



Estudo de medidas de racionalização numa indústria grande consumidora de energia

TIAGO JOSÉ MENDES SILVA

outubro de 2017

Estudo de medidas de racionalização numa indústria grande consumidora de energia

Tiago Silva

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

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

22 de setembro de 2017

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

Candidato: Tiago José Mendes Silva, N° 1150001, 1150001@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Doutor Roque Brandão, rfb@isep.ipp.pt

Empresa: Ecoinside®

Supervisão: Dr. Joaquim Guedes, joaquimguedes@ecoinside.pt



Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis

Departamento de Engenharia Mecânica



22 de setembro de 2017

Agradecimentos

Os meus agradecimentos são para todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a elaboração da minha dissertação.

O maior e principal agradecimento são para os meus pais e irmão bem como para os restantes familiares, que me acompanharam nesta etapa demonstrando sempre apoio e incentivo ao longo deste processo.

Quero agradecer ao orientador deste trabalho, ao Eng.º Roque Brandão pela orientação prestada e tempo que dispensou para me ajudar nesta fase, pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio na organização de todo o processo que envolve a escrita e a apresentação de uma dissertação de final de mestrado.

Um agradecimento à empresa Ecoincide, ao Dr. António Cunha Pereira e em especial ao Eng.º Joaquim Guedes pela confiança e oportunidade de desenvolver a minha dissertação na empresa e pela possibilidade de adquirir novos conhecimentos que serão muito úteis no futuro, por todos os ensinamentos prestados e também pela disponibilidade sempre demonstrada.

Também presto a minha gratidão, ao meu colega de estágio Ricardo Regufe e a todos os colaboradores integrantes da empresa, que de uma forma ou outra me ajudaram a desenvolver o meu trabalho, passando a citar: António Sanfins, Elisete Madureira, Joana Guedes, Pedro Lima e Sérgio Cerdeira.

Para finalizar agradeço aos meus amigos que estão sempre presentes em todas as etapas.

Resumo

O elevado consumo energético e respetivo custo associado nas indústrias, tem sido uma questão que os gestores têm vindo a refletir cada vez mais. A forma como é consumida a energia é a base de análise para verificar se a sua utilização está a ser feita de forma eficiente. As razões para as empresas apresentarem consumos desnecessários são diversas e requerem um estudo completo às instalações. Neste seguimento, surge a implementação de medidas de racionalização de energia com o objetivo de reduzir a fatura energética das indústrias e/ou de ajudar no cumprimento de compromissos nacionais e internacionais.

Esta dissertação foi elaborada no decorrer de um estágio curricular realizado na empresa Ecoinside, no âmbito de uma nova auditoria feita pela empresa, com base no SGCIE, a uma indústria consumidora intensiva de energia na área da metalomecânica.

Neste contexto, o principal objetivo deste documento é o estudo de medidas de racionalização de energia bem como a respetiva análise de viabilidade económica, com base em indicadores. Também é apresentada uma análise temporal dos consumos energéticos da indústria e o retrato da auditoria feita em 2010, bem como da nova auditoria realizada no decorrer do estágio, sendo esta a base para o estudo das medidas.

Deste modo, foram feitas medições aos consumos da indústria, realizados levantamentos termográficos a equipamentos e recolhida informação relativamente à iluminação existente bem como, de todos os dados e informações para a formulação de medidas de racionalização de energia.

Palavras-Chave

Auditoria Energética, Eficiência Energética, Medidas de racionalização de energia, Sustentabilidade, SGCIE

Abstract

Nowadays, energetic consumption and the associated high costs claims more attention by factory managers. The way energy is consumed is the basis of analysis to see if it's use is being efficiently. There are many reasons why factories present unnecessary consumption and, because of that, it is important to do a complete study of the facilities. In this way, the implementation of energy rationalization with the objective of reducing the energy invoice of industries and/or help to satisfy the national and international commitments, is required.

This master's thesis was elaborated in the course of a curricular internship at the company Ecoinside with the objective to realize a new audit, based on the SGCIE, to an intensive energy consumer industry.

The main goal of this master's thesis is the study of energy rationalization measures as well as their economic feasibility analysis, based on indicators. It is also presented a temporal analysis of the energy consumption and the results of the audit done in 2010. The new audit carried out during this internship is the basis for the study of the measures.

To provide this relevant information, measurements were made to the consumptions of the industry, thermographic surveys to equipment and was also collected information regarding the existing light as well all data and information for the formulation of rationalization of energy measures.

Key-Words

Energetical audit, energetical efficiency, rationalization energy measures, sustainability, SGCIE

Índice

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XV
NOMENCLATURA	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. CALENDARIZAÇÃO	3
1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	3
2. ESTADO DE ARTE	5
2.1. ENQUADRAMENTO	5
2.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	6
2.3. AUDITORIA ENERGÉTICA	11
3. PLANOS ESTRATÉGICOS E LEGISLAÇÃO	19
3.1. ENE 2020 – ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A ENERGIA	19
3.2. PNAEE - PLANO NACIONAL DE AÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	21
3.3. PNAER - PLANO NACIONAL DE AÇÃO PARA AS ENERGIAS RENOVÁVEIS	22
3.4. ECO.AP – PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	23
3.5. LEGISLAÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	23
3.6. LEGISLAÇÃO DO SGCIE	24
4. CASO DE ESTUDO - ANÁLISE DE CONSUMOS	33
4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA ECOINSIDE®	33
4.2. APRESENTAÇÃO DA “INDÚSTRIA A”	34
4.3. CONTEXTUALIZAÇÃO	36
4.4. ANÁLISE DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS DA INDÚSTRIA EM 2016	41
5. AUDITORIA ENERGÉTICA	47
5.1. NOVA AUDITORIA À “INDÚSTRIA A”	47
5.2. MEDIDAS DE RACIONALIZAÇÃO DE ENERGIA	56

6. CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	79
ANEXO A. LEGISLAÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	83
ANEXO B. CICLO SEMANAL DE FORNECIMENTOS EM PORTUGAL.....	87
ANEXO C. DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS PARA A SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO	88
ANEXO D. FOLHAS DE CÁLCULO PARA A DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO	93
ANEXO E. VALORES DE EMISSIVIDADE DE ALGUNS MATERIAIS DISPONIBILIZADOS PELA <i>FLUKE</i>.....	96
ANEXO F. CÁLCULOS DAS PERDAS POR TRANSFERÊNCIA DE CALOR NOS EQUIPAMENTOS A COLOCAR ISOLAMENTO	97
ANEXO G. CÁLCULO DA TARIFA MÉDIA DE ELETRICIDADE E FATURA DE GÁS NATURAL	99
ANEXO H. CÁLCULOS DAS PERDAS DE CALOR DE CONVECÇÃO E RADIAÇÃO APÓS A COLOCAÇÃO DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS.....	101

Índice de Figuras

Figura 1 – Evolução da dependência energética em Portugal [8]	8
Figura 2 – Analisador de energia fluke [11].....	13
Figura 3 – Câmara termográfica fluke [12].....	14
Figura 4 - Pinça de qualidade de energia fluke [13].....	14
Figura 5 - Analisador de gases de combustão e qualidade do ar interior [14]	15
Figura 6 – Luxímetro digital amprobe LM-120 [15]	15
Figura 7 – Anemómetro fluke [16]	16
Figura 8 – Medidor de distâncias [17]	16
Figura 9 - Detetor de fugas de gases ultrassónico [18]	17
Figura 10 – Luvas isolantes dielétricas [19].....	17
Figura 11 - Poderes caloríficos inferiores e fatores de emissão para combustíveis [28].....	31
Figura 12 – Fluxograma de fabrico da “Indústria A”.....	36
Figura 13 – Evolução do consumo de energia da “Indústria A”	39
Figura 14 – Evolução dos indicadores legais ao longo do tempo na “Indústria A”	40
Figura 15 – Evolução da produção e do VAB ao longo do tempo na “Indústria A”	41
Figura 16 - Variação do consumo de energia elétrica e peso percentual mensal no ano de 2016 na “Indústria A”	42
Figura 17 - Distribuição do consumo total de energia elétrica do ano de 2016 por período tarifário na “Indústria A”	42
Figura 18 - Estrutura de custos de aquisição de energia elétrica no ano de 2016 na “Indústria A”.	43
Figura 19 - Variação do consumo de gás natural e peso percentual mensal no ano de 2016 na “Indústria A”	44
Figura 20 - Mix energético de consumos e distribuição percentual dos custos por forma de energia consumida na “Indústria A”	45
Figura 21 - Ilustração das campânulas de iodetos metálicos e das placas translúcidas no pavilhão 2	49
Figura 22 – Telhado do pavilhão 2.....	50
Figura 23 - Levantamento termográfico na P1.....	51
Figura 24 - Levantamento termográfico na P3.....	52
Figura 25 - Levantamento termográfico na P2.....	52
Figura 26 – Tomada de potência na P1	53
Figura 27 – Tomada de potência na P2.....	53
Figura 28 – Tomada de potência na P3	54
Figura 29 – Potência nominal dos equipamentos da P1	54

Figura 30 – Potência nominal dos equipamentos da P2.....	55
Figura 31 – Potência nominal dos equipamentos da P2.....	55
Figura 32 - Cálculo das tarifas médias de eletricidade para o pavilhão 2	57
Figura 33 – Cálculos para determinação do payback.....	58
Figura 34 - Resultados da instalação fotovoltaica para proposta de autofinanciamento.....	61
Figura 35 – Resultados da instalação fotovoltaica para proposta ESCO	61
Figura 36 – Formulas de cálculo dos números adimensionais Nu, Pr, Gr e Ra [29] [31]	63
Figura 38 - Cálculo do Nu para um cilindro [29] [30]	65
Figura 37 – Cálculo do Nu para um plano vertical [29] [30]	65
Figura 39 – Cálculo da temperatura média do topo do forno de matrizes da P1 utilizando o Software	66

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Calendarização das tarefas a executar	3
Tabela 2 – Fatores de conversão para outras conversões de energia [28].....	32
Tabela 3 – Consumo energético desagregado, em 2010, na “Indústria A”	37
Tabela 4 – Indicadores legais a cumprir pela “Indústria A”	37
Tabela 5 - Resumo das medidas de redução de consumo de energia, em 2010	38
Tabela 6 – Dados de 2016 da “Industria A”.....	45
Tabela 7 - Quadro resumo do levantamento relativo à iluminação.....	49
Tabela 8 - Quadro resumo da substituição das luminárias existentes	59
Tabela 9 – Cálculo do Nu de uma placa para um plano horizontal [29] [30]	64
Tabela 10 – Quadro resumo de perdas por transferência de calor	67
Tabela 11 – Quadro resumo das perdas de calor com isolamento, para $T_w=30$	69
Tabela 12 - Quadro resumo das perdas de calor com isolamento, para $T_w=35$	69
Tabela 13 – Quadro resumo para o cálculo do payback, para T_w de isolamento = 30 C°	71
Tabela 14 - Quadro resumo para o cálculo do payback, para T_w de isolamento = 35 C°	72
Tabela 15 – Discriminação dos equipamentos e respetivas potências para as prensas de cada linha de produção	73
Tabela 16 – Resumo da legislação relativamente á eficiência energética [26]	83

Nomenclatura

Caracteres Romanos

Símbolo	Designação	Unidade
<i>g</i>	– Aceleração da gravidade	(m/s ²)
<i>H</i>	– Altura	(m)
<i>h</i>	– Coeficiente de transferência de calor por convecção	(W/m ² .K)
<i>C</i>	– Comprimento	(m)
<i>L</i>	– Largura	(m)
<i>q</i>	– Fluxo de calor	(J)
<i>T</i>	– Temperatura	(C°)

Caracteres Gregos

β – Coeficiente de dilatação térmica

Δ – Diferença

ε – Emissividade

k – Condutividade térmica

π – Constante matemática

ρ – Densidade

σ – Constante *Stefan–Boltzmann*

μ – Viscosidade dinâmica

φ – Fator de potência

Abreviaturas

ADENE	–	Agência para a energia
A_s	–	Área de transferência de calor da superfície
CA	–	Corrente Alternada
CC	–	Corrente continua
CEE	–	Consumo específico
CIE	–	Consumidores intensivos de energia
CO	–	Monóxido de Carbono
CO ₂	–	Dióxido de Carbono
DGEG	–	Direção Geral de Energia e Geologia
ECO.AP	–	Programa de Eficiência Energética na Administração Pública
ESCO	–	<i>Energy service company</i>
ENE	–	Estratégia Nacional para a Energia
FER	–	Fontes de Energias Renováveis
GEE	–	Gases de Efeito de Estufa
Gr	–	Número de <i>Grashof</i>
h	–	Coeficiente de transferência de calor por convecção
IC	–	Intensidade carbónica
IE	–	Intensidade energética
LED	–	<i>Light-emitting diode</i>
Nu	–	Número de <i>Nusselt</i>

O ₂	– Oxigénio
P1	– Linha de produção 1
P2	– Linha de produção 2
P3	– Linha de produção 3
PB	– <i>Payback</i>
P _c	– Potência contratada
Pr	– Número de <i>Prandtl</i>
PREn	– Planos de Racionalização dos Consumos de Energia
Ra	– Número de <i>Rayleigh</i>
REP	– Relatórios de Execução e Progresso
SGCIE	– Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
tep's	– Toneladas equivalente petróleo
TIR	– Taxa Interna de Retorno
T _m	– Temperatura média
T _s	– Temperatura de superfície
T _{surr}	– Temperatura do fluido envolvente
T _∞	– Temperatura do fluido
Q _c	– Capacidade das baterias de condensadores
Q _{conv}	– Transferência de calor por convecção
Q _{rad}	– Transferência de calor por radiação
UPS	– <i>Uninterruptible Power Supply</i>

- VAL – Valor Atual Líquido
- WACC – Custo médio ponderado de capital
- Δt – Intervalo de tempo
- ΔT – Diferença de temperatura
- Δx – Espessura
- \emptyset – Diâmetro

1. Introdução

O conceito de desenvolvimento sustentável define-se como: *“aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades e aspirações”* [1]. A energia é essencial no estilo de vida atual nas diversas áreas desde a indústria, a produção de bens essenciais e mesmo em relação ao nível de conforto das populações. Contudo é um elemento que tem um determinado custo e pode atingir elevadas proporções, se a sua utilização não for realizada de forma eficiente e sustentável. Para se obter uma maximização na sua utilização, a prioridade passa por minimizar todos os consumos que não produzem trabalho útil. Esta redução pode ser alcançada através de algumas estratégias que englobem um conceito geral, a eficiência energética. Com a finalidade da obtenção de processos com menores consumos de energia, surge a importância das auditorias energéticas como um processo avaliativo. O resultado desta avaliação envolve o estabelecimento de medidas de racionalização de energia, com a respetiva análise económica, de modo a obter processos mais eficientes. Atualmente o consumo elevado e ineficiente de energia tem requerido preocupação e é abordada por diversos organismos internacionais, juntamente com a problemática das alterações climáticas, sendo esta uma parte resultante desse elevado consumo energético irracional. As soluções remetem, não só, mas também, para a temática da eficiência energética na produção eficiente de energia e na racionalização do seu consumo. Nesta dissertação é realizado o estudo de medidas de utilização racional e eficiente de energia através da execução de uma auditoria energética, numa indústria grande consumidora de energia, com o objetivo de reduzir consumos energéticos e cumprir com a legislação em vigor.

1.1. Contextualização

No âmbito da disciplina de Dissertação/Projeto/Estágio, do Mestrado em Energias Sustentáveis do Instituto Superior de Engenharia do Porto foi realizado, em ambiente empresarial, um estágio curricular na empresa Ecoinside®.

O principal objetivo é o estudo de medidas adicionais de eficiência energética a implementar numa empresa do sector da metalomecânica na especialidade de extrusão de alumínio, bem como a realização dos respetivos estudos de viabilidade económica.

1.2. Objetivos

Como foi referido, o principal objetivo da dissertação é o desenvolvimento de medidas de racionalização de energia, no seguimento de uma auditoria e a realização do respetivo plano de racionalização de energia numa indústria de extrusão de alumínio. É importante realçar que já foi feita uma auditoria com implementação de medidas de racionalização de energia a esta indústria, no ano de 2010.

Assim sendo, inicialmente o objetivo é realizar o estudo do processo da auditoria efetuada em 2010 e a evolução do plano de execução das medidas, de modo a conhecer o método de funcionamento da indústria, os principais consumidores intensivos de energias e os respetivos vetores e consumos energéticos. Neste seguimento é importante verificar o ponto de situação do processo da auditoria efetuada e deste modo, identificar o cumprimento ou não das medidas propostas e dos respetivos indicadores impostos pelo SGCIE. Com esta base informativa é possível a reformulação e/ou elaboração de novas propostas de medidas de racionalização de energia com a realização de uma nova auditoria. Neste contexto é essencial que seja feito um estudo de avaliação de viabilidade económica, calculando todos os indicadores referentes à exequibilidade de novos investimentos, o VAL, a TIR e o *Payback* de modo a verificar-se a racionalidade das medidas propostas. Por fim e não menos importante, as medidas propostas têm como objetivo o cumprimento das metas legais dos indicadores (IC, IE e CEE) estabelecidas na realização da nova auditoria, de acordo com o SGCIE.

1.3. Calendarização

Tabela 1 – Calendarização das tarefas a executar

Período (semanas)	Tarefa
2	Estudo da empresa Ecoinside® e da auditoria realizada
2	Escrita da parte inicial da dissertação e estudo da legislação em vigor
1	Tratamentos de dados da auditoria realizada em 2010 e redação do REP do biénio 2015-2016
1	Preparação da nova auditoria
8	Realização da auditoria e tratamento de dados
3	Estudo de medidas de racionalização de energia
2	Escrita da dissertação.

1.4. Organização do relatório

A organização da dissertação está dividida por 6 capítulos e anexos.

O capítulo 1 designa-se por Introdução e está presente a contextualização, os objetivos e a explicação da organização do relatório.

O capítulo 2 é o Estado de Arte onde está um breve enquadramento desta dissertação, bem como a importância atual e o surgimento da eficiência energética e realização de auditorias.

No capítulo 3 apresenta-se uma síntese da legislação e compromissos nacionais e internacionais (Planos, Despachos, Decretos-Leis e programas) na área da redução do consumo energético ao longo do tempo e na vertente da eficiência energética e realização de auditorias energéticas, com destaque para o DL-71/2008, no âmbito do SGCIE.

O capítulo 4 refere-se à apresentação da empresa onde foi realizado o estágio e respetivas atividades, bem como da indústria auditada em estudo com uma breve explicação do processo de fabrico. Também é apresentado um resumo das conclusões obtidas no processo de auditoria realizado em 2010, em especial no ano de 2016 de forma a contextualizar o caso de estudo.

O capítulo 5 refere-se ao caso de estudo e está descrito o processo da nova auditoria realizada, bem como o estudo das novas medidas de racionalização de energia com as respetivas conclusões.

Por fim, no último capítulo são apresentadas as conclusões resultantes da elaboração desta dissertação e as ilações referentes ao cumprimento dos objetivos propostos.

2. Estado de Arte

2.1. Enquadramento

A energia é essencial para a vida humana sendo utilizada na prestação de serviços vitais para o quotidiano da população nas suas diversas formas de utilização como calor, luz, transporte, produção industrial entre outras. Contudo uma boa gestão é essencial para obter uma maior racionalização, ou seja, mais lucro diminuindo os custos. Deste modo, no caso da energia é importante a questão da sua racionalização uma vez que permite um aumento muito significativa nos *cash-flows* de empresas e de indústrias, mas também nos cidadãos nas suas habitações. É factual que a energia é indispensável para se obter luz, conforto térmico, alimentos, energia para transporte, sendo a base para todos os setores económicos. [2] Para usufruir destes benefícios, que resultam de um processo de transformação de energia, é essencial verificar o modo de obtenção dessas formas de energia. Numa grande escala, atualmente, são obtidas através da conversão a partir de fontes não renováveis, ou seja, de recursos esgotáveis no tempo o que leva a fazer uma reflexão sobre a sua utilização. Por outro lado, sendo produzida a partir de combustíveis fósseis, remete para outra problemática que é a poluição inerente ao uso e produção. Este é um aspeto importante uma vez que contribui para as alterações climáticas, e sendo assim é mais um fator para pensar numa estratégia de racionalização de energia nas várias interligações de uso e produção de energia. [3]

A União Europeia dispõe de instrumentos e meios necessários para instituir uma política energética sustentável nos países membros, tendo como objetivo reduzir o consumo de energia á escala global. No caso de Portugal, esses mecanismos consistem essencialmente no seguinte:

- Garantir o aprovisionamento energético, ou seja, assegurar que não há rutura do abastecimento;
- Proteger o ambiente diminuindo os GEE e assim sendo combater as alterações climáticas;
- Desenvolver redes energéticas eficientes;
- Aumentar a eficiência energética da economia, particularmente no setor do Estado, contribuindo para a redução da despesa pública e o uso eficiente dos recursos;
- Contribuir para o aumento da economia, reduzindo os consumos e custos relacionados com o funcionamento das empresas, industrias e economia doméstica. [2]

Neste contexto, de redução de consumos, surge o conceito de eficiência energética e de auditoria energética. Esta consiste numa avaliação que incide sobre a conceção e o estado de empresas/instalações ao qual se recolhe elementos necessários, para uma caracterização energética dos diferentes equipamentos e sistemas existentes numa instalação consumidora intensiva de energia. A finalidade desta avaliação é elaborar um plano de racionalização do consumo de energia (PREn), bem como à subsequente verificação do cumprimento deste com o objetivo de utilizar a energia necessária de forma eficiente. [4]

2.2. Eficiência Energética

A eficiência energética consiste na: “*otimização de energia que se realiza no consumo de energia*” [5], ou seja, por outras palavras é utilizar um consumo de energia inferior obtendo os mesmos resultados na produção de produtos ou prestação de serviço. Existem medidas de racionalização de energia simples como comportamentais, tais como desligar o interruptor da luz quando se saí de um local, bem como de todos os aparelhos que estejam em modo de espera (*stand-by*) ou, outro exemplo, a maximização do uso da luz natural.

Por outro lado, existem ações mais complexas que englobam medidas, como por exemplo, a substituição de uma determinada tecnologia por uma mais eficiente, como no caso da iluminação, ou medidas de intervenção no processo de transformação de energia em calor, frio ou luz. Por norma, estes sistemas de conversão levam necessariamente a perdas e é nesta fase que se podem implementar ajustes com o objetivo de diminuir o desperdício de energia nesta etapa. [5]

Para identificar e implementar medidas de redução de consumos de energia é essencial conhecer as zonas de atuação disponíveis a intervir, identificando os principais consumidores de energia, de modo a garantir uma correta execução das medidas com base no conhecimento das soluções existentes no mercado. A eficiência energética é o resultado de algumas ações que podem ser, de forma sucinta, a eliminação de consumos supérfluos, recuperação de energia em perdas, implementação de novos equipamentos de rendimento mais elevado e adaptação/estratégias de funcionalidade para equipamentos já existentes. [6]

A União Europeia tem vindo a dar ênfase à questão da eficiência energética devido à interligação com a questão das alterações climáticas registadas nos últimos anos, o que levou, em 2007, a uma medida de resolução baseada num pacote de medidas a atingir no ano 2020 e que visam o seguinte:

- 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990
- 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto
- 20% de redução do consumo de energia primária relativamente à projeção do consumo para 2020 [7]

Para 2030, a EU e mediante a audição das entidades nacionais, foram estabelecidas as seguintes metas para Portugal:

- 40% de redução de emissões de gases com efeito de estufa
- 27% de renováveis no consumo de energia
- 27% para o aumento da eficiência energética;
- 15% de aumento nas interligações elétricas. [7]

O objetivo da EU com a elaboração destas medidas é diminuir o consumo de energia dos países membros o que pode levar, além disto, a outros proveitos como por exemplo o melhoramento da economia no seguimento da utilização de energias renováveis. Neste seguimento, as metas estabelecidas por este organismo adquirem igualmente importância no que diz respeito à dependência energética dos países. Este conceito define-se como o quociente entre a energia importada e o consumo total de energia. É um aspeto importante e Portugal tem conseguido diminuir a sua dependência energética ao longo do tempo como se pode verificar na Figura 1, contudo e de acordo com as metas estabelecidas a dependência energética do nosso país ainda foi muito elevada em 2013. [8]

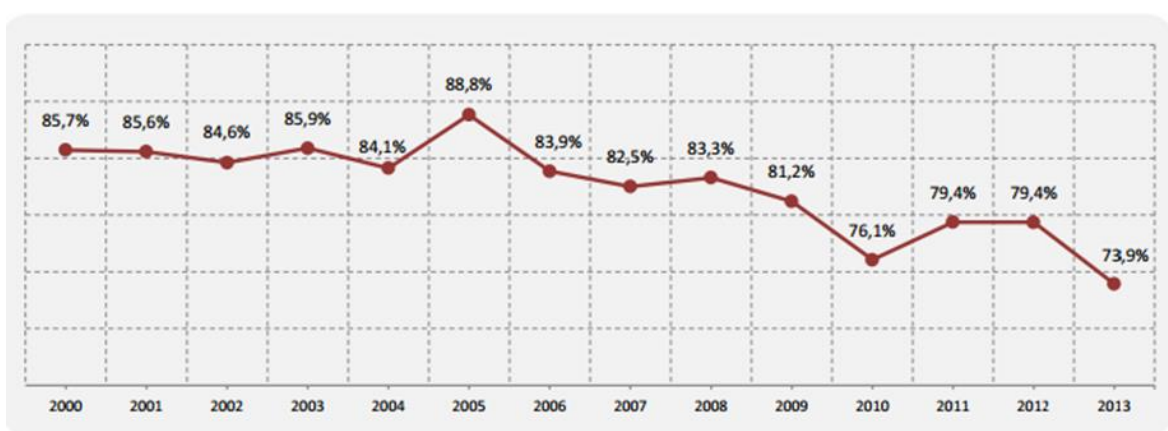


Figura 1 – Evolução da dependência energética em Portugal [8]

Para dar continuidade ao cumprimento destes objetivos, Portugal definiu as suas metas estabelecendo assim um Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER). Este plano, direciona as metas para 2020, tendo como objetivos gerais a redução do consumo de energia primária em 25% e uma meta específica de 30% para a Administração Pública. Relativamente à energia proveniente de fontes renováveis, é pretendido que seja cerca de 31% do consumo final bruto de energia e ainda que 10% da energia utilizada nos transportes derive também de fontes endógenas. [7]

Com estas metas estabelecidas, as grandes indústrias têm uma percentagem razoável de contribuição para que o seu cumprimento a nível nacional e europeu seja uma realidade. Por norma, estas instalações consomem grandes quantidades de energia existindo uma grande potência de redução, nos seus processos de fabrico de produtos/serviços. Neste sentido

existem diversas medidas que podem ser implementadas para cada caso, requerendo assim um estudo detalhado das instalações.

De uma forma geral, há inúmeras medidas de eficiência energética que podem ser implementadas, sendo que algumas delas já foram mencionadas no início deste subcapítulo. No caso de grandes indústrias consumidoras de energia, a compensação do fator de potência com a utilização de baterias de condensadores é uma atuação que resulta num considerável benefício energético. Neste caso, máquinas como motores e transformadores consomem energia reativa indispensável ao seu funcionamento. A forma de limitar a absorção de energia reativa da rede consiste em utilizar condensadores na instalação para fornecer essa componente da energia a essas máquinas. Ainda nos motores, uma medida usual é a utilização de variadores de velocidade obtendo assim a redução controlada de potência destas máquinas, redução da energia ativa necessária, obtenção de menor desgaste e concludentemente mais produtividade. As perdas nos motores são muito comuns e a sua diminuição podem resultar de medidas simples tais como: [6]

- verificar se existe desequilíbrio de fases devido á presença de grandes cargas monofásicas levando ao sobreaquecimento;
- averiguar o alinhamento do motor no caso do veio e a colocação mecânica;
- avaliar as condições ambientais de funcionamento;
- realizar a respetiva manutenção como inspeção, limpeza e lubrificação, podendo provocar, por exemplo, atrito em rolamentos. [6]

Também as perdas presentes em transformadores quer seja no cobre e/ou no ferro são aspetos importantes, logo correspondem a consumos de energia desnecessários. [6]

Mudando de sector de intervenção, a iluminação, como já foi referida no inicio deste subcapítulo, pode ser uma área de elevado consumo ineficiente de energia e as medidas neste âmbito são importantes na redução de consumos. Assim, requer uma análise do tempo de utilização e de cálculos de luminotecnica. As medidas mais recorrentes são a substituição de tecnologias das iluminarias, sendo a mais eficiente atualmente a de tipo LED, e a aplicação de sensores de intensidade luminosa e/ou de presença. Para finalizar a gestão da fatura de eletricidade e utilização de energias endógenas, para reduzir o consumo final de energia

elétrica, são dois aspetos importantes. Assim sendo é necessário um estudo da utilização de energia elétrica, de um modo temporal, de forma a optar por um tarifário horário de eletricidade mais vantajoso e adequado. [6] Relativamente ao investimento em energias renováveis é indispensável um estudo de viabilidade económica, alias como todos os grandes investimentos de forma geral. [6]

Estes temas, são normalmente temáticas que se abordam na questão da eficiência energética, que compreendem outras áreas de intervenção como a otimização de sistemas de: equipamentos térmicos, cogeração, ar comprimido, frigoríficos, ventilação, caldeiras bem como a otimização no sector do transporte, por exemplo de mercadorias. [6]

Todas as medidas e intervenções na área da eficiência energética que requerem um investimento, independentemente da área a intervir, devem ser alvo de um estudo de viabilidade económica de forma a optar por uma política de maximização da aplicação das medidas de economia de energia de uma forma sustentável. Este estudo deve ter em consideração critérios adequados para fazer uma avaliação económica credível, nomeadamente:

- *Payback*: O Período de Recuperação de Investimento é definido como o número de períodos em que se recupera o investimento inicial. Para calcular este termo, realiza-se o quociente entre o investimento que o projeto representa (incluindo custos de investimento, exploração e manutenção), ao longo do tempo de duração do mesmo, e o rendimento anual do projeto. [9]
- *VAL*: O valor atualizado líquido é o valor presente de um projeto, calculado a partir dos fluxos de caixa futuros. Trata-se de uma avaliação de todos os cash-flows envolvidos no projeto, positivos e negativos, ou seja, é estimado todo o dinheiro que se vai gastar e receber com o projeto. A decisão de aceitar um investimento deve ter em consideração a condição que o VAL seja superior a zero. [9]
- *TIR*: A Taxa Interna de Rendibilidade corresponde ao valor da taxa de atualização do investimento, que torna o valor atual líquido de um investimento igual a zero. Neste caso, o critério de decisão de investimento consiste na implementação de um projeto sempre que TIR seja superior à taxa de juro de referência, que é normalmente referente ao custo de oportunidade do capital. [9]

2.3. Auditoria Energética

Uma Auditoria Energética define-se como uma avaliação detalhada de todos os contextos de utilização de energia numa dada instalação ou processo, num determinado período de tempo. Desta forma é possível realizar uma contabilização e respetiva caracterização de todas as condições de energia existentes, de forma a identificar as possíveis perdas e os consumidores intensivos de energia. Assim, é factível o estudo de medidas adequadas a cada situação com o objetivo de se obter uma utilização mais eficiente de energia para a mesma produção, sem afetar a qualidade do produto/serviço. As propostas para as medidas de racionalização de energia são acompanhadas por uma análise de viabilidade económica com base nos indicadores económicos referenciados no subcapítulo anterior, de modo a cumprir as metas determinadas no período de vigência estabelecido. [4]

Com o objetivo de um processo avaliativo eficaz e eficiente a realização de uma auditoria divide-se em quatro fases:

- **Planeamento da auditoria:**
 - ✓ Recolha de dados preliminares documentais (faturas energéticas; dados de produção; *layout*; VAB);
 - ✓ Elaboração de um estado de arte dos equipamentos de modo a conhecer melhor o processo de funcionamento da instalação, bem como recolher informações relativas a tecnologias disponíveis no mercado;
 - ✓ Análise do processo produtivo e energético;
 - ✓ Preparação da intervenção em campo. [10]

- **Trabalho de campo:**
 - ✓ Instalação de equipamentos de registo em contínuo de monitorização;
 - ✓ Realização de levantamentos energéticos com as respetivas medições relativamente às condições de utilização de energia, de modo a obter informação detalhada do funcionamento energético do processo ou unidade fabril. A recolha de dados de equipamentos deve compreender algumas informações como:

- Código de identificação do equipamento;
 - Descrição;
 - Tipo de energia utilizada;
 - Potência nominal;
 - Regime de carga médio estimado;
 - Número médio de horas de utilização por período;
- ✓ Registo fotográfico da instalação e equipamentos; [10]
- **Tratamento da informação recolhida:**
 - ✓ Elaboração de uma análise da informação obtida, calculando os respetivos indicadores exigidos pelo Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de abril (Decreto-Lei que regula o SGCIE).
 - ✓ Identificar medidas de racionalização de energia com a respetiva avaliação económica de forma a estimar a poupança gerada e o tempo de retorno dos investimentos. [10]
 - **Elaboração do relatório final:**
 - ✓ Descrição de todas as etapas realizadas com as respetivas conclusões de forma organizada nomeadamente se o processo em análise é consumidor intensivo de energia, de acordo com a legislação em vigor, bem como as respetivas medidas e metas a cumprir. [10]

Para efetuar uma auditoria são necessários alguns equipamentos/instrumentos que podem variar dependendo do setor que se pretende avaliar. Assim, existem equipamentos indicados para a análise da componente elétrica, de redes de fluidos, da eficiência da combustão, da iluminância, entre outros. Os equipamentos mais utilizados são os seguintes:

- **Analisador de energia:**

O analisador de energia é um instrumento que regista a componente elétrica, ou seja, valores de tensões, correntes, fatores de potência ($\cos \phi$), potências (ativas, reativas e aparentes) e consumos quer por fase quer entre fases. O registo pode ser de valores instantâneos, médios e máximos em intervalos de tempo definidos pelo operador. Estes aparelhos têm também a capacidade de recolher dados para medir o custo financeiro do desperdício energético devido, por exemplo, à fraca qualidade de potência e permitem identificar as áreas de maior desperdício energético de um determinado local. É, igualmente, um elemento importante na avaliação da poupança alcançada depois da instalação de dispositivos de redução energética uma vez que possibilita realizar medições antes e após a sua implementação. Além disto tem a capacidade de detetar e prevenir avarias e efetuar estudos de cargas, verificando a capacidade do sistema elétrico antes de adicionar cargas. [11]



Figura 2 – Analisador de energia *fluke* [11]

- **Câmara termográfica**

A câmara termográfica permite encontrar um potencial problema invisível a olho nu, apresentando uma imagem da distribuição do calor de um equipamento. Pode ser usado na análise de pontos quentes em quadro elétricos, na deteção de sombreamentos em painéis solares, infiltrações de água entre outras situações. [12]



Figura 3 – Câmara termográfica *fluke* [12]

- **Pinça de Qualidade de Energia**

A pinça de qualidade de energia é um equipamento que tem englobado um analisador de potência, um registador de qualidade de energia e uma pinça amperimétrica. É útil para monitorizar cargas elétricas, medir e detetar problemas relacionados com a qualidade de energia em cargas de comutação detetando, por exemplo, avarias em variadores de velocidade e sistemas *UPS*. Também, através do medidor de potência, possibilita a medição de CC sem precisar de interromper o circuito. Por outro lado, é capaz de detetar problemas com harmónicos e analisar cargas de modo a verificar a capacidade do sistema elétrico antes de adicionar cargas. [13]



Figura 4 - Pinça de qualidade de energia *fluke* [13]

- **Analisador de gases de combustão e qualidade do ar interior**

O analisador de gases é utilizado para a medição de O_2 e CO de fumos em zonas industriais ou ambientes. Este aparelho tem a capacidade de calcular os níveis de CO_2 , perdas, rendimentos de combustão e o excesso de ar. [14]



Figura 5 - Analisador de gases de combustão e qualidade do ar interior [14]

- **Luxímetros**

Os luxímetros medem a quantidade de iluminância de ambientes num dado local ou superfície e tem como unidade de medida o lux, sendo importante para verificar os níveis de iluminância recomendáveis e para cálculos luminotécnicos. [15]



Figura 6 – Luxímetro digital amprobe LM-120 [15]

- **Anemômetros**

Os anemômetros medem a velocidade e o fluxo do ar detetando problemas de ventilação, que pode levar à ineficiência do equipamento em análise. [16]



Figura 7 – Anemômetro *fluke* [16]

- **Medidores de Distância**

Os medidores de distância são utilizados para medir distâncias, cálculo de áreas, volumes e inclinações. [17]



Figura 8 – Medidor de distâncias [17]

- **Detetor de fugas de gás ultrassónico**

O som ultrassónico é uma gama de som que está acima da capacidade de audição humana, ou seja, a uma frequência superior a 100kHz. Estes detetores convertem os sons ultrassónicos numa gama audível pelo ser humano. Assim, estes equipamentos, são elementos importantes na deteção de fugas em sistemas de ar, vapor e gases inflamáveis em diversos sistemas como o de ar comprimido, o de ar condicionado e radiadores. [18]



Figura 9 - Detetor de fugas de gases ultrassónico [18]

- **Luvas isolantes**

As luvas isolantes são equipamentos de proteção a utilizar em aparelhos elétricos para proteção contra choques elétricos. [19]



Figura 10 – Luvas isolantes dielétricas [19]

3. Planos estratégicos e Legislação

No âmbito de uma política sustentável e eficiente foram estabelecidos, relativamente a todas as questões sobre racionalização de energia, programas, planos, decretos-lei e despachos. Estes planos e programas, fornecem informação sobre estratégias e metas nacionais para a redução de energia e os restantes documentos a legislação essencial para realizar procedimentos nesta área.

3.1. ENE 2020 – Estratégia Nacional para a Energia

A Estratégia Nacional para a Energia foi 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. O Governo estabeleceu estratégias na área da energia com objetivos bem definidos como a potencialização da produção e exportação de produtos/serviços com elevado valor acrescentado ao nível das energias renováveis, o incentivo em soluções ao nível da eficiência energética, a promoção de novos mercados de energia e a criação de valor e de emprego qualificado.

Estes fatores estão diretamente associados ao crescimento económico e ambiental bem como à sua sustentabilidade e a outros conceitos, referenciados no subcapítulo 2.1 na política energética sustentável de um país, como a diminuição da dependência energética do exterior, a garantia da segurança de abastecimento e igualmente à redução das emissões de GEE. [20] Deste modo, através do documento publicado no Diário da República, são os seguintes objetivos presentes, de forma resumida, que resultaram da Resolução do Conselho de Ministros acima referida:

- Reduzir a dependência energética do País face ao exterior para 74 % em 2020, através de recursos endógenos, com vista à progressiva independência do País face aos combustíveis fósseis;
- Cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal estabelecidos nas políticas europeias de combate às alterações climáticas para 2020 (60 % da eletricidade produzida e 31 % do consumo de energia final tenham origem em fontes renováveis e uma redução de 20 % do consumo de energia final nos termos do Pacote Energia -Clima 20 -20 -20);
- Reduzir em 25 % a importação de energia com a produção dessa a partir de fontes endógenas;
- Criar riqueza e consolidar um *cluster* energético no sector das energias renováveis em Portugal com o objetivo de o impacto no PIB passar de 0,8 % para 1,7 % até 2020;
- Desenvolver um *cluster* industrial associado à promoção da eficiência energética proporcionando exportações equivalentes a 400 milhões de euros com investimentos em 13.000 M€ até 2020 e criação de 21000 novos postos de trabalho;
- Promover o desenvolvimento sustentável criando condições com o objetivo de cumprir as metas de redução de emissões assumidas pelo País no contexto europeu. [21]

A ENE 2020 assenta sobre cinco eixos principais definindo prioridades e as respetivas medidas:

- Eixo 1 – “A ENE 2020 é uma agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira que dinamiza os diferentes sectores da economia criando valor e emprego através da aposta em projetos inovadores nas áreas da eficiência energética, das energias renováveis...” [21]
- Eixo 2 – Aposta nas energias renováveis na sua diversificação (mix energético). Desta forma é pretendido o crescimento económico e de emprego, a redução da dependência externa e aumento da segurança do aprovisionamento.
- Eixo 3 – Promoção da eficiência energética de modo a consolidar o objetivo de redução de 20 % do consumo de energia final em 2020. Isto é pretendido através da aposta em projetos de veículos elétricos, de redes inteligentes, de produção de energia com base em fontes renováveis, da otimização de modelos de iluminação pública e de gestão energética de todos os edifícios bem como a aposta em medidas comportamentais e fiscais.
- Eixo 4 – Garantir a segurança de abastecimento através da manutenção da diversificação do “mix” energético e do reforço das infraestruturas de transporte e de armazenamento.
- Eixo 5 – Sustentabilidade da estratégia energética no contexto económico e ambiental recorrendo a parte das verbas geradas no sector da energia, pelo comércio de licenças de emissão de CO₂ e a outras receitas geradas, para a criação de um fundo de equilíbrio tarifário que permita continuar com o crescimento das energias renováveis. [21]

3.2. PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

O PNAEE 2008 foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80 de 20 de maio de 2008 e resultou no âmbito da ENE 2005. Do plano resultou uma proposta de redução do consumo final de energia em 10% até 2015 com as respetivas medidas em diversas áreas de atuação. Este plano foi revisto e aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril, surgindo assim o PNAEE 2016. [22]

O PNAEE 2016 abrange seis áreas específicas: transportes, residencial e serviços, indústria, Estado, comportamentos e agricultura. A estas áreas estão associados dez programas, que definem um conjunto de medidas de melhoria da eficiência energética, com a finalidade de alcançar os objetivos propostos. A estimativa até 2016 era de diminuição do consumo energético de 1501 ktep, aproximadamente 8,2% de redução em comparação com a média do consumo verificada no período entre 2001 e 2005. [22]

O plano é executado através de medidas regulatórias como por exemplo a implementação de penalizações sobre equipamentos ineficientes, requisitos mínimos de classe de desempenho energético, obrigatoriedade de etiquetagem energética e bem como de realização de auditorias energéticas. Também é executado através de verbas de apoios financeiros provenientes de fundos para programas de eficiência energética, tais como: Fundo de Eficiência Energética, Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica, Fundo Português de Carbono e Portugal 2020. [22]

3.3. PNAER - Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

O PNAER 2010 surgiu da Diretiva 2009/28/EC (Diretiva 20-20-20), onde cada Estado-Membro define a estratégia para alcançar os objetivos de 2020 relativamente a energias renováveis. Esta diretiva estabelece que a EU, em 2020, tenha 20% de redução no consumo de energia relativamente aos valores de 1995, 20% de redução de emissões de CO₂ e de implementação de 20% de energia de fontes renováveis em todas as utilizações de energia. Assim sendo, Portugal, estabeleceu um plano de ação nesta área que foi redefinido denominando-se atualmente PNAER 2020 que resultou também da Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de março e visa a introdução de FER em três grandes setores: aquecimento e arrefecimento, eletricidade e transporte.

O estabelecimento deste horizonte temporal de 2020 no contexto de acompanhamento e monitorização permite perspetivar, antecipadamente, o cumprimento das novas metas assumidas pela EU para 2020. Consequentemente, permite cumprir o objetivo geral de redução do consumo de energia primária de 25% e o objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%. Assim sendo será possível verificar uma evolução favorável da meta global de utilização de FER, no horizonte 2013 -2020. [23]

3.4. ECO.AP – Programa de Eficiência Energética na Administração Pública

O ECO.AP resultou através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, de 12 de janeiro e tem como meta alcançar um nível de eficiência energética de 30% nos organismos e serviços da Administração Pública até 2020. O objetivo principal é permitir que o Estado reduza os consumos de energia nos serviços e organismos, a emissão de GEE e contribuir para a maximização da economia através de um contexto legal para a celebração de contratos de gestão de eficiência energética, contribuindo assim para a execução dos objetivos estabelecidos no PNAEE e no PNAER. [24]

O Decreto-Lei n.º 29/2011, de 28 de fevereiro estabelece o regime jurídico aplicável à formação e execução de contratos de desempenho e gestão de eficiência energética, a celebrar entre as entidades públicas e as empresas de serviços energéticos. [25]

3.5. Legislação para a eficiência energética

A legislação relativamente à eficiência energética é muito ampla e está estabelecida para diversas áreas desde Decretos-Lei, Portarias e Despachos. O Decreto-Lei n.º 12/2011, de 24 de janeiro, institui os requisitos para a conceção ecológica de produtos relacionados com o consumo de energia. O Decreto-Lei n.º 108/2007, de 12 de abril estabelece uma taxa ambiental sobre as lâmpadas de baixa eficiência energética, que visa compensar os custos que a utilização dessas lâmpadas causa ao ambiente e estimula o cumprimento dos objetivos nacionais em matéria de emissões de CO₂. No Decreto-Lei n.º 214/98, de 16 de julho estão presente as regras referentes aos requisitos de eficiência energética dos aparelhos de refrigeração e eletrodomésticos. [26]

Estes são alguns exemplos da legislação existente, na Tabela 16 (Anexo A) é apresentada alguma da legislação relativamente a esta temática dividindo-se nas seguintes áreas: orientações gerais, edifícios, consumo, etiquetagem em aparelhos, mobilidade elétrica e conceção ecológica de produtos.

3.6. Legislação do SGCIE

- **Decreto-Lei n.º 71/2008**

O SGCIE resulta da Estratégia Nacional para a Energia que previa como uma das medidas para a promoção da eficiência energética a reforma do Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE), com o objetivo de ajusta-lo com as novas exigências ao nível da eficiência energética e da emissão de GEE. [27]

Neste sentido, o Decreto-Lei n.º 71/2008 define quais as instalações consideradas com consumo intensivo de energia (CIE), ou seja, que no ano civil imediatamente anterior tenham tido um consumo energético superior a 500 toneladas equivalentes de petróleo (500 tep/ano), com exceção das instalações de cogeração juridicamente autónomas dos respetivos consumidores de energia. Contudo, as indústrias que não apresentem este valor de consumo energético, podem realizar acordos de racionalização e aplicar o decreto de lei de forma voluntária. [27]

A organização do SGCIE é a seguinte:

- DGEG - realiza a supervisão e fiscalização do funcionamento do SGCIE.
- DGAIEC - efetua concessão e controlo das isenções do ISP (Imposto Sobre os Produtos Petrolíferos e Energéticos)
- ADENE - faz a gestão operacional do SGCIE:
 - (a) Assegura o funcionamento regular do sistema;
 - (b) Organiza e mantém o registo das instalações CIE;
 - (c) Recebe os planos de racionalização do consumo de energia e submetem-los a aprovação por parte da DGEG;
 - (d) Recebe e analisa os pedidos de credenciação de técnicos ou entidades, submetendo-os à aprovação da DGEG;

(e) Acompanha a atividade dos operadores e técnicos no âmbito do cumprimento da disciplina do decreto-lei. [27]

Se uma instalação for considerada CIE, o operador tem as seguintes obrigações presentes no decreto-lei:

- ✓ Promover o registo das instalações;
- ✓ Efetuar auditorias energéticas que avaliem todos os fatores relativos à promoção do aumento global da eficiência energética
- ✓ Elaborar Planos de Racionalização do Consumo de Energia (PREn), com base nas auditorias 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. [27]

Sendo uma obrigação dos operadores, com instalações CIE, a realização de auditorias energéticas deve ser realizada de modo a obter todos os dados necessários à elaboração de um Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn) e à sua verificação, à posteriori, do seu cumprimento. Este plano tem em conta os tipos de consumos da instalação durante o ano civil anterior, ou seja:

- ✓ Para instalações com consumo de energia igual ou superior a 1.000 tep/ano o plano deve apresentar medidas de melhoria da intensidade energética (IE) de 6%, em 6 anos.
- ✓ Nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 500 tep/ano, mas inferior a 1.000 tep/ano, o PREn deve contemplar medidas de redução do IE em 4%, durante 8 anos. [27]

O IE representa quociente entre o consumo total de energia, considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis, e o valor acrescentado bruto das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações industriais. Além deste, também o indicador do consumo específico (CEE) deve ser calculado e reduzido resultando do quociente entre o consumo total de energia e a produção, considerando também apenas 50 % da energia provenientes de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis. Por fim, igualmente o indicador da intensidade carbónica (IC), está presente na legislação e determina-se pelo quociente entre o valor das emissões de GEE resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia. [27]

Após a realização do plano este tem de ser aceite pela DGEG, que ao aprova-lo o designa por Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE). Após isto o operador deve apresentar à ADENE, a cada dois anos de vigência do ARCE, um relatório de execução e progresso estabelecidos no período de implementação do ARCE o qual deve referir as metas e objetivos alcançados, desvios verificados e medidas tomadas ou a tomar para a sua correção. [27]

O operador com instalações abrangidas por um ARCE beneficia dos seguintes estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética:

- ✓ No caso de CIE com consumos inferiores a 1.000 tep/ano, podem ser ressarcidos em 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;
- ✓ O ressarcimento de 25 % dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao 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. [27]

Por outro lado, cabe à DGEG a fiscalização do cumprimento das obrigações do operador previstas bem como a aplicação das penalidades nele estabelecidas. Estas resultam de um desvio a apurar no final do período de vigência do ARCE e assim sendo verifica-se as seguintes punições:

- ✓ Se o desvio for igual ou superior a 25 %, o pagamento pelo operador do montante de € 50 por tep/ano não evitado, o qual é agravado em 100 % em caso de reincidência;
- ✓ Se o desvio for igual ou superior a 50 %, para além do pagamento previsto anterior, de ser feito o pagamento do valor recebido em virtude da concessão dos apoios previstos, e do valor proporcional correspondente aos benefícios decorrentes do facto da instalação se encontrar abrangida pelo ARCE. [27]

Para finalizar existe ainda contraordenações e coimas em duas situações possíveis, no primeiro caso se, se verificar violação de qualquer uma das obrigações do operador acima mencionadas, com coimas que podem variar entre um montante mínimo de 250 € e máximo de 3.500 €. No segundo caso, se existir violação relativamente ao controlo de execução e progresso do ARCE, existem coimas cujo o montante mínimo é de 150 € e máximo de 300 €. [27]

- **Despacho n.º 17449/2008 – DGEG**

No âmbito do decreto-lei anterior os elementos a considerar na realização de auditorias energéticas, na elaboração PReN e nos REP's, estão presentes neste despacho e são os seguintes:

- ✓ Auditoria Energética:
 - a) Quantificar os consumos globais energéticos por instalação e principais secções/equipamentos e o seu peso no custo final do(s) produto(s)/serviço(s);

- b) Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e/ou sistemas consumidores de energia e esclarecer como é transformada a energia e quais os seus custos;
- c) Efetuar um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia das várias formas de energia;
- d) Obter diagramas de carga dos CIE;
- e) Determinar a eficiência energética de geradores de energia térmica eventualmente existentes e realizar balanços de massa e energia aos principais equipamentos consumidores deste tipo de energia;
- f) Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia bem como o bom funcionamento de aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão e utilização de energia;
- g) Determinar consumos específicos de energia específicos durante o período de realização da auditoria;
- h) Determinar o quociente entre o consumo energético total e o VAB da instalação bem como, o consumo específico de energia para unidades de produção;
 - o O VAB a calcular define-se como: $Vendas + Prestações\ de\ serviços + Proveitos\ suplementares + Trabalhos\ para\ a\ própria\ empresa - Custo\ das\ mercadorias\ vendidas\ e\ das\ matérias\ consumidas - Fornecimentos\ e\ serviços\ externos - Outros\ custos\ e\ perdas\ operacionais$;
- i) Definir propostas para o aumento de eficiência energética/ redução da fatura energética com a respetiva viabilidade técnico-económica, bem como linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de Gestão de Energia. [4]

- ✓ Planos de Racionalização de Consumo de Energia:
 - a) Estabelecer metas relativas aos indicadores intensidades energética e carbónica e ao consumo específico, bem como definir medidas que visem a racionalização do consumo de energia tendo em conta o ano civil anterior à data de auditoria energética;
 - A intensidade energética é definida pelo quociente entre o consumo total de energia e o valor acrescentado bruto (kgep/€);
 - A intensidade carbónica resulta do quociente entre o valor das emissões de gases com efeito de estufa, referidos a quilogramas de CO₂ equivalente, e o consumo total de energia (kgCO₂e/tep ou GJ);
 - O consumo específico de energia é calculado a partir do quociente entre o consumo total de energia e o volume de produção (kgep/unidade de produção);
 - b) Identificar alterações ou substituições a introduzir na instalação, quantificando as reduções de consumo resultantes, o respetivo programa de implementação e o impacto na redução nos indicadores de eficiência energética da instalação;
 - c) Deve ter em consideração hipóteses de produção combinada de energia elétrica e térmica, de valorização dos resíduos energéticos e de substituição dos produtos derivados do petróleo;
 - d) O PReN deverá ser elaborado de forma que permita, em qualquer momento da sua aplicação, uma fácil verificação de desvios. [4]

- ✓ Relatórios de Execução e Progresso (deveres do operador da instalação CIE):
 - (a) Manter um registo atualizado para verificar desvios em relação às metas estabelecidas e apresentar à DGEG, quando lhe forem solicitados, essas informações;
 - (b) Apresentar um REP, a cada 2 anos de vigência do ARCE, sobre o seu estado de implementação, no período a que respeita o relatório. Devem constar as metas e objetivos alcançados, desvios verificados e respetiva justificação, bem como, as medidas tomadas ou a tomar para a sua correção;
 - (c) O REP deve também apresentar informação sobre a eficiência energética da instalação com base nos indicadores acima mencionados;
 - (d) O REP final relativo ao ultimo período de vigência do ARCE deve incluir o balanço final da execução da totalidade. [4]

- **Despacho n.º 17313/2008 – DGEG**

Neste despacho estão presentes os fatores de conversão para tonelada equivalente petróleo (tep) de teores em energia de combustíveis, bem como os respetivos fatores para cálculo da Intensidade Carbónica pela emissão de GEE, referidos a quilograma de CO₂ equivalente (kgCO_{2e}). [28]

Na Figura 11 estão apresentados os fatores de conversão para cada combustível.

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO ₂ /GJ)	FE (kgCO ₂ /tep)
Antracite.....	26,7	0,638	98,2	4111,4
Betume / Alcatrão	40,2	0,96	80,6	3374,6
Biogasolina e Biodiesel	27	0,645	0	0,0
Briquetes de lignite	20	0,478	101,1	4232,9
Briquetes de turfa	16 — 16,8	0,382 — 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	1,051 — 1,075	69,2	2897,3
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	97,5	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 coqueria e de fábricas de Gás.....	38,7	0,924	44,7	1871,5
Gás de forno de acaeria a oxigénio	7,1	0,170	171,8	7192,9
Gás de petróleo liquefeito	46 — 47,3	1,099 — 1,130	63,0	2637,7
Gás de Refinaria	49,5	1,182	51,3	2147,8
Gás natural (superior a 93% de metano)	47,2 — 48	1,127 — 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 aterro/ lamas de depuração e outros biogases	50,4	1,204	0	0,0
Gasóleo / Diesel	42,3 — 43,3	1,010 — 1,034	74,0	3098,2
Hulha	17,2 — 30,7	0,411 — 0,733	97,5	4082,1
Lignite castanha	5,6 — 10,5	0,134 — 0,251	101,1	4232,9
Lignite negra	10,0 — 21	0,239 — 0,502	101,1	4232,9
Lubrificantes, ceras parafínicas 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	43	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
Nafta química / Condensados de gasolina	44,5	1,063	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
Pelletes / briquetes de madeira	16,8	0,401	0	0,0
Petróleo Bruto	42,3	1,01	73,3	3068,9
Querosene	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
Xisto betuminoso	8 — 9	0,191 — 0,215	106,6	4463,1

Figura 11 - Poderes caloríficos inferiores e fatores de emissão para combustíveis [28]

Este documento, refere que para outros combustíveis primários sólidos, líquidos ou gasosos não referenciados explicitamente na figura anterior é usada a seguinte expressão que transforma o valor do poder calorífico inferior (PCI) do combustível de MJ/kg para tep/t:

Equação 1 – Calculo do PCI (tep/t)

$$PCI (tep/t) = \frac{PCI (MJ/kg)}{41,868} [28]$$

Esta expressão tem em conta a conversão termodinâmica de tep em MJ, utilizada pela Agência Internacional da Energia, ou seja, 1 tep = 41 868 MJ. Para o cálculo da intensidade carbónica, também para outros casos não mencionados devem ser utilizados valores de referência de fator de emissão (FE) de 96, 73 e 59 kgCO₂e/GJ para combustíveis primários sólidos, líquidos e gasosos respetivamente. [28]

No caso da energia elétrica o fator de conversão mencionado no despacho é o seguinte:

Equação 2 – Fator de conversão para energia elétrica

$$1 kWh = 215 \times 10^{-6} tep [28]$$

Para a contabilização da intensidade carbónica é considerado o fator de emissão associado ao consumo de eletricidade, ou seja, 0,47 kgCO₂e/kWh. [28]

Na tabela seguinte, estão descritos outros casos além da eletricidade, que também resultam da transformação de fontes de energia primária, com as respetivas considerações para conversões de energia e de emissão.

Tabela 2 – Fatores de conversão para outras conversões de energia [28]

	Conversão (tep/t)	Fator de Emissão (kgCO₂e/GJ)
Energia do vapor	$\frac{\text{Entalpia específica do vapor } \left(\frac{MJ}{kg}\right)}{\eta_{\text{térmico}} \times 41,868}$	$\frac{65,05}{\eta_{\text{térmico}}}$ * 0,9 para caldeiras de geração a vapor
Outros fluidos térmicos	$\frac{\text{Calor útil } \left(\frac{MJ}{kg}\right)}{\eta_{\text{térmico}} \times 41,868}$	$\frac{65,05}{\eta_{\text{térmico}}}$ * 0,9 para geradores de fluido térmico

4. Caso de estudo - Análise de consumos

4.1. Apresentação da empresa Ecoinside®

A Ecoinside® - soluções em ecoeficiência e sustentabilidade, Lda, foi criada em 2006 em resultado do Iº curso de empreendedorismo da Universidade do Porto e desenvolve duas áreas de negócios, mutuamente complementares, a ecoeficiência e a biodiversidade. A empresa presta serviços personalizados nessas áreas a instituições e empresas de todos os ramos de atividade, desde comércio e serviços, até à indústria extrativa, produtora ou transformadora. O objetivo da realização destes serviços é proporcionar significativas reduções de custos em conjunto com a minimização do impacte ambiental. As diminuições de custos englobam a redução e racionalização dos consumos energéticos, otimização dos consumos de água, redução das emissões gasosas, gestão e valorização dos desperdícios e resíduos produzidos, entre outros. As metodologias utilizadas pela empresa remetem sempre para o desenvolvimento económico, social e ambiental dos seus parceiros no contexto dos normativos legais atuais.

Neste sentido, a Ecoinside® realiza serviços como auditorias energéticas, contratos de desempenho energético, certificações energéticas bem como estudos de soluções e projetos mais vantajosos para os seus clientes na área da poupança de energia. Deste modo, realiza o estudo da tecnologia e do seu dimensionamento a implementar, em diversas áreas/equipamentos, tais como:

- Sistemas de gestão de energia
- Iluminação eficiente
- Baterias condensadores
- Caldeiras industriais
- Solar fotovoltaico
- Solar térmico
- Bombas de calor

4.2. Apresentação da “Indústria A”

No âmbito do cumprimento da legislação em vigor, relativamente ao SGCIE, a empresa Ecoinside® realizou uma auditoria energética a uma indústria na área da metalomecânica, situada na região norte de Portugal, em 2010. Por motivos de confidencialidade não será identificada a indústria, sendo designada nesta dissertação por “Indústria A”. O campo de atuação desta é a extrusão para, com ou sem tratamento de superfície, a comercialização de perfis de alumínio e acessórios de caixilharia. O funcionamento do processo de fabrico tem três opções de linhas de produção P1, P2 e P3, constituídas por um parque de máquinas que englobam duas formas diferentes de fabrico. Esta área inclui, também, uma linha de montagem de perfis com rutura de ponte térmica. A empresa labora 24h por dia 6 dias por semana sendo dias de paragem da produção os domingos e feriados.

Como já foi referido a indústria apresenta duas alternativas de fabrico de perfis de alumínio utilizando lingotes e um conjunto de maquinaria:

- A opção 1 é a mais antiga e inicialmente a “Industria A” produzia apenas a partir deste processo. Numa primeira fase os lingotes são cortados, na serra de corte, em biletos com as dimensões desejadas. Após isto, esta estrutura é colocada com auxílio de uma rampa num forno de aquecimento até atingir uma temperatura aproximadamente de 500 °C. De seguida, os biletos são colocados na prensa de extrusão e passados pela matriz. A matriz é previamente aquecida num forno indicado que lhe confere a forma ideal. Concluído este processo os perfis passam por um processo de choque térmico de modo a estabilizar as suas propriedades. Esta etapa é executada através do arrefecimento do componente com auxílio de um sistema de ventilação forçada, que passa por um banco de estiramento, podendo assim, posteriormente os perfis serem cortados com as dimensões pretendidas. Por último, os perfis são levados para a estufa de envelhecimento para tratamento de envelhecimento superficial para depois serem dirigidos para as zonas de acabamentos de rutura térmica e mecanização estando prontos a ser comercializados.
- A opção 2 é semelhante á 1, contudo existe uma diferença na ordem de corte dos lingotes. Neste segundo procedimento, as estruturas entram diretamente para o forno de aquecimento sendo cortadas á posteriori na saída ao inverso da opção 1 em que os lingotes são cortados antes da entrada no referido forno. Assim, na sequência do equipamento de aquecimento está presente uma linha constituída por uma cisalha de corte automático.

Na Figura 12 está representado o fluxograma da “Industria A”

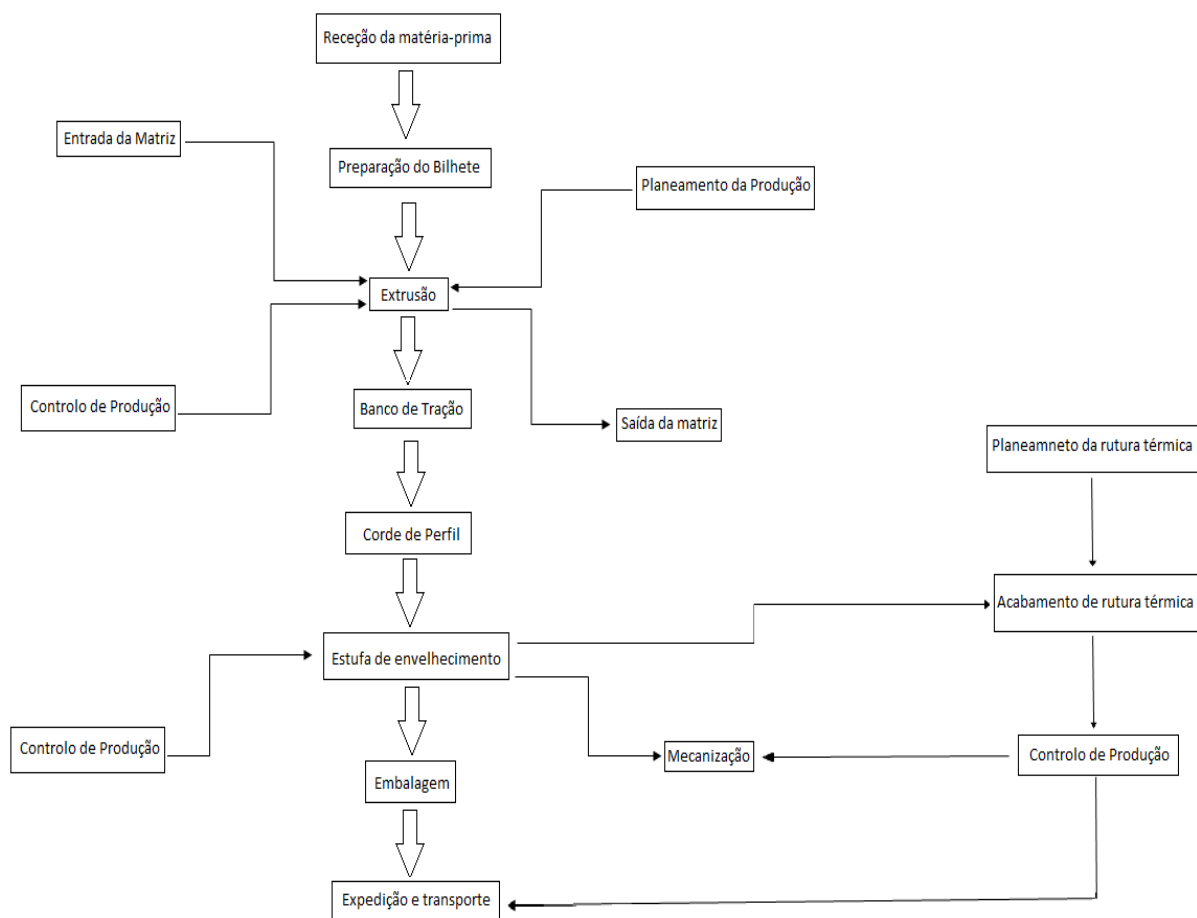


Figura 12 – Fluxograma de fabrico da “Industria A”

4.3. Contextualização

No âmbito da auditoria realizada no contexto da legislação do SGCIE, em 2010, foram apurados todos os consumos energéticos e formas de energias utilizadas pela indústria. Esses dados estão apresentados na tabela seguinte:

Tabela 3 – Consumo energético desagregado, em 2010, na “Indústria A”

Ano 2010				
Tipo de energia	Consumo	Unidade	Fator de conversão	Consumo em tep's
Gasóleo	70,87	Ton	1,022 tep/ton	72,4
Gás Natural	189,5	Ton	1,1145 tep/ton	204,1
Gás Propano	156	Ton	1,077 tep/ton	173,8
Energia Elétrica	3.038.655	kWh	$215 \cdot 10^{-6}$ tep/kWh	653,3
Total				1103,6

Estes dados foram obtidos com a análise das faturas energéticas disponibilizadas pela indústria verificando-se que esta é consumidora intensiva de energia. É importante realçar que o gasóleo não é utilizado no processo de fabrico, mas sim para a frota da empresa, contudo é contabilizado no cálculo. Deste modo, verifica-se que a indústria é abrangida pelo SGCIE com a obrigação, no mínimo, de redução de 6% dos indicadores de intensidade energética e consumos específicos de energia, no período de vigência do PReN, ou seja, em 6 anos.

No decorrer da auditoria foram recolhidos e tratados todos os dados e informações essenciais com a finalidade de obter todos os parâmetros para calcular os indicadores legais presentes na legislação: intensidade energética, consumo específico e intensidade carbónica. Na Tabela 4 estão apresentados esses valores relativamente ao ano de referência e das metas a cumprir.

Tabela 4 – Indicadores legais a cumprir pela “Indústria A”

	2010	Meta
IE (kgep/Euros)	0,362	0,340
CEE (kgep/Unidade)	106	99,64
IC (tCO ₂ /tep)	2,41	2,41

De modo a cumprir as metas estabelecidas foram propostas, pela Ecoinside®, as seguintes medidas de racionalização de energia:

- Medida 1: Eliminação de fugas na rede de ar comprimido
- Medida 2: Colocação de painéis translúcidos no Pavilhão 1
- Medida 3: Instalação de equipamento de regulação no transformador 1 do posto de transformação do pavilhão 2 para reduzir o consumo elétrico
- Medida 4: Colocação de Painéis Fotovoltaicos – mini produção de 10 kW.
- Medida 5: Instalação de um recuperador de ar para pré-aquecimento do ar de entrada no forno de lingotes do Pavilhão 1.
- Medida 6: Desligar a iluminação artificial do Pavilhão 2 durante o período diurno

Destas propostas só foram aceites pela industria as medidas 1, 3 e 5 representando os valores de redução esperados, o *payback* e o investimento necessário apresentados na tabela seguinte:

Tabela 5 - Resumo das medidas de redução de consumo de energia, em 2010

Medida	Redução (tep/ano)	KgCO₂ evitados	Investimento	<i>Payback</i>
1	10,1	21.996	0	0
3	13,6	29.796	28.800	5
5	45,6	122.504	74.500	4
Total	69	5728512	103.300	-

Com a implementação destas medidas os três indicadores esperados no fim do ARCE seriam os seguintes:

- IE = 0,339 kgep/Euros;
- CEE = 99,376 kgep/Unidade;
- IC = 2,4 tCO₂/tep

De modo a verificar o cumprimento das medidas, ao longo do tempo foram realizados acompanhamentos trimestrais, com a realização dos respetivos relatórios, ao longo dos anos bem como a elaboração dos REP's bianuais obrigatórios.

No gráfico da figura seguinte esta representado a evolução dos consumos, em tep's, de cada tipo de energia utilizada pela indústria e o total do ano, desde de 2010 até 2016.

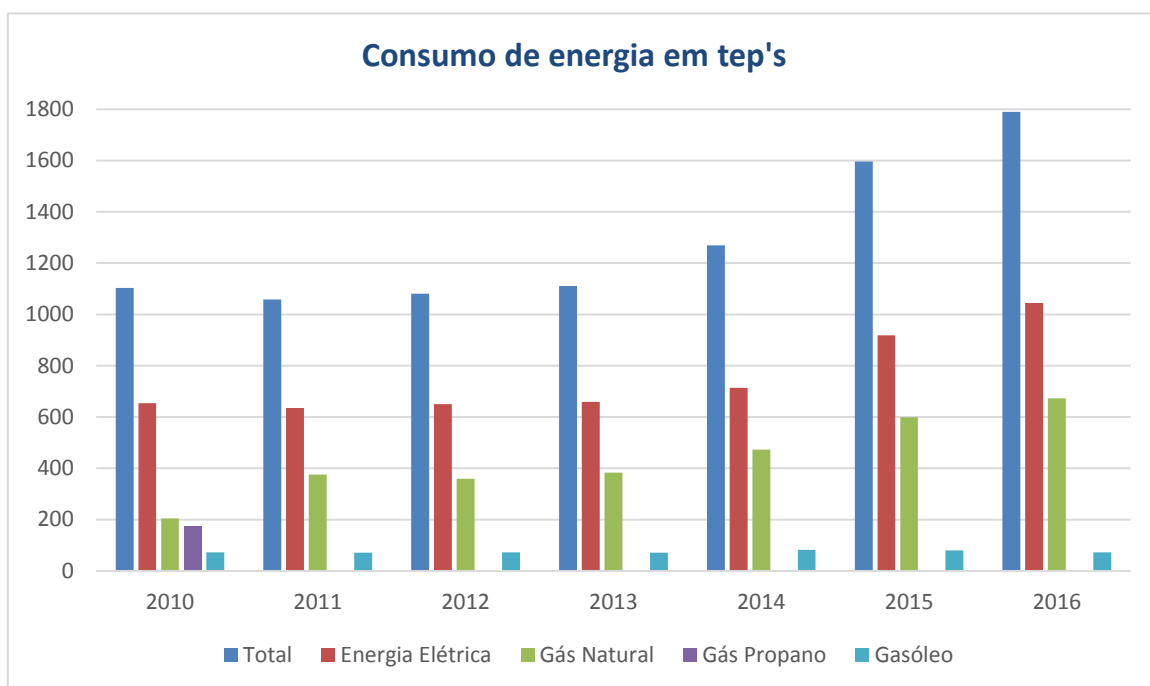


Figura 13 – Evolução do consumo de energia da “Indústria A”

Analisando os dados da Figura 13 é possível concluir que a energia elétrica foi sempre a forma de energia com mais consumo seguidamente do gás natural e do gasóleo. A partir de 2011 o gás propano foi substituído totalmente pelo gás natural, logo não se verifica qualquer consumo a partir desse período e um aumento do combustível substituído.

Relativamente aos indicadores a evolução ao longo do tempo está representada no gráfico da Figura 14. Da sua interpretação é possível concluir que o IE e o CEE apresentaram valores elevados em 2015 e em 2012 no caso do primeiro indicador. Isto deveu-se ao fato de ter existido mudanças ao nível da direção da indústria e da implementação de uma nova linha de produção do mesmo tipo de produção da opção 2, o que implicou gastos energéticos com obras na fábrica, resultando no incumprimento dos ajustes que foram propostos ao longo do processo de auditoria.

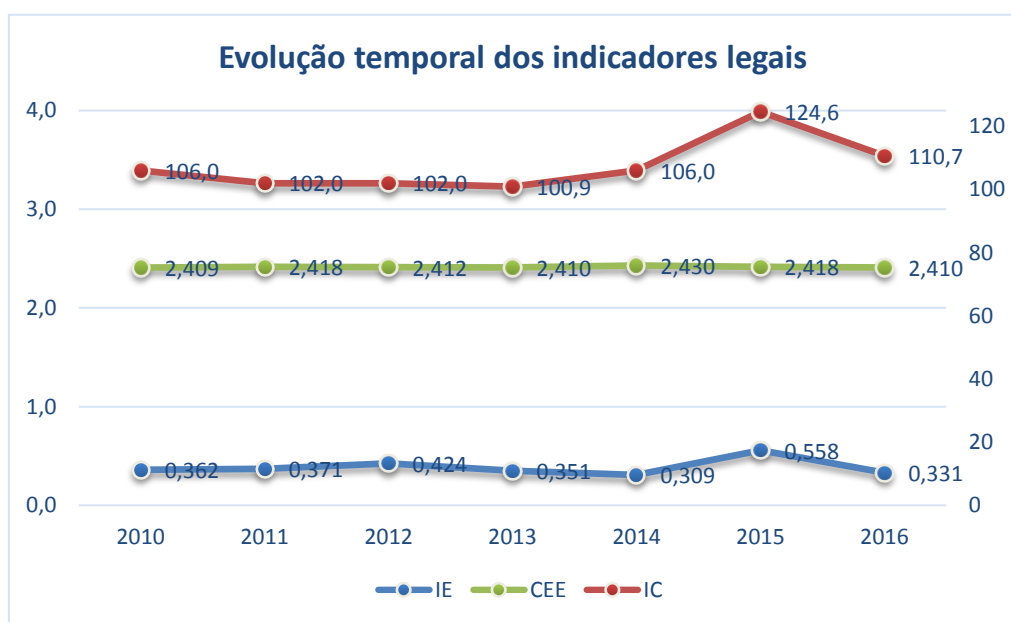


Figura 14 – Evolução dos indicadores legais ao longo do tempo na “Indústria A”

Os valores do VAB e da produção são essenciais para o cálculo dos indicadores. No gráfico da Figura 15 estão ilustradas as evoluções dos seus valores ao longo do tempo. Da sua análise verifica-se que a produção foi aumentando ao longo dos anos, no entanto o VAB apresentou uma diminuição em 2015 o que justifica, de certa forma, os valores elevados dos indicadores nesse ano.

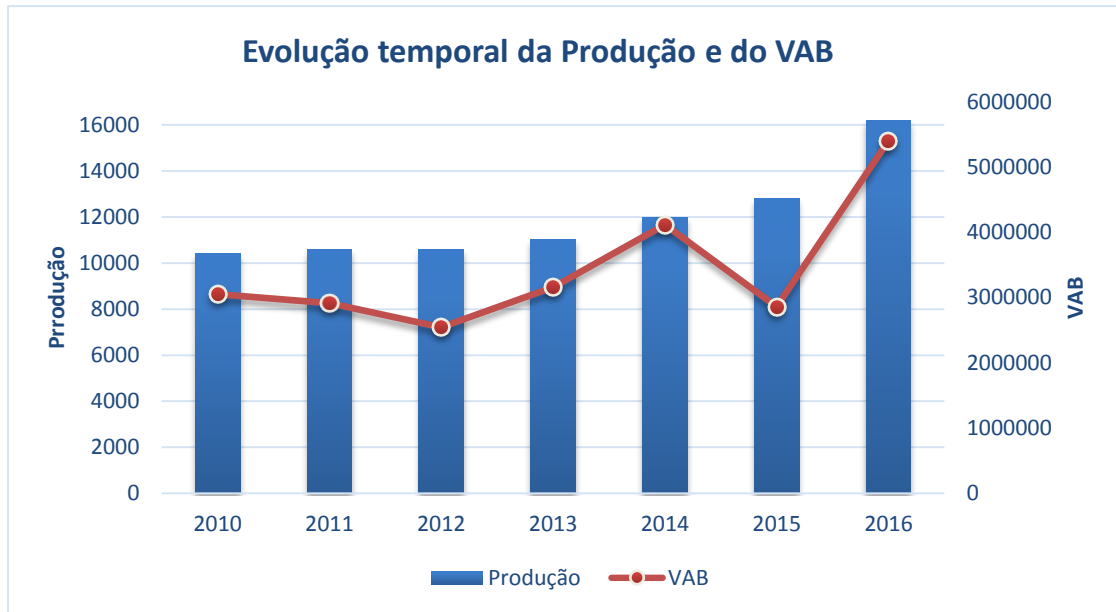


Figura 15 – Evolução da produção e do VAB ao longo do tempo na “Indústria A”

4.4. Análise dos consumos energéticos da indústria em 2016

A “Indústria A”, em 2016, utilizou a energia elétrica, o gás natural e o gasóleo como formas de energia necessárias para a produção e transporte dos perfis de alumínio. Relativamente à primeira forma de energia o consumo total foi de 4.860.289 kWh/ano originando um custo anual de cerca de 684.287,73 €. No gráfico da Figura 16 está apresentada a variação mensal do consumo de energia elétrica e o valor do peso percentual mensal em relação ao consumo nesse ano. Da sua análise pode-se verificar que o menor consumo foi verificado no mês de agosto (período de férias) e o maior consumo foi registado no mês de setembro. Do ponto de vista percentual verifica-se que o peso percentual no consumo total anual de cada mês nunca foi superior a 10%.

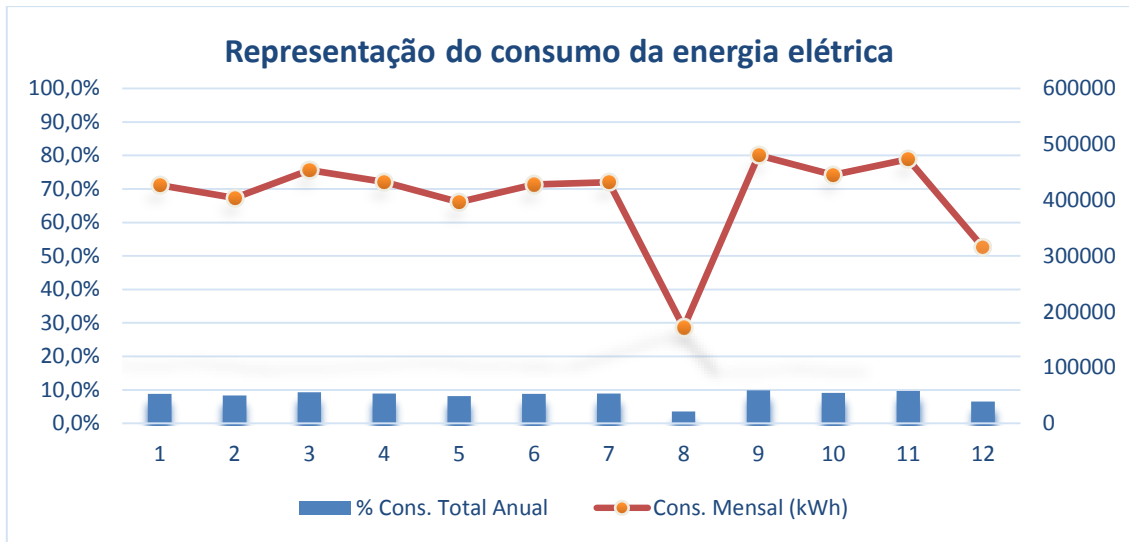


Figura 16 - Variação do consumo de energia elétrica e peso percentual mensal no ano de 2016 na "Indústria A"

O gráfico da figura seguinte representa a distribuição do consumo de energia elétrica, em percentagem, pelos períodos tarifários em relação ao consumo de energia total de energia elétrica. A sua observação permite constatar que o consumo no período de cheia é o que representa mais consumo seguidamente do período de vazio, ponta e por fim super vazio.

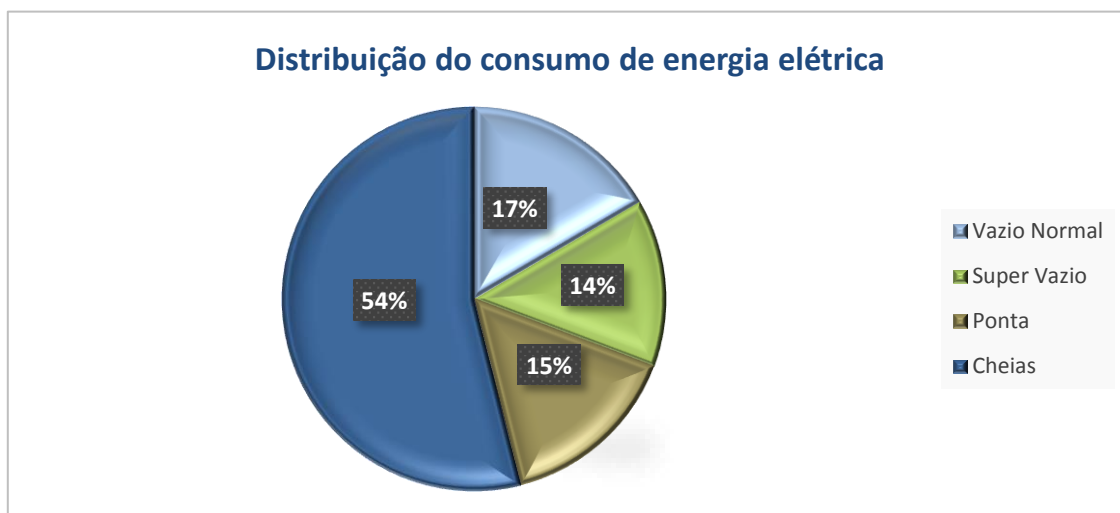


Figura 17 - Distribuição do consumo total de energia elétrica do ano de 2016 por período tarifário na "Indústria A"

O gráfico da figura seguinte corresponde à distribuição percentual dos custos para todos os termos das faturas de energia elétrica. A sua análise possibilita chegar à conclusão que o termo de energia ativa, como perspetivável, é o que apresentam maior peso percentual nos custos, com a aquisição de energia elétrica.

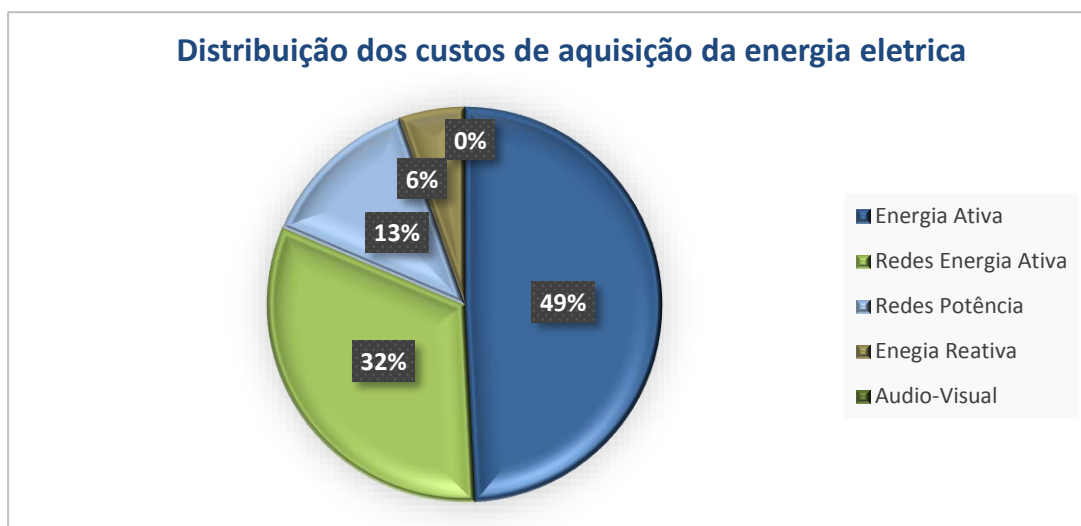


Figura 18 - Estrutura de custos de aquisição de energia elétrica no ano de 2016 na “Indústria A”

O gás natural é outra forma de energia consumida em 2016 e o consumo total foi de 7.826.782 kWh representado um custo anual de cerca de 315.920,47€. No gráfico da figura seguinte esta apresentado a variação do consumo mensal de gás natural e o peso percentual de cada mês em relação ao consumo total de cada ano. A sua análise permite concluir que, tal como a energia elétrica, o mês de agosto é o que regista o consumo mais baixo de gás natural. Também se verifica uma oscilação de crescimento e diminuição de consumo ao longo dos meses não sendo possível tirar conclusões concretas, exceto nas reduções nos períodos de férias agosto e dezembro.

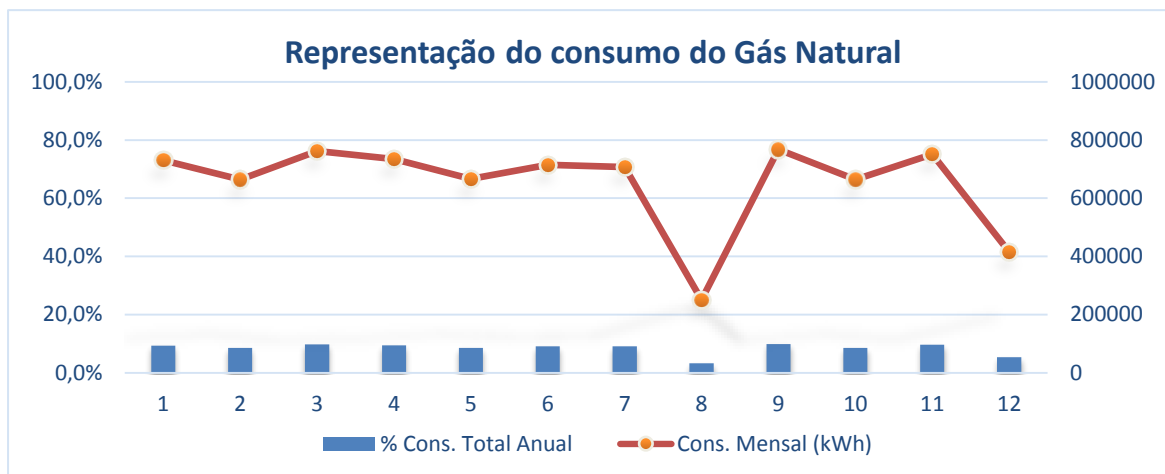


Figura 19 - Variação do consumo de gás natural e peso percentual mensal no ano de 2016 na “Indústria A”

Por fim, relativamente ao gasóleo, o seu consumo está associado à frota da empresa e não diretamente à atividade produtiva representando um custo total anual de 96.364,26 €.

Realizando uma análise às três formas de energia é possível verificar que o consumo de energia elétrica representa um consumo, relativamente ao total de energia consumida, de 58% representando uma percentagem de custo idêntica de 62%. Pelo contrário, o gás natural apresenta um menor peso de custos quando comparado com os valores de consumo e o gasóleo indica exatamente o inverso do gás natural, como se pode verificar na figura do gráfico seguinte.



Figura 20 - Mix energético de consumos e distribuição percentual dos custos por forma de energia consumida na “Indústria A”

Deste modo, na tabela seguinte estão apresentados os dados dos consumos energéticos em tep’s, da produção e do VAB ambos de 2016, bem como o valor dos respetivos indicadores nesse ano e a meta a ser atingida.

Tabela 6 – Dados de 2016 da “Industria A”

Parâmetros	2016	Indicadores	2016	Meta
Consumo (tep’s)	1.789,72	IE (kgep/Euros)	0,331	0,327
Produção (ton)	16.171,00	CEE (kgep/Unidade)	110,67	99,64
VAB (€)	5.402.457,00	IC (tCO2/tep)	2,41	2,41

Analisando os dados da tabela anterior verifica-se que não foi atingido o valor previsto para a intensidade energética bem como para o consumo específico, o que leva ao incumprimento das metas previstas. Como já foi referido, isto deveu-se com mudanças de processo nomeadamente na expansão da fabrica e da modificação na direção na indústria. Também se verificou alguma dificuldade e rigor da mesma em fornecer os valores concretos de produção e VAB, sendo essencial fazer uma analogia real e concreta dos custos para uma determinada produção, com auxílio de um sistema de gestão de consumos adequado por exemplo.

5. Auditoria Energética

5.1. Nova Auditoria à “Indústria A”

Os resultados obtidos no processo da auditoria anterior ainda não foram validados pela ADENE, contudo foi considerado essencial iniciar os trabalhos de uma nova auditoria de modo a realizar um novo ARCE, no âmbito do SGCIE com o objetivo de modificar os resultados negativos obtidos. Deste modo não foi definido o ano base, para a análise de consumos ficando a aguarda a resposta da agência de energia, o que não se veio a verificar a tempo útil do período de estágio. Os trabalhos de campo tiveram como base os resultados obtidos no acompanhamento da instalação, durante a vigência do ARCE anterior e deste modo foi definida uma calendarização com as seguintes tarefas:

- Caracterização dos fluxos energéticos: Identificação das formas de energia consumidas com a respetiva quantificação do consumo, nas diferentes fases do processo produtivo e processos auxiliares;
- Sistema de monitorização: Estudo para a definição de um sistema adequado de monitorização de consumos de energia para se obter uma avaliação em função da atividade produtiva;
- Isolamento térmico: Definição dos locais a isolar, com base no levantamento termográfico efetuado ao longo da auditoria, bem como da especificação do tipo de material de isolamento a adotar e respetivos custos;

- **Sistemas de iluminação:** Análise do sistema de iluminação da indústria com a finalidade de substituição da iluminação existente por outra mais eficiente, com o respetivo estudo de viabilidade económica. Análise da viabilidade de colocação de mecanismos de controlo da iluminação, para assegurar a sua utilização apenas nas condições em que é efetivamente necessária, através do seu acionamento de forma automática em função de condições previamente especificadas.
- **Projeto de uma instalação fotovoltaica:** Estudo e análise da possibilidade de instalação de uma central fotovoltaica para autoconsumo.

Definida a calendarização, ao longo da auditória, foram retirados alguns dados e informações, bem como feitas algumas medições de modo a obter todas as informações necessárias para definição de possíveis medidas de racionalização:

- **Caracterização dos consumos energéticos:** analisando as faturas energéticas até ao tempo de término de estágio, verificou-se que não houve nenhuma alteração relativamente às formas de energia utilizadas pela indústria. A energia elétrica, o gás natural e o gasóleo continuam a ser as únicas formas de energia a ser usadas e tal como se verificou na análise dos anos anteriores, a ordem de maior consumo das energias utilizadas continua a ser a mesma.
- **Levantamento da iluminação existente:** na tabela seguinte está presente a informação sobre a iluminação existente, onde se verifica a tecnologia existente evidenciando a oportunidade de substituição por outra mais eficiente.

Tabela 7 - Quadro resumo do levantamento relativo à iluminação

Local		Nº de luminárias	Tecnologia existente	Pé direito (m)	Potência (W)	Horário de funcionamento
Pavilhão 2		60	Campânulas de iodetos metálicos	11	400	18h-08h
Zona 1	Zona de máquinas	18	Campânulas de iodetos metálicos	7,25	400	24h
	Gabinetes	10	T8 fluorescentes	2,5	36	09h-18h
	Zona de trabalho	10	T8 fluorescentes	3,46	36	24h
	Refeitório	4	T8 fluorescentes	2,5	36	12h30-13h30; 19h30-20h30
Zona 2 (Rutura térmica)		42	T8 fluorescentes	4,52	36	24h

Na Figura 21 é apresentada as campânulas de iodetos metálicos utilizados pela indústria, bem como as translúcidas do telhado o que confere iluminação natural denotando a oportunidade de implementação de um sistema de gestão de iluminação.

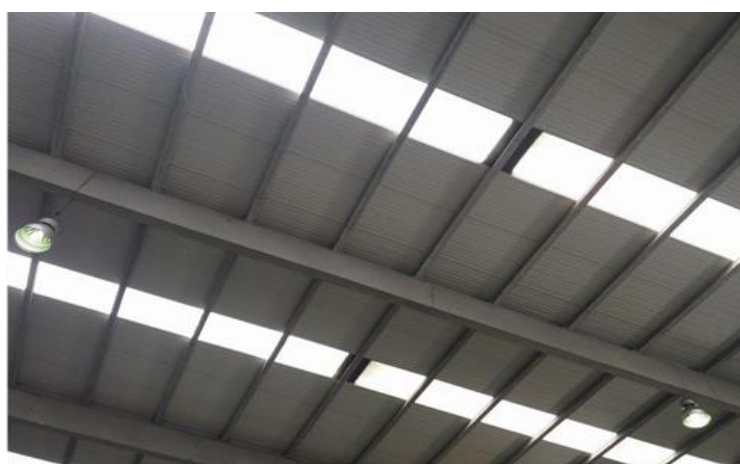


Figura 21 - Ilustração das campânulas de iodetos metálicos e das placas translúcidas no pavilhão 2

- **Instalação fotovoltaica:** oportunidade de projeto no pavilhão 2
 - ✓ Dimensões do pavilhão 2: 142,8m de comprimento, 44m de largura;
 - ✓ Área de placas translúcidas no telhado: 20 filas * 1,06m*24m = 508,8 m²;
 - ✓ Diagramas de carga, de potência ativa da indústria, de 15 em 15 minutos;
 - ✓ Faturas energéticas da indústria;
 - ✓ Inclinações do telhado: duas inclinações de 4°;
 - ✓ Orientações do telhado: -30° e 150°, em função do PVGIS (considera 0° como sul, 180 para norte, -90° para este e 90° para oeste)



Figura 22 – Telhado do pavilhão 2

- **Levantamento termográfico:** nas figuras seguintes estão presentes imagens termográficas de alguns equipamentos de cada linha de produção da indústria. Analisando as imagens verifica-se que as temperaturas nas superfícies são bastantes elevadas, denotando uma ineficiência dos mesmos, resultado das perdas por calor.

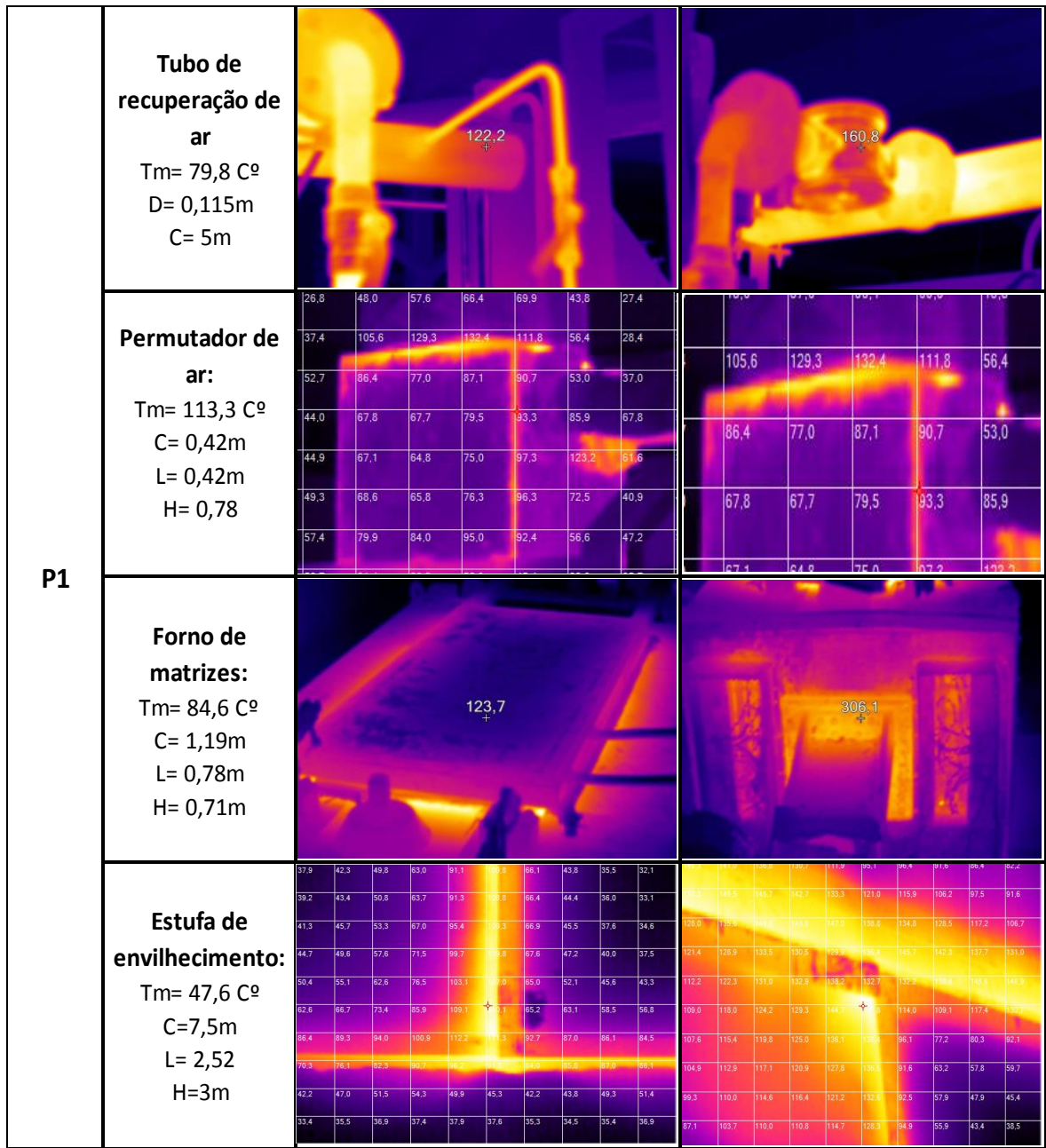


Figura 23 - Levantamento termográfico na P1

P2	Forno P2: Tm= 117,2 Cº C= 12,89m L= 1,08m H= 0,88m		
	Forno de matrizes: Tm= 47,3 Cº C= 6m L= 1,02m H= 0,80m		

Figura 25 - Levantamento termográfico na P2

P3	Forno P3: Tm= 115,1 Cº C= 14,7m L= 1,08m H= 0,87m		
	Forno de matrizes 1: Tm= 49,5,0 Cº C= 3,5m L= 1,05m H= 0,84m		
	Forno de matrizes 2: Tm= 48,8,0 Cº C= 3,5m L= 1,05m H= 0,84m		

Figura 24 - Levantamento termográfico na P3

- Consumos da indústria:** foi instalado um analisador de energia com o objetivo de examinar a toma de potencia das linhas P1, P2 e P3 e deste modo optar por uma configuração de um sistema de monitorização de consumos. Os gráficos das figuras seguintes representam a variação temporal de tomada de potencia para cada linha de produção.

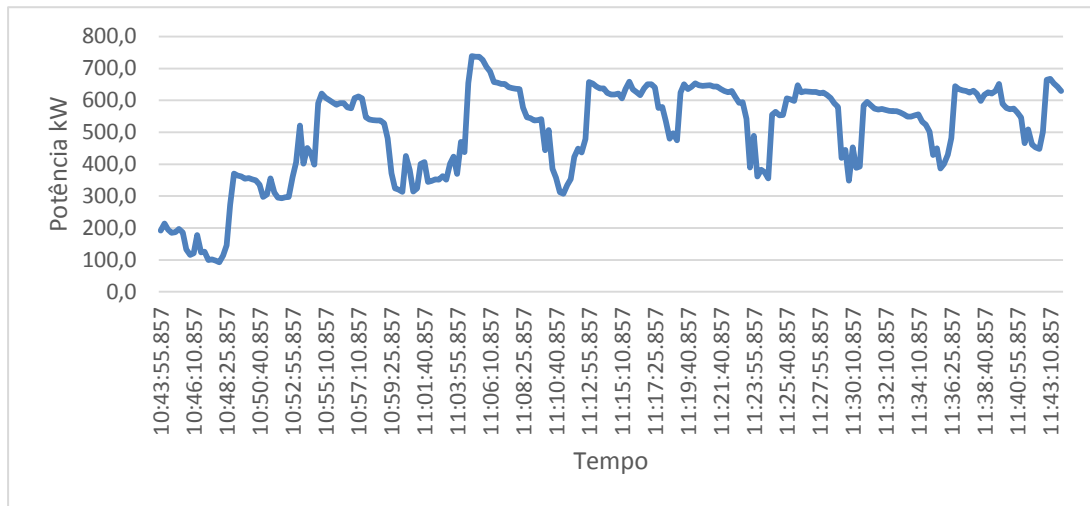


Figura 26 – Tomada de potência na P1

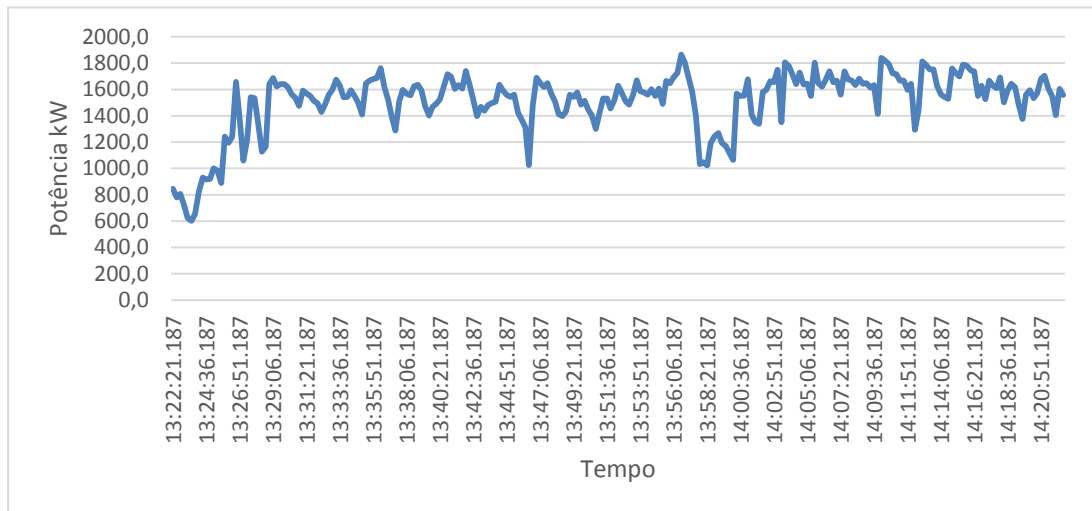


Figura 27 – Tomada de potência na P2

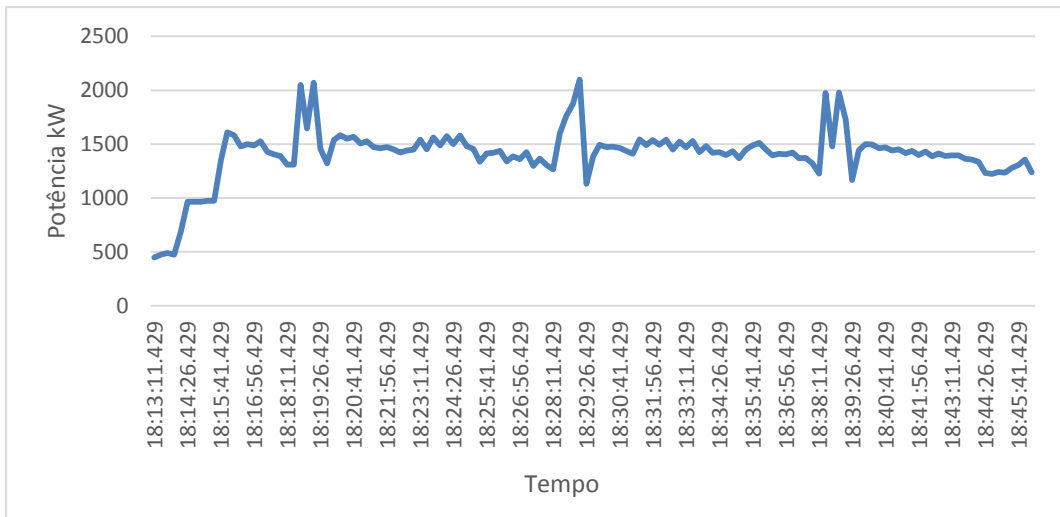


Figura 28 – Tomada de potência na P3

Foi disponibilizado pela indústria um mapa com os equipamentos e a sua respetiva potência nominal para cada linha de produção, P1, P2 e P3. Os gráficos das figuras seguinte representam esse mapa, o qual se pode verificar que, em ambas as três linhas, a potência nominal da prensa é consideravelmente mais elevada do que os restantes.

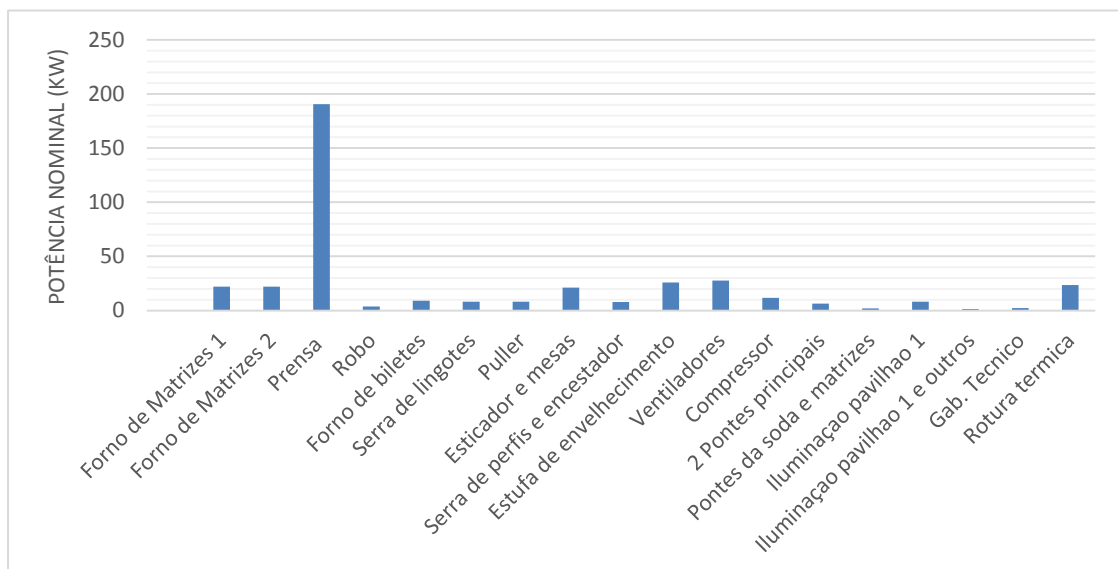


Figura 29 – Potência nominal dos equipamentos da P1

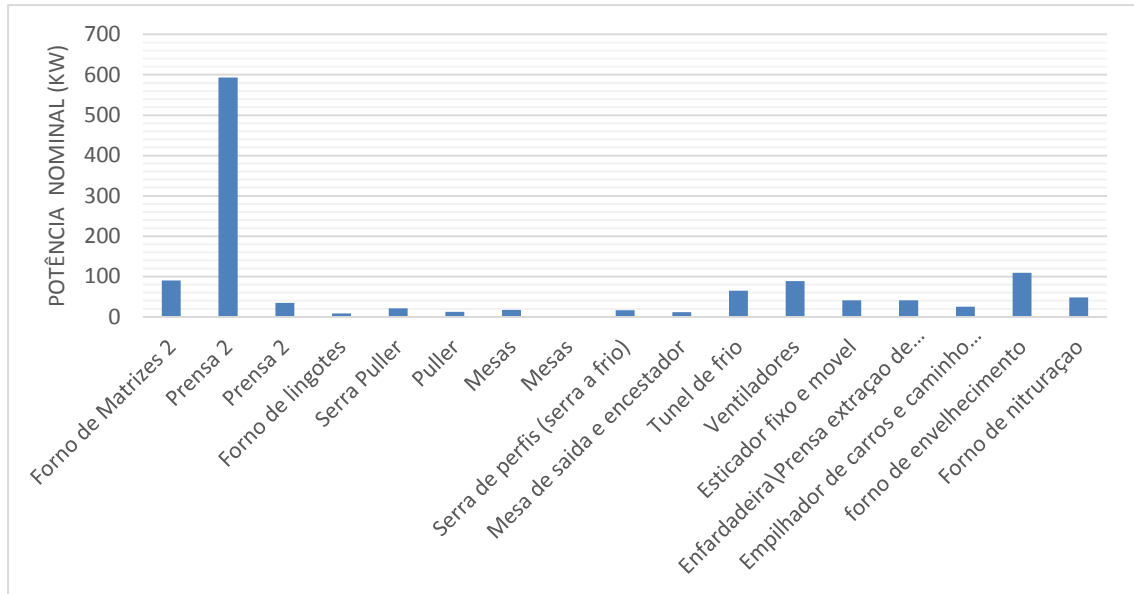


Figura 30 – Potência nominal dos equipamentos da P2

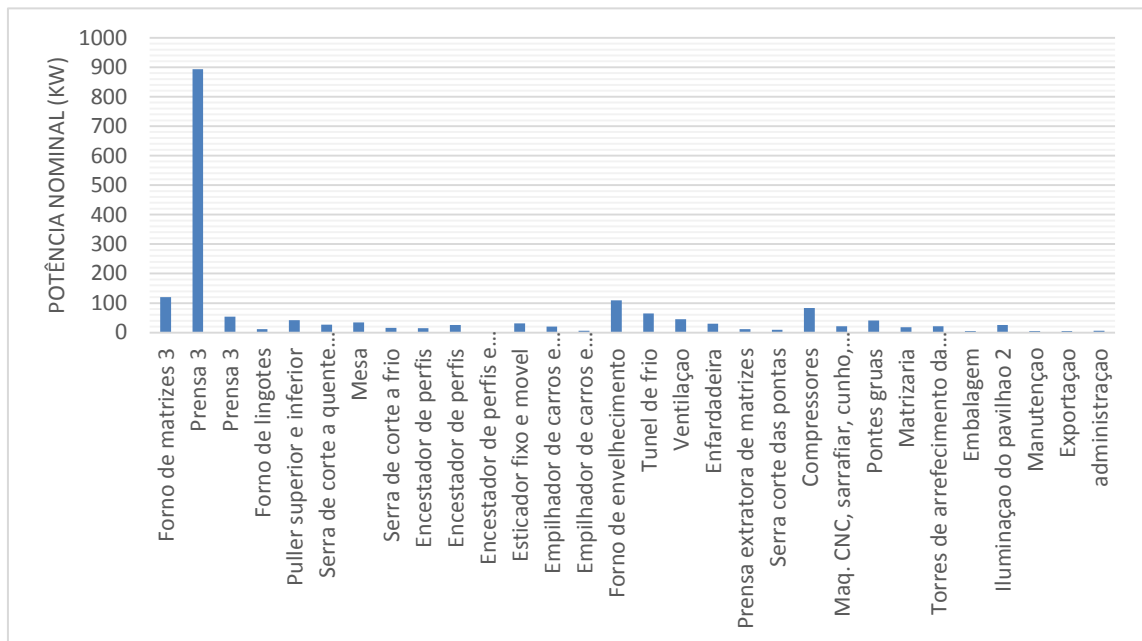


Figura 31 – Potência nominal dos equipamentos da P2

5.2. Medidas de racionalização de energia

5.2.1. Substituição da iluminação existente por uma solução mais eficiente.

Como foi referido, foram recolhidos na auditoria os dados relativamente à iluminação com o objetivo de substituir as lâmpadas existentes por soluções mais económicas, neste caso a tecnologia LED. Neste sentido, de forma a obter-se a viabilidade desta medida, calculou-se o *payback* da seguinte forma:

Equação 3 -Cálculo do PB

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}}$$

Equação 4 – Cálculo do investimento

$$\text{Investimento} = N^{\circ} \text{ de lâmpadas LED} * \text{Preço por unidade}$$

Equação 5 – Cálculo da poupança

$$\text{Poupança} = \text{Custo da energia anual das lâmpadas existentes} \\ - \text{Custo da energia anual das lâmpadas LED}$$

Equação 6 – Cálculo da energia anual

$$\text{Custo da energia anual} \\ = \text{Quantidade de lâmpadas} \times \text{Potência das lâmpadas (kW)} \\ \times \text{Tempo de utilização (h)} \times N^{\circ} \text{ dias} \\ \times \text{Tarifa média eletricidade (€ /kWh)}$$

Relativamente à tarifa de eletricidade aplicada no cálculo do custo da energia anual foi calculada uma tarifa média para o horário de verão e também para o de inverno com base numa proporcionalidade das horas de utilização, para os horários de funcionamento da iluminação de cada zona da industria, nas horas de pontas, cheias vazio e normal. Visto que o ciclo semanal de fornecimentos em Portugal (Anexo B) é diferente ao longo da semana ou, seja, de segunda a sexta feira o ciclo difere de sábado e domingo o cálculo da tarifa média teve em consideração esse aspeto, obtendo-se assim duas tarifas para as duas estações (dias úteis e sábado). A figura seguinte demonstra esses passos, para o caso do pavilhão 2, em que o horário de funcionamento da iluminação é das 18h às 08h.

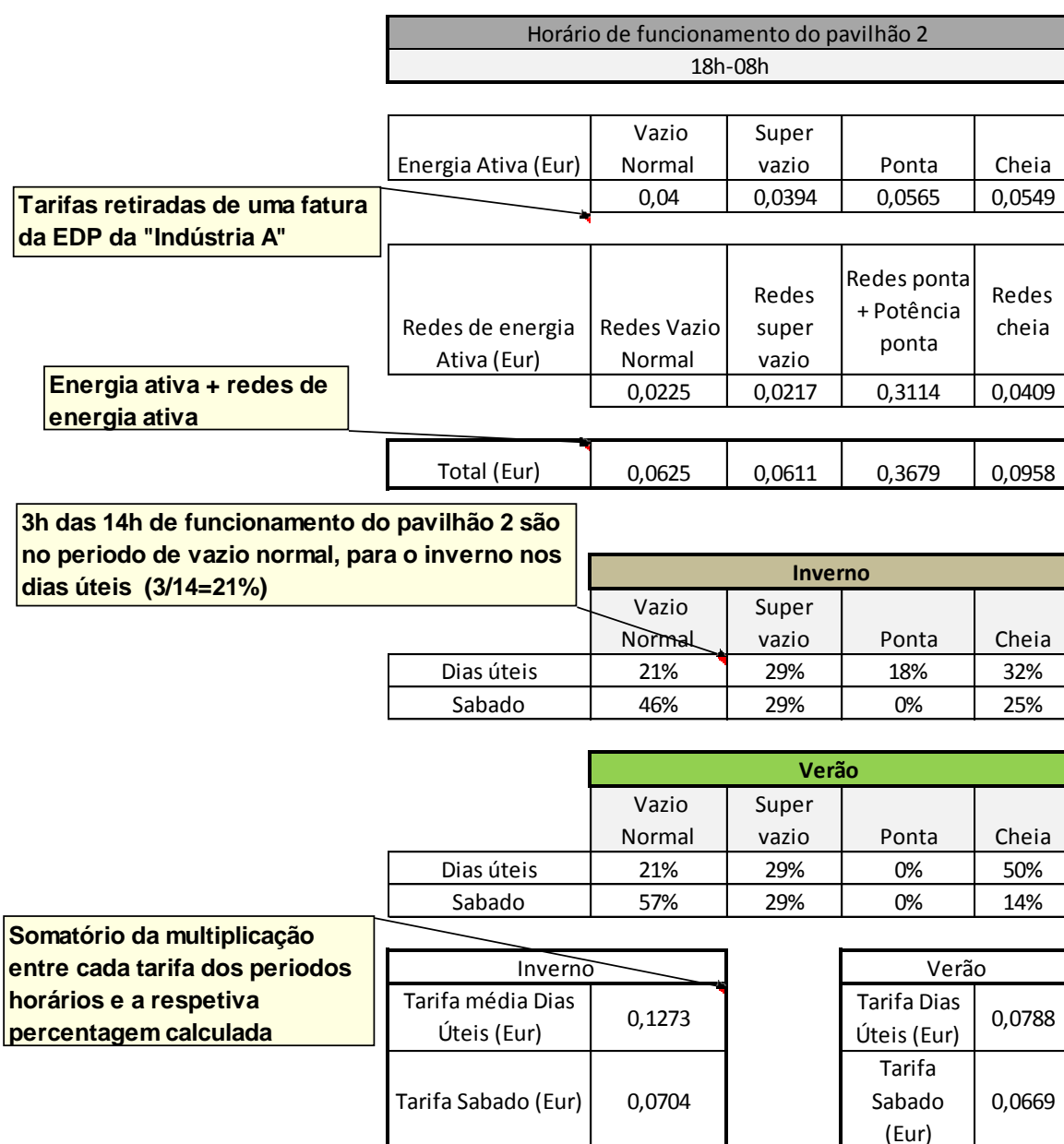


Figura 32 - Cálculo das tarifas médias de eletricidade para o pavilhão 2

Assim, o custo total de energia foi calculado a partir da soma do custo da mesma no horário de verão e inverno em que englobou o custo nos dias úteis e no sábado em ambos. A figura seguinte demonstra esse cálculo bem como o cálculo do investimento, da poupança e do respetivo *payback*, também para o pavilhão 2.

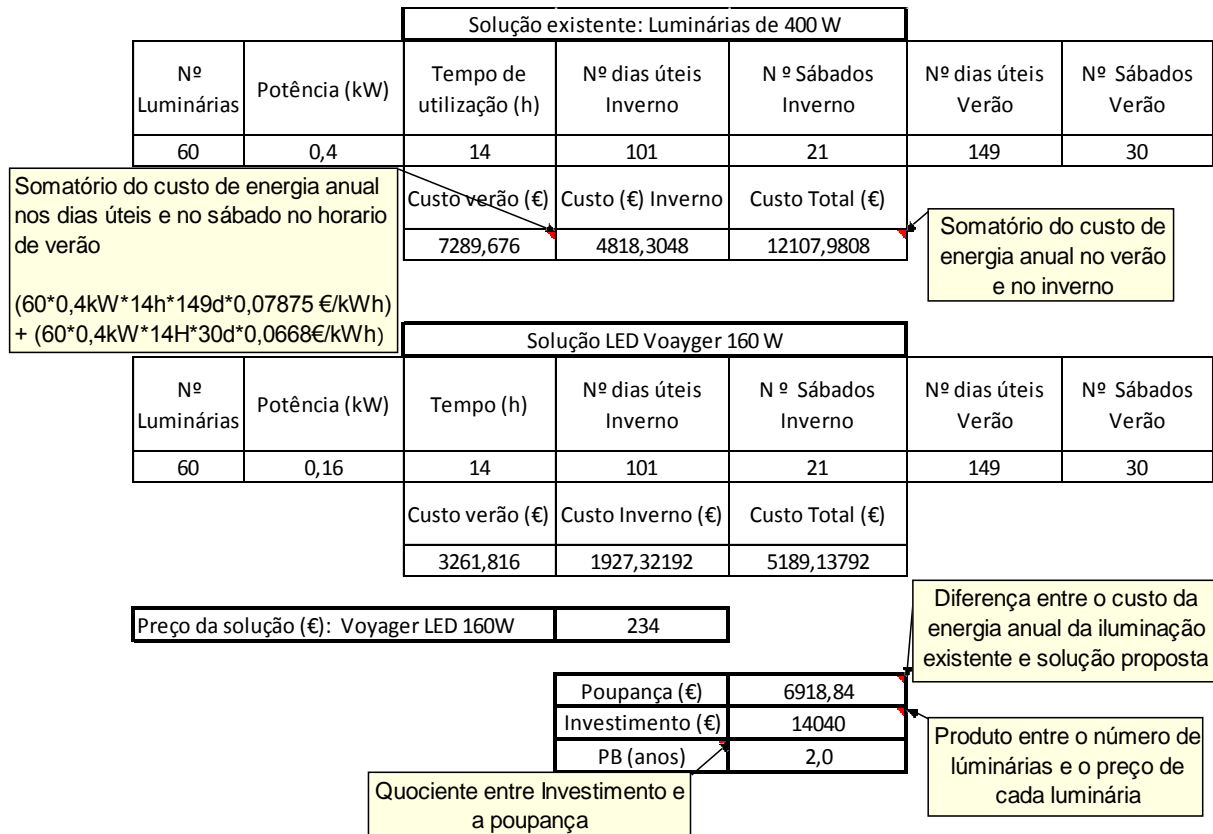


Figura 33 – Cálculos para determinação do *payback*

Neste seguimento, para as diversas zonas da indústria, o cálculo do *payback* foi determinado da forma demonstrada anteriormente para o pavilhão 2 (Anexo C). Na Tabela 8 são apresentados os resultados para cada local em estudo, bem como o total e também a solução LED considerada, tendo em conta as soluções disponíveis pela Ecoinside. Da sua análise é possível concluir que, no global, o valor do *payback* é baixo, 1,59 anos, o que indica que o retorno do investimento é recuperável em pouco tempo, gerando uma poupança de 11.764,79 €, verificando-se um projeto bastante viável. Numa análise particular, no caso da zona 1 (refeitório), o valor do *payback* é mais elevado, contudo dentro do período de um possível ARCE de 6 anos. Isto deve-se ao facto de o tempo de utilização da iluminação nesse espaço ser bastante reduzido.

Tabela 8 - Quadro resumo da substituição das luminárias existentes

		Investimento (€)	Poupança (€)	PB (anos)	Solução LED
Pavilhão 2		14040	6918,84	2,0	<u>Voyager -160w</u>
Zona 1	Zona de trabalho	4212	3724,99	1,1	<u>Voyager -160w</u>
	Gabinetes	70,6	85,01	0,8	T8 - 18w
	Zona de Máquinas	70,6	155,21	0,45	T8 - 18w
	Refeitório	28,28	6,79	4,16	T8 - 18w
Zona 2		296,94	873,93	0,34	T8 - 18w
Total		18718,52	11764,79	1,59	

5.2.2. Implementação de um sistema de gestão de iluminação

A implementação de um sistema de gestão de iluminação é um mecanismo importante na monitorização e redução de consumos energéticos. De modo a controlar o uso da iluminação e o seu respetivo consumo de eletricidade, os aparelhos neste âmbito, atuam mediante o movimento e/ou a luminosidade do local, diminuindo assim a utilização da iluminação.

No caso em estudo, os sensores que atuam mediante o nível de luminosidade são interessantes, visto que o telhado da indústria do pavilhão 2 é constituído por placas translúcidas e uma área de envidraçados considerável, de modo a maximizar o uso da luz natural, o que confere uma luminosidade ao local variável ao longo do ano, dependendo do clima.

Tendo em conta esta variável e o fato de não ser possível elaborar um método de cálculo que permita obter uma estimativa da poupança energética e consequentemente o respetivo período de retorno do investimento, optou-se por aceitar dados de poupança e *payback* de fontes bibliográficas. Deste modo, segundo o “*Guia de Eficiência Energética - Manual de Boas Práticas*” elaborado pela *Iberdrola*, a poupança obtida a partir do controlo da iluminação permite poupanças até 30%. [29] Também a marca *Philips Lighting Controls*, na apresentação das suas soluções para resolver a necessidade de regular o nível de iluminação em função da contribuição da luz natural indicam uma poupança de energia de cerca de 30% com um retorno de investimento de 1 a 2 anos. Atendendo a estes dados, seria uma solução viável para obter uma maior racionalização da energia na iluminação.

5.2.3. Dimensionamento de uma instalação fotovoltaica no Pavilhão 2

O projeto da central fotovoltaica foi dimensionado a partir de uma ferramenta de cálculo que a Ecoinside desenvolveu. Este programa determina as especificações técnicas e financeiras como, por exemplo, a quantidade de painéis fotovoltaicos possíveis mediante a área dos mesmos e da disponível no local. Em termos de rentabilidade, o simulador calcula os parâmetros financeiros como o *payback*, a TIR e o VAL. Os resultados obtidos são simulados pela ferramenta que a partir dos diagramas de carga de potência ativa de 15 em 15 minutos, durante um ano, e das tarifas de eletricidade realiza um processo iterativo. Este cálculo tem como finalidade a determinação do número de painéis ótimo para a instalação, minimizando ao máximo a energia injetada na rede.

Para a determinação dos indicadores económicos do projeto é necessário inserir a seguinte informação na ferramenta:

- ✓ Diagramas de carga de potência ativa de 15 em 15 minutos, durante um ano, fornecidos pela “Indústria A”;
- ✓ Radiâncias do local retiradas do PVGIS, com base na introdução das coordenadas da indústria bem como das orientações, tendo em conta que o *software* considera 0° para sul, e as inclinações do telhado recolhidas durante a auditoria;
- ✓ Área útil da zona em estudo, ou seja, do pavilhão 2, que corresponde à diferença entre a área do pavilhão e a área conjunta das placas translúcidas;
- ✓ Tarifas de eletricidade retiradas de uma fatura energética recente, fornecida pela indústria e a tarifa de venda à rede definida pelo mercado ibérico de eletricidade;
- ✓ Características dos painéis solares, a área e o rendimento unitário que a Ecoinside trabalha.
- ✓ Indicadores financeiros estabelecidos como a inflação e o custo médio ponderado do capital;

As figuras seguintes representam os resultados recolhidos da ferramenta em relação à viabilidade do projeto para as características da indústria, em que se verificam duas propostas, uma para autofinanciamento e outra para uma solução ESCO.

Potência de cada painel (kW)	Investimento Inicial (€)	Potência total instalada (kW)
0,27	728 028,02 €	866,70
Eficiência painel (%)	Poupança anual (€)	Energia anual produzida (kWh)
16,5%	101 122,77 €	1034822,63
Área utilizada (m ²)	VAL a 25 anos	Percentagem energia consumida (%)
5778	1 067 763,63 €	70,93%
Nº de paineis	TIR a 25 anos	WACC (%)
3210	14,72%	4,0%
Duração do Contrato (anos)	Payback (anos)	Inflação (%)
25	6,89	2,5%

Figura 34 - Resultados da instalação fotovoltaica para proposta de autofinanciamento

Potência de cada painel (kW)	Investimento Inicial (€)	Potência total instalada
0,27	728 028,02 €	866,70
Eficiência painel (%)	Poupança anual (€)	Energia anual produzida (kWh)
16,5%	9 414,04 €	1034822,63
Área utilizada (m ²)	VAL	Percentagem energia consumida (%)
5778	329 773,88 €	70,93%
Limite de paineis	TIR	WACC (%)
3210	12,94%	8,0%
Duração do Contrato (anos)	Payback (anos)	Inflação (%)
25	8,39	2,5%

Figura 35 – Resultados da instalação fotovoltaica para proposta ESCO

Analisando os resultados constatados nas figuras anteriores é possível concluir que, este projeto seria uma medida de racionalização interessante uma vez que, apresenta valores de *payback* muito atrativos em ambas as soluções propostas. Por outro lado, os valores do VAL são positivos e os da TIR são superiores ao WACC e sendo assim cumprem os requisitos para um projeto economicamente viável.

5.2.4. Colocação de isolamentos térmicos

Analisando o levantamento termográfico a alguns equipamentos da “Indústria A” é possível verificar, nas imagens termográficas apresentadas, que as suas superfícies apresentam temperaturas elevadas. Estas correspondem a perdas por calor, afetando assim a eficiência dos equipamentos uma vez que está a ser utilizada energia de forma desnecessária. Com a colocação de isolamentos térmicos nas superfícies exteriores, as perdas que estavam inerentes a estes equipamentos diminuem, o que concebe uma poupança energética e consequentemente económica.

Para o cálculo da poupança e do respetivo *payback* é necessário quantificar as perdas associadas a cada equipamento sem isolamento térmico. A transferência de calor ocorre de quatro formas nos equipamentos: convecção forçada no interior em regime turbulento, condução no material nas paredes, convecção natural da superfície exterior para o ar em regime laminar e radiação. Para a determinação do *payback* foi feito um cálculo expedito das perdas uma vez que a colocação do isolamento térmico só interfere na superfície exterior dos equipamentos. Deste modo, foram consideradas as perdas de calor por convecção e radiação para o exterior para cada área de transferência de calor a isolar, de cada máquina. As fórmulas de transferência de calor por convecção e radiação utilizadas no cálculo são as seguintes:

Equação 7 – Transferência de calor por convecção, [W]

$$Q_{conv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad [29]$$

onde h é o coeficiente de transferência de calor por convecção em $W/m^2 \cdot K$, A_s é a área da superfície de transferência de calor, T_s é a temperatura de superfície de transferência de calor em $^{\circ}C$ e T_{∞} é a temperatura do fluido em $^{\circ}C$;

Equação 8 – Transferência de calor por radiação, [W]

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{surr}^4) \quad [29]$$

onde ε é a emissividade do material, σ é a constante de *Stefan-Boltzmann* ($5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$), T_s a temperatura de superfície de transferência de calor em $^\circ\text{C}$ e T_{surr} é a temperatura do fluido envolvente em $^\circ\text{C}$.

Para calcular a transferência de calor por convecção é necessário determinar o coeficiente de transferência de calor por convecção (h) para cada superfície. Nos casos em estudo, as geometrias dos equipamentos são um cilindro para o tubo de recuperação de ar e paralelepípedos para os restantes, o que requer que o cálculo do h seja distinto em relação a esse aspeto. Nos equipamentos com a forma de paralelepípedo a transferência de calor ocorre em dois planos: vertical para as laterais e horizontal para o topo e base. A determinação do h foi feita com base em folhas de cálculo de Excel (Anexo D), disponibilizadas pelo site *Bright Hub Engineering*, que conforme a geometria e o plano em estudo apresentam a respetiva folha de cálculo, perante a introdução de alguns parâmetros. [29] [30]

As equações utilizadas nas folhas de cálculo para determinar o respetivo h , para cada caso, resultam de correlações de números adimensionais: número de *Nusselt* (Nu), o número de *Prandtl* (Pr), o número de *Grashof* (Gr) e de *Rayleigh* (Ra) e estão presentes na figura seguinte:

$$\begin{aligned} Nu &= \frac{h L}{k} & Pr &= \frac{\mu C_p}{k} \\ Gr &= \frac{L^3 \rho^2 g \Delta T \beta}{\mu^2} \\ Ra &= GrPr \end{aligned}$$

Figura 36 – Formulas de cálculo dos números adimensionais Nu , Pr , Gr e Ra [29] [31]

Os parâmetros necessários a introduzir na folha de cálculo são propriedades do fluido (ar) à temperatura de filme (média entre temperatura da superfície e do fluido) e dados da superfície em estudo:

- L - parâmetro de comprimento característico (m)
- ρ - densidade do fluido (Kg/m^3)
- μ - viscosidade do fluido (N.s/m^2 ou $\text{kg/m}\cdot\text{s}$)
- K - condutividade térmica do fluido em (W/m.K)
- C_p – calor específico do fluido (J /kg.K)
- g - aceleração devida à gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- β - coeficiente de expansão de volume do fluido (K^{-1})
- ΔT - diferença de temperatura entre a superfície sólida e o fluido ($^\circ\text{C}$) [30]

O valor de h é determinado através da equação do número de *Nusselt* da Figura 36 porém, para se obter o valor de *Nu* e assim ficar com a incógnita h nessa equação é necessário determiná-lo através de outras correlações. Estas, estão representadas na Tabela 9 para uma placa para um plano horizontal de transferência de calor, na Figura 38 para uma placa de um plano vertical e na Figura 37 para um cilindro. [29] [30]

Tabela 9 – Cálculo do Nu de uma placa para um plano horizontal [29] [30]

Transferência de calor da superfície superior de um plano mais quente do que o fluido
$\text{Nu} = 0.54 \text{ Ra}^{1/4}$ $(10^4 < \text{Ra} < 10^7)$
$\text{Nu} = 0.15 \text{ Ra}^{1/3}$ $(10^7 < \text{Ra} < 10^{11})$
Transferência de calor a partir da superfície inferior de um plano mais quente que o fluido
$\text{Nu} = 0.27 \text{ Ra}^{1/4}$ $(10^5 < \text{Ra} < 10^{10})$

for all values of Ra:

$$\text{Nu} = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \text{ Ra}^{1/6}}{[1 + (0.492/\text{Pr})^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

Slightly better for laminar flow ($\text{Ra} \leq 10^9$):

$$\text{Nu} = 0.68 + \frac{0.670 \text{ Ra}^{1/4}}{[1 + (0.492/\text{Pr})^{9/16}]^{4/9}}$$

Figura 38 – Cálculo do Nu para um plano vertical [29] [30]

$$\text{Nu} = \left\{ 0.60 + \frac{0.387 \text{ Ra}^{1/6}}{[1 + (0.559/\text{Pr})^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

Figura 37 - Cálculo do Nu para um cilindro [29] [30]

A contabilização das perdas por transferência de calor de convecção e radiação nos equipamentos, apresentadas nas imagens termográficas, têm em consideração o fato de haver zonas que não são passíveis de colocar isolamento devido ao método de fabrico/produção e assim sendo não foram contabilizadas no cálculo. No caso da forma geométrica do paralelepípedo, ou seja, de todos os equipamentos exceto o tubo de recuperação de ar, foi determinado o Q_{conv} e o Q_{rad} para cada área de transferência de calor a isolar (face lateral, frontal/traseira, topo e base) e feito o respetivo somatório para cada caso, tendo em conta as zonas possíveis de isolamento.

As temperaturas consideradas no cálculo, para cada face de cada equipamento, foram retiradas das imagens termográficas fotografadas durante auditoria. Através do *software* da câmara termográfica foi possível selecionar a zona abrangida pelo equipamento da respetiva face e calculada a média de temperatura para essa zona como ilustrado na figura seguinte:

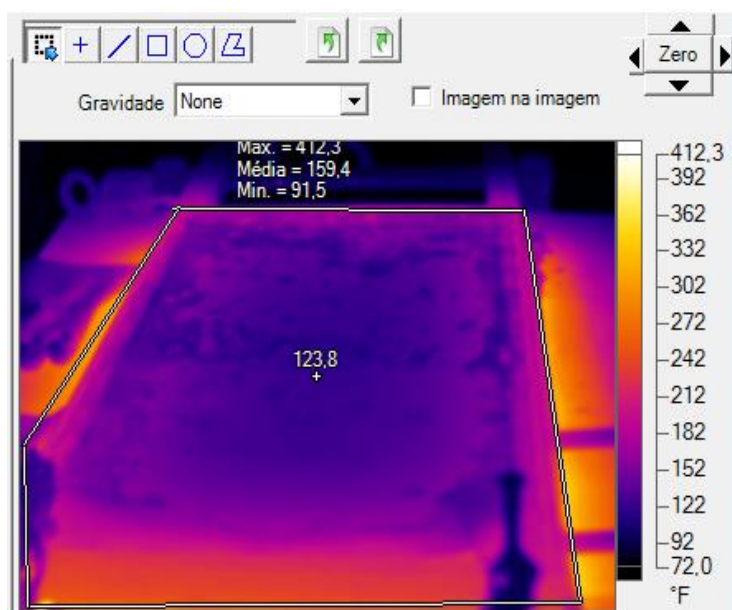


Figura 39 – Cálculo da temperatura média do topo do forno de matrizes da P1 utilizando o *Software*

Relativamente ao cálculo das perdas por radiação, foi considerada uma emissividade de 0,81 com base em tabelas de emissividade disponibilizadas pela *Fluke* (Anexo E), tendo em conta o material dos equipamentos em estudo, o ferro fundido.

Deste modo, aplicando a Equação 7 e a Equação 8 para cada área de transferência de calor e somando-as para cada equipamento os respetivos valores, obtêm-se as perdas por transferência de calor por convecção e radiação total. Os resultados destes cálculos estão apresentados na Tabela 10 e os cálculos intermédios encontram-se no Anexo F.

Ainda na tabela mencionada, é apresentado o cálculo da energia anual, em kWh, associado às perdas por equipamento. Este cálculo, visto que os equipamentos não apresentam contadores de energia, teve em consideração as horas de utilização de cada equipamento, fornecidos pela indústria, e o funcionamento dos mesmos durante um ano, não contabilizando assim as férias, os feriados e os domingos.

Tabela 10 – Quadro resumo de perdas por transferência de calor

	Equipamentos	Q. Conv Total (W)	Q. Rad Total (W)	Q Total (W)	Tempo de utilização diário (h)	Tempo de utilização anual (h)	Consumo anual de energia (kWh/ano)
P1	Forno -Tubo de recuperação de ar (GN)	554,62	627,24	1181,85	16	4464	5275,78
	Permutador (GN)	317,84	479,85	797,69	16	4464	3560,87
	Forno de matriz P1 (EE)	1727,69	10694,31	12422,00	16	4464	55451,81
	Estufa de envelhecimento (GN)	9245,15	10694,31	19939,46	12	3348	66757,32
P2	Forno de matriz P2 (EE)	2722,02	2809,42	5531,44	16	4464	24692,36
	Forno P2 (GN)	22460,28	25449,23	47909,51	16	4464	213868,04
P3	Forno P3 (GN)	31743,86	26444,12	58187,98	16	4464	259751,15
	Forno de matriz 1 (EE)	2021,21	1524,50	3545,71	16	4464	15828,06
	Forno de matriz 2 (EE)	1992,26	1498,39	3490,66	16	4464	15582,30
	Total	72784,93	80221,38	153006,30	-	-	-

De seguida, após obtidas as perdas anuais por equipamento em kWh, determinou-se a estimativa das perdas nos equipamentos após a colocação dos isolamentos de forma a obter os dados para determinar a poupança. A auditoria nesta fase decorreu com a presença de um especialista em isolamentos que orçamentou o trabalho e indicou um isolamento em manta de lã de rocha e de forra mecânica em chapa de alumínio, com uma espessura de 30mm.

Esta proposta de isolamento já foi implementada em equipamentos com a mesma funcionalidade e com idêntica banda de temperaturas das que se estão a analisar. Neste sentido, através da câmara termográfica verificou-se que os equipamentos já com isolamento apresentavam temperaturas entre os 30°C e os 35°C à sua superfície. O método mais correto para determinar as temperaturas à superfície do isolamento seria realizar balanços energéticos deste o interior do equipamento até a essa zona, com base nas suas características, considerando assim todas as resistências térmicas. Contudo a indústria não conseguiu disponibilizar os dados essenciais para esses cálculos, como a temperatura no centro e na superfície interna no interior dos equipamentos, bem como as respetivas espessuras.

Assim sendo, foram consideradas as temperaturas à superfície do isolamento referidas e efetuado o mesmo procedimento para a determinação das perdas de calor por convecção e radiação sem isolamento, porém para uma temperatura de superfície de isolamento de 30 C° e outra de 35 C°. Neste sentido foi possível obter dois valores de perdas de calor de convecção e radiação para o ar ($T_{\infty} = 25C^{\circ}$).

Os cálculos dos coeficientes de transferência de calor por convecção com isolamento foram determinados para as temperaturas de filme, tendo em conta as respetivas características do ar a essa temperatura e utilizando as mesmas folhas de cálculo. É de realçar que foi feita uma alteração na área de transferência de calor do tubo de recuperação de ar, visto que o seu raio aumentou devido à colocação do isolamento de 30mm e que a emissividade utilizada foi de 0,3 correspondente ao alumínio, elemento superficial do isolamento a usar. (Anexo H). Na tabela seguinte são apresentados os valores das perdas de calor por convecção e radiação após a colocação dos isolamentos, bem como a energia anual consumida, em kWh, que estão associadas, tendo em conta os mesmos tempos de utilização anuais dos equipamentos utilizados nos cálculos das perdas sem isolamento.

Tabela 11 – Quadro resumo das perdas de calor com isolamento, para Tw=30

TW = 30	Equipamentos	Q. Conv Total (W)	Q. Rad Total (W)	Q Total (W)	Tempo de utilização diário	Tempo de utilização	Consumo anual de energia (kWh/ano)
P1	Forno -Tubo de recuperação de ar (GN)	40,69	25,42	66,10	16	4464	295,08
	Permutador (GN)	13,75	12,12	25,87	16	4464	115,47
	Forno de matriz P1 (EE)	68,81	43,03	111,84	16	4464	499,26
	Estufa de envelhecimento (GN)	1424,16	905,36	2329,52	12	3348	7799,22
P2	Forno de matriz P2 (EE)	297,86	116,05	413,91	16	4464	1847,70
	Forno P2 (GN)	641,95	338,47	980,42	16	4464	4376,59
P3	Forno P3 (GN)	714,11	364,25	1078,36	16	4464	4813,82
	Forno de matriz 1 (EE)	187,24	104,65	291,89	16	4464	1303,01
	Forno de matriz 2 (EE)	187,24	104,65	291,89	16	4464	1303,01
Total		3575,81	2014,00	5589,81	-	-	-

Tabela 12 - Quadro resumo das perdas de calor com isolamento, para Tw=35

TW= 35°C	Equipamentos	Q. Conv Total (W)	Q. Rad Total (W)	Q Total (W)	Tempo de utilização diário	Tempo de utilização	Consumo anual de energia (kWh/ano)
P1	Forno -Tubo de recuperação de ar (GN)	98,94	52,12	151,06	16	4464	674,32
	Permutador (GN)	32,77	24,85	57,61	16	4464	257,18
	Forno de matriz P1 (EE)	168,15	88,24	256,39	16	4464	1144,50
	Estufa de envelhecimento (GN)	3559,69	1856,64	5416,33	12	3348	18133,87
P2	Forno de matriz P2 (EE)	736,72	329,01	1065,73	16	4464	4757,40
	Forno P2 (GN)	1591,09	694,11	2285,20	16	4464	10201,12
P3	Forno P3 (GN)	1771,60	746,98	2518,57	16	4464	11242,91
	Forno de matriz 1 (EE)	462,37	214,62	676,99	16	4464	3022,08
	Forno de matriz 2 (EE)	462,37	214,62	676,99	16	4464	3022,08
Total		8883,69	4221,17	13104,86	-	-	-

Obtidos os valores dos consumos anuais associados às perdas com e sem isolamento foi determinada a poupança gerada pela sua implementação, para as duas T_w de isolamento (30° e 35°). É importante realçar que só os fornos de matrizes, de cada linha de produção, funcionam a eletricidade enquanto que os restantes utilizam o gás natural. Os queimadores de gás natural utilizados na indústria apresentam uma eficiência de 90%, segundo os relatórios de afinação disponibilizados pela indústria, o que significa um consumo de mais 10% da energia e neste sentido foi inserido no cálculo. Neste contexto, foi calculada uma tarifa média de eletricidade (0,1098 €/kWh) e de gás natural (0,0347 €/kWh) com base em faturas da indústria, que estão presentes no Anexo G.

Após isto, determinou-se o custo anual de energia associado às perdas por cada equipamento com e sem isolamento. A sua diferença corresponde à poupança gerada pela sua aplicação. Por fim foi determinado o *payback* tendo em conta o valor das poupanças geradas e o orçamento apresentado pelo especialista em isolamentos. Na Tabela 13 e Tabela 14, são apresentados os valores dos tempos de retorno de investimento para cada equipamento bem como do total, para as duas situações que já foram referidas, ou seja, para a temperatura de superfície com isolamento de 30C° e 35C°.

Da análise dos resultados obtidos é possível verificar que o valor do *payback* para cada equipamento apresenta um desvio inferior a 2 meses para as duas temperaturas de superfície de isolamento consideradas, exceto na estufa de envelhecimento que apresenta um desvio de quase 1 ano. Em termos globais os valores alcançados são muito atraentes para cada equipamento tal como no total, mesmo considerando o pior cenário ($T_w=35\text{ °C}$). O único caso possível de não implementar os isolamentos térmicos seria a estufa de envelhecimento cujo *payback* pode variar entre os 4,41-5,34 anos. Contudo, no decorrer dos trabalhos de campo e durante o seu funcionamento foi possível constatar a existência de fugas significativas de ar quente do seu interior para o exterior, o que representa uma perda de energia significativa. Este fator não é possível de ser quantificado, não tendo sido considerado nos cálculos. Deste modo, a implementação do isolamento térmico neste equipamento deverá ter um período de retorno de investimento inferior aos apresentados.

Tabela 13 – Quadro resumo para o cálculo do *payback*, para Tw de isolamento = 30 C°

Tw=30	Equipamentos	Consumo anual de energia (kWh/ano) (sem isolamento)	Consumo anual de energia (kWh/ano) (com isolamento)	Δ Consumo anual de energia (kWh/ano) ($\eta=90\%$ nos queimadores)	Poupança (€)	Investimento (€)	<i>Payback</i>
P1	Forno -Tubo de recuperação de ar (GN)	5275,78	295,08	5478,77	190,55	377,19	1,98
	Permutador (GN)	3560,87	115,47	3789,94	131,81	290,00	2,20
	Forno de matriz P1 (EE)	55451,81	499,26	54952,55	6036,64	1280,00	0,21
	Estufa de envelhecimento (GN)	66757,32	7799,22	64853,91	2255,62	9940,00	4,41
P2	Forno de matriz P2 (EE)	24692,36	1847,70	22844,66	2509,53	2940,00	1,17
	Forno P2 (GN)	213868,04	4376,59	230440,59	8014,74	7200,00	0,90
P3	Forno P3 (GN)	259751,15	4813,82	280431,07	9753,41	7680,00	0,79
	Forno de matriz 1 (EE)	15828,06	1303,01	14525,05	1595,61	2100,00	1,32
	Forno de matriz 2 (EE)	15582,30	1303,01	14279,29	1568,61	2100,00	1,34
Total		-	-	-	32056,53	33907,19	1,06

Tabela 14 - Quadro resumo para o cálculo do *payback*, para Tw de isolamento = 35 C°

Tw=35	Equipamentos	Consumo anual de energia (kWh/ano) (sem isolamento)	Consumo anual de energia (kWh/ano) (com isolamento)	Δ Consumo anual de energia (kWh/ano) (aplicando um $\eta=90\%$ dos queimadores a gás)	Poupança anual (€)	Investimento (€)	<i>Payback</i>
P1	Forno -Tubo de recuperação de ar (GN)	5275,78	674,32	5061,61	176,04	377,19	2,14
	Permutador (GN)	3560,87	257,18	3634,06	126,39	290,00	2,29
	Forno de matriz P1 (EE)	55451,81	1144,50	54307,30	5965,76	1280,00	0,21
	Estufa de envelhecimento (GN)	66757,32	18133,87	53485,80	1860,24	9940,00	5,34
P2	Forno de matriz P2 (EE)	24692,36	4757,40	19934,96	2189,89	2940,00	1,34
	Forno P2 (GN)	213868,04	10201,12	224033,62	7791,91	7200,00	0,92
P3	Forno P3 (GN)	259751,15	11242,91	273359,06	9507,45	7680,00	0,81
	Forno de matriz 1 (EE)	15828,06	3022,08	12805,99	1406,76	2100,00	1,49
	Forno de matriz 2 (EE)	15582,30	3022,08	12560,22	1379,76	2100,00	1,52
Total		-	-	-	30404,22	33907,19	1,12

5.2.5. Implementação de um sistema de gestão de consumos

Como foi referido a “Indústria A” utiliza duas formas de energia no seu processo de fabrico, a energia elétrica e o gás natural. De forma a monitorizar os consumos da empresa é essencial a implementação de sistemas de gestão de consumos para cada forma de energia, de modo a obter dados para efetuar uma análise de consumos completa. Analisando os gráficos apresentados no subcapítulo anterior sobre a tomada de potência por linhas de produção e atendendo aos valores muito elevados registados, torna-se evidente a necessidade de instalar sistemas que avaliem cada linha, de modo a quantificar consumos e associa-los a uma determinada produção/encomenda.

Dentro de cada linha, analisando o gráfico da Figura 29, Figura 30 e Figura 31 que representam o mapa de potências nominais de cada linha de produção, verifica-se que as respetivas prensas de cada linha apresentam uma tomada de potência consideravelmente elevada em comparação com os outros equipamentos. Deste modo, seria útil a implementação de um sistema que realize a monitorização das prensas, sendo estas constituídas por um conjunto de equipamentos como se pode verificar na tabela seguinte:

Tabela 15 – Discriminação dos equipamentos e respetivas potências para as prensas de cada linha de produção

Prensa da P1	Prensa da P2	Prensa da P3
Bomba da alimentação: 5,5 KW	Bomba principal 1: 160 KW	4 bombas principais: 640 KW
Bomba principal de: 75 KW	Bomba principal 2: 160 KW	Bomba de alimentação: 55KW
Bomba principal de: 75 KW	Bomba principal 3: 160 KW	Bomba de pilotagem: 90 KW
Bomba da selagem: 5,5KW	Bomba alimentação: 45 KW	Bomba de selado: 18,5 KW
Bomba de pilotagem: 5,5KW	Bomba de pilotagem-selado: 22 KW	Bomba de circulação: 22KW
Máq. Filtrar óleo: 0,18KW	Motores rampa das bolachas: 0,34KW	Rampa extração de bolachas: 2,25KW
Resistências do container: 24 KW	Resistências do container: 46,2 KW	Resistências do container: 66KW
	Motor da central cisalha 1: 22KW	Central cisalha 1: 30KW
	Motor da central cisalha 2: 11KW	Central cisalha 2: 22KW
	Motor do transportador: 1,1KW	Transportador: 1,5KW
	Maquina de filtrar óleo: 0,75KW	2 ventiladores: 0,070KW

Definida a implementação dos sistemas de monitorização é importante quantificar a poupança e o *payback* associados à instalação desses equipamentos. Neste caso, não é possível quantificar esses parâmetros uma vez que a racionalização energética está inerente ao conhecimento de consumos energéticos, por linha de produção e por equipamentos, permitindo, uma análise fina ao utilizador. Esta, possibilitará encontrar anomalias e desperdícios energéticos, definir medidas corretivas, bem como estabelecer consumos específicos e valores padrão de produção. No caso específico da “Indústria A” é demais importante visto que não foi possível, no processo do ARCE anterior, estabelecer uma linearização, entre produção e consumo de energia. Este fato, impede uma avaliação correta das medidas de racionalização adotadas e dos custos efetivos de energia em função da produção. Também é de igual modo importante, visto que contribuiu para o conhecimento contínuo, real e fiável dos valores dos indicadores inerentes ao ARCE, ao longo do tempo. Além da vertente da eficiência energética, esta medida pode reportar outras vantagens como a otimização da produção, o aumento da qualidade dos produtos, aumentar a competitividade da indústria no mercado, bem como zelar pela segurança dos trabalhadores e dos equipamentos.

Neste seguimento, analisando estas informações é possível adotar medidas de eficiência energética, para além das outras vantagens mencionadas, o que confere uma poupança média, segundo a publicação “*Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria portuguesa*” disponibilizada no site da ADENE, de 3% e um *payback* médio de 2 anos, com um tempo de vida útil médio de 10 anos. [31] Tendo em conta estes dados e as vantagens associadas é uma medida importante a ser implementada e com uma boa viabilidade económica.

6. Conclusões

Ao longo desta dissertação, no âmbito do estágio curricular, foram sendo apresentadas conclusões que permitiram suportar o desenvolvimento do objetivo inicial, a análise de medidas de racionalização para o caso de estudo. É importante salientar que o processo de consultoria continuará a ser feito e que o estudo das medidas teve em consideração a duração do estágio. Neste sentido, não foi possível fazer uma análise dos consumos da indústria no ano 2017, com a finalidade de verificar em que patamar se encontra no SGCIE.

Deste modo foi feita uma análise aos consumos, examinando as faturas energéticas da indústria, desde o ano de referência da anterior auditoria (2010) até e com especial atenção 2016. Avaliando os dados apresentados conclui-se que ao longo dos anos o consumo de energia foi aumentando, uma vez que a empresa cresceu em termos de volume de negócios. Este fato e a alteração na direção da gestão da indústria, interferiu nos valores dos indicadores económicos levando ao incumprimento dos mesmos, definidos no início do ARCE. Relativamente à informação apresentada para o ano de 2016, verifica-se que o consumo de eletricidade foi de 58% e de gás de natural foi de 38%, sendo a restante percentagem referente ao gasóleo, sendo este somente utilizado na frota de transporte da indústria.

Concretizada a análise preliminar à empresa de modo a conhecer o âmbito de atuação, foi efetuada a nova auditoria energética de modo a realizar o estudo de medidas de racionalização de energia para o novo período. Neste seguimento foram feitas algumas medições e retirados alguns dados e informações de modo, a proceder ao estudo de viabilidade económica inerente a cada medida que foram identificadas ao longo do processo.

As medidas estudadas foram as seguintes:

- Substituição da iluminação existente por uma mais eficiente
- Implementação de um sistema de gestão de iluminação
- Instalação de uma central fotovoltaica
- Colocação de isolamentos térmicos
- Implementação de um sistema de gestão de consumos

Tendo em conta a maior quantidade de poupança que se alcança, atendendo aos resultados e conclusões relativas a cada medida, é constatável que a instalação de uma central fotovoltaica apresenta o maior valor a longo prazo, contudo é a que apresenta um investimento e um *payback* mais elevado.

A colocação de isolamentos térmicos e a substituição da iluminação existente apresentam um retorno de investimento e uma poupança bastante atraente, o que permitirá à indústria reduzir o consumo de energia elétrica e de gás natural consideravelmente.

Os sistemas de gestão de iluminação e de monitorização pela dificuldade de medição das suas variáveis apresentam valores de poupança incertos. Contudo seriam medidas importantes de implementar gerando poupança económica, validadas por entidades independentes, considerando a influência da luz natural e a elevada quantidade de equipamentos e respetivos consumos, que a indústria apresenta. Além disto, no caso da monitorização de consumos seria útil, visto que dessa forma é possível obter uma análise da fábrica por linhas de produção e por equipamento e daí obter um controlo mais eficaz, ao nível da fiabilidade dos dados para o futuro ARCE.

Analisando as medidas de racionalização de energia apresentadas é importante realçar que os valores apresentados nos respetivos estudos têm em conta a indústria atual. A implementação da totalidade destas medidas poderá resultar numa variação dos resultados apresentados, uma vez que as medidas estão interrelacionadas:

- No caso do estudo da instalação fotovoltaica a consideração dos consumos foi feita sem a influência de medidas que os diminuíssem (diagramas de carga de 2016);

- Na análise feita em relação à substituição da iluminação existente foi considerado o tempo de utilização sem a influencia de dispositivos de controlo de iluminação.

É importante reafirmar que a indústria aguarda a resposta da ADENE sobre o processo anterior e que, com base nisso será definido o ano de referência para o novo processo. Nesse tempo serão calculados os consumos anuais, em tep's, da indústria nesse ano e feita a determinação dos respetivos indicadores, IE, CEE e IC, bem como as metas a atingir o que à partida será de 6% de redução dos indicadores em 6 anos, visto que os consumos da indústria serão superiores a 1000 tep's, tendo em conta o historial.

Para finalizar, numa abordagem futura seria importante realizar o trabalho referido anteriormente, bem como efetuar futuras análises relativamente à eficiência de outros equipamentos nomeadamente dos grandes consumidores de energia, de modo a conhecer o seu rendimento e estudar outras medidas de racionalização de energia. No caso de estudo, seria útil a análise da eficiência das torres de arrefecimento e dos sistemas de ar comprimido verificando eventuais perdas por fugas, o que não foi possível ser feito devido à extensão da industria e ao tempo de estágio.

Após a aceitação do novo ARCE é importante ser feito o respetivo acompanhamento da implementação das medidas abordadas ou de outras que possam ser adicionadas, bem como verificar se o os resultados teóricos apresentados correspondem na prática, averiguando o cumprimento ou não dos *payback's* estimados.

Referências Documentais

- [1] ONU, Relatório Brundland, 1987.
- [2] “ADENE,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/politica-energetica>. [Acedido em 01 fevereiro 2017].
- [3] “Instituto de Gestão do Fundo Social Europeu, LP.,” [Online]. Available: <http://www.igfse.pt/news.asp?startAt=1&categoryID=281&newsID=4973>. [Acedido em 02 fevereiro 2017].
- [4] D.-G. d. E. e. Geologia, Despacho n.º 17449/2008, 2008.
- [5] “Portal da Eficiência Energética,” 2010. [Online]. Available: <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/conceitos.html>. [Acedido em 02 Fevereiro 2017].
- [6] A. F. R. d. Sá, Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética, Porto: Publindústria, 2008.
- [7] “Apren,” [Online]. Available: <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/metas/>. [Acedido em 03 fevereiro 2017].
- [8] D.-G. d. E. e. Geologia, “Apren,” Maio 2013. [Online]. Available: http://www.apren.pt/fotos/newsletter/conteudos/energiapt_2013_dgeg_1433429705.pdf. [Acedido em 02 fevereiro 2017].
- [9] J. M. C. P. e. J. C. Isabel Soares, Decisões de Investimento, Lisboa : Edições Sílabo, Lda. , 2015.
- [10] “ PE – PORTAL ENERGIA,” Portal Energia Energias Renováveis , 2008. [Online]. Available: <http://www..com/a-importancia-e-fases-de-uma-auditoria-energetica/>. [Acedido em 06 Fevereiro 2017].
- [11] “Fluke,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/ferramentas-de-qualidade-de-energia/corrente-trifasica/fluke-434-series-ii-energy-analyzer.htm?pid=73937>. [Acedido em 06 fevereiro 2017].
- [12] “Fluke,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/brpt/termovisores/fluke-ti27.htm?pid=72281>. [Acedido em 06 fevereiro 2017].
- [13] “Fluke,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/pincas-amperimetricas/fluke-345.htm?pid=56070>. [Acedido em 06 fevereiro 2017].
- [14] “J. ROMA, Lda.,” [Online]. Available: <http://www.jroma.pt/analisadores-gases-combustatildeo.html>. [Acedido em 07 fevereiro 2017].

- [15] “AresAgante,” [Online]. Available: <http://www.aresagante.pt/ambiente/amprobe-lm-100-e-lm-120-luxímetros-digitais/>. [Acedido em 07 fevereiro 2017].
- [16] “Fluke,” [Online]. Available: <http://en-us.fluke.com/products/hvac-iaq-tools/fluke-922-hvac-iaq.html#overview>. [Acedido em 07 fevereiro 2017].
- [17] “Fluke,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/products/Laser-Distance-Meters.htm> . [Acedido em 07 fevereiro 2017].
- [18] “Tecmer- tecnologia e mercado lda,” [Online]. Available: http://www.tecmer.pt/index.php/noticias/_DETETOR_DE_FUGAS_DE_GASES_ULTRASONICO. [Acedido em 08 fevereiro 2017].
- [19] “Jobasi,” [Online]. Available: <http://www.jobasi-sa.com/produtos/luvas-isolantes-dielectricas>. [Acedido em 08 fevereiro 2017].
- [20] “Estratégia Nacional para a Energia 2020,” [Online]. Available: <http://www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=206&cat=197>. [Acedido em 09 fevereiro 2017].
- [21] P. d. C. d. Ministros, Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, 2010.
- [22] “Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética,” [Online]. Available: <http://www.pnaee.pt/>. [Acedido em 09 fevereiro 2017].
- [23] “Adene,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaer-2020-plano-nacional-de-acao-para-energias>. [Acedido em 10 fevereiro 2017].
- [24] “Programa de Eficiência Energética na Administração Pública,” [Online]. Available: <http://ecoap.pnaee.pt/ambito>. [Acedido em 10 fevereiro 2017].
- [25] “Programa de Eficiência Energética na Administração Pública,” [Online]. Available: <http://ecoap.pnaee.pt/legislacao>. [Acedido em 10 fevereiro 2017].
- [26] “Portal da Eficiência Energética,” 2010. [Online]. Available: <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/nacional.html>. [Acedido em 10 fevereiro 2017].
- [27] M. d. E. e. d. Inovação, Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril, 2008.
- [28] D.-G. d. E. e. Geologia, Despacho n.º 17313/2008, 2008.

Anexo A. Legislação para a eficiência energética

Tabela 16 – Resumo da legislação relativamente á eficiência energética [26]

DESIGNAÇÃO	NOMENCLATURA
Orientações Gerais	
Fundo de Eficiência Energética	Decreto-Lei nº 50/2010, de 20 de maio
Fundo de Eficiência Energética – Regulamento de Gestão	Portaria nº 26/2011, de 10 de janeiro
Fundo de Eficiência Energética – Regulamento da Estrutura de Gestão	Portaria nº 1316/2010, de 28 de dezembro
Requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia	Decreto-Lei n.º 12/2011, de 24 de janeiro
Eficiência energética	Decreto-Lei nº 319/2009, de 3 de novembro
Edifícios	
Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios	Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de abril
Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios	Portaria nº 461/2007, de 13 de março, D.R. (II série) de 5 de junho
Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – Modelos dos certificados	Despacho nº 10 250/2008, de 27 de março, D.R. (II série) de 8 de abril
Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – Taxas	Portaria nº 835/2007, de 7 de agosto
Determinação da classe de desempenho energético	Portaria n.º 319/2016
ADENE - Método de Cálculo Simplificado para Certificação Energética de Edifícios Existentes no âmbito do RCCTE	Despacho n.º 11020/2009, de 30 de abril

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios	Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de abril
Desempenho energético dos edifícios – Fatores de conversão	Despacho nº 14076/2010, de 24 de agosto, D.R. (II série) de 8 de setembro
Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios	Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de abril
Eficiência energética – Edifícios públicos	Despacho nº 16123-A/2009, de 7 de julho D.R. (II série) de 14 de julho (suplemento)
Eficiência energética dos edifícios – Redução do consumo energético	Despacho nº 16140/2009, de 3 de julho, D.R. (II série) de 15 de julho
Melhoria do desempenho energético dos edifícios	Decreto-Lei n.º 28/2016
Definição dos requisitos associados à elaboração dos planos de racionalização energética	Despacho n.º 6470/2016
Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – Modelos dos certificados	Despacho nº 10250/2008, de 27 de março, D.R. (II série) de 8 de abril
Eficiência energética – Edifícios públicos	Despacho nº 12875-A/2009, de 22 de maio, D.R. (II série) de 29 de maio (suplemento)
Eficiência energética – Edifícios públicos	Despacho nº 10223/2009, de 6 de abril, D.R. (II série) de 17 de abril
Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – Açores	Decreto Legislativo Regional nº 16/2009/A, de 13 de outubro
Qualidade energética e do ar interior dos edifícios – Madeira	Decreto Legislativo Regional nº 1/2008/M, de 11 de janeiro
Regime jurídico de formação e execução dos contratos de desempenho energético	Decreto-Lei nº 29/2011, de 28 de fevereiro
Consumo	
Consumo de energia elétrica	Despacho nº 15 546/2008, 26 de maio, D.R. (II série) de 4 de junho
Sector Elétrico – Regulamento Tarifário – Alterações	Despacho nº 15 545/2008, 26 de maio, D.R. (II série) de 4 de junho

Etiquetagem – Aparelhos	
Eficiência energética dos aparelhos de refrigeração eletrodomésticos	Decreto-Lei nº 214/98, de 16 de julho
Eficiência energética – Eletrodomésticos	Decreto Legislativo Regional nº 27/2010/A, de 21 de outubro
Consumo energético – Informação aos consumidores	Decreto-Lei nº 63/2011, de 9 de maio
Energia – Conceção ecológica dos produtos	
Lâmpadas de baixa eficiência energética	Decreto-Lei nº 108/2007, de 12 de abril
Lâmpadas de baixa eficiência energética	Portaria nº 54/2008, de 18 de janeiro
Lâmpadas de baixa eficiência energética – Taxa	Portaria nº 63/2008, de 21 de janeiro
Etiquetagem – União Europeia	
Rotulagem dos pneus no que respeita à eficiência energética	Regulamento (CE) nº 1222/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2009 Nº Celex: 32009R1222
Programa Comunitário de Rotulagem em Matéria de Eficiência Energética para Equipamento de Escritório (Reformulação)	Regulamento (CE) 106/2008, publicado em 13-Fev-2008 Nº Celex: 32008R0106
Mobilidade Elétrica	
Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal	Resolução do Conselho de Ministros nº 20/2009, de 20 de fevereiro
Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal	Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2009, de 7 de setembro
Mobilidade elétrica – Veículos elétricos	Decreto-Lei nº 39/2010, de 26 de abril
Transportes rodoviários – Veículos não poluentes e energeticamente eficientes	Decreto-Lei nº 140/2010, de 29 de dezembro

Mobilidade elétrica – Veículos elétricos – Taxas	Portaria nº 1232/2010, de 9 de dezembro
Mobilidade elétrica – Pontos de carregamento	Portaria nº 1202/2010, de 29 de novembro
Mobilidade elétrica – Pontos de carregamento	Portaria nº 1201/2010, de 29 de novembro
Mobilidade elétrica – Veículos elétricos	Portaria nº 468/2010, de 7 de julho
Mobilidade elétrica – Veículos elétricos	Portaria nº 456/2010, de 1 de julho
Mobilidade elétrica – Pontos de carregamento – Remuneração	Portaria nº 180/2011, de 2 de maio
Mobilidade elétrica – Comercialização de eletricidade – Seguro obrigatório de responsabilidade civil	Portaria nº 173/2011, de 28 de abril

Anexo B. Ciclo semanal de fornecimentos em Portugal

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

Anexo C. Demonstração dos resultados para a substituição da iluminação

Zona 1 - Zona de trabalho

Solução existente: Luminárias de 400W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
18	0,4	24	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
3459,37104	2748,9492	6208,32024

Solução LED Voyager 160 W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
18	0,16	24	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
1383,748416	1099,57968	2483,328096

Inverno	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,1425417
Tarifa (€): Sábado	0,0719792

Verão	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,1199
Tarifa (€): Sábado	0,0720

Preço da solução (€): Voyager LED 160W	234
--	-----

Poupança (€)	3724,99
Investimento (€)	4212
PB (anos)	1,1

Zona 1 - Gabinetes

Solução existente: Luminárias de 400W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
10	0,036	9	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
101,02	69,01	170,03

Solução LED: 18 W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
10	0,018	9	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
50,51	34,51	85,02

Inverno	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,19406
Tarifa (€): Sábado	0,081

Verão	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,1941
Tarifa (€): Sábado	0,07545

Preço T8 - 18W	7,06
----------------	------

Poupança (€)	85,02
Investimento (€)	70,6
PB (anos)	0,8

Zona 1 - Zona de máquinas

Solução existente: Luminárias de 400W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
10	0,036	24	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
172,97	137,45	310,42

Solução LED: 18 W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
10	0,018	24	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
86,48	68,72	155,21

Inverno	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,14254
Tarifa (€): Sábado	0,07198

Verão	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,1199
Tarifa (€): Sábado	0,0720

Preço T8 - 18W (€)	7,06
--------------------	------

Poupança (€)	155,21
Investimento (€)	70,70
PB (anos)	0,45

Zona 1 - Refeitório

Solução existente: Luminárias de 400W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
4	0,036	2	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
6,33	7,27	13,60

Solução LED: 18 W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
4	0,018	2	101	21	149	30

Custo verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
3,16	3,64	6,80

Inverno	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,23185
Tarifa (€): Sábado	0,08748

Verão	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,1298125
Tarifa (€): Sábado	0,087475

Preço T8 - 18W (€)	7,06
--------------------	------

Poupança (€)	6,79
Investimento (€)	28,28
PB (anos)	4,16

Zona 2

Solução existente: Luminárias de 36W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias úteis Inverno	Nº dias Sábados Inverno	Nº dias úteis Verão	Nº dias Sábados Verão
42	0,045	24	101	21	149	30

25% mais consumo devido a ter balastros ferromagnéticos

Custo Verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
908,08	617,72	1525,80

Solução LED: T8 - 18 W

Nº Luminárias	Potência (kW)	Nº horas	Nº dias uteis Inverno	Nº dias Sabados Inverno	Nº dias uteis Verão	Nº dias Sabados Verão
42	0,018	24	101	21	149	30

Custo Verão (€)	Custo Inverno (€)	Custo Total (€)
288,64	363,23	651,87

Preço (€): Solução LED 18 W 7,07

Inverno	
Tarifa (€): Dias Úteis	0,14254167
Tarifa (€): Dias Úteis	0,07197917

Verão	
Tarifa Dias Úteis	0,1198667
Tarifa Sábado	0,0719792

Poupança (€)	873,93
Investimento (€)	296,94
PB (anos)	0,34

Anexo D. Folhas de cálculo para a determinação do coeficiente de transferência de calor por convecção

Natural Convection Heat Transfer Coefficient Correlations (S.I. units)						
1. With an isothermal vertical plane				Fluid =	air	
Inputs			Calculations			
Fluid Temp, $T_{\infty} =$	30	°C	Temp Diff, $\Delta T =$	30	°C	
Surface Temp, $T_w =$	60	°C	Abs. Film Temp, $T_f =$	303	°K	
Film Temp., $T_f =$ [$T_f = (T_{\infty} + T_w)/2$]	45	°C	Prandtl Number, $Pr =$	0,69		
Height of Surf., $L =$	2,0	m	Grashof Number, $Gr =$	2,69,E+10		
Fluid Density, $\rho =$	1,1	kg/m ³	Rayleigh No., $Ra =$	1,86E+10		
Correlation #1 (for all values of Ra):						
Fluid viscosity, $\mu =$	0,0000187	N-s/m ²	$Nu =$	306		
Fluid Sp. Heat, $C_p =$	1	J/g-°K	$h =$	4,13	W/m ² -K	
Fluid Sp. Heat, $C_p =$	1000	J/kg-°K				
Correlation #2 (for $RaL < 10^9$):						
Fluid Thermal Conductivity, $k =$	0,027	J/s-m-K	$Nu =$	190		
Fluid Thermal Expans. Coeff, $\beta =$	0,003299	°K ⁻¹	$h =$	2,57	W/m ² -K	

Natural Convection Heat Transfer Coefficient Correlations (S.I. units)						
1. With an isothermal horizontal plane			Fluid =	air		
Inputs			Calculations			
Fluid Temp, T_{∞} =	30	°C	Temp Diff, ΔT =	17,6	°C	
Surface Temp, T_w =	47,6	°C	Abs. Film Temp, T_f =	312	°K	
Film Temp., T_f =	39	°C	Prandtl Number, Pr =	0,7		
[$T_f = (T_{\infty} + T_w)/2$]						
Area of Plate, A =	18,9	m ²	Grashof Number, Gr =	1,34,E+10		
Perim. of Plate, P =	20,0	m	Rayleigh No., Ra =	9,65E+09		
			Correlation #1:			
$L = A/P =$	0,9	m	for $10^4 < Ra < 10^7$:			
			$Nu =$	169		
Fluid Density, ρ^* =	1,127	kg/m ³				
			$h =$	4,77	W/m ² -K	
Fluid viscosity, μ =	1,918E-05	N-s/m ²				
Fluid Sp. Heat, C_p =	1	J/g-°K	for $10^7 < Ra < 10^{11}$:			
			$Nu =$	319		
Fluid Sp. Heat, C_p =	1000	J/kg-°K				
			$h =$	9,00	W/m ² -K	
Fluid Thermal Conductivity, k =	0,02662	J/s-m-K				
			Correlation #2 (for $10^5 \leq Ra \leq 10^{10}$):			
Fluid Thermal Expans. Coeff, β =	0,003206	°K ⁻¹				
			$Nu =$	85		
			$h =$	2,38	W/m ² -K	

Natural Convection Heat Transfer Coefficient Correlations (S.I. units)

4. With an isothermal horizontal cylinder

Fluid =

air

Inputs

Calculations

Fluid Temp, $T_{\infty} =$	<u>25</u>	°C	Temp Diff, $\Delta T =$	<u>54,5</u>	°C
Surface Temp, $T_w =$	<u>79,5</u>	°C	Abs. Film Temp, $T_f =$	<u>325</u>	°K
Film Temp., $T_f =$	<u>52</u>	°C	Prandtl Number, $Pr =$	<u>0,7</u>	
[$T_f = (T_{\infty} + T_w)/2$]			Grashof Number, $Gr =$	<u>7,73,E+06</u>	
Cylinder Diam., $D =$	<u>0,1</u>	m	Rayleigh No., $Ra =$	<u>5,66E+06</u>	
Fluid Density, $\rho^* =$	<u>1,092</u>	kg/m ³			
Fluid viscosity, $\mu =$	<u>1,963E-05</u>	N-s/m ²			
			$Nu =$	<u>24</u>	
Fluid Sp. Heat, $C_p =$	<u>1</u>	J/g-°K			
			$h =$	<u>5,64</u>	W/m ² -K
Fluid Sp. Heat, $C_p =$	<u>1007</u>	J/kg-°K			
Fluid Thermal					
Conductivity, $k =$	<u>0,027</u>	J/s-m-K			
Fluid Thermal					
Expans. Coeff, $\beta =$	<u>0,003073</u>	°K ⁻¹			

Anexo E. Valores de emissividade de alguns materiais disponibilizados pela *Fluke*

FLUKE.

Valores de emissividade de materiais comuns

Material Temperatura (°C)	Emissividade
Aço galvanizado	0,28
Aço, chapa, laminada	0,56
Aço, chapa, revestida em níquel	0,11
Aço, intensamente oxidado	0,88
Aço, recém-laminado	0,24
Aço, superfície áspera	0,96
Aço, vermelho enferrujado	0,69
Água	0,98
Alumínio, intensamente oxidado	0,25
Alumínio, polido	0,05
Alumínio, superfície áspera	0,07
Amianto, base de ardósia	0,96
Amianto, chapa	0,96
Amianto, papel	0,94
Amianto, tecido	0,78
Argila, cozida	0,91
Borracha	0,93
Bronze, polido	0,10
Bronze, poroso, áspero	0,55
Carbono, purificado	0,80
Carvão, pulverizado	0,96
Chumbo, cinza	0,28
Chumbo, lustroso	0,08
Chumbo, oxidado	0,63
Chumbo, vermelho, pulverizado	0,93
Cobre, lustrado comercial	0,07
Cobre, oxidado	0,65
Cobre, oxidado até preto	0,88
Cobre, polido, recozido	0,01
Concreto	0,54
Crômio, polido	0,10
Esmalte	0,90
Estanho, lustrado	0,05
Ferro fundido, polido	0,21
Ferro fundido; fundição em bruto	0,81
Ferro laminado a quente	0,77
Ferro, oxidado	0,74
Ferro forjado, polido	0,28

Material	Emissividade
Ferro, chapa galvanizada, lustrada	0,23
Ferro, chapa galvanizada, oxidada	0,28
Ferro, lustroso, gravado	0,16
Fita elétrica, plástico preto	0,95
Fórmica	0,93
Gelo	0,97
Goma-laca, preta, lustrosa	0,82
Goma-laca, preta, opaca	0,91
Laca, baquelita	0,93
Laca, branca	0,87
Laca, preta, lustrosa	0,87
Laca, preta, opaca	0,97
Latão, opaco, deslustrado	0,22
Latão, polido	0,03
Mercúrio puro	0,10
Negro de fumo	0,96
Neve	0,80
Níquel puro, polido	0,05
Níquel, em ferro fundido	0,05
Ouro, polido	0,02
Papel alcatroado	0,92
Papel branco	0,90
Papel preto lustroso	0,90
Papel preto opaco	0,94
Platina pura polida	0,08
Porcelana vitrificada	0,92
Quartzo	0,93
Solo congelado	0,93
Tijolo, comum	0,85
Tijolo, refratário, áspero	0,94
Tijolo, vitrificado, áspero	0,85
Tinta, acabamento prata	0,31
Tinta, óleo, média	0,94
Tungstênio	0,05
Vidro	0,92
Vidro fosco	0,96
Zinco, chapa	0,20

Fluke. Keeping your world up and running.®

Fluke Corporation
PO Box 9090, Everett, WA 98206 U.S.A.

Fluke Europe B.V.
PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, The Netherlands

For more information call:
In the U.S.A. (800) 443-5853 or
Fax (425) 446-5116
In Europe/M-East/Africa +31 (0) 40 2675 200 or
Fax +31 (0) 40 2675 222
In Canada (800)-36-FLUKE or
Fax (905) 890-6866
From other countries +1 (425) 446-5500 or
Fax +1 (425) 446-5116
Web access: <http://www.fluke.com>

©2007 Fluke Corporation.
Specifications subject to change without notice.
Printed in U.S.A. 9/2007 3038318 H-EN-N Rev A



Anexo F. Cálculos das perdas por transferência de calor nos equipamentos a colocar isolamento


	Equipamentos	Planos	T. Superfície		T. Fluido ∞ (ar)		ΔT (C°)	Medidas (m)					Área de transferência de calor (m ²)	h (w/m ² .K)	Q. Conv (W)		
			C°	K°	C°	K°		Díametro	Comprimento	Largura	Altura	Raio				Perímetro	
P1	Tubo de recuperação de ar	Cilindro	79,5	352,6	25	298,2	54,5	0,115	5				0,0575		2,17	5,64	665,56
	Permutador	Vertical Lateral	81,8	355,0	25	298,2	56,8			0,42	0,78				0,33	4,27	79,46
		Vertical frontal/traseira	81,8	355,0	25	298,2	56,8			0,42	0,78				0,33	4,27	79,46
	Forno de matriz P1	Horizontal Base	52,0	325,2	25	298,2	27,0		1,19	0,78			3,94		0,93	3,76	94,26
		Horizontal Topo	80,9	354,0	25	298,2	55,9		1,19	0,78			3,94		0,93	13,23	686,37
		Vertical Lateral	88,3	361,5	25	298,2	63,3		1,19		0,71				0,84	5,35	286,04
		Vertical frontal/traseira	88,3	361,5	25	298,2	63,3			0,78	0,71				0,55	5,35	187,49
	Estufa de envelhecimento	Horizontal Base	35,0	308,2	25	298,2	10,0		7,5	2,52			20,04		18,90	2,06	389,69
		Horizontal Topo	47,6	320,7	25	298,2	22,6		7,5	2,52			20,04		18,90	9,78	4175,71
		Vertical Lateral	47,6	320,7	25	298,2	22,6		7,5		3				22,50	3,45	1751,40
		Vertical frontal/traseira	47,6	320,7	25	298,2	22,6			2,52	3				7,56	3,45	588,47
	P2	Forno de matriz P2	Horizontal Topo	44,2	317,4	25	298,2	19,2		6	1,02			14,04		6,12	9,29
Vertical Lateral			62,2	335,3	25	298,2	37,2		6		0,8				4,80	4,46	796,34
Vertical frontal/traseira			35,6	308,8	25	298,2	10,6			1,02	0,8				0,82	2,12	18,39
Forno P2		Horizontal Topo	97,8	371,0	25	298,2	72,8		12,89	1,08			27,94		13,92	8,08	8192,36
	Vertical Lateral	126,7	399,8	25	298,2	101,7		12,89		0,88				11,34	6,19	7133,96	
P3	Forno P3	Horizontal Topo	104,2	377,3	25	298,2	79,2		14,7	1,08			31,56		15,88	14,23	17881,35
		Vertical Lateral	120,6	393,7	25	298,2	95,6		14,7		0,8				11,76	6,17	6931,25
	Forno de matriz 1	Horizontal Topo	49,7	322,8	25	298,2	24,7		3,5	1,05			9,1		3,68	10,09	914,28
		Vertical Lateral	49,4	322,5	25	298,2	24,4		3,5		0,84				2,94	5,94	425,74
		Vertical frontal/traseira	49,4	322,5	25	298,2	24,4			1,05	0,84				0,88	5,94	127,72
	Forno de matriz 2	Horizontal Topo	49,7	322,8	25	298,2	24,7		3,5	1,05			9,1		3,68	10,09	914,28
		Vertical Lateral	48,8	322,0	25	298,2	23,8		3,5		0,84				2,94	5,92	414,61
		Vertical frontal/traseira	48,8	322,0	25	298,2	23,8			1,05	0,84				0,88	5,92	124,38

	Equipamentos	Planos	T. Superfície		T. Fluido ∞ (ar)		ΔT (Cº)	ϵ	σ	Q radiação (W)
			Cº	Kº	Cº	Kº				
P1	Tubo de recuperação de ar	Cilindro	79,5	352,6	25	298,2	54,5	0,81	5,67E-08	752,70
	Permutador	Vertical Lateral	81,8	355,0	25	298,2	56,8	0,81	5,67E-08	119,96
		Vertical frontal/traseira	81,8	355,0	25	298,2	56,8	0,81	5,67E-08	119,96
	Forno de matriz P1	Horizontal Base	52,0	325,2	25	298,2	27,0	0,81	5,67E-08	139,62
		Horizontal Topo	80,9	354,0	25	298,2	55,9	0,81	5,67E-08	332,89
		Vertical Lateral	88,3	361,5	25	298,2	63,3	0,81	5,67E-08	355,93
		Vertical frontal/traseira	88,3	361,5	25	298,2	63,3	0,81	5,67E-08	233,30
	Estufa de envelhecimento	Horizontal Base	35,0	308,2	25	298,2	10,0	0,81	5,67E-08	967,57
		Horizontal Topo	47,6	320,7	25	298,2	22,6	0,81	5,67E-08	2326,44
		Vertical Lateral	47,6	320,7	25	298,2	22,6	0,81	5,67E-08	2769,57
		Vertical frontal/traseira	47,6	320,7	25	298,2	22,6	0,81	5,67E-08	930,58
	P2	Forno de matriz P2	Horizontal Topo	44,2	317,4	25	298,2	19,2	0,81	5,67E-08
Vertical Lateral			62,2	335,3	25	298,2	37,2	0,81	5,67E-08	1044,95
Vertical frontal/traseira			35,6	308,8	25	298,2	10,6	0,81	5,67E-08	44,46
Forno P2		Horizontal Topo	97,8	371,0	25	298,2	72,8	0,81	5,67E-08	7058,27
		Vertical Lateral	126,7	399,8	25	298,2	101,7	0,81	5,67E-08	9195,48
P3	Forno P3	Horizontal Topo	104,2	377,3	25	298,2	79,2	0,81	5,67E-08	9016,92
		Vertical Lateral	120,6	393,7	25	298,2	95,6	0,81	5,67E-08	8713,60
	Forno de matriz 1	Horizontal Topo	49,7	322,8	25	298,2	24,7	0,81	5,67E-08	499,22
		Vertical Lateral	49,4	322,5	25	298,2	24,4	0,81	5,67E-08	394,34
		Vertical frontal/traseira	49,4	322,5	25	298,2	24,4	0,81	5,67E-08	118,30
	Forno de matriz 2	Horizontal Topo	49,7	322,8	25	298,2	24,7	0,81	5,67E-08	499,22
		Vertical Lateral	48,8	322,0	25	298,2	23,8	0,81	5,67E-08	384,30
		Vertical frontal/traseira	48,8	322,0	25	298,2	23,8	0,81	5,67E-08	115,29

Anexo G. Cálculo da tarifa média de eletricidade e fatura de gás natural

Tarifário	€/kWh	horas /dia Verão semana	horas /dia Verão Sábado	horas /dia Verão domingo	horas /dia Inverno semana	horas /dia Inverno Sábado	horas /dia Inverno domingo
Ponta Energia+ redes + PHP	0,366600	3	0	0	5	0	0
Cheia Energia + redes	0,0947	14	7	0	12	7	0
Vazio Energia + redes	0,062	3	13	20	3	13	20
S. Vazio Energia + redes	0,0608	4	4	4	4	4	4
	Horas / dia	24	24	24	24	24	24
	Dias / ano	146	30	35	109	22	23
	Custo médio/dia	0,11895 €	0,07134 €	0,06180 €	0,14161 €	0,07134 €	0,0618
Tarifa média	0,10985 €						

DETALHES DA FATURA

	Período a Faturar		Quantidades (kWh/kVArh/kW)	Preço Unit.	Nº Dias	% IVA	Valorização (s/ IVA)
	Data início	Data fim					
Energia							13.206,68 €
Componente Variável	01/06/2017	30/06/2017	640.820,0000	0,02060903 €		23%	13.206,68 €
Redes							8.957,20 €
Uso Global do Sistema	01/06/2017	30/06/2017	640.820,0000	0,00140692 €		23%	901,58 €
Uso Rede Transporte	01/06/2017	30/06/2017	640.820,0000	0,00098521 €		23%	631,34 €
Uso Rede Distribuição Fora Vazio	01/06/2017	30/06/2017	640.820,0000	0,00644653 €		23%	4.131,07 €
Uso Rede Distribuição MP-BP Fora Vazio	01/06/2017	30/06/2017	640.820,0000	0,00180867 €		23%	1.159,03 €
Uso Rede Distribuição Termo Fixo	01/06/2017	30/06/2017	1,0000	0,02430000 €	30	23%	0,73 €
Uso Rede Distribuição Capacidade	01/06/2017	30/06/2017	36.215,0000	0,00154052 €	30	23%	1.673,70 €
Uso Rede Transporte Cap. Utilizada Entrada	01/06/2017	30/06/2017	36.215,0000	0,00042317 €	30	23%	459,75 €
Obrigações Tributárias (exceto IVA)							123,89 €
Imp. Especial Cons GN Combustível Isento	01/06/2017	30/06/2017	640.820,0000	0,00000000 €		23%	0,00 €
Taxa Ocupação Subsolo Do Municipio Fafe							
Componente Fixa (nº dias)	01/06/2017	30/06/2017	30,0000	0,82454758 €		23%	24,74 €
Componente Variável (kWh)	01/06/2017	30/06/2017	640.820,0000	0,00015472 €		23%	99,15 €
Total (antes de IVA a 23%)						23%	22.287,77 €
Total (antes de IVA)							22.287,77 €

Tarifa média de gás natural (€/kWh)	0,034780079	Tiago Silva: Divisão entre o custo e quantidade de gás consumida: 22.287,77 € / 640.820,00 kWh
-------------------------------------	-------------	---

Anexo H. Cálculos das perdas de calor de convecção e radiação após a colocação dos isolamentos térmicos

	Equipamentos	Planos	Tw 1		Tw 2		T. Fluido ∞ (ar)		Tw 1 ΔT (Cº)	Tw 2 ΔT (Cº)	Área de transferência de calor (m²)	h (w/m².K)		Q convecção(W)	
			Cº	Kº	Cº	Kº	Cº	Kº				Tw 1	Tw 2	Tw 1=30	Tw 2 =35
P1	Tubo de recuperação de ar	Cilindro	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	2,75	2,96	3,60	40,69	98,94
	Permutador	Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,33	2,10	2,50	3,44	8,19
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,33	2,10	2,50	3,44	8,19
	Forno de matriz P1	Horizontal Base	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,93	2,44	2,92	11,32	27,07
		Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,93	5,91	7,48	27,42	69,42
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,84	2,15	2,56	9,08	21,64
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,55	2,15	2,56	5,95	14,19
	Estufa de envelhecimento	Horizontal Base	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	18,90	1,72	2,06	162,96	389,69
		Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	18,90	5,91	7,48	558,23	1413,46
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	22,50	2,34	2,92	263,09	657,39
Vertical frontal/traseira		30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	7,56	2,34	2,92	88,40	220,88	
Forno de matriz P2	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	6,12	5,91	7,48	180,76	457,69	
	Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	4,80	2,09	2,48	50,04	119,24	
	Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,82	2,09	2,48	8,51	20,27	
Forno P2	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	13,92	5,91	7,48	411,17	1041,11	
	Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	11,34	2,03	2,42	115,39	274,99	
P3	Forno P3	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	15,88	5,91	7,48	468,91	1187,31
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	11,76	2,09	2,48	122,60	292,14
	Forno de matriz 1	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	3,68	5,91	7,48	108,54	274,84
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	2,94	2,06	2,45	30,27	72,13
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,88	2,06	2,45	9,08	21,64
	Forno de matriz 2	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	3,68	5,91	7,48	108,54	274,84
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	2,94	2,06	2,45	30,27	72,13
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,88	2,06	2,45	9,08	21,64

	Equipamentos	Planos	Tw 1		Tw 2		T. Fluido ∞ (ar)		Tw 1 ΔT (Cº)	Tw 2 ΔT (Cº)	Área de transferência de calor (m ²)	emissividade (e)	σ	Q radiação (W) Tw 1=30	Q radiação (W) Tw 2=35
			Cº	Kº	Cº	Kº	Cº	Kº							
P1	Tubo de recuperação de ar	Cilindro	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	2,75	0,30	0,00	25,42	52,12
	Permutador	Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,33	0,30	0,00	3,03	6,21
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,33	0,30	0,00	3,03	6,21
	Forno de matriz P1	Horizontal Base	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,93	0,30	0,00	8,58	17,60
		Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,93	0,30	0,00	8,58	17,60
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,84	0,30	0,00	7,81	16,02
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,55	0,30	0,00	5,12	10,50
	Estufa de envelhecimento	Horizontal Base	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	18,90	0,30	0,00	174,75	358,36
		Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	18,90	0,30	0,00	174,75	358,36
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	22,50	0,30	0,00	208,03	426,62
Vertical frontal/traseira		30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	7,56	0,30	0,00	69,90	143,34	
	Forno de matriz P2	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	6,12	0,30	0,00	56,58	116,04
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	4,80	0,30	0,00	44,38	91,01
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,82	0,30	0,00	7,54	15,47
	Forno P2	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	13,92	0,30	0,00	128,71	263,96
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	11,34	0,30	0,00	104,88	215,08
P3	Forno P3	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	15,88	0,30	0,00	146,79	301,02
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	11,76	0,30	0,00	108,73	222,98
	Forno de matriz 1	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	3,68	0,30	0,00	33,98	69,68
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	2,94	0,30	0,00	27,18	55,74
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,88	0,30	0,00	8,15	16,72
	Forno de matriz 2	Horizontal Topo	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	3,68	0,30	0,00	33,98	69,68
		Vertical Lateral	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	2,94	0,30	0,00	27,18	55,74
		Vertical frontal/traseira	30,00	303,15	35,00	308,15	25,00	298,15	5,00	10,00	0,88	0,30	0,00	8,15	16,72

