar a informação existente nos relatórios anteriores e acrescentar alguma resultante das alterações que ocorreram durante os anos de ARCE. Pensou-se igualmente na possibilidade de acrescentar uma pequena visita às instalações após a reunião, sendo nesta feita uma explicação do processo de produção enquanto este decorria.

Nesta reunião, e com o apoio da *checklist* previamente elaborada, a informação pretendida foi facultada e explanada pelos responsáveis da empresa, sendo disponibilizado um fluxograma de fabrico. Neste fluxograma fornecido pela empresa existia uma explicação detalhada do processo, assim como a origem dos intervenientes, como as matrizes que conferem a forma desejada aos perfis de alumínio.



**Figura 35: Fluxograma de fabrico da empresa P**

Os responsáveis da empresa deram a indicação das temperaturas registadas em cada parte do processo, e a duração dos tratamentos.

Aproveitando a existência do fluxograma, o que torna mais fácil o entendimento das secções, neste campo foi fornecida a constituição completa de cada secção, tal como a potência de cada motor dos vários equipamentos das três secções.

A figura 33 mostra apenas uma pequena parte da tabela fornecida pela empresa, da constituição das secções, que por motivos de confidencialidade não pode ser apresentada na totalidade.

		Equipamento	Componentes	Nomenclatura	Potências (KW)	V. V
Favilhão 1 PV1	PB	Forno de billetes Tsup=485°C, Tinf=450°C	Motor elevador de billetes	PV1PB1.1	0,55	
			2 Motor de limpeza de billetes	PV1PB1.2	4,4	
			Motor da turbina	PV1PB1.3	4	
		Serra de lingotes	Motor que arrasta o lingote	PV1PB2.1	0,3	
			Controla afinação do arrastador do lingote	PV1PB2.2	0,37	
			Motor do disco	PV1PB2.3	5	
			Motor da bomba	PV1PB2.4	2,4	
			Bomba de alimentação	PV1E1.1	5,5	
			Bomba principal PV1E1.2	PV1E1.2	75	
			Bomba principal PV1E1.3	PV1E1.3	75	
	E	P1 T=420°C	Bomba de selagem PV1E1.4	PV1E1.4	5,5	
			Bomba de pilotagem PV1E1.5	PV1E1.5	5,5	
			Maq. De filtrar óleo PV1E1.6	PV1E1.6	0,18	
			Resistencia do container PV1E1.7	PV1E1.7	24	
			Motor ventilador E2.1	PV1E2.1	11	
			Resistencia de aquecimento E2.2	PV1E2.2	21	
			Motor ventilador E3.1	PV1E3.1	11	
		Forno de matrizes 2 T=560°C 5h	Resistencias de aquecimento do forno E3.2	PV1E3.2	21	
			Robô	Centria hidráulica do robô e rampa dos lingotes E4.1	PV1E4.1	2,2
		Puller	Robô	Motor de translação do robô E4.2	PV1E4.2	1,5
	Bomba do puller e máquina das bolachas BT1.1			PV1BT1.1	7,5	
	Esticador e mesa		Bomba situada no puller BT 1.2	PV1BT1.2	0,55	
			Motor bomba esticador fixo BT2.1	PV1BT2.1	11	
			Motor bomba esticador móvel BT2.2	PV1BT2.2	2,2	
			Motor 1ª fase das mesas BT2.3	PV1BT2.3	3	x
			Motor 2ª fase das mesas BT2.4	PV1BT2.4	3	

**Figura 36.: Pequena parte da tabela dos equipamentos, componentes, potências e variadores de velocidade.**

Nesta tabela é facilitado o acesso a toda a informação dos equipamentos e componentes, bem como as respetivas potências e a existência de variadores de velocidade.

Uma das medidas já implementadas, no decurso do ARCE, foi a eliminação de fugas na rede de ar comprimido. A verificação desta é feita durante uma pequena visita pelas instalações da empresa. Esta visita é do mesmo modo utilizada para verificar as restantes utilidades, como a iluminação, onde poderiam ser feitas algumas leituras pontuais de algumas características. Assim é possível comprovar a adequabilidade ou não da iluminação existente. Como a empresa se encontra num processo de melhoria do sistema iluminação, não foram feitos registos nem leituras deste.

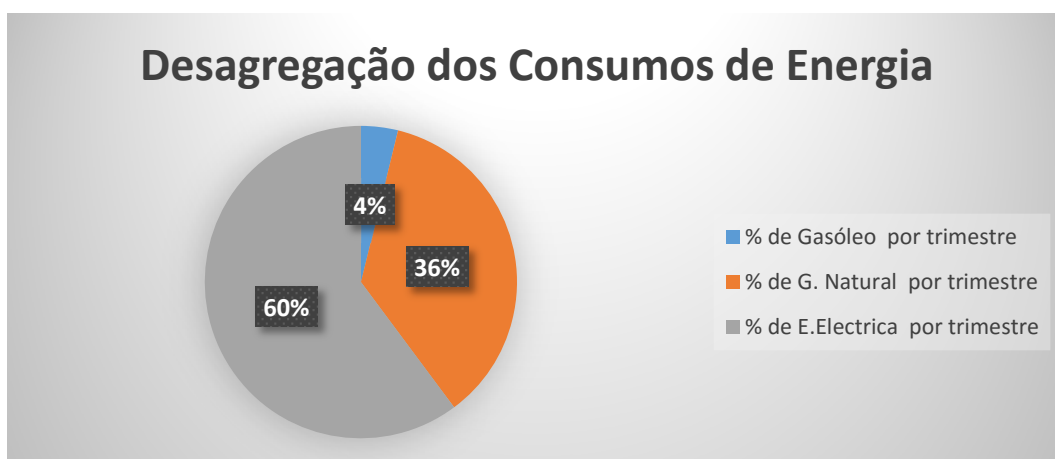
Pertence igualmente às utilidades, as necessidades de arrefecimento sendo explicado pelo engenheiro que acompanhou a visita, a utilidade dos ventiladores, bombas de calor e permutador de ar.

Por fim, o ultimo tópico abordado nesta reunião foi a produção, cujo aumento resulta da introdução de uma nova secção. Contudo, a informação relevante para o estudo é a

quantidade, em quilogramas de material utilizado, para produzir os perfis, tendo em atenção que o importante é a relação entre a produção e a energia consumida num determinado espaço de tempo. Desta forma é fornecida uma tabela com a informação detalhada da produção, onde são diferenciados os tipos de perfis produzidos por secção e por turno.

Após a primeira visita, e já com toda a informação necessária para ter um maior entendimento do processo e do funcionamento da empresa, surgiu o momento de validar a *checklist* desenvolvida, realizando as alterações necessárias para que esta estivesse de acordo com a conjuntura atual da empresa.

Na empresa P inicialmente eram usados quatro tipos de energia, Elétrica, Gás Natural, Propano e Gasóleo. Atualmente são apenas utilizadas três formas de energia, a Elétrica, o Gás Natural e o Gasóleo, sendo as duas primeiras as mais significativas na fatura total dos consumos da empresa, como demonstra a figura 34.



**Figura 37: Desagregação dos consumos de energia no 1º trimestre do ano 2016**

Foram também fornecidas as faturas energéticas, tal como se pode ver no Anexo B.

Desta forma foram-lhes dedicadas duas folhas do documento, tendo uma folha para cada forma de energia.

Estariam previstas, no documento, a realização de três leituras pontuais aos equipamentos, o que não se veio a verificar, devido à utilização do analisador de energia, que permite o registo e arquivo das leituras de energia. Tornando-se assim, o analisador de energia, um facilitador de tarefas no sentido de permitir um melhor e mais rápido tratamento de dados, minorando também o erro humano.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	Secção			Equipamento	Leitura pontual 1	Leitura pontual 2	Leitura pontual 3	Potência (kW)	Horas de funcionamento	o que verificar?	V	NV	observações	Outras considerações	
2	Forma de energia elétrica	Prensa 1	Serra de lingotes							Pretendem-se leituras pontuais, de corrente, tensão, potência, de cada equipamento e o número de horas de funcionamento.					
3			Forno de Biletes												
4			Prensa Extrusão 1												
5			Frono de Matrizes 1												
6			Frono de Matrizes 2												
7			Robô												
8			Puller												
9			Esticador e mesa												
10			Ventiladores												
11			Serra de perfis e encestador												
12			Estufa de envelhecimento												
13			Forno de lingotes												
14		Prensa extrusão 2													
15		Frono de matrizes 2													
16		Prensa de extrusão													
17		Serra de puller													
18		Mesa													
19		Tunel de frio													
20		Ventiladores													
21		Enfardadeira													
22		Serra de perfis													
23		Esticador fixo e movel													
24		Empilhadores de carros de caminho de cestas vazias													

Figura 38: Folha – forma de energia elétrica.

As leituras da eficiência de queima, bem como do aproveitamento térmico foram realizadas com recurso ao analisador de gases, durante a segunda visita.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
1				Equipamento	D (m)	T (°C)	CO	CO2	O	V(m/s)	T (°C)	CO	CO2	O	V(m/s)	T (°C)	CO	CO2	O	V(m/s)	Horas de funcionamento (h)	o que verificar?	V	NV	observações	Outras considerações	
2	Forma de energia Natural	Prensa 1	Forno de biletes																								
3			Serra de lingotes																								
4			Prensa Extrusão 1																								
5			Frono de Matrizes 1																								
6			Frono de Matrizes 2																								
7			Robô																								
8			Puller																								
9			Esticador e mesa																								
10			Ventiladores																								
11			Serra de perfis e encestador																								
12			Estufa de envelhecimento																								
13			Forno de lingotes																								
14		Prensa extrusão 2																									
15		Frono de matrizes 2																									
16		Prensa de extrusão de matrizes																									
17		Serra de puller																									
18		Mesa																									
19		Tunel de frio																									
20		Ventiladores																									
21		Enfardadeira																									
22		Serra de perfis																									
23		Esticador fixo e movel																									
24		Empilhadores de																									

Figura 39: Folha – forma de energia gás natural.

Aproveitamento térmico													P	Q	R	S	T
Equipamentos	Tipo de material	Ap (m²)	Tint(°C)	Text(°C)	Tamb(°C)	Tint(°C)	Text(°C)	Tamb(°C)	Tint(°C)	Text(°C)	Tamb(°C)	o que verificar?	V	NV	observações	Doutras considerações	
Prensa 1													o que verificar?	V	NV	observações	Doutras considerações
Forno de bifeles																	
Serra de lingotes																	
Prensa Extrusão 1																	
Frono de Matrizes 1																	
Frono de Matrizes 2																	
Robô																	
Puller																	
Esticador e mesa																	
Ventiladores																	
Serra de perfis e encestador																	
Estufa de envelhecimento																	
Prensa 2																	
Forno de lingotes																	
Prensa extrusão 2																	
Frono de matrizes 2																	
Prensa de extração de matrizes																	
Serra de puller																	
Mesa																	
Tunel de frio																	
Ventiladores																	
Enfardadeira																	
Serra de perfis																	
Esticador fixo e movel																	
Empilhadora de carros de caminho de cestas vazias																	
Frono de envelhecimento																	
Forno de lingotes																	
Forno de matrizes																	
Prensa de extrusão 3																	
Prensa extratora de matrizes																	
Puller superior																	

Figura 40: Folha – forma de energia gás natural.

No que concerne às leituras a realizar ao gasóleo, foi feita apenas a recolha das faturas de consumo, não tendo sido por esse motivo feito o preenchimento das folhas exemplificadas na figura 38.

Requisitos				o que verificar?	V	NV	observações	Doutras considerações
Formas de energia Gasóleo	Gerador de energia	Existe consumo associado		Verificar a existência ou não de gerador de energia. Se existe consumo associado				
		É feita a utilização de manutenção essencial						
		Faturas de gasóleo inclui a frota de transportes e o consumo associado ao gerador ed energia						

Figura 41: Folha – forma de energia gasóleo.

Para as medições mencionadas anteriormente, foram usados alguns equipamentos como os que se apresentam na tabela 13.

**Tabela 13: Aparelhos de medida e proteção individual utilizados na visita**

<p><b>Distanciômetro</b>, utilizado para medir distâncias, cálculo de áreas, volumes e inclinações.</p>	
<p><b>Câmara termográfica</b>, usada para fins de manutenção preventiva e preditiva, otimizada para manutenção de equipamentos industriais e comerciais. Utilizada para a identificação de problemas em equipamentos, verificação de reparos, inspeção de construções, tarefas de reparação e remediação, auditoria de energia e isolamentos térmicos.</p>	
<p><b>Analisador de gases</b>, utilizado para a medição de O<sub>2</sub>, CO dos fumos e ambientes, e calcular os níveis de CO<sub>2</sub>, perdas, rendimentos de combustão e o excesso de ar.</p>	
<p><b>Analisador de energia</b>, analisa os parâmetros de qualidade de energia e mede o custo da energia desperdiçada devido à fraca qualidade de potência. Permite identificar as áreas de maior desperdício energético na instalação analisada.</p>	

<p><b>Pinça amperimétrica:</b> utilizada em serviços industriais relacionados com energia, oferecendo capacidade de medição de corrente, tensão e qualidade de energia. Ferramenta resistente e precisa.</p>	
<p><b>Luvas isolantes:</b> Equipamento de proteção individual para proteção contra choques elétricos.</p>	

As medições de energia foram feitas nos quadros gerais de cada secção, com recurso ao analisador de energia, apenas durante um curto espaço de tempo. O ideal teria sido as leituras serem feitas durante um período de tempo mais alargado, por exemplo, uma semana, permitindo assim ter um maior conhecimento dos consumos reais.

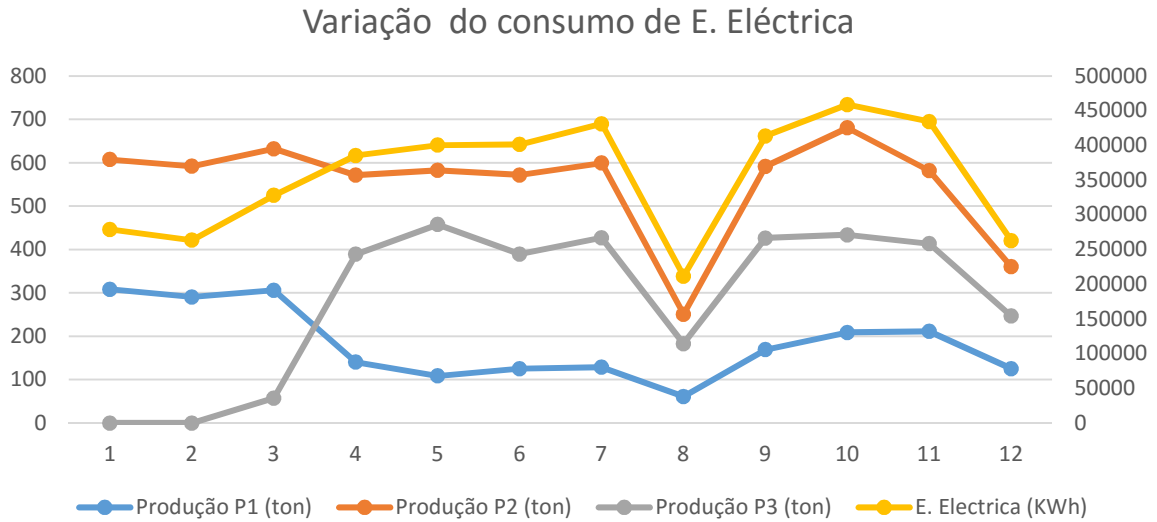
Como não foi possível, nas medições feitas pode notar-se que o comportamento dos consumos é cíclico. O recurso ao analisador de energia facilita as medições, pois os dados são armazenados num ficheiro fácil de utilizar, elemento essencial para a análise dos consumos.



**Figura 42: Analisador de energia em medição no quadro elétrico da P2**

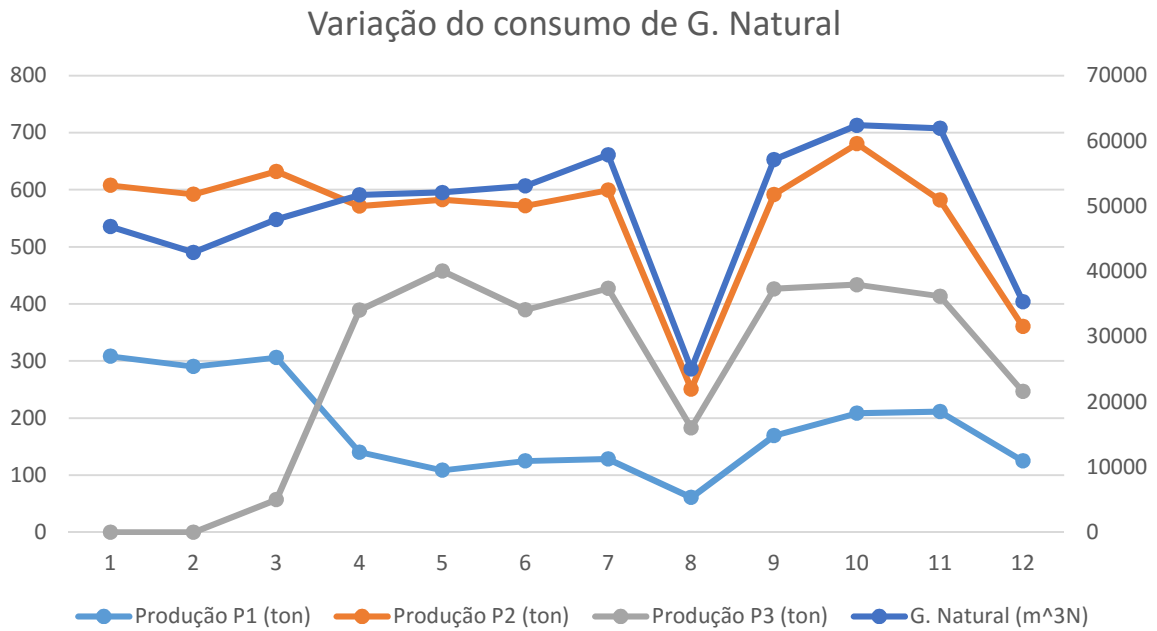
Após a visita, fez-se a comparação desta leitura com os diagramas de carga, obtidos no acesso ao portal EDP *online* (credenciais cedidas pelos responsáveis da empresa P), percebendo-se assim qual a representação de cada secção na fatura final. Desta forma foi possível centrar a atenção nas de maior consumo.

Na figura 38 é apresentada a relação dos valores mensais dos consumos de energia eléctrica, (obtidos nas faturas energéticas) com os valores de produção, sabendo assim a variação dos consumos de energia por um ano.



**Figura 43: Variação dos consumos de energia eléctrica e das produções.**

São também feitas leituras, durante doze dias, do consumo de gás natural, sendo possível um estudo da variação dos consumos de energia e das produções.

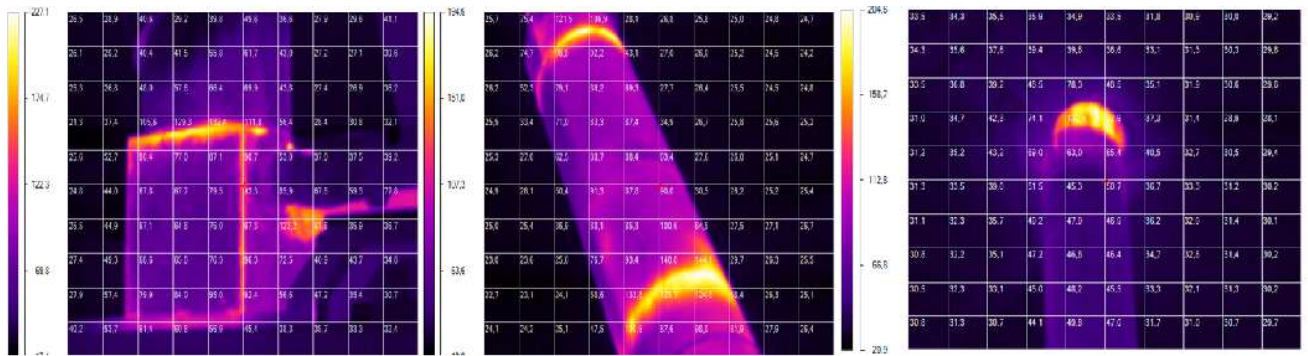


**Figura 44: Variação dos consumos de gás natural e das produções.**

A análise às chaminés é possível com a ajuda do analisador de gases. Com este pretende-se o estudo da eficiência de queima, através da medição da temperatura, e das concentrações de CO, de CO<sub>2</sub> e de O. O diâmetro das chaminés e a velocidade de

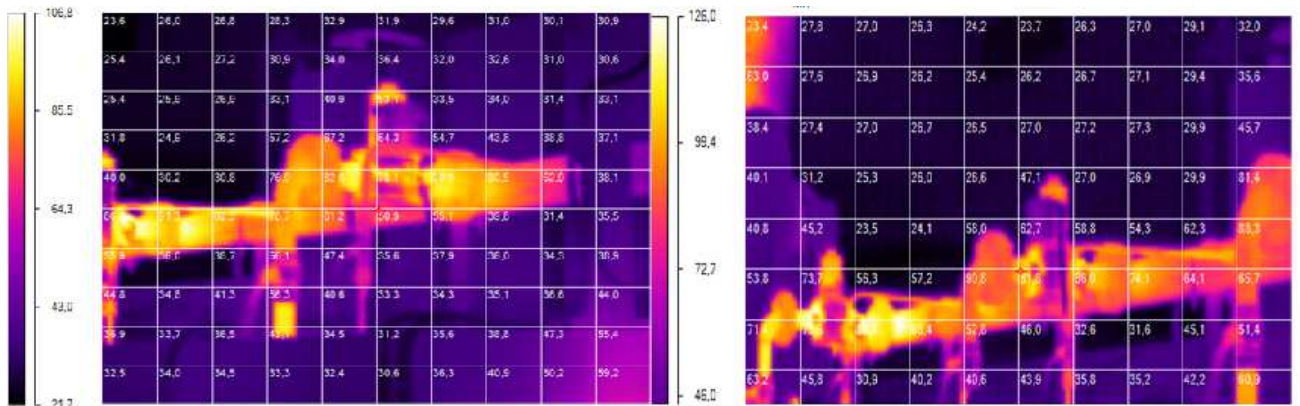
escoamento dos gases são igualmente necessárias. Desta forma é possível determinar se a queima do combustível é eficiente ou se são precisas afinações no queimador.

Outras das análises feitas aos fornos é o aproveitamento térmico. Neste é essencial a determinação das perdas de calor com a câmara termográfica. Esta facilita a perceção dos desperdícios de calor.



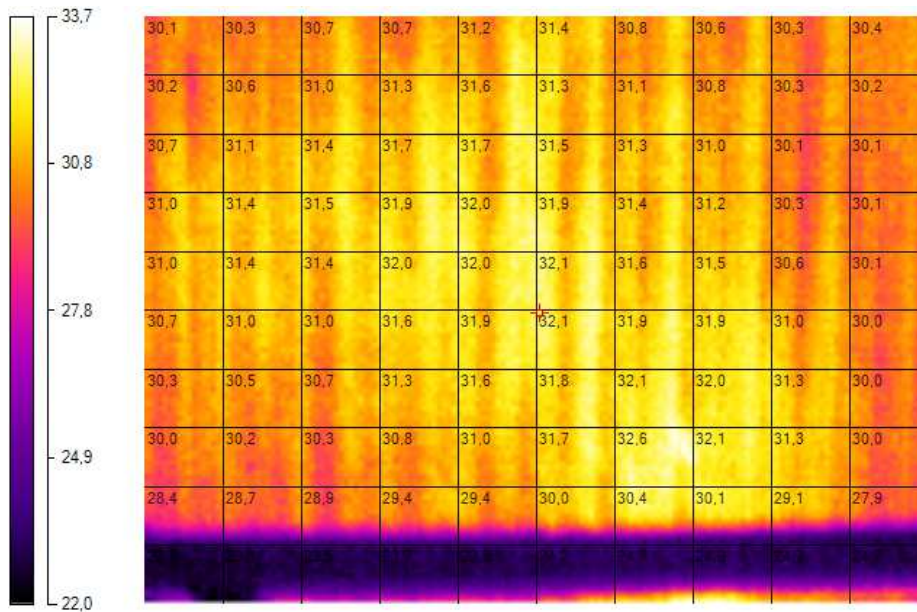
**Figura 45:Imagens da chaminé do forno de aquecimento da P1**

Nestas imagens vê-se claramente que os maiores desperdícios de calor são nas zonas de ligação da conduta, por serem os locais onde existe uma quebra da uniformidade do material.



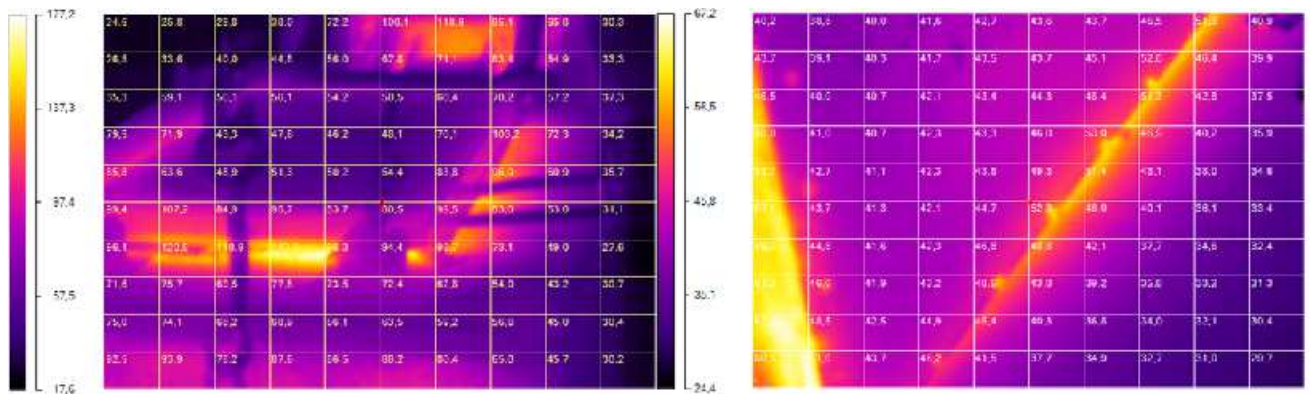
**Figura 46:Do lado esquerdo, conduta de ar após recuperação. Do lado direito, conduta de injeção de ar após permuta da P1**

Em toda a conduta de recuperação e injeção de ar no forno da P1 é visível o mau aproveitamento do calor. Podendo neste caso dever-se a uma escolha inadequada do material da conduta, ou do seu isolamento.



**Figura 47: Paredes laterais do forno de aquecimento da P1**

Nas paredes do forno de aquecimento, como se pode comprovar na figura 44, existe uma grande perda de energia térmica. Isto pode ser consequência da degradação do material constituinte do forno, sendo necessária de forma a minimizar estas perdas a introdução de uma camada isoladora, nas paredes do forno.



**Figura 48: Forno de preparação de matrizes, tampa e zona de contacto com o solo e parede lateral.**

Na zona do forno de preparação de matrizes, as perdas são mais visíveis nas áreas da tampa, que deveria estar calafetada, e nas regiões de ligação com o solo e paredes laterais.

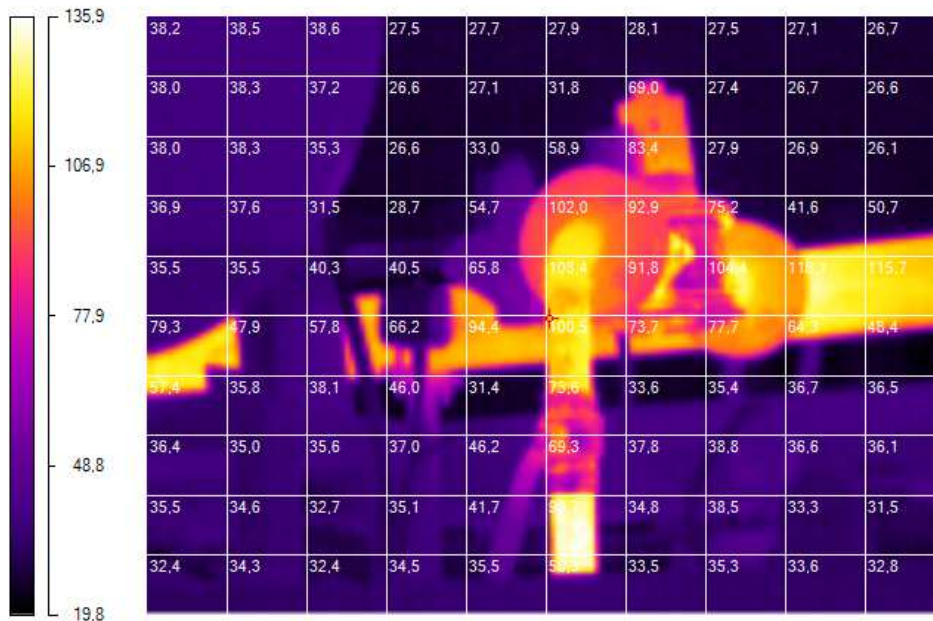


Figura 49: Tubagem de admissão do ar no forno de envelhecimento

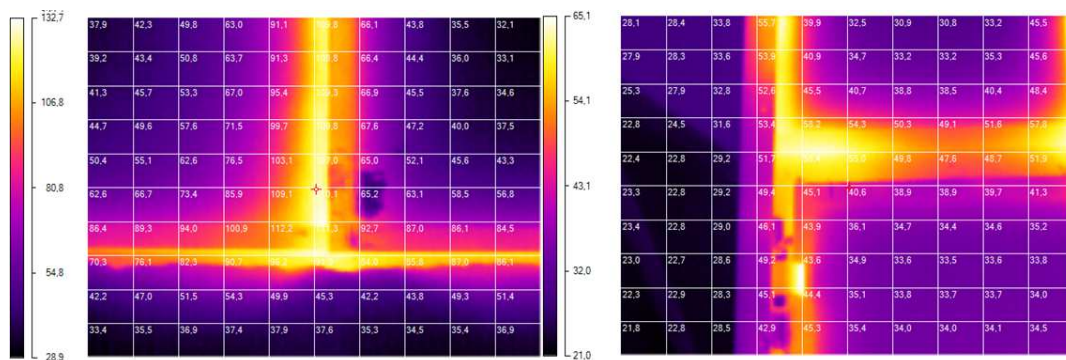


Figura 50: Vista das portas traseiras do forno de envelhecimento

No forno de envelhecimento, como pode ser visto na figura 47 a tubagem de admissão representa uma perda significativa de energia térmica. Nas portas do forno é notório o desperdício, sendo até no local, sentida a libertação de calor sempre que as turbinas trabalhavam, fazendo maior movimentação do ar quente.

Todas estas zonas devem ser intervencionadas, sendo apresentado o estudo das possíveis intervenções no capítulo seguinte.

## 5.7. Conclusão

A *checklist* foi criada com o intuito de ser um elemento orientador do processo de auditoria. A sua criação recai na necessidade de planeamento do processo de auditoria, no sentido de se conseguir uma otimização do trabalho e maior gestão de tempo e recursos.

Permitiu, também, uma minimização de falhas, tornando-se um elemento fulcral na fase de planeamento e decorrer de todo o processo. A informação constante na *checklist* e a sua estrutura organizativa foram alteradas ao longo do processo. Estas alterações decorreram de adaptações consideradas necessárias à situação real do processo.

A estruturação da *checklist* é dependente do *knowhow* do seu executante e faz parte de um processo evolutivo, sendo um elemento em constante mutação no intuito de se adaptar a cada realidade em particular. O seu preenchimento durante o decorrer de um processo é fundamental no sentido de ser possível criar um cadastro.

Considera-se que a *checklist* ainda que numa fase embrionária é um fator importante no que concerne a uma boa gestão de tarefas e tem uma grande capacidade evolutiva. A exploração dos recursos da *checklist* pode passar por um transporte para uma plataforma digital alargando ainda mais o seu espetro de ação.

# 6. Oportunidades de Redução de Consumos

## 6.1. Introdução

A indústria transformadora, sujeita a esta auditoria energética, registou em 2010, ano de referência, um consumo energético superior a 1000tep. Sendo vital a racionalização dos consumos de energia de acordo com as metas legais dispostas no Decreto – Lei nº 71/2008, de 15 de abril.

O ARCE, visa promover a redução do consumo de energia nos CIE através de uma redução obrigatória de 6% dos consumos, num período de seis anos, devendo-se ao facto de os consumos no ano de referência serem de 1104 tep.

Neste capítulo será verificada a evolução registada durante os 6 anos de duração do ARCE, tendo em conta as transformações que a empresa registou no entretanto.

Através da informação recolhida, e segundo os indicadores de Intensidade energética, Consumo Específicos e Intensidade Carbónica para o ano de 2015, são também

apresentadas algumas Oportunidades de Redução de Consumo (ORC's), podendo estas ajudar nas metas de poupança de energia legais, facilitando o seu cumprimento.

## **6.2. Medidas de utilização racional de energia implementadas na instalação**

Estando já a empresa P num processo de auditoria, existem medidas que foram propostas e que foram sendo implementadas.

De seguida são enumeradas algumas medidas propostas e posteriormente aplicadas:

- Eliminação de fugas na rede de ar comprimido;
- Instalação de equipamentos de regulação no transformador;
- Instalação de um recuperador de ar para pré-aquecimento do ar de alimentação no forno de lingotes – P1;
- Desligar a iluminação do P2 durante o período diurno.

Outras medidas propostas acabaram por não ser aplicadas. As razões para tal decisão são alheias à Ecoinside.

### **6.2.1. Oportunidades de redução de consumo**

No decorrer dos trabalhos de recolha e análise da informação fornecida pela empresa, foram encontradas algumas oportunidades para redução dos consumos de energia. Desta forma neste subcapítulo são apresentadas algumas medidas com vista a redução dos consumos energéticos.

- **Medida 1:** Colocação de painéis fotovoltaicos;
- **Medida 2:** Colocação de isolamento;
- **Medida 3:** Calafetagem das portas da estufa de envelhecimento da linha de produção P1;
- **Medida 4:** Colocação de baterias de condensadores.

## 6.2.2. Estudo das medidas

- **Medida 1:** Colocação de painéis fotovoltaicos

Após o estudo detalhado dos consumos de energia elétrica chegou-se à conclusão que a colocação de painéis fotovoltaicos pode ser uma das possíveis medidas a implementar. Esta poderá ajudar na redução do consumo de energia elétrica assim como na eficiência energética da empresa.

O dimensionamento do sistema foi feito com recurso a um programa desenvolvido e utilizado pela Ecoinside, para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Este programa respeita o regime previsto pelo Decreto-Lei nº 153/2014.

O presente Decreto-Lei estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, destinada ao autoconsumo na instalação de utilização associada à respetiva unidade produtora, com ou sem ligação à rede elétrica pública, baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis, adiante designadas por «Unidades de Produção para Autoconsumo» (UPAC). [28]

O programa utilizado contempla dois programas para implementação dos sistemas, o programa ESCO (*Energy Service Companies*), mas também pode ser utilizado o regime de autofinanciamento.

No caso da empresa P foram estudados os dois casos. Para a simulação foi delimitada uma área de 4636.8 m<sup>2</sup>, como demonstrada pelas linhas vermelhas presentes na fotografia aérea, abaixo.



**Figura 51: Área da empresa P utilizada para a simulação da instalação dos painéis Fotovoltaicos**

Foram feitas algumas considerações iniciais, comuns ao autofinanciamento e à proposta ESCO, para a simulação. Estas considerações levam em conta a limitação de espaço feita inicialmente.

<b>Potência de cada painel (kW)</b>	0,25
<b>Limite de painéis</b>	2576
<b>Garantia máxima (anos)</b>	25
<b>Investimento inicial (€)</b>	644000

**Figura 52: Dados utilizados para a simulação, nos dois casos, autofinanciamento e proposta ESCO.**

De seguida são apresentados os resultados obtidos para autofinanciamento e para a proposta ESCO.

○ **Autofinanciamento**

Autofinanciamento é utilizado nos casos em que as empresas estão disponíveis para um investimento inicial. Este pode ter um montante considerável associado, o que muitas vezes leva as empresas interessadas a não optar por esta via.

Os resultados da simulação para autofinanciamento estão apresentados na tabela 14.

**Tabela 14: Resultados da simulação para autofinanciamento**

Energia anual produzida (kwh)	821019.13
Energia consumida anualmente (kwh)	4761586.25
Payback (anos)	6,66
Poupança anual (€)	92710,42
Duração do contrato (anos)	25
VAL (€)	1001498,44
TIR (%)	15,28
Redução de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /ano)	385879

o **Proposta ESCO**

As empresas ESCO são empresas especializadas em serviços de conservação de energia, e em promover a eficiência energética. Desenvolvem, projetam e até financiam projetos de eficiência energética, tendo a seu cargo a instalação e manutenção de equipamentos, assim como as medições e verificação das poupanças obtidas. [29].

Os resultados obtidos na simulação são apresentados na tabela seguinte.

**Tabela 15: Resultados da simulação para programa ESCO**

Energia anual produzida (kwh)	821019,13
Energia consumida anualmente (kwh)	4761586,25
Payback (anos)	7.35
Poupança anual (€)	9139,73
Duração do contrato (anos)	25

<b>VAL a 25 anos (€)</b>	339900,44
<b>TIR a 25 anos (%)</b>	13,70
<b>Redução de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/ano)</b>	385879

Após a análise dos resultados obtidos, pode dizer-se que o autofinanciamento é a modalidade mais económica para a empresa P, mas existe sempre a possibilidade de esta optar pela proposta ESCO. Esta decisão é da inteira responsabilidade da empresa P.

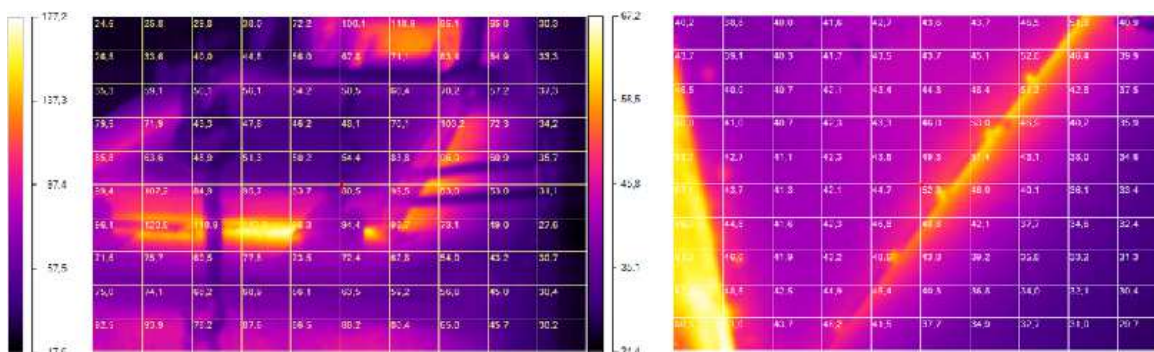
- **Medida 2:** Colocação de isolamento

Na análise das fotografias termográficas, verifica-se a existência de um desperdício de energia na forma de calor, principalmente na secção P1. Em alguns casos, como é o da estufa de envelhecimento, o desperdício de calor é de tal forma óbvio que até se faz sentir nas proximidades do foco de energia.

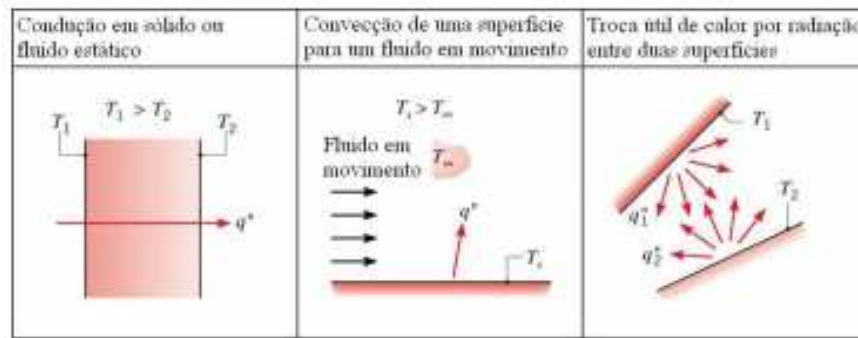
- **Forno de aquecimento de matrizes da P1**

O forno de matrizes, é um dos equipamentos que apresenta algumas perdas de energia térmica, como se pode ver nas fotografias termográficas.

**Tabela 16: Aspetto das paredes laterais dos fornos de preparação de matrizes.**



Estas perdas ocorrem por transferência de energia térmica devido a uma diferença de temperaturas, chamada de transferência de calor. Existem três modos de transferência de calor, condução, convecção e radiação.



**Figura 53: Modos de transferência de calor [30].**

No caso em estudo as transferências ocorrem por condução, sendo a taxa de transferência de calor por unidade de área calculada da seguinte forma.

$$q_{condução} = \frac{\Delta T}{R_t} \tag{1.5}$$

$$R_t = \frac{\Delta x}{k} \tag{1.6}$$

$q_{condução}$ - Fluxo de calor [ $w/m^2$ ]

k- Condutividade térmica [ $w/m^{\circ}C$ ]

$\Delta T$ - Gradiente de temperatura [ $^{\circ}C$ ]

$$q_{condução} = \frac{450 - 45}{\frac{0.05}{50}}$$

$$q_{condução} = 405000 \text{ [}w/m^2\text{]}$$

Com a colocação de isolamento pela parte de fora do forno, o fluxo de calor pelas paredes do forno irá diminuir consideravelmente.

Uma das soluções possíveis para isolamento destes fornos é a lã de rocha, material que apresenta boas propriedades de isolante térmico, sendo um material resistente ao fogo, com um ponto de fusão de 1200 °C. Este pode ser aplicado de diversas formas, a forma escolhida para o estudo foi como manta de lã de rocha.



**Figura 54: Lã de rocha em forma de manta.**

Algumas das propriedades do material escolhido para aplicar como isolante térmico, são apresentadas na tabela 17, esta informação foi obtida a partir do ITE50 e pode ser consultada no Anexo C deste relatório.

**Tabela 17: Propriedades da lã de rocha [31]**

<i>Material</i>	<b>Manta de lã de rocha com alumínio</b>
<i>Massa volumétrica (kg/m<sup>3</sup>)</i>	40
<i>Condutibilidade térmica (w/m°C)</i>	0.04
<i>Espessura média (m)</i>	0.05

A Aplicação de lã de rocha nas paredes dos dois fornos de matrizes da secção P1 provoca uma diminuição da taxa de transferência de calor.

O ideal seria que a parede exterior do forno, com o isolamento registasse a temperatura ambiente, nesse caso a taxa de transferência de calor por área, seria

$$q_{condução} = \frac{450 - 19}{\frac{0.05}{50} + \frac{0.04}{0.04}}$$

$$q_{condução} = 538.077 [w/m^2]$$

**Tabela 18: Informações comerciais**

<i>Preço médio (€/m<sup>2</sup>)</i>	7,03
<i>Quantidade média vendida por manta (m<sup>2</sup>)</i>	9,6
<i>Espessura média (m)</i>	0,05
<i>Dimensões médias (m)</i>	8X1,2
<i>Quantidade necessária (m<sup>2</sup>)</i>	5,712
<i>Preço total (€/m<sup>2</sup>)</i>	40,155

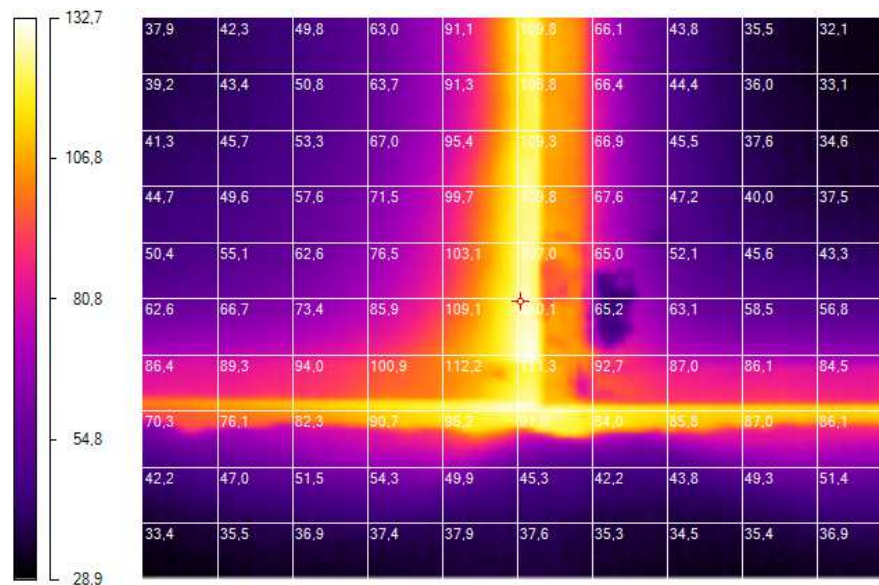
O forno de pré-aquecimento dos billetes e a conduta de recuperação de ar aquecido do mesmo, devem também ser isoladas. Podendo ser utilizada para esse efeito a manta de lã de rocha, tal como nos fornos de aquecimento de matrizes.

A conduta de recuperação de calor foi uma das medidas implementadas no início do processo de racionalização dos consumos. Esta recupera ar aquecido do forno que seria desperdiçado, fazendo assim com que o ar novo insuflado não necessite de uma quantidade de energia tão grande para atingir a temperatura de trabalho.

O forno de pré-aquecimento dos billetes, atinge elevadas temperaturas para aquecer os billetes até à temperatura de trabalho.

- **Medida 3:** Calafetagem das portas da estufa de envelhecimento da P1

A calafetagem das portas da estufa de envelhecimento, é essencial pois a perda de calor pelas portas é notória nas fotografias termográficas, podendo ser também sentida no local.



**Figura 55: Aspeto das portas da estufa de envelhecimento.**

Para a redução das perdas pelas ligações das portas da estufa de envelhecimento, deverá ser aplicado um cordão tricotado branco em fibra de vidro, sendo o diâmetro variável.



**Figura 56: Juntas de calafetação em fibra de vidro.**

Este cordão é vendido em rolos de 25 m, com um preço médio por rolo de 160 €, acrescentando a este valor cola não combustível de base aquosa, com um custo médio de 36.75 €.

- **Medida 4:** Colocação de baterias de condensadores

Com a análise feita às faturas energéticas, fornecidas pela empresa P, percebeu-se que a maioria dos equipamentos utilizados nas empresas, consomem para além de energia ativa, energia reativa.

A energia ativa é associada à produção de trabalho útil, a energia serve apenas para alimentar os circuitos magnéticos dos equipamentos elétricos. Não produzindo trabalho útil temos a energia reativa, esta é responsável pela circulação de corrente adicional nos circuitos, indesejável para o consumidor pois é culpada pela aplicabilidade de taxas devidas ao consumo de energia reativa.

As baterias de condensadores funcionam como geradores que fornecem aos equipamentos a energia reativa necessária para a manutenção do campo eletromagnético, evitando assim as elevadas faturas pelo consumo de energia reativa proveniente do seu fornecedor de energia.



**Figura 57: Exemplos de baterias de condensadores.**

Em termos técnicos, este método simples efetua uma otimização do fator de potência do equipamento onde é feita a sua instalação.

O dimensionamento das baterias de condensadores é feito com base na informação recolhida nas faturas energéticas.

**Tabela 19: Informações utilizadas para o dimensionamento da bateria de condensadores**

<i>Potencia contratada (kw)</i>	<b>1701,9</b>
<i>Fator de potência <math>\cos \varphi</math></i>	0,75
<i>Faturação a partir de <math>\tan \varphi</math></i>	0,3

$$Q_c = P_{contratada} * (\tan \varphi - \tan \varphi`) \quad (1.7)$$

$$Q_c = 1701,9 * (0,88 - 0,3)$$

$$Q_c = 987,102 \text{ [kvar]}$$

Deverá ser colocada uma bateria de condensadores com cerca de 987 kvar.

De acordo com os escalões:

$$\tan \varphi = 0,3 \leq Q = 987,102 * 0,3 \leq Q = 296,131 \text{ [kvar]}$$

$$\tan \varphi = 0,4 \leq Q = 987,102 * 0,4 \leq Q = 394,841 \text{ [kvar]}$$

$$Q = 394,841 - 296,131 \leq Q = 98,71 \text{ [kvar]}$$

$$\tan \varphi = 0,5 \leq Q = 987,102 * 0,5 \leq Q = 493,551 \text{ [kvar]}$$

$$Q = 493,551 - 394,841 \leq Q = 98,71 \text{ [kvar]}$$

$$\tan \varphi = 0,88 \leq Q = 987,102 * 0,88 \leq Q = 868,65 \text{ [kvar]}$$

$$Q = 868,65 - 493,551 \leq Q = 375,099 \text{ [kvar]}$$

De seguida é apresentada a tabela com a faturação de acordo com os escalões e os fatores multiplicativos do despacho ERSE nº 12605/2010.

**Tabela 20: Tarifas da fatura de energia elétrica (despacho ERSE nº 12605/2010)**

Escalão	Descrição	Factor multiplicativo
Escalão 1	Correspondente a tg $\varphi$ superior ou igual a 30% e inferior a 40%	0,33
Escalão 2	Correspondente a tg $\varphi$ superior ou igual a 40% e inferior a 50%	1,00
Escalão 3	Correspondente a tg $\varphi$ superior ou igual a 50%	3,00

1º escalão

$$6 * 98,71 * 365 * 0,33 * 0,0091 = 649,173 \text{ €}$$

$$2^{\circ} \text{ escal\~{a}o} \quad 6 * 98,71 * 365 * 1 * 0,0277 = 5988,04 \text{ €}$$

$$3^{\circ} \text{ escal\~{a}o} \quad 6 * 375,099 * 365 * 3 * 0,0831 = 204792 \text{ €}$$

$$\begin{array}{l} \text{Total de poupan\~{c}a dos} \\ \text{escal\~{o}es} \end{array} \quad 211429 \text{ €/ano}$$

$$PB = \frac{\textit{Total de poupan\~{c}a dos escal\~{o}es}}{\textit{Pre\~{c}o da bateria de condensadores}} \quad (1.8)$$

$$PB = \frac{16766.63}{211429}$$

$$PB = 0.08 \text{ [anos]}$$

# 7. Conclusões

Ao longo da dissertação foram apresentadas algumas conclusões que sustentaram as escolhas na elaboração do projeto. Nesta última secção é feita uma síntese das principais conclusões do acompanhamento de uma parte do processo de auditoria energética.

Inicialmente foi proposta uma auditoria energética e um estudo das medidas a propor. Contudo com o decorrer do trabalho, optou-se por dar uma maior relevância ao planeamento das visitas e da informação a recolher. É sempre necessária mais e melhor informação para que o estudo das instalações seja o mais detalhado possível, para que as oportunidades de redução de consumos identificadas e posteriormente propostas às empresas sejam exequíveis.

A organização da informação recolhida é uma mais valia para a realização de um melhor trabalho na procura de oportunidades de redução de consumo.

A *checklist* desenvolvida é uma forma de fazer a recolha da informação, tendo esta que ser alterada de acordo com o que é pretendido para cada instalação. Devendo ser feito um reconhecimento inicial da empresa e dos objetivos a que se propõe e até a recolha de alguma informação que será comum a todos os tipos de instalação.

A instalação alvo do processo de auditoria energética, no ano de referência 2010, registou um VAB de 3.050.757,00 € para um total de produção de 10409 ton, e um consumo energético de 1103.68 tep, que correspondia a 2658.86tonCO<sub>2</sub>. O consumo foi superior a 1000tep/ano, sendo assim, segundo o SGCIE, obrigada a uma redução de 6% num período de 6 anos.

Com a aplicação das medidas propostas, e as alterações que a empresa P sofreu no processo de produção, nomeadamente a introdução de uma nova secção de produção, o cumprimento das metas estipuladas para o 1º trimestre de 2016 ficou mais fácil de alcançar. Dos três indicadores calculados, de acordo com as metas determinadas com base

nos valores do ano de referência, apenas o consumo específico apresenta atualmente um ligeiro desvio de cerca de 11 kgep/ton, contudo e apesar a empresa P continua a apresentar bons resultados.

Foram ainda propostas algumas medidas, que deverão ajudar ao cumprimento das metas estabelecidas para o ano de 2016, com a diminuição dos consumos de energia e por consequência, a redução das emissões de gases de efeito estufa e dos valores da fatura energética associados.



# Referencias

## Referências Documentais (exemplo estilo APA)

- [1] A. S. M. M. A. Rios, “Medidas de Eficiência Energética e Ambiental na Indústria,” Vila Real, 2008.
- [2] EDP, “TWIST,” Abil 2016. [Online]. Available: [http://twist.edp.pt/projects/alteracoes\\_climaticas-2.php](http://twist.edp.pt/projects/alteracoes_climaticas-2.php).
- [3] F.-U. o. B. -. IBILI, 22 Janeiro 2010. [Online]. Available: <http://pt.slideshare.net/vacatwist/eficincia-energetica-2974795>.
- [4] *Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013*, 2013.
- [5] Maio 2015. [Online]. Available: [http://www.apren.pt/fotos/newsletter/conteudos/energiapt\\_2013\\_dgeg\\_1433429705.pdf](http://www.apren.pt/fotos/newsletter/conteudos/energiapt_2013_dgeg_1433429705.pdf).
- [6] 10 Abril 2013. [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/>.
- [7] A. p. a. E.-. ADENE, 6 Novembro 2015. [Online]. Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaee-2016-plano-nacional-de-acao-para-eficiencia-energetica-2016>.
- [8] N. c. Lusa, “Acordo histórico em Paris para combater alterações climáticas.,” *Negócios*, 2015.
- [9] P. Matias, “A TERMOGRAFIA APLICADA À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EQUIPAMENTOS E PROCESSOS EM CONTEXTO INDUSTRIAL DO TRATAMENTO DE ALUMÍNIOS,” 2014.
- [10] A.-. A. R. d. E. e. A. d. R. A. d. Madeira, “AREAM- Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira,” 16 Maio 2016. [Online]. Available: <http://aream.pt/2016/05/16/sgcie-sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia/>.
- [11] C. Almeida, “Incentivos à realização térmica da envolvente de edifícios,” *Energua*, p. 4, 2016.
- [12] E. p. a. Eficiência, “Diário da República, 1.ª série — N.º 70 — 10 de abril de 2013,” 10 Abril 2013. [Online]. Available: <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2013/04/07000/0202202091.pdf>. [Acedido em 2016].
- [13] o. d. t. e. e. e. d. s. e. e. s. s. Ministério do Ambiente, *Portaria n.º 349-D/2013*, 2013.
- [14] A. Anches, “Portugal sai-se mal em avaliação às políticas de eficiência energética,” *Publico*, 2016.
- [15] “Avaliação do impacto global da 1ª fase do projeto do metro do Porto,” 2008.
- [16] MOBI.E, “Mobilidade Eléctrica,” [Online]. Available: <http://www.mobie.pt/mobilidade-electrica;jsessionid=0E39D1D3218E0655382AB24F800DA7F5.jvm1>. [Acedido em Agosto 2016].
- [17] A. Clara, “Agronegócios,” 11 Julho 2016. [Online]. Available: <http://www.agronegocios.eu/noticias/agricultores-portugueses-apostam-cada-vez-mais-nas-renovaveis/>. [Acedido em Agosto 2016].
- [18] “Estratégia Nacional para a Energia 2020,” [Online]. Available: <http://www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=206&cat=>.
- [19] P. d. c. d. ministros, “Resolução do conselho de ministros nº20/2013,” 2013.
- [20] M. d. e. e. d. inovação, “SlideShare,” 23 Novembro 2008. [Online]. Available: <http://pt.slideshare.net/livia.tirone/apa-workshop-nov-08-alexandre-fernandes-pnaee-presentation>. [Acedido em Maio 2016].

- [21] M. d. E. e. d. Inovação, “Decreto-Lei nº 71/2008,” 2008.
- [22] A.-. A. p. a. Energia, “SGCIE- Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia,” [Online]. Available: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Metas.aspx>. [Acedido em Março 2016].
- [23] D. R. B. Brand, *Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia*, 2015.
- [24] M. d. E. e. d. Inovação, “Portaria nº 519/2008,” 2008.
- [25] M. d. E. e. d. Inovação, “Despacho nº 17313/2008,” 2008.
- [26] O. d. T. e. E. Ministério do Ambiente, “Decreto- Lei nº 68-A/2015,” 2015.
- [27] D. R. Brandão, *Auditorias Energéticas*, 2015.
- [28] O. d. T. e. E. Ministério do Ambiente, *Decreto-Lei nº153/2014*, 2014.
- [29] D. R. Brandão, *ESCO (Energy Service Companies)*, 2013.
- [30] [Online]. Available: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571590077/transp1.pdf>.
- [31] L. M. Carlos A. Pina dos Santos, “Coeficientes de transmissão térmica de elementos para envolvente de edifícios,” 2006.
- [32] A.-. A. p. a. Energia, 6 Novembro 2015. [Online]. Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaee-2016-plano-nacional-de-acao-para-eficiencia-energetica-2016>.
- [33] [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/>.
- [34] J. P. Calau, “ADENE- Agencia para a Energia,” 5 Março 2015. [Online]. Available: [http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/150305semind\\_adene-pcalau.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/150305semind_adene-pcalau.pdf). [Acedido em Abril 2016].
- [35] A.-. A. p. a. Energia, “SGCIE- sistema de Gestão dos Consumos intensivos de Energia,” [Online]. Available: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Metas.aspx>. [Acedido em Março 2016].
- [36] “<https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2013/04/07000/0202202091.pdf>,” 2013. [Online].



**Anexo A.**

# 1ª Visita

<p><b>Diagrama de fabrico:</b> informação da constituição da empresa (fluxograma de produção), mas também o tipo de energia utilizada por cada área.</p>
<p><b>Separação por secções:</b> identificar e separar os equipamentos e componentes em cada secção das instalações, e os tipos de energia utilizados por cada uma.</p>
<p><b>Devem também ser tomadas notas sobre possíveis alterações de processo que possam ter ocorrido</b></p>
<p><b>Horário de funcionamento:</b> conhecimento do horário de funcionamento de cada sector da empresa.</p>
<p><b>Utilidades:</b> (aquilo que é essencial para o funcionamento da empresa).</p>
<p>Na <u>iluminação</u> podem ser feitas leituras pontuais, de forma a verificar a adequabilidade da iluminação presente. Pretende-se saber também o tipo de lâmpadas, tipo de armaduras, número de armaduras.</p>
<p>No <u>ar comprimido</u>, já foram implementadas algumas medidas, sendo desta forma pretendido verificar a adequabilidade, funcionamento e resultados. Deve também verificar-se os compressores de ar comprimido existentes, assim como a potência dos motores, regulação, arrefecimento, a existência de um secador de ar refrigeração, tal como o caso da água.</p>
<p>Nas <u>necessidades de arrefecimento</u>, pretende-se quantificar o número de sistemas, assim como a sua potência.</p>
<p><b>Produção:</b> nesta fase o objetivo é ter um maior conhecimento sobre os valores de produção, a quantidade de matéria-prima, <i>stock</i> e <i>stock</i> em curso.</p>
<p><b>Motores:</b> onde se pretende retirar toda a informação possível das chapas características.</p>
<p>Verificar a existência e utilização mínima do <b>Gerador de energia</b>, assim como a faturação do gásóleo utilizado para a utilização dos motores.</p>

Setor	Equipamento	o que verificar?	V		
Equipamento por setor	Prensa 1 Forno de biteles Serra de lingotes Prensa Extrusão 1 Forno de Matrizes 1 Forno de Matrizes 2 Robô Puller Esticador e mesa Ventiladores Serra de perfis e encestador Estufa de envelhecimento				
				Prensa 2 Forno de lingotes Prensa extrusão 2 Forno de matrizes 2 Prensa de extração de matrizes Serra de puller Mesa Túnel de frio Ventiladores Enfardadeira Serra de perfis Esticador fixo e móvel Empilhadora de carros de caminho de cestas vazias Forno de envelhecimento Forno de lingotes Forno de matrizes Prensa de extrusão 3	Validar os equipamentos em cada secção.



	Sector	Horário	o que verificar?	V	NV	
Horário de funcionamento						
	Administração/ Comercial	9h-13h e 14h-18h	Validar os horários de funcionamento, em cada setor.			
	Prensa 1 (3 turnos)	06h-14h				
		14h-22h				
		22h-6h				
	Rutura térmica (1 turno)	22h-6h				
	Prensa 2 (3 turnos)	6h-14h		Validar os horários de funcionamento, em cada setor.		
		14h-22h				
		22h-6h				
	Prensa 3 (2 turnos)	6h-14h				
		14h-22h				
		6h-14h				
	Manutenção	14h-22h				
		8h-12h e 13h-17h				



Requisitos	O que verificar?	V
Quantidade de matéria que entra na secção 1 (em ton)	Verificar a quantidade de matéria que entra na extrusora para ser transformada em perfis, não a quantidade de matéria que a empresa compra.	
Quantidade de matéria que entra na secção 2 (em ton)		
Quantidade de refugo (material não aproveitado à saída da extrusora) (em ton)	Saber a quantidade de material que não é utilizado para produzir mais nenhum perfil, podendo ter como fim a sucata ou até o lixo.	
Quantidade de produto em stock intermédio (em ton)	Verificar a quantidade de material que por algum motivo fica reservado em alguma zona da linha de produção dos perfis, para ser utilizado mais tarde.	
Quantidade de produto que entra em armazém (em ton)	Verificar a quantidade de matéria que entra no armazém, com origem a linha de produção, para venda ou stock	

Produção

Secção	Equipamento	Leitura pontual 1	Leitura pontual 2	Leitura pontual 3	Potência (kW)	Horas de funcionamento	o que verificar?
Formas de energia	P 1	Serra de lingotes					
		Forno de Biletes					
		Prensa Extrusão 1					
		Forno de Matrizes 1					
		Forno de Matrizes 2					
		Robó					
		Puller					
		Esticador e mesa					
		Ventiladores					
		Serra de perfis e encestador					
		Estufa de envelhecimento					
		Forno de lingotes					
	Prensa extrusão 2						
	Forno de matrizes 2						
	Prensa 2	Prensa de extração de matrizes					
		Serra de puller					
		Mesa					
		Túnel de frio					
		Ventiladores					
		Enfardadeira					
		Serra de perfis					
		Esticador fixo e móvel					
		Empilhadora de carros de caminho de cestas vazias					
Forno de envelhecimento							
Forno de lingotes							
Eletricidade	Forno de matrizes						
	Prensa de extrusão 3						
	Prensa extratora de matrizes						
	Puller superior						
	Túnel de frio						

Pretendem-se leituras pontuais, de corrente, de tensão e de potência em cada equipamento e o número de horas de funcionamento.

Equipamento	D (m)	Eficiência de queima										Horas de funcionamento (h)	o que v					
		T (°C)	CO	CO2	O	V(m/s)	T (°C)	CO	CO2	O	V(m/s)			T (°C)	CO	CO2	O	V(m/s)
Forno de biteles																		
Serra de lingotes																		
Prensa Extrusão 1																		
Forno de Matrizes 1																		
Forno de Matrizes 2																		
Robô																		
Puller																		
Esticador e mesa																		
Ventiladores																		
Serra de perfis e encestador																		
Estufa de envelhecimento																		
Forno de lingotes																		
Prensa extrusão 2																		
Forno de matrizes 2																		
Prensa de extração de matrizes																		
Serra de puller																		
Mesa																		
Túnel de frio																		
Ventiladores																		
Enfardadeira																		
Serra de perfis																		
Esticador fixo e																		
Formas de energia														Perceber se, as f utilizadas conti Pretende-se tamb energia utilizada p da secção				
Gás Natural																		
Prensa 1																		
Prensa 2																		



Requisitos		o que verificar?
Formas de energia	Existe consumo associado	Verificar a existência ou não de gerador de energia. Se ex associado
Gasóleo	É feita a utilização de manutenção essencial	
Gerador de energia	Faturas de gasóleo inclui a frota de transportes e o consumo associado ao gerador ed energia	

Requisitos		o que verificar?	
Motores elétricos			
Arranque	Potência	Estrela	Tensão Corrente
		Triângulo	Tensão Corrente
Frequência			
Rotação (rpm)			
Arrancador suave			
Variador eletrônico de velocidade			
Arranque	Potência	Estrela	Tensão Corrente
		Triângulo	Tensão Corrente
Frequência			
Rotação (rpm)			
Arrancador suave			
Variador eletrônico de velocidade			
Arranque	Potência	Estrela	Tensão Corrente
		Triângulo	Tensão Corrente
Frequência			
Rotação (rpm)			
Arrancador suave			
Variador eletrônico de velocidade			
Saber se os motores estão bem dimensionados, não estando a ter um consumo desnecessário para a função que estão a e			

## Anexo B.





## Anexo C.

QUADRO L.1

CONDUTIBILIDADES TÉRMICAS  
ISOLANTES TÉRMICOS  
 $\lambda$  [W/(m. °C)]

Material	Massa volumica aparente seca, $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, $\lambda$ [W/(m. °C)]
<b>ISOLANTES TÉRMICOS</b>		
<i>lá mineral (MW)</i>		
lá de rocha	20 - 35	0,045
	35 - 100	0,040
	100 - 180	0,042
lá de vidro	8 - 15	0,045
	15 - 100	0,040
aglomerado de cortiça expandida (ICB)	80 - 140	0,045
aglomerado de cortiça natural com ligantes betuminosos ou sintéticos	100 - 150	0,050
	150 - 250	0,055
	< 11	0,055
	11 - 13	0,045
	13 - 15	0,042
	15 - 20	0,040
	> 20	0,037
poliestireno expandido moldado (EPS)		
	25 - 40	0,037
poliestireno expandido extrudido (XPS)		
espuma rígida de poliuretano (PUR) ou de poli-isocianurato (PIR)		
em placas projectado ou injectado in situ entre paramentos metálicos (painéis sandwich)	20 - 50	0,040
	20 - 50	0,042
	35 - 50	0,037
espuma de poliétileno expandido extrudido (PEF)	20 - 50	0,050
grânulos leves ou fibras soltas (sem ligante)		
grânulos de argila, de vermiculite ou de perlite expandidas	< 400	0,16
outros tipos de grânulos leves ou de fibras soltas	20 - 100	0,060
espuma elastomérica flexível (FEF)	60 - 80	0,050

