

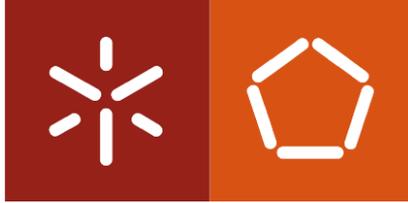


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Óscar de Pina Monteiro Reis Borges

Auditoria Energética a uma unidade industrial seguindo o SGCIE

Novembro de 2021



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Óscar de Pina Monteiro Reis Borges

Auditoria Energética a uma unidade industrial seguindo o SGCIE

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia
Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Luís António Sousa Barreiros Martins e

Eng.º Telmo Manuel Cardoso Pires

Novembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação contou com a colaboração de várias personalidades e empresas que, direta e indiretamente, deram a contribuição para a sua elaboração. Contudo, queria apresentar um especial agradecimento pela valiosa colaboração aos que mais diretamente estiveram envolvidas na elaboração desta dissertação, a saber:

- Ao Professor Doutor Luís António de Sousa Barreiros Martins que, desde o primeiro momento, aceitou orientar esta dissertação, tendo-a feito com dedicação, disponibilidade, incentivo e rigor científico;
- Ao Engenheiro Telmo Pires pela oportunidade concedida para a realização do estágio curricular na empresa *One – Eficiência e Engenharia*, Lda., e, desta forma, ter servido de objeto desta dissertação;
- Aos meus pais, Osvaldo Borges e Zenaida de Pina, pela motivação e todo o esforço desenvolvido para que progredisse na minha vida académica;
- À minha esposa Natalina Afonso pelo incentivo, compreensão e carinho para superar este desafio;
- Aos meus irmãos, irmã e outros familiares pelos momentos de convívio e de amizade “perdidos” devido a este móbil;
- Aos meus amigos por terem acreditado em mim e me acompanharam ao longo destes anos.

Finalmente, a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para a concretização desta dissertação.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente á sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Hoje em dia há uma crescente preocupação por parte dos consumidores em eliminar, reduzir ou conter custos associados aos elevados consumos de energia e à proteção do meio ambiente.

Em Portugal, grande parte das instalações industriais são antigas, traduzindo-se em tecnologia ultrapassada e pouco eficiente e na utilização da energia de forma ineficiente, implicando consumos desnecessários. No entanto, as pequenas empresas nacionais não são abrangidas pelo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), estas não se encontram estimuladas legalmente a melhorar a forma como usam a energia.

A presente dissertação, executada sob a alçada da *One – Eficiência e Engenharia*, Lda., teve como finalidade a elaboração de uma auditoria energética e avaliação de medidas de eficiência energética a uma empresa de fabrico de borrachas técnicas, que no ano civil de 2020 apresentou um consumo global de 275.1 tep, pelo que ao abrigo do Decreto-Lei n.º 68-A/2015, não se encontra na obrigatoriedade de cumprir o regulamento SGCIE, mas foi vontade dos responsáveis da empresa aderirem de forma voluntária.

Desta forma encontra-se obrigada a racionalizar os seus consumos de acordo com as metas legais (Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015), nomeadamente e até ao final do período de 8 anos de aplicação do ARCE: a redução de 4% do consumo específico e da intensidade energética; a manutenção ou redução do valor da intensidade carbónica.

Fizeram-se visitas à empresa, para uma análise da instalação e dos equipamentos existentes, sendo também pedida documentação relativa aos consumos da empresa. Foram realizadas monitorizações com um equipamento de análise de consumos de energia da empresa durante um período de tempo. O conjunto de informações recolhido foi posteriormente analisado e estudado, resultando num conjunto de sugestões e medidas para futura implementação na empresa. É importante referir que o principal objetivo destas medidas de utilização racional de energia (MURE) visa melhorar o desempenho energético e económico da empresa, sem afetar o processo produtivo.

Com os resultados da auditoria, avaliou-se o potencial, em termos económicos e ambientais, de implementação de todas as medidas propostas para otimização da eficiência energética.

Se forem implementadas todas as medidas propostas, a instalação deverá obter uma redução de 22% no seu consumo específico de energia primária.

PALAVRAS-CHAVE: Auditoria energética, eficiência energética, energia, medidas de eficiência energética.

ABSTRACT

In this day and age, consumers are increasingly concerned about eliminating, reducing or containing the costs associated with high energy consumption and the protection of the environment.

Most industrial facilities use outdated technologies that lead to the inefficient use of energy and to avoidable energy consumption. However, national small companies are not covered by the Intensive Energy Consumption Management System (SGCIE) regulation, so that they are not legally encouraged to improve the way they use energy.

This dissertation, carried out under the auspices of *One – Eficiência e Engenharia*, Lda., aimed to prepare an energy audit and to evaluate the need of energy efficiency measures for a company manufacturing technical rubbers, that in 2020 presented a global consumption of 275.1 tep, which is why, under Decree-Law n.º 68-A/2015, it is not mandatory to comply with the SGCIE regulation, but it was the will of the company's managers to adhere voluntarily.

In this way, the company will rationalize its energy in accordance with the legal goals (Decree-Law 71/2008, amended by Decree-Law 68-A/2015), namely: reduction of 4% of specific energy and energy intensity, preservation of the carbon intensity values.

Visits were made to the company for an analysis of the installation and existing equipment, and documentation on the company's consumption was also requested. Monitoring was carried out with the company's energy consumption analysis equipment over a period. The set of information collected was later analysed and studied, resulting in a set of suggestions and measures for future implementation by the company. It is important to mention that the main objective of these measures for the rational use of energy is to improve the energy and economic performance of the company, without affecting the production process.

With the results of the audit, the potential, in economic and environmental terms, of implementing all the measures proposed to optimize energy efficiency was assessed.

By implementing all these proposed measures, the company will achieve a 22% reduction in primary energy consumption.

KEYWORDS: Energy audit, energy efficiency, energy, energy efficiency measures.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	xi
Índice de Gráficos.....	xiv
Nomenclaturas.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvi
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	2
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Estrutura da Dissertação.....	7
2 Auditoria Energética.....	8
2.1 Definição de Auditoria Energética.....	8
2.2 Objetivos de uma Auditoria Energética.....	8
2.3 Tipos de Auditoria.....	9
2.4 Metodologia.....	10
2.4.1 Planeamento e Recolha de Informação.....	11
2.4.2 Trabalho de Campo.....	11
2.4.3 Tratamento e Análise da Informação.....	13
2.4.4 Elaboração do Relatório Final.....	13
2.5 Legislação de Auditorias no Âmbito do SGCIE em Portugal.....	14
3 Caso de Estudo: Unidade Industrial de Fabrico de Borrachas Técnicas.....	20
3.1 Breve História.....	20
3.1.1 Descrição do Processo Produtivo.....	20
3.1.2 Produção.....	23
3.2 Utilização de Energia.....	24
3.2.1 Fatores de Conversão.....	24
3.2.2 Consumos e Custos Energéticos.....	24
3.3 Emissões de Gases com Efeito de Estufa.....	36

3.4	Indicadores Energéticos.....	37
3.4.1	Intensidade Energética.....	37
3.4.2	Intensidade Carbónica	38
3.4.3	Consumo Específico de Energia	39
4	Análise dos Principais Consumidores de Energia	40
4.1	Setor Produtivo	40
4.1.1	Linhas de Produção.....	40
4.2	Equipamentos Auxiliares.....	42
4.2.1	Águas Quentes Sanitárias (AQS).....	42
4.2.2	Gerador de Calor	45
4.2.3	Gerador de Vapor	46
4.2.4	Iluminação	47
4.2.5	Ar Comprimido	50
4.2.6	Ventiladores	51
5	Monitorizações Elétricas	52
5.1	Diagrama de Carga Geral do Posto de Transformação 1	52
5.2	Diagrama de Carga Geral do Posto de Transformação 2	53
5.3	Diagrama de Carga da Unidade de Pastas I (misturação)	54
5.4	Diagrama de Carga das Pastas II.....	55
5.5	Diagrama de Carga dos Compressores	56
5.6	Diagrama de Carga do Autoclave	57
5.7	Diagrama de Carga da Estufa	58
6	Cálculo da eficiência das caldeiras (método das perdas)	59
6.1	Perdas de energia associadas ao calor sensível nos gases secos de combustão (P_{gc}).....	59
6.2	Perdas de energia associadas à entalpia do vapor de água nos gases de combustão (P_{H_2O}).....	60
6.3	Perdas de energia associadas a inqueimados nos gases de combustão (P_{co})	61
6.4	Perdas por radiação (P_r)	61
6.5	Energia perdida nas purgas (P_p)	62
6.6	Equação para o cálculo da eficiência pelo método das perdas.....	62
7	Desagregação dos consumos de energia	63
7.1	Desagregação de Consumos de Energia Elétrica	63
7.2	Desagregação de Consumos de Gás Natural.....	64
7.3	Desagregação de Consumos Globais	64
8	Medidas de Melhoria do funcionamento da instalação.....	66

8.1	Formação e sensibilização do pessoal para a correta utilização de energia	66
8.2	Manutenção e identificação das instalações elétricas	67
8.3	Manutenção das baterias de condensadores.....	68
8.4	Redução dos consumos de energia fora do período de funcionamento	69
8.5	Otimização do sistema de ar comprimido	70
8.6	Eliminação da linha de vapor que alimenta a calandra (CAL 02) com alteração da localização da calandra.....	70
9	Medidas de Utilização Racional de Energia (MURE).....	73
9.1	Substituição da iluminação interior e exterior	73
9.1.1	Instalação de um programador horário astronómico digital para iluminação exterior ...	75
9.2	Instalação de um sistema solar fotovoltaico	77
9.3	Redução das fugas na rede de ar comprimido	82
9.4	Substituição dos acrílicos na cobertura	84
9.5	Aplicação de isolamento em tubagens e válvulas não isoladas	85
9.6	Substituição da caldeira de AQS	87
9.7	Instalação de um sistema de gestão de energia (SGE).....	88
9.8	Alteração do programador de apoio à resistência elétrica de aquecimento do óleo.....	90
9.9	Quadro resumo com as Medidas de Utilização Racional de Energia (MURE)	91
10	Conclusões	92
	Referências Bibliográficas	94
	Anexo I – Layout Geral dos Equipamentos da Instalação	98
	Anexo II – Levantamento Iluminação.....	100
	Anexo III – Descrição do programa SCE.ER fornecida pela DGEG que funciona sobre a plataforma “Microsoft Excel”	102
	Anexo IV – Relatório gerado pelo SCE.ER da Simulação do Sistema Solar Fotovoltaico para o PT1 ...	104
	Anexo V – Relatório gerado pelo SCE.ER da Simulação do Sistema Solar Fotovoltaico para o PT2	106
	Anexo VI – Tabela de preços de energia elétrica por trimestre	108
	Anexo VII – Horários associados aos períodos tarifários.....	109
	Anexo VIII – Fatores de Conversão - SGCIE	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de energia primária por fonte, em Portugal, no ano de 2018 [2].	2
Figura 2 – Evolução da dependência energética (%) em Portugal [2].	3
Figura 3 – Evolução do consumo de energia final em Portugal por setor de atividade [2].	3
Figura 4 – Etapas da auditoria energética [14].	10
Figura 5 – Síntese do procedimento a efetuar por uma CIE [19].	15
Figura 6 – Enquadramento temporal do SGCIE (Fonte: ADENE).	17
Figura 7 – Penalidades do incumprimento de metas definidas no ARCE (Fonte: ADENE).	19
Figura 8 – Diagrama geral da produção de misturas.	21
Figura 9 – Imagens gerais da produção de misturas.	21
Figura 10 – Diagrama geral da produção de peças moldadas em borracha e outros elastómeros....	22
Figura 11 – Imagem da produção de peças moldadas em borracha e outros elastómeros.	22
Figura 12 – Diagrama geral da produção de revestimento de cilindros e outras peças metálicas em borracha e outros elastómeros.....	23
Figura 13 – Imagem da produção de revestimentos de cilindros e outras peças metálicas em borracha e outros elastómeros.	23
Figura 14 – Setores Produtivos.	41
Figura 15 – Imagem da caldeira AQS com depósito de acumulação.	43
Figura 16 – Imagem do Esquentador.	44
Figura 17 – Gerador de calor.	45
Figura 18 – Painel de controlo do gerador de vapor.	46
Figura 19 – Iluminação Interior.	48
Figura 20 – Iluminação Exterior.	49
Figura 21 – Imagens dos compressores de ar comprimido.	50
Figura 22 – Imagem do secador de ar.....	51
Figura 23 – Imagens dos ventiladores.	51
Figura 24 – Exemplo de circuitos sem identificação.	67
Figura 25 – Sujidade nos quadros elétricos.	67
Figura 26 – Localização atual da calandra (a verde).	71
Figura 27 – Localização proposta para a calandra.	71
Figura 28 – Programador horário astronómico digital [21].	76

Figura 29 – Exemplificação de um sistema fotovoltaico (Fonte: ADENE).....	77
Figura 30 – Área considerada para a implantação de painéis.	79
Figura 31 – Fugas identificadas na rede de ar comprimido.	83
Figura 32 – Exemplo dos painéis acrílicos na cobertura existentes na instalação.....	84
Figura 33 – Imagens termográfica de troços de tubagem e válvulas não isoladas.....	86
Figura 34 – Exemplo da caldeira de condensação [22].....	87
Figura 35 – Programador horário digital diário [23].	90
Figura 36 – Programa SCE.ER fornecida pela DGEg que funciona sobre a plataforma “Microsoft Excel” [25].....	102
Figura 37 – Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis [28].	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculo do Valor Acrescentado Bruto (VAB).....	18
Tabela 2 – Produção da instalação em 2020.....	23
Tabela 3 – Fatores de conversão de unidades.....	24
Tabela 4 – Consumos e custos energéticos totais da instalação.....	24
Tabela 5 – Dados de contrato de fornecimento de energia elétrica.....	25
Tabela 6 – Consumos mensais de energia elétrica por período de faturação em kWh.....	25
Tabela 7 – Custos da energia elétrica ativa por período de faturação.....	27
Tabela 8 – Potência em horas de ponta, potência contratada e consumo de energia reativa.....	29
Tabela 9 – Custos de potência em horas de ponta, potência contratada e energia reativa.....	29
Tabela 10 – Consumo e custo mensal de gás natural.....	32
Tabela 11 – Consumos e custos energéticos globais.....	33
Tabela 12 – Consumos totais de energia primária.....	34
Tabela 13 – Emissões de gases com efeito de estufa (tCO ₂).....	36
Tabela 14 – Cálculo do VAB.....	38
Tabela 15 – Intensidade Energética.....	38
Tabela 16 – Intensidade Carbónica (IC).....	38
Tabela 17 – Consumo Específico de Energia (CEE).....	39
Tabela 18 – Características da caldeira.....	42
Tabela 19 – Características do depósito de acumulação.....	42
Tabela 20 – Características do Esquentador.....	44
Tabela 21 – Características do gerador de calor.....	45
Tabela 22 – Características do gerador de vapor.....	46
Tabela 23 – Quantidades e distribuição de iluminação interior por tipologia.....	47
Tabela 24 – Quantidades de luminárias e potência total instalada em iluminação exterior.....	49
Tabela 25 – Características dos compressores de ar comprimido.....	50
Tabela 26 – Ventiladores.....	51
Tabela 27 – Análise da combustão e determinação da eficiência térmica da caldeira de termofluido.....	59
Tabela 28 – Valores da constante K para alguns tipos de combustíveis.....	60

Tabela 29 – Valores de percentagem em peso da humidade do combustível e de hidrogénio no combustível para as condições de queima.	60
Tabela 30 – Valores da constante K_1 para alguns tipos de combustíveis.	61
Tabela 31 – Percentagem de perdas à capacidade nominal (considerada máxima) para vários tipos de caldeira.	61
Tabela 32 – Desagregação de consumos de energia elétrica.	63
Tabela 33 – Desagregação de consumos de gás natural.	64
Tabela 34 – Desagregação de consumos globais.	64
Tabela 35 – Soluções propostas para <i>retrofitting</i> da iluminação [20].	74
Tabela 36 – Resumo de implementação da medida de iluminação interior.	74
Tabela 37 – Resumo de implementação da medida de iluminação exterior.	75
Tabela 38 – Resumo de implementação da medida de instalação de um programador digital para iluminação exterior.	76
Tabela 39 – Resumo de implementação da medida de instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo para o PT1.	80
Tabela 40 – Resumo de implementação da medida de instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo para o PT2.	80
Tabela 41 – Principais condições para as UPAC [24].	81
Tabela 42 – Taxas de registo [24].	82
Tabela 43 – Resumo de implementação da medida de redução das fugas na rede de ar comprimido.	84
Tabela 44 – Resumo de implementação da medida de substituição dos acrílicos.	84
Tabela 45 – Elementos identificados e suas respetivas perdas de calor.	85
Tabela 46 – Resumo de implementação da medida de aplicação de isolamentos em tubagens e válvulas não isoladas.	86
Tabela 47 – Resumo de implementação da medida de substituição da caldeira de AQS.	87
Tabela 48 – Resumo de implementação do Sistema de Gestão de Energia (SGE).	89
Tabela 49 – Resumo de implementação da medida de alteração o programador de apoio à resistência elétrica.	90
Tabela 50 – Quadro resumo com as Medidas de Utilização Racional de Energia (MURE).	91
Tabela 51 – Preços de energia elétrica ativa por trimestre.	108

Tabela 52 – Preços de potência em horas de ponta, potência contratada e de energia elétrica reativa.	108
Tabela 53 – Horários associados aos períodos tarifários [26].	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição do consumo anual de energia ativa por período tarifário.....	26
Gráfico 2 – Evolução do consumo de energia elétrica por período de faturação.	27
Gráfico 3 – Distribuição dos custos de eletricidade por período de faturação.....	28
Gráfico 4 – Desagregação dos custos de energia elétrica. EA – Energia Ativa; PHP – Potência nas horas de ponta; PC – Potência contratada; ER – Energia Reativa; ISP – Imposto sobre produtos petrolíferos; TA – Taxa Audiovisual.....	31
Gráfico 5 – Evolução da distribuição dos consumos mensais de gás natural.	32
Gráfico 6 – Evolução dos consumos mensais de energia primária.....	34
Gráfico 7 – Distribuição de consumos de energia primária por fonte.	35
Gráfico 8 – Distribuição de custos de energia primária por fonte.	35
Gráfico 9 – Evolução mensal das emissões de CO ₂ ao longo do ano de referência.	37
Gráfico 10 – Energia e Emissões.	39
Gráfico 11 – Energia e Produção.	40
Gráfico 12 – Distribuição de iluminação interior por tipo de tecnologia (potência instalada).....	48
Gráfico 13 – Distribuição de iluminação exterior por tipo de tecnologia (potência instalada).	49
Gráfico 14 – Diagrama de Carga Geral do PT1 (Período de monitorização: 18/06 a 29/06).	52
Gráfico 15 – Diagrama de Carga Geral do PT2 (Período de monitorização: 04/03 a 11/03).	53
Gráfico 16 – Diagrama de Carga das Pastas I (misturação) (Período de monitorização: 18/06 a 29/06).	54
Gráfico 17 – Diagrama de Carga das Pastas II (Período de monitorização: 18/06 a 29/06).	55
Gráfico 18 – Diagrama de Carga dos Compressores (Período de monitorização: 04/03 a 11/03)...	56
Gráfico 19 – Diagrama de Carga do Autoclave (Período de monitorização: 04/03 a 11/03).....	57
Gráfico 20 – Diagrama de carga da estufa (Período de monitorização: 23/05 a 26/05).	58
Gráfico 21 – Desagregação de consumos de energia elétrica (kWh).....	63
Gráfico 22 – Desagregação de consumos de gás natural (ton).....	64
Gráfico 23 – Desagregação de consumos globais.....	65
Gráfico 24 – Diagrama de Carga em vazio dos Compressores.	83

NOMENCLATURAS

Símbolo	Descrição	Unidades
EA	Energia Ativa	kWh
ER	Energia Reativa	kVArh
HC	Horas Cheia	kWh
HP	Horas Ponta	kWh
HSV	Horas Super Vazio	kWh
HV	Horas Vazio	kWh
PC	Potência contratada	kW
PHP	Potência nas Horas de Ponta	kW

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AC – *Alternating Current*

ADENE – Agência Nacional de Energia

AE – Auditoria Energética

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ARCE – Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia

BE – Balastro Eletrónico

BFM – Balastro Ferromagnético

CEE – Consumo Específico de Energia

CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CIE – Consumidoras Intensivas de Energia

DC – *Direct Current*

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

Dre – Diário da República

Eco.AP – Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública

EDP – Energias de Portugal

ENE – Estratégia Nacional de Energia

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

FE – Fator de Emissão

FV – Fotovoltaico

GEE – Gases de Efeito de Estufa

IC – Intensidade Carbónica

IE – Intensidade Energética

IEC – Imposto Especial de Consumo de Eletricidade

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Normalização)

ISP – Imposto sobre produtos petrolíferos

Lda. – Limitada

LED – *Light Emitting Diode* (Díodo Emissor de Luz)

MT – Média Tensão

PCI – Poder Calorífico Inferior

PIB – Produto Interno Bruto

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

PREn – Plano de Racionalização de Energia

PTN – Pressão e Temperatura Normal

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

REP – Relatório de Execução e Progresso

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público

RGCE – Regulamento da Gestão do Consumo de Energia

S.A. – Sociedade Anónima

SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

SGE – Sistema de Gestão de Energia

TA – Taxa Audiovisual

UE – União Europeia

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

UPP – Unidade de Pequena Produção

VAB – Valor Acrescentado Bruto

VS – Vapor de Sódio

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente necessidade de reduzir consumos energéticos e a poluição ambiental, a indústria viu-se obrigada a investir numa maior eficiência de produção e consumo. A diminuição dos consumos tem de ser feita de forma equilibrada, de forma a não comprometer fatores económicos e tecnológicos.

Torna-se imperativo que exista, em cada empresa, uma gestão energética, de modo a gerir e otimizar o consumo de energia. Com o objetivo de auxiliar os consumidores nesta tarefa, surgiram as auditorias energéticas, tema desta dissertação.

As auditorias energéticas permitem fundamentar a análise dos equipamentos, estabelecer objetivos numéricos e especificar detalhadamente como alcançar esses objetivos.

A energia é um bem cuja utilização deve ser otimizada, sendo importante maximizar a eficiência dos processos de produção/conversão e racionalizar o seu consumo.

O presente relatório visa a realização de uma Auditoria Energética e avaliação de Medidas de Eficiência Energética a uma unidade industrial de fabrico de borrachas técnicas.

Neste capítulo faz-se um enquadramento sobre a evolução do consumo energético na UE e em Portugal, tal como os objetivos da dissertação e no final especifica-se a organização do presente relatório.

1.1 Enquadramento

De acordo com o economista britânico *Sir Nicholas* no relatório intitulado *Stern Review* [1], as medidas para reduzir o aquecimento global causado pelos gases com efeito de estufa (GEE) não precisam de custar mais de 1% do PIB mundial, mas que se nada for feito as alterações climáticas custarão à economia mundial tanto como as duas guerras mundiais e a grande depressão, na primeira metade do século XX [1].

Surge assim a necessidade de gerir os consumos de energia e as emissões de GEE provenientes dos vários setores de atividade, sendo a auditoria energética (AE) a ferramenta por excelência para avaliar os consumos energéticos de determinada atividade e as oportunidades de melhoria existentes.

Embora Portugal seja um país com escassos recursos energéticos de origem fóssil, grande parte da energia primária nacional é consumida precisamente sob essas fontes de energia (petróleo, carvão e gás natural), o que obriga à importação destes recursos energéticos. Na Figura 1, é apresentado graficamente o consumo de energia primária por fonte, em Portugal, no ano de 2018.

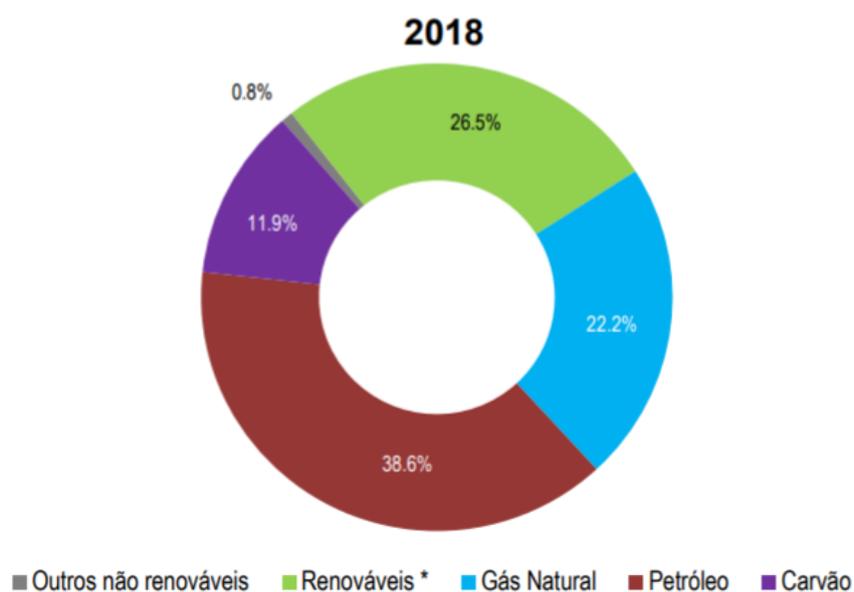


Figura 1 – Consumo de energia primária por fonte, em Portugal, no ano de 2018 [2].

Segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) [2], em Portugal, a situação é particularmente grave, uma vez que a dependência energética exterior é muito elevada e chega aos 75.9%, pois não dispõe de recursos fósseis endógenos como o petróleo e o gás natural, o que tem vindo a retirar competitividade à nossa economia.

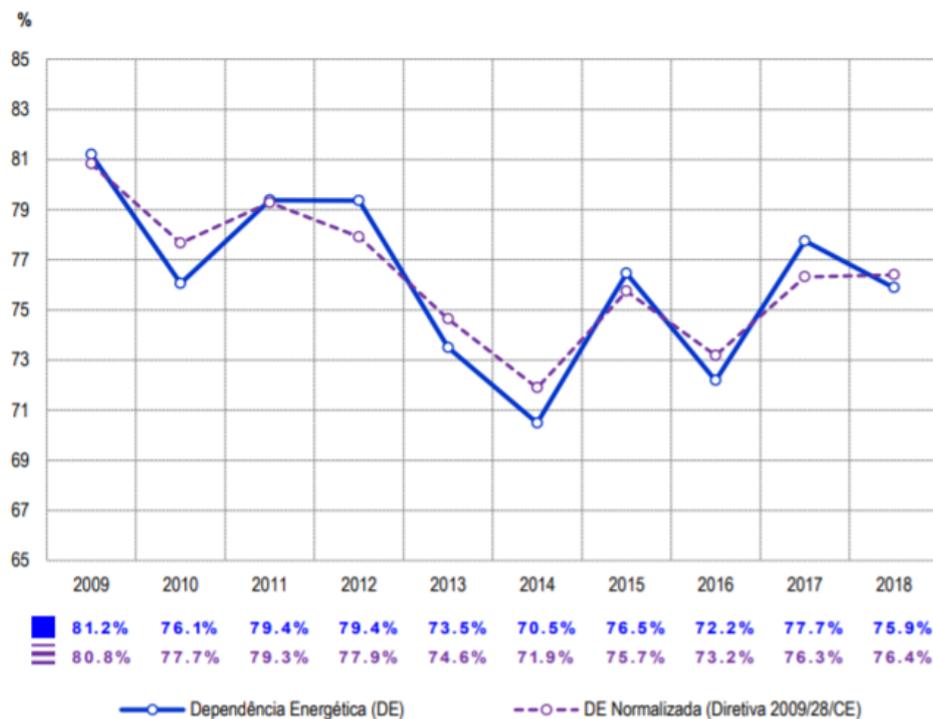


Figura 2 – Evolução da dependência energética (%) em Portugal [2].

Em termos de consumos por setor de atividade em Portugal, destacam-se os setores dos transportes, indústria e doméstico. Na Figura 3 é apresentado, o consumo de energia final em Portugal, por setor de atividade, até ao ano de 2018. Em Portugal o consumo de energia final, em 2018, atingiu pouco mais o valor de 16 000 ktep (kilotoneladas equivalentes de petróleo), tendo verificado um aumento de 9.3% face a 2017 [3].

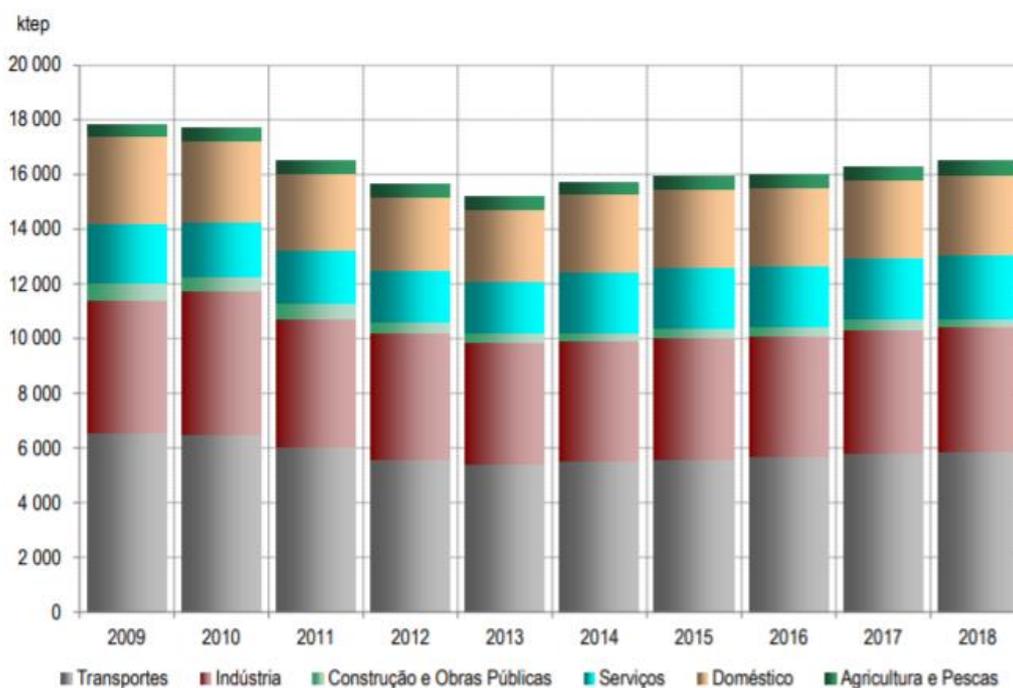


Figura 3 – Evolução do consumo de energia final em Portugal por setor de atividade [2].

A União Europeia (UE) tem vindo a fazer esforços de modo a reduzir o consumo de energia, as emissões de gases de efeito de estufa, aumentar as fontes de energia renováveis e a eficiência energética. Neste sentido, houve a preocupação de criar legislação que tivesse em atenção as necessidades do planeta. O primeiro registo remonta a 28 de julho de 1982 (Portugal só se tornou membro da UE em 1 de janeiro de 1986), consistindo uma recomendação do conselho, relativa ao incentivo de investimentos no domínio da utilização racional da energia [4]. Hoje me dia, existem objetivos estabelecidos para 2020, 2030 e 2050, sendo que, para 2020 comprometeu-se:

- Reduzir pelo menos 20% das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990;
- As energias renováveis representarem pelo menos 20% do consumo de energia final;
- Obter pelo menos 20% de aumento da eficiência energética, com base no cenário de referência PRIMES 2007 o qual tem dados reais de 2005 [30], [31], [32].

Para 2030 comprometeu-se:

- Reduzir pelo menos 40% das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos valores registados em 1990;
- Pelo menos 32% da energia final obtida a partir de fontes renováveis;
- Obter 32.5% de aumento da eficiência energética relativamente ao PRIMES ref 2007;
- Obter 15% de interligação elétrica (15% da eletricidade produzida num país da UE pode ser transferida para outros países da UE) [30], [31].

Em 2050 espera-se que a redução de emissão dos gases de efeito de estufa se situe entre 80% e 95%. Estas percentagens são relativas aos valores registados em 1990 [5].

De modo a cumprir as metas estabelecidas pela UE, e a reduzir a dependência energética para o exterior, Portugal desenvolveu a Estratégia Nacional da Energia (ENE 2020), que foi aprovada em março de 2010 e tem como principais objetivos para o ano de 2020 [6]:

- Reduzir a dependência do país face ao exterior para 74% [6];
- Reduzir em 25% o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas [6];
- 60% da eletricidade produzida e 31% do consumo de energia final tenham origem em fontes renováveis; criar mais de 100 000 postos de trabalho a acrescer aos 35 000 já existentes no sector das energias renováveis (45 000 diretos e 90 000 indiretos); o impacto no PIB passará de 0.8% a 1.7% até 2020 [6];

- Redução de 20% do consumo de energia final, nos termos da política comunitária para a energia e desenvolver um cluster industrial associado à promoção da eficiência energética assegurando a criação de 21 000 postos de trabalho anuais, gerando um investimento previsível de 13 000 milhões de euros até 2020 e proporcionando exportações equivalentes a 400 milhões de euros [6].

A nível nacional, o primeiro decreto-lei que estabeleceu normas sobre gestão energética, foi o n.º 58/82, de 26 de fevereiro [7]. Atualmente, são de referir o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.AP 2020), concebido em 2011, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE 2016) [8] e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER 2020), ambos criados em 2013 [9]. Foi também formulado um fundo de apoio monetário, para incentivar os consumidores à aplicação destes planos [10].

1.2 Objetivos

Esta dissertação visa a execução de uma auditoria energética a uma unidade industrial, e propor a implementação de um conjunto de medidas numa perspetiva de otimização da produção/conservação e consumo de energia em termos termodinâmicos e económico-ambientais.

Os principais objetivos nesta dissertação são:

- Definir uma metodologia de procedimentos para a realização de uma auditoria no âmbito do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, SGCIE;
- Recolha de toda a documentação disponível e relevante;
- Caso de estudo: realização de uma auditoria energética a uma unidade industrial real;
- Identificação e caracterização dos principais consumidores de energia;
- Enquadrar e avaliar a unidade industrial em termos de consumos energéticos e de emissões de gases de efeito de estufa face à legislação em vigor;
- Identificação de oportunidades e sugestão de medidas de eficiência energética;
- Analisar a possibilidade de implementar um sistema solar fotovoltaico.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está dividida em dez capítulos, iniciando-se com uma introdução ao tema, fazendo um enquadramento sobre a evolução do consumo energético na União Europeia e em Portugal e são referidos os objetivos para a dissertação.

No capítulo seguinte é dada uma definição de auditoria energética, bem como são especificados os seus objetivos, os seus tipos, a metodologia normalmente adotada para a realização deste processo e é feito o enquadramento legislativo para a execução de auditorias energéticas em indústrias.

Nos capítulos três e quatro baseia-se no caso de estudo. Neste capítulo são contabilizados os consumos totais de energia de modo a proceder-se ao enquadramento legislativo desta face à legislação nacional específica (sobre consumos energéticos) em vigor. É feita a descrição do seu processo de produção, dos serviços auxiliares, dos principais equipamentos consumidores de energia e do fluxo de energia da instalação.

No quinto capítulo são apresentadas as monitorizações elétricas dos principais equipamentos consumidores de energia nos seus respetivos setores.

Nos capítulos seguintes são apresentados os resultados da auditoria energética, a sua análise, bem como algumas propostas de medidas de eficiência energética.

O último capítulo trata as conclusões relativas ao trabalho realizado.

2 AUDITORIA ENERGÉTICA

A gestão de energia pode definir-se como uma estratégia para ajustar e otimizar o consumo de energia, utilizando sistemas e procedimentos adequados, de forma a reduzir as necessidades de energia por unidade de produção [11].

Neste capítulo é dada uma definição do que são auditorias energéticas, bem como os seus objetivos, os vários tipos de auditorias existentes, é especificada a metodologia normalmente utilizada para as realizar e é feito o enquadramento legislativo para a execução de auditorias energéticas em indústrias.

2.1 Definição de Auditoria Energética

A auditoria energética é a ferramenta inicial que o gestor de energia utiliza para conhecer os consumos de energia, a eficiência energética dos seus equipamentos e o potencial de melhoria nos consumos energéticos sem que a qualidade do produto final seja afetada, isto é, economizar energia através do uso mais eficiente da mesma [11].

De uma forma genérica, a auditoria energética é a tradução de ideias em realidades de conservação, identificando soluções com viabilidade técnico-económica possíveis de implementar de modo a [11]:

- Aumentar a eficiência energética;
- Reduzir o peso da fatura energética nos custos globais.

2.2 Objetivos de uma Auditoria Energética

Sendo o processo mais importante e específico para a determinação da situação energética duma qualquer instalação, a auditoria energética tem como principais objetivos [12]:

- Determinar e quantificar as várias formas de energia utilizadas;
- Analisar as condições de utilização de energia nas instalações;
- Estabelecer a estrutura de consumos de energia;
- Determinar os consumos energéticos por processo, por setor ou equipamento;
- Identificar as possibilidades de melhoria dos rendimentos energéticos;
- Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor a substituição de equipamentos por outros mais eficientes;
- Estabelecer metas de consumo de energia sem alterações do processo;
- Recomendar a alteração de fontes energéticas, para energias renováveis, caso se aplique;

- Propor, no caso de ainda não existir, um sistema organizado de medição e gestão de energia na empresa.

2.3 Tipos de Auditoria

Dependendo das características da instalação consumidora de energia (setor, complexidade e dimensão), do fim a que se destina a auditoria energética e do potencial de redução dos custos, as auditorias energéticas podem ser classificadas em dois tipos [11]:

- Auditoria energética preliminar ou simples;
- Auditoria energética detalhada ou completa.

Uma **auditoria preliminar** (ou simples ou diagnóstico energético, como é vulgarmente designado) tem como finalidade fazer um diagnóstico ou uma avaliação da situação energética de uma instalação, consistindo numa simples observação visual para identificar falhas e numa recolha de dados suscetíveis de fornecer alguma informação sobre os consumos específicos de energia, eventualmente complementadas por algumas medições esporádicas em determinadas áreas de instalação [11].

Vantagens da auditoria preliminar [11]:

- Não carece de planeamento detalhado;
- É realizada num curto período;
- Consiste num processo simples e com rápida resposta;
- É de custo reduzido.

Desvantagens da auditoria preliminar [11]:

- Dificuldade em garantir a fiabilidade dos dados recolhidos;
- Dificuldade na avaliação da eficiência do processo;
- Dificuldade em estimar economias e estabelecer ações corretivas.

A **auditoria legal** (ou detalhada ou completa) consiste num levantamento aprofundado da situação energética, analisando-se as quantidades de energia utilizadas em cada uma das operações do processo de fabrico [11]. Permitem a monitorização do sistema, sendo que o número e o tipo de medições são variáveis e devem basear-se num conhecimento prévio da indústria em análise e dos seus equipamentos [13].

Vantagens da auditoria legal [11]:

- Há um maior controlo sobre a recolha de dados;

- Avalia a eficiência energética das instalações e equipamentos, bem como os processos produtivos e organizacionais;
- Monitoriza pontualmente e em contínuo os consumos energéticos com equipamentos adequados;
- Envolve mais recursos humanos.

Desvantagens da auditoria legal [11]:

- Planeamento complexo;
- Custo elevado.

2.4 Metodologia

Para a execução de uma auditoria energética, é de grande importância a definição e o estabelecimento da sequência das ações que possibilitem obter um conhecimento profundo da instalação analisada, de modo a detetar, quantificar e tentar corrigir as perdas de energia existentes [12].

O faseamento de uma auditoria energética depende do seu âmbito, assim como da dimensão e do tipo das instalações a auditar [11]. Existem quatro etapas relevantes na auditoria conforme a Figura 4: o planeamento e recolha de informação, o trabalho de campo, o tratamento e análise da informação e a elaboração do relatório final [11] [13].

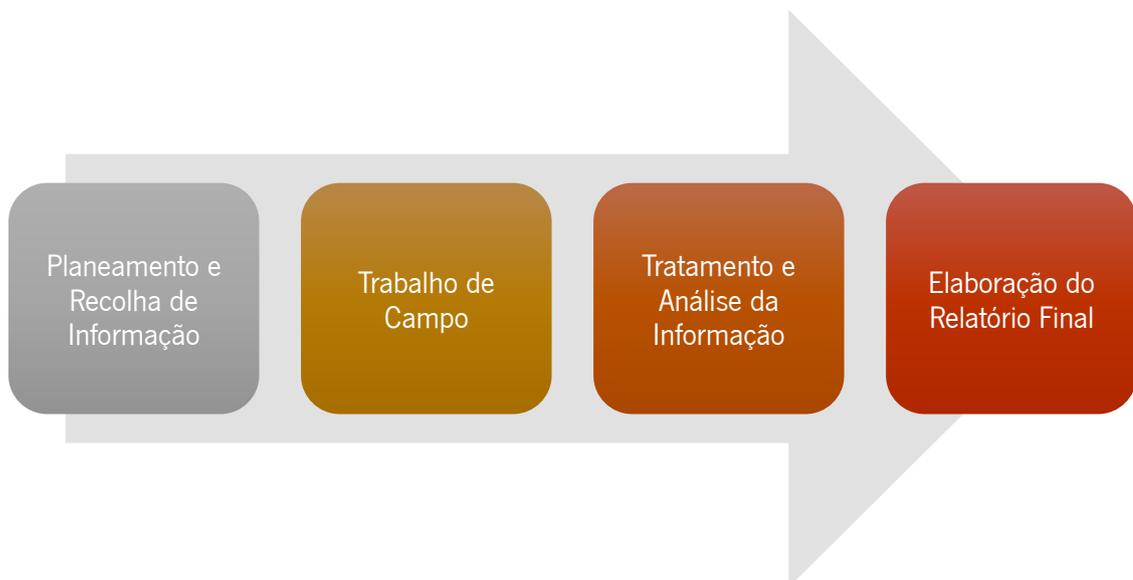


Figura 4 – Etapas da auditoria energética [14].

2.4.1 Planeamento e Recolha de Informação

O processo inicia-se com a preparação e planeamento da auditoria. O planeamento constitui uma das etapas mais importantes do processo sendo fator determinante na qualidade do trabalho a desenvolver [14].

Para definir uma metodologia estruturada para a realização da auditoria energética completa é enviado um pedido de informação seguindo-se uma visita prévia às instalações. Durante esta visita, que pode demorar cerca de um dia, a equipa auditora tem a oportunidade de conhecer as instalações, estabelecer objetivos, recolher a informação previamente solicitada, identificar os principais setores/equipamentos consumidores de energia, definir o período de monitorização e identificar os pontos a monitorizar [11].

O pedido de informação deve reunir, pelo menos, a seguinte informação [11]:

- Dados gerais da instalação;
- Descrição sucinta do processo produtivo;
- Dados de produção;
- Faturas mensais dos consumos de energia que façam parte do âmbito da auditoria energética;
- Horários de funcionamento;
- Características técnicas dos principais equipamentos (gerador de calor, compressor de ar, motores, bombas, ventiladores, entre outros);
- Esquemas da rede de distribuição de energia térmica.

Na realização de uma auditoria simples, normalmente, não é enviado um pedido de informação nem realizada a visita prévia às instalações. Nestes casos, a informação relativa aos consumos existentes é complementada com a informação referente ao processo produtivo e linhas de produção que pode incluir as características do principal equipamento consumidor de energia respetivas horas de funcionamento [11].

2.4.2 Trabalho de Campo

O período de trabalho de campo de uma auditoria detalhada pode apresentar uma duração de semanas ou até meses, dependendo da complexidade e dimensão das instalações a auditar. Numa auditoria energética preliminar, esta fase tem uma duração típica de 1 a 3 dias [11].

O trabalho de campo consiste na análise das condições de utilização da energia na instalação a auditar. Proceder-se à recolha de toda a informação energética possível e útil, começando por fazer medições,

instalando um equipamento de registo em funcionamento, de forma a monitorizar e armazenar todos os dados necessários aos cálculos das várias perdas energéticas [13].

Nesta fase é dedicada especial atenção ao processo produtivo e sistemas auxiliares (central térmica, central de ar comprimido, iluminação, entre outros), estabelecem-se os fluxos de energia (térmica e elétrica), identificam-se os principais equipamentos (características, regime de funcionamento, horas de funcionamento, etc.) e efetuam-se as monitorizações aos principais consumidores de energia e produção, de modo a realizar balanços energéticos e mássicos, a determinar rendimentos energéticos e construir o diagrama de carga global da instalação e dos principais setores consumidores de energia [11].

É importante realçar a necessidade de efetuar monitorizações em simultâneo, para que os valores obtidos possam ser analisados de forma coerente e sistemática. Outro aspeto que deverá ser tido em conta é a definição da fronteira do sistema, o objetivo das medições e os tempos de medição [11].

Algumas vantagens imediatas do sistema de monitorização:

- Conhecer os perfis de consumo;
- Alocar os custos de energia por setor ou departamento, etc.;
- Relacionar dados de produção com os consumos energéticos associados (consumos específicos);
- Comparação de desempenhos de equipamentos do mesmo tipo ou instalações do grupo;
- Deteção de anomalias com a geração de alertas (redução do tempo de atuação nas anomalias);
- Geração de reports automáticos;
- Acompanhamento da evolução da implementação de medidas de melhoria;
- Auxílio indispensável na gestão de energia, através do conhecimento de como a energia é utilizada.

As monitorizações elétricas poderão ser realizadas em contínuo em vários pontos de consumo, permitindo obter diagramas de carga simultâneos. Os diagramas de carga deverão monitorizar uma variação de carga representativa do equipamento/setor que se pretende analisar [11].

Os trabalhos de campo finalizam-se com a identificação das medidas de racionalização de consumos de energia e com a recolha da informação necessária para a determinação quantitativa das estimativas de economia [11].

A eficácia da auditoria está fortemente dependente da qualidade do trabalho de campo [14].

2.4.3 Tratamento e Análise da Informação

O tratamento e a análise da informação consistem na organização e análise rigorosa de toda a informação recolhida nas duas primeiras fases, de modo a encontrar as melhores soluções e medidas para aumentar a eficiência energética da empresa [15].

Na análise detalhada é importante a determinação dos rendimentos energéticos dos principais equipamentos consumidores de energia, que deverão ser analisados sob um ponto de vista crítico e comparados com os equipamentos disponíveis no mercado que apresentem melhores desempenhos energéticos. De igual modo, é de extrema importância a análise detalhada do modo de operação no processo produtivo ou noutras atividades auxiliares, com a preocupação de se proceder a correções de práticas comportamentais [11].

Com esta análise identificam-se possíveis alterações que conduzem a um incremento da eficiência energética, sem colocar em causa os níveis de atividade e a qualidade ou fiabilidade dos sistemas em análise [11]. Detetadas estas situações, a equipa auditora estudará as possíveis soluções a implementar para corrigir as anomalias. Deverá ser realizada uma análise técnico-económica a todas as soluções que eventualmente possam ser implementadas e quantificadas as potenciais economias de energia [14].

Esta etapa é considerada a mais importante das quatro, dado que trata a informação recolhida nas duas primeiras e sem ela, seria impossível realizar a quarta etapa da auditoria energética.

2.4.4 Elaboração do Relatório Final

A auditoria energética ficará concluída após a elaboração do relatório onde conste de forma organizada toda a informação recolhida, a análise sobre a situação energética da empresa, as situações encontradas, a identificação das anomalias e propostas as medidas consideradas mais convenientes para as anular ou diminuir [12].

Este documento deverá apresentar os gestores da empresa, de uma forma organizada, clara e concisa, toda a informação relevante sobre a situação energética da instalação.

Ao elaborar o relatório, o auditor deverá ter presente a ideia de que a auditoria energética constitui o primeiro passo para a implementação de um processo contínuo de gestão de energia.

O relatório final deverá conter um sumário executivo, apresentando desde logo uma síntese dos resultados alcançados e a formulação de recomendações. Desta forma permite ao leitor ter uma visão global do conteúdo do relatório.

A estrutura de um relatório de auditoria é necessariamente afetada pelas características especificadas do subsector de atividade e da instalação auditada, devendo constar os seguintes elementos [11]:

- Sumário executivo;
- Objetivos e enquadramento da auditoria energética;
- Identificação da instalação auditada;
- Contabilidade energética;
- Análise dos equipamentos de produção, distribuição e utilização de energia;
- Determinação de consumos específicos de energia por produto fabricado (bem como de outros indicadores de eficiência energética, tais como a intensidade energética e a intensidade carbónica) e a sua comparação com os valores legislados.

2.5 Legislação de Auditorias no Âmbito do SGCIE em Portugal

Em Portugal, as Auditorias Energéticas regem-se pelo SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia.

No âmbito da Estratégia Nacional para a Energia (ENE), foi publicado o Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, que regulamenta o SGCIE. Este diploma foi alterado pela Lei n.º 7/2013 de 22 de janeiro e pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, 30 de abril, que é uma das medidas previstas no Plano Nacional de ação para a Eficiência Energética (PNAEE) direcionada para a promoção da eficiência energética na área da indústria, revogando o antigo Regulamento da Gestão do Consumo de Energia (RGCE, criado pelo Decreto-Lei n.º 58/82, de 26 de fevereiro e regulamentado pela Portaria n.º 359/82, de 7 de abril) [16]. O SGCIE tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) [16].

Para o efeito, prevê que as instalações CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, a elaboração e a respetiva execução de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), estabelecendo Acordos de Racionalização (ARCE) desses consumos com a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) que, contemplem objetivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento na obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram as instalações CIE).

Segundo o Decreto-Lei n.º 71/2008, são consideradas instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) aquelas cujo seu consumo anual igual ou superior a 500 tep (tonelada equivalente de petróleo).

As exceções à aplicação do SGCIE são [16]:

- Instalações de cogeração juridicamente autónomas;
- Empresas de transportes e empresas com frotas próprias consumidoras intensivas de energia;
- Edifícios sujeitos ao regime previsto no Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, nas suas sucessivas alterações, exceto quando integrados na área de uma instalação industrial consumidora intensiva;
- Instalações CIE, sujeitas ao CELE (Comércio Europeu de Licenças de Emissão).

As instalações CIE devem seguir um conjunto de procedimentos, previstos no SGCIE que deverão ser cumpridos, os quais se resumem na Figura 5 [19]:



Figura 5 – Síntese do procedimento a efetuar por uma CIE [19].

Em linhas gerais [17] [19]:

- O operador regista a CIE online no site da ADENE;
- Após o registo, realiza uma auditoria energética com técnicos certificados, identificando os usos de energia que contribuem para os fluxos energéticos;

- Elaborar o (PREn) a fim de registá-lo no site da ADENE (SGCIE) onde deve estabelecer metas relativas às intensidades energética e carbónica e ao consumo específico de energia, devendo incluir obrigatoriamente medidas que visem a racionalização do consumo de energia;
- Entrega do PREn;
- Definição de ARCE;
- Entrega dos relatórios de Execução e Progresso (REP) bianuais durante 8 anos.

O PREn define os objetivos mínimos de eficiência a atingir na instalação. O PREn quando aprovado, constituirá um ARCE celebrados com a DGEG, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores dessas instalações.

O PREn deve estabelecer metas relativas às intensidades energética e carbónica e ao consumo específico de energia, devendo incluir obrigatoriamente medidas que visem a racionalização do consumo de energia.

O fator que determina as metas a cumprir é o valor do consumo de energia no ano de referência (o ano de referência será o ano civil anterior à data de auditoria energética).

As instalações CIE com um consumo anual igual ou superior a 500 tep e inferior a 1000 tep, a auditoria e PREn devem ser apresentados à ADENE até 16 meses após o registo, sendo o PREn elaborado para um período de 8 anos, tendo como metas a redução de 4% da intensidade energética e do consumo específico de energia e a manutenção da intensidade carbónica e também identificar as medidas com período de retorno do investimento inferior ou igual a 3 anos e implementação nos primeiros 3 anos [16].

As instalações CIE com um consumo anual igual ou superior a 1000 tep, a auditoria e PREn devem ser apresentados à ADENE até 8 meses após o registo, sendo o PREn elaborado para um período de 8 anos, tendo como metas a redução de 6% da intensidade energética e do consumo específico de energia e a manutenção da intensidade carbónica e também identificar as medidas com período de retorno do investimento inferior ou igual a 5 anos e implementação nos primeiros 3 anos [16].

Na Figura 6 resume o enquadramento temporal de todo o processo do SGCIE:

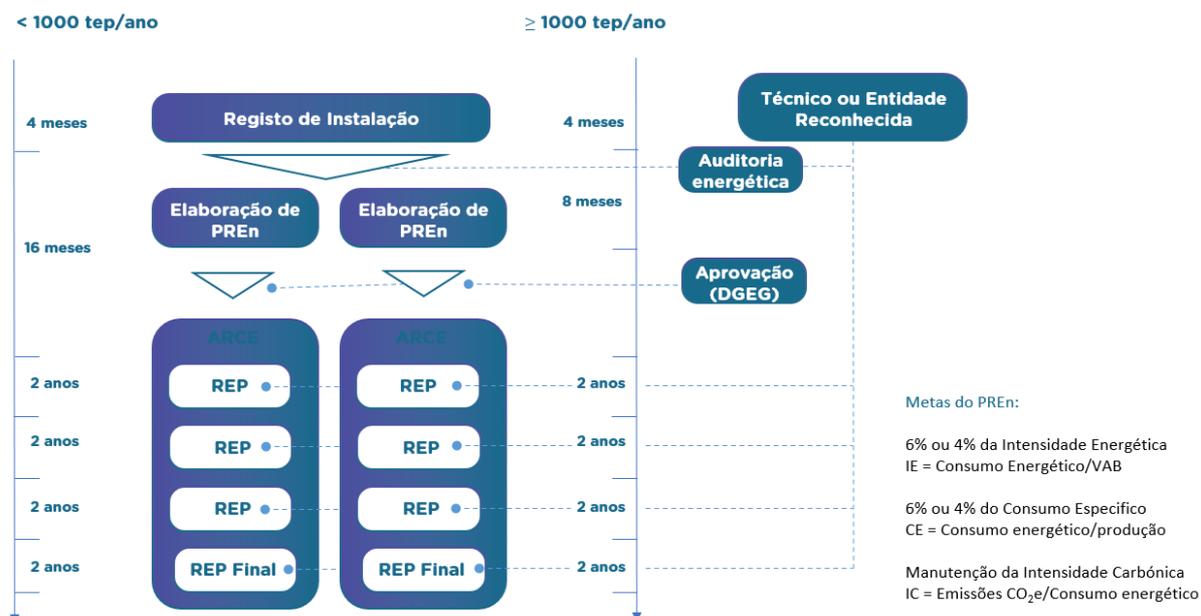


Figura 6 – Enquadramento temporal do SGCIE (Fonte: ADENE).

Segundo o Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, o PReN deve estabelecer metas de poupanças energéticas a três indicadores energéticos, face à situação verificada no ano de referência: consumo específico de energia (CEE), intensidade energética (IE) e intensidade carbónica (IC) expressos pelas relações empíricas [18].

- Consumo Específico de Energia (CEE) – medido pelo quociente entre o consumo total de energia e o volume de produção [14];

$$CEE = \frac{\text{Consumo Total de Energia (tep)}}{\text{Produção (kg ou ton)}}$$

- Intensidade Energética (IE) – medida pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o valor acrescentado bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações industriais [14];

A definição de VAB, no âmbito do SGCIE, é apresentada no Despacho n.º 17449/2008, alterado pelo Despacho n.º 6472/2016, de 17 de maio, da seguinte forma (Tabela 1):

Tabela 1 – Cálculo do Valor Acrescentado Bruto (VAB).

Vendas e Serviços Prestados (SNC 71 e SNC 72)	+	
Proveitos Suplementares (SNC 781)	+	
Trabalhos para a própria empresa (SNC 74)	+	
Custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas (SNC 61)	-	
Fornecimentos e Serviços Externos (SNC 62)	-	
Outros custos e Perdas Operacionais (SNC 688)	-	
VAB (Valor Acrescentado Bruto)	=	

$$IE = \frac{\text{Consumo Total de Energia (tep)}}{\text{Valor Acrescentado Bruto (€)}}$$

- Intensidade Carbónica (IC) – medida pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia [14].

$$IC = \frac{\text{Quantidade de Gases Emitida (kgCO}_{2e})}{\text{Consumo Total de Energia (tep)}}$$

O operador de instalações abrangidas por um ARCE beneficia dos seguintes estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética [17]:

- No caso de instalações com consumos inferiores a 1000 tep/ano – Ressarcimento de 50 % do custo das auditorias energéticas obrigatórias, até ao limite de 750 €, desde que verificado o cumprimento de pelo menos 50 % das medidas previstas no ARCE;
- No caso de instalações com consumos iguais ou superiores a 1000 tep/ano – Ressarcimento de 25 % dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao limite de 10 000 €;
- Isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP).

O não cumprimento das metas ou a não implementação das medidas definidas no ARCE, e nos casos em que no ano seguinte ao relatório final de execução o operador não recupere os desvios, implica [17]:

- Quando o desvio a apurar no final do período em vigor do ARCE for igual ou superior a 25 %, o pagamento pelo operador do montante de 50 € por tep/ano não evitado, o qual é agravado em 100 % em caso de reincidência;

- Quando o desvio a apurar no final do período em vigor do ARCE for igual ou superior a 50 %, para além do pagamento previsto na alínea anterior, o pagamento do valor recebido em virtude da concessão dos apoios previstos nos pontos 1 e 2 do Artigo 12º do Decreto-Lei n.º 71/2008, e do valor proporcional correspondente aos benefícios decorrentes do facto da instalação se encontrar abrangida pelo ARCE.

O valor da penalidade prevista nos números anteriores deve ser atualizado anualmente, com base na evolução do índice médio de preços no consumidor do continente, sem habitação, verificado no ano anterior e publicado pelo Instituto Nacional de Estatística.

Os montantes pagos nos termos definidos anteriormente, mediante despacho do Diretor-Geral da DGEG, são reembolsáveis em 75 %, desse que o operador recupere no ano subsequente à aplicação da penalidade os desvios ao cumprimento do ARCE que determinaram a aplicação da penalidade.

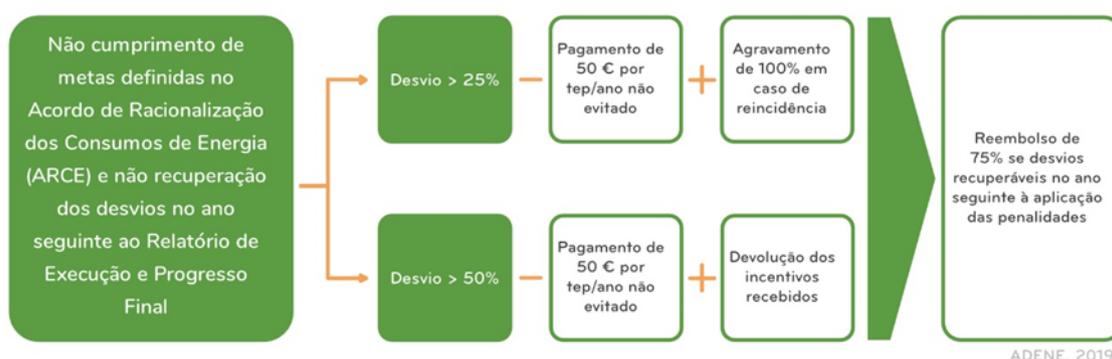


Figura 7 – Penalidades do incumprimento de metas definidas no ARCE (Fonte: ADENE).

Prevê-se que a legislação altere para um consumo anual igual ou superior a 250 tep, para que as pequenas empresas possam ser consideradas instalações consumidoras intensivas de energia mas ainda nada está confirmado acerca desta mudança.

3 CASO DE ESTUDO: UNIDADE INDUSTRIAL DE FABRICO DE BORRACHAS TÉCNICAS

3.1 Breve História

Esta unidade industrial produz artefactos de borracha técnica para diversos fins industriais, tendo iniciado a sua atividade em meados do século XX, podendo repartir os seus produtos em:

- Compostos de borracha;
- Componentes moldados em borracha;
- Componentes moldados em poliuretano;
- Componentes injetados em borracha;
- Revestimentos de rolos e peças metálicas.

O regime de funcionamento da instalação é da seguinte forma:

- Setor administrativo: 5 dias por semana (09h00–18h00);
- Setor das misturas, compressão e revestimentos: 5 dias por semana (08h00–16h30).

Durante o mês de Agosto há paragens nas misturas e compressão e nos restantes setores verificam-se apenas uma redução de produção.

3.1.1 Descrição do Processo Produtivo

A atividade industrial da instalação centra-se na produção de artefactos de borracha para fins industriais. Os produtos desta instalação são direcionados para a indústria alimentar, indústria automóvel e para o calçado.

Esta instalação encontra-se dividida por três setores de acordo com as atividades desenvolvidas:

- Setor das pastas e misturas;
- Setor da produção de peças moldadas em borracha e outros elastómeros;
- Setor da produção de revestimentos de cilindros e outras peças metálicas em borracha e outros elastómeros.

3.1.1.1 Diagramas do Processo Produtivo

Na Figura 8 apresenta-se, esquematicamente, um diagrama processual do processo de misturas indicando as principais fases operacionais por onde passa o produto, até à sua expedição.

O processo produtivo inicia-se na seção de pastas e misturas, local onde se prepara a borracha para o processo produtivo.

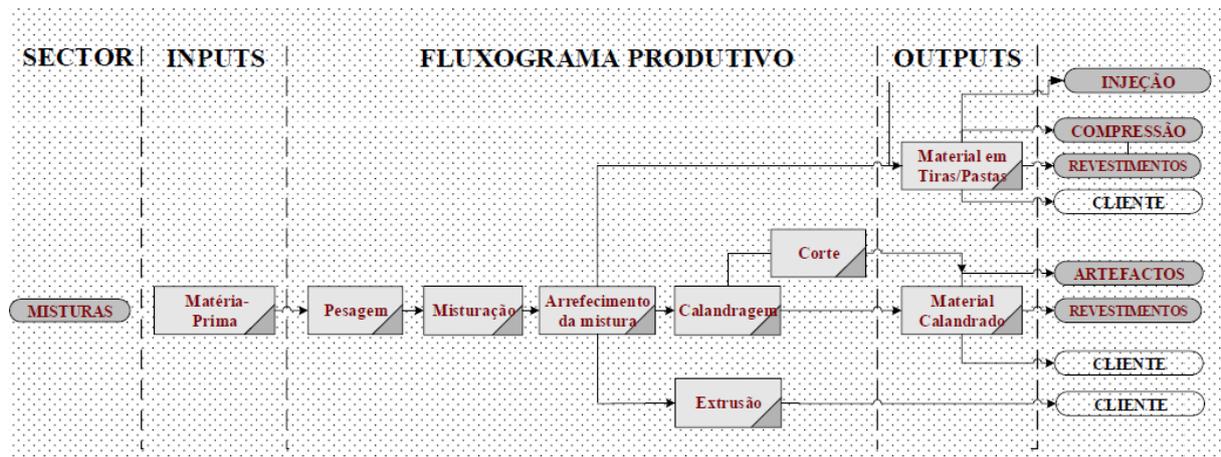


Figura 8 – Diagrama geral da produção de misturas.



Figura 9 – Imagens gerais da produção de misturas.

As pastas preparadas na fase anterior são utilizadas para produzirem os diferentes produtos, podendo estes serem divididos em dois grupos:

- Artefactos;
- Revestimentos.

Artefactos

Os artefactos produzidos são componentes em borracha para os mais diversos fins industriais, sendo na sua maioria apoios estruturais, juntas de dilatação, juntas isolantes, peças para a indústria do calçado, foles, casquilhos, vedantes, etc.

Na Figura 10 é apresentado o diagrama geral da produção de peças moldadas em borracha e outros elastómeros indicando as principais fases operacionais por onde passa o produto, até à sua expedição.

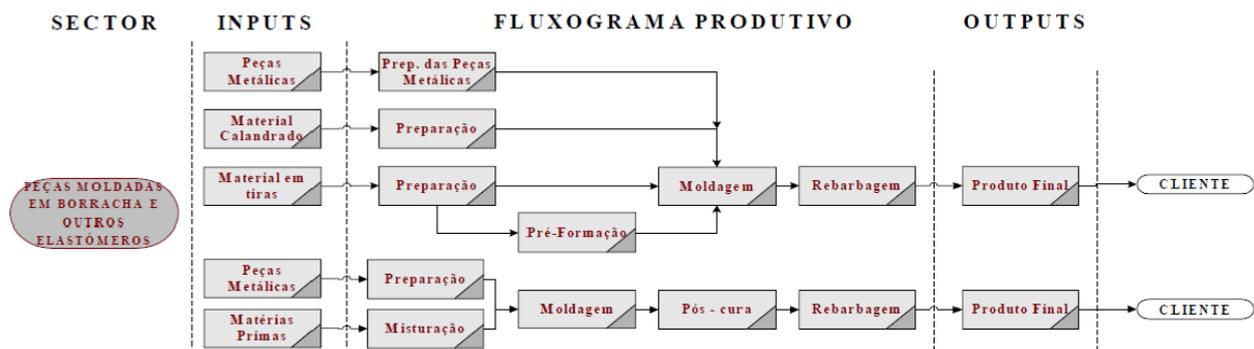


Figura 10 – Diagrama geral da produção de peças moldadas em borracha e outros elastómeros.



Figura 11 – Imagem da produção de peças moldadas em borracha e outros elastómeros.

Revestimentos

Os revestimentos são por norma veios cilíndricos que são revestidos com borracha, que após o processo de tratamento são retificados em tornos para as especificações dos clientes.

Na Figura 12 é apresentado o diagrama geral da instalação de revestimentos em borracha e outros elastómeros indicando as principais fases operacionais por onde passa o produto, até à sua expedição.

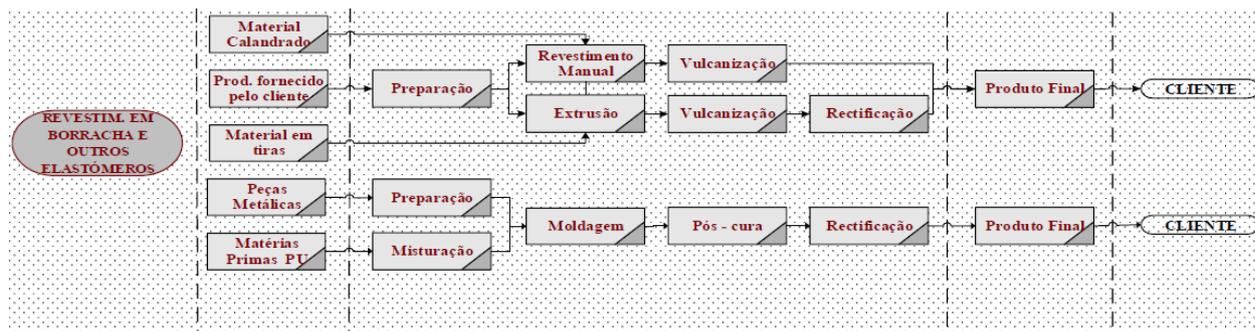


Figura 12 – Diagrama geral da produção de revestimento de cilindros e outras peças metálicas em borracha e outros elastômeros.



Figura 13 – Imagem da produção de revestimentos de cilindros e outras peças metálicas em borracha e outros elastômeros.

3.1.2 Produção

Na Tabela 2 é apresentada a distribuição da produção mensal do ano de 2020 da instalação. A contabilização da produção é realizada em toneladas de borrachas técnicas.

Tabela 2 – Produção da instalação em 2020.

Mês	[ton]
Jan	90
Fev	77
Mar	52
Abr	12
Mai	43
Jun	57

Mês	[ton]
Jul	73
Ago	49
Set	83
Out	96
Nov	75
Dez	58
TOTAL	766

3.2 Utilização de Energia

3.2.1 Fatores de Conversão

Nos cálculos efetuados consideraram-se os seguintes fatores de conversão de unidades, de acordo com o indicado no Despacho n.º 17313/2008 [28].

Para a eletricidade 1 kWh equivale a 0.215 kgep e em termos de emissões a 0.47 kgCO₂/kWh o que corresponde a 2.186 tCO₂/tep.

Para o Gás Natural o PCI assumido é de 45.1 MJ/kg (um valor algo abaixo da realidade), o que equivale a cerca de 1 077 kgep/ton. É também de salientar que a densidade assumida é de 0.65, pelo que a habitual unidade de medida de 1 Nm³ (1 metro cúbico nas condições PTN) equivale a uma massa de 0.8404 kg. Já o fator de emissão utilizado foi de 2.6837 tCO₂/tep.

O resumo dos fatores de conversão encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Fatores de conversão de unidades.

Fatores de conversão	Unidades	kgep/unid	tCO ₂ /tep	PCI [MJ/kg]
Eletricidade	kWh	0.215	2.186	
Gás Natural	ton	1 077	2.6837	45.1

3.2.2 Consumos e Custos Energéticos

Neste capítulo é indicada a contabilidade energética da instalação no ano de referência.

3.2.2.1 Consumos e Custos Energéticos Totais

Tabela 4 – Consumos e custos energéticos totais da instalação.

Forma de Energia	Consumo anual (kWh)	Consumo anual (ton)	Consumo de Energia (tep)	Custo (€)	Custo Médio (€/unidade)
Energia Elétrica	899 239		193.3	105 085	0.117

Forma de Energia	Consumo anual (kWh)	Consumo anual (ton)	Consumo de Energia (tep)	Custo (€)	Custo Médio (€/unidade)
Gás Natural		76	81.8	35 009	461.0
Total	899 239	76	275.1	140 094	--

3.2.2.2 Energia Elétrica

A presente instalação possui dois contadores de energia associados à mesma instalação divididos em dois PT distintos.

Os dados apresentados apresentam o somatório dos dois contadores.

Da Tabela 5 podemos ver os dados do contrato de energia elétrica e da análise à Tabela 4, poder-se-á verificar um consumo total de energia elétrica no ano de referência de 899 239 kWh, com um custo global de 105 085 €.

Tabela 5 – Dados de contrato de fornecimento de energia elétrica.

Posto de Transformação	Fornecedor	Alimentação	Potência Contratada	Ciclo Tarifário
PT 1	Acciona	MT	443 kW	Semanal com Feriados
PT 2			186 kW	

Nos Anexos VI e VII podemos encontrar os preços da energia por horários e das potências nas horas de ponta e contratada ao longo dos 4 trimestres.

3.2.2.2.1 Consumos de Energia Elétrica

Na Tabela 6 indicam-se os valores relativos aos consumos mensais por período de faturação verificados durante o período de referência.

Tabela 6 – Consumos mensais de energia elétrica por período de faturação em kWh.

Mês	Energia Ativa (kWh)				
	Super Vazio	Vazio	Cheias	Ponta	Total
Jan	8 685	11 296	57 119	23 588	100 689
Fev	7 706	8 542	45 702	19 371	81 321
Mar	5 633	6 784	32 153	15 442	60 012
Abr	4 678	5 617	31 098	10 971	52 364
Mai	4 197	5 264	34 306	14 854	58 621

Mês	Energia Ativa (kWh)				
	Super Vazio	Vazio	Cheias	Ponta	Total
Jun	3 700	5 067	33 809	15 664	58 241
Jul	6 213	10 043	49 092	21 365	86 713
Ago	5 841	9 116	39 464	15 792	70 213
Set	6 580	7 988	48 147	20 337	83 053
Out	7 286	10 151	51 562	20 248	89 247
Nov	7 407	10 832	51 635	21 719	91 593
Dez	5 736	8 258	37 517	15 664	67 174
Total	73 662	98 958	511 604	215 016	899 239
Rep.	8%	11%	57%	24%	100%
Média	6 138	8 247	42 634	17 918	74 937

Da análise da Tabela 6, poder-se-á verificar que relativamente ao consumo total de eletricidade, 57% ocorreu em horário de tarifa de cheia, 24% em horário de ponta, 11% em horário de vazio e 8% em horário de super vazio, como representado no Gráfico 1.

Consumo anual de energia ativa por período tarifário

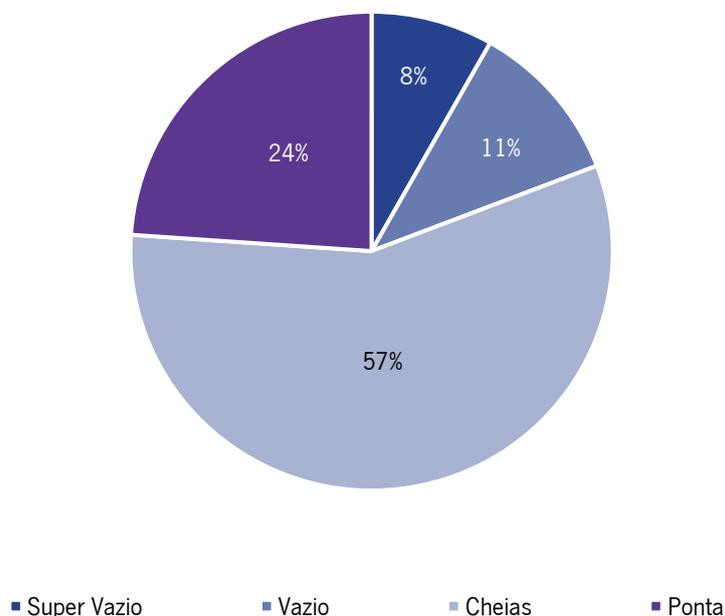


Gráfico 1 – Distribuição do consumo anual de energia ativa por período tarifário.

O Gráfico 2 apresenta a evolução dos consumos de energia elétrica por períodos de faturação e a evolução do consumo de energia elétrica ativa no ano de referência.

Consumos mensais por período tarifário

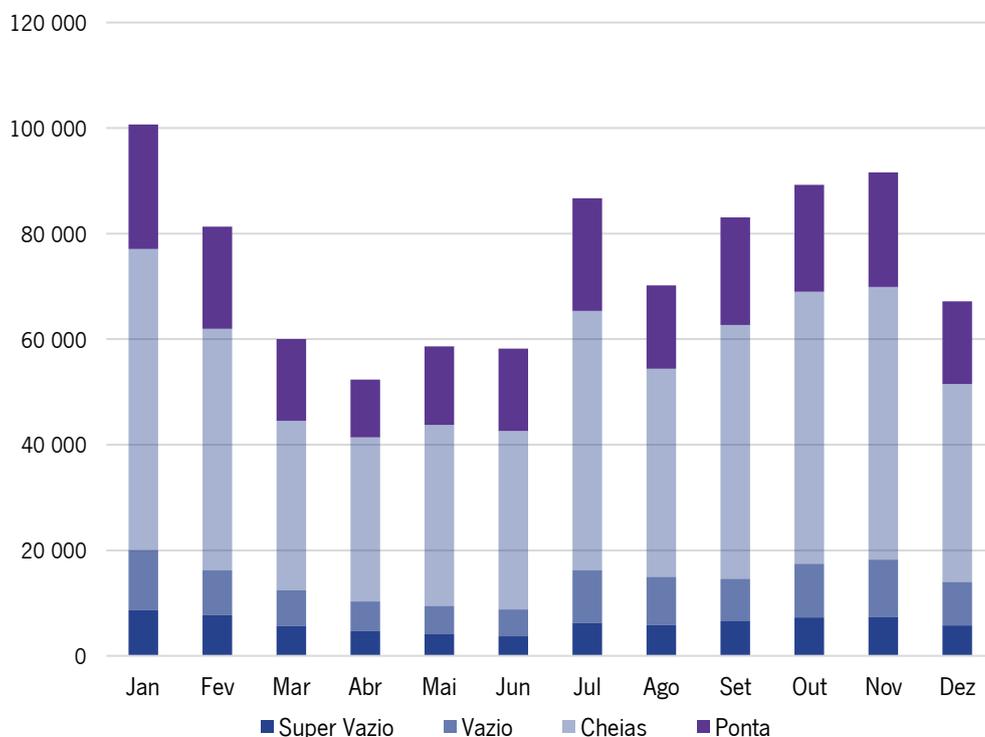


Gráfico 2 – Evolução do consumo de energia elétrica por período de faturação.

3.2.2.2.2 Custos de Energia Elétrica

Da análise à Tabela 7 e o Gráfico 3, poder-se-á verificar um custo total de energia elétrica associado apenas ao consumo de energia ativa no ano de referência, de 82 261 €, correspondente a 78.3% do custo total da fatura de energia elétrica.

No que se refere aos custos por período tarifário, o período de cheias representa 58% do custo de energia ativa, precedido do período de ponta com uma representatividade de 30%. O período de vazio representa 8% e o período de super vazio representa 5%.

Tabela 7 – Custos da energia elétrica ativa por período de faturação.

Mês	Energia Ativa (€)				
	Super Vazio	Vazio	Cheias	Ponta	Total
Jan	512	718	5 343	2 685	9 259
Fev	454	543	4 275	2 205	7 478

Mês	Energia Ativa (€)				
	Super Vazio	Vazio	Cheias	Ponta	Total
Mar	332	431	3 008	1 758	5 529
Abr	276	357	2 900	1 246	4 778
Mai	248	334	3 199	1 687	5 468
Jun	219	322	3 153	1 779	5 471
Jul	367	638	4 578	2 426	8 008
Ago	345	579	3 680	1 793	6 397
Set	389	507	4 489	2 309	7 695
Out	413	612	4 713	2 246	7 985
Nov	419	654	4 720	2 409	8 202
Dez	325	498	3 429	1 738	5 990
Total	4 299	6 194	47 487	24 282	82 261
Rep.	5%	8%	58%	30%	100%

Custos por período tarifário

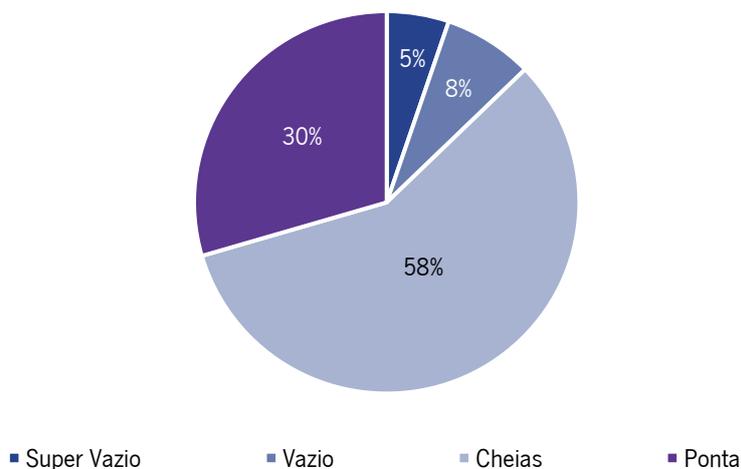


Gráfico 3 – Distribuição dos custos de eletricidade por período de faturação.

3.2.2.2.3 Energia Reativa e Potência Contratada

Da análise à Tabela 8 verifica-se que o valor associado aos custos de potência em horas de ponta representa 13.6% do custo global da energia elétrica. No que se refere aos custos associados à potência contratada, estes representam aproximadamente 6.7% do custo global de energia elétrica.

A análise ao consumo de energia reativa, poder-se-á verificar que no ano de referência, esta apresentou um valor total de 6 927 kVARh e um custo total de 509 €, o que é um valor relativamente reduzido.

A Tabela 8, a Tabela 9 e o Gráfico 4 representam os consumos e custos de energia reativa, potência em horas de ponta e potência contratada ao longo dos meses.

De referir que os dados apresentados nas tabelas abaixo foram retirados das faturas de eletricidade correspondente a cada mês.

Tabela 8 – Potência em horas de ponta, potência contratada e consumo de energia reativa.

Mês	Potência (kW)		Energia Reativa (kVArh)			
			Consumida fora horas vazio			Fornecida horas vazio
	H ponta	Contr.	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	
Jan	205	564	781	111	350	674
Fev	194	564	728	89	437	545
Mar	146	651	1 137	478	1 123	236
Abr	174	651	623	43	113	349
Mai	248	651	972	36	126	542
Jun	261	651	1 518	68	284	625
Jul	310	564	1 380	37	39	1 191
Ago	251	651	2 106	132	16	767
Set	308	651	1 037	45	8	662
Out	277	651	677	81	101	529
Nov	207	651	463	255	109	707
Dez	157	651	468	227	450	100
Total	-	-	11 889	1 600	3 157	6 927
Rep.	-	-	50%	7%	13%	29%
Média	228	629	991	133	263	577

Tabela 9 – Custos de potência em horas de ponta, potência contratada e energia reativa.

Mês	Potência (€)		Energia Reativa (€)				ISP (€)	Taxa Aud. (€)	
			Consumida fora horas vazio			Fornecida horas vazio			Total
	H ponta	Contr.	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3				
Jan	1 092	537	6	3	26	13	49	101	2.85
Fev	965	502	6	2	33	10	52	81	2.85
Mar	775	620	9	12	85	4	111	60	2.85
Abr	897	600	5	1	9	7	21	52	2.85

Mês	Potência (€)		Energia Reativa (€)					ISP (€)	Taxa Aud. (€)
			Consumida fora horas vazio			Fornecida horas vazio	Total		
	H ponta	Contr.	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3				
Mai	1 318	620	8	1	10	10	29	59	2.85
Jun	1 345	600	13	2	21	12	48	58	2.85
Jul	1 648	537	11	1	3	23	38	87	2.85
Ago	1 334	620	18	3	1	15	37	70	2.85
Set	1 587	600	9	1	1	13	23	83	2.85
Out	1 476	620	6	2	8	10	25	89	2.85
Nov	1 065	600	4	6	8	13	32	92	2.85
Dez	834	620	4	6	34	2	45	67	2.85
Total	14 336	7 072	99	40	239	131	509	899	34.20
Rep.	-	-	19%	8%	47%	26%	100%	-	-

Existem três escalões em vigor para faturar a energia reativa indutiva, de acordo com o definido pela ERSE:

- Escalão 1 – $\text{tg } \varphi$ entre 0.3 e 0.4/ $\text{cos } \varphi$ entre 0.93 e 0.95;
- Escalão 2 – $\text{tg } \varphi$ entre 0.4 e 0.5/ $\text{cos } \varphi$ entre 0.89 e 0.93;
- Escalão 3 – $\text{tg } \varphi > 0.5/\text{cos } \varphi < 0.89$.

Chama-se a atenção para a representatividade dos custos por escalões no período fora de vazio visto que os mesmos são tributados da seguinte forma:

- Escalão 1 – 33 % do custo unitário de energia reativa;
- Escalão 2 – 100 % do custo unitário de energia reativa;
- Escalão 3 – 300 % do custo unitário de energia reativa.

A taxa audiovisual destina-se a financiar o serviço público de radiodifusão e de televisão. De referir que todos os comercializadores de eletricidade são obrigados a cobrar essa taxa nas faturas que emitem e tem um valor fixo de 2.85 € e deve ser paga 12 vezes por ano, como se pode observar na Tabela 9.

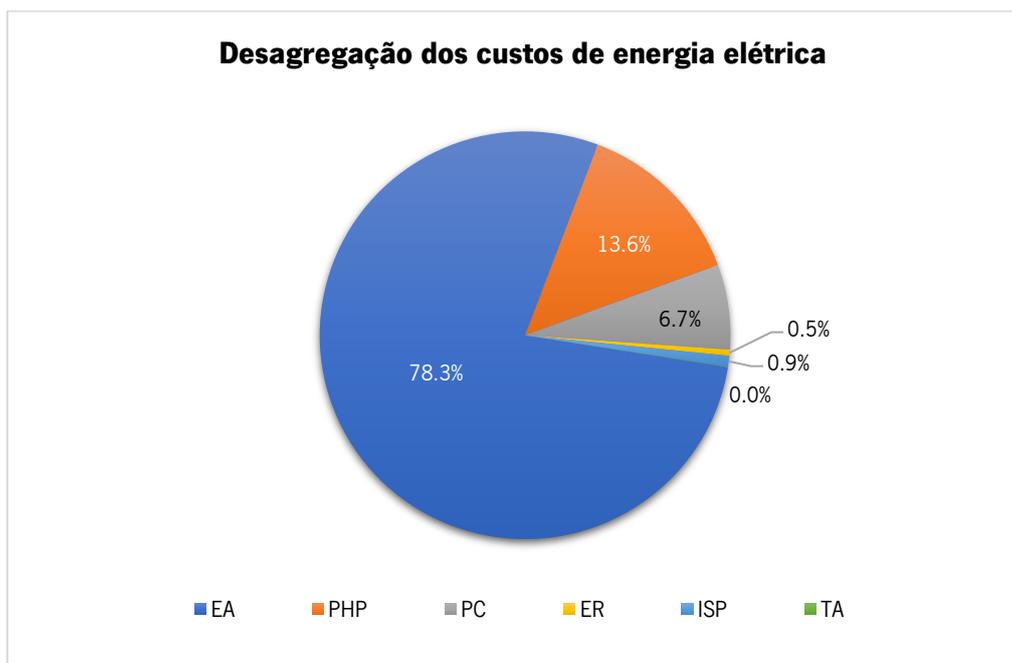


Gráfico 4 – Desagregação dos custos de energia elétrica. EA – Energia Ativa; PHP – Potência nas horas de ponta; PC – Potência contratada; ER – Energia Reativa; ISP – Imposto sobre produtos petrolíferos; TA – Taxa Audiovisual.

Como seria expectável, os custos com a energia ativa são os custos que representam um maior impacto na estrutura tarifária. No entanto, verifica-se igualmente que a potência contratada e a potência nas horas de ponta (diretamente relacionada com o consumo de energia ativa nas horas de ponta) apresentam igualmente um impacto significativo na estrutura de custos de energia elétrica.

O custo da PHP é calculado através da potência nas horas de ponta, o número de dias de cada mês e pelo preço unitário da potência nas horas de ponta.

Chama-se a atenção para o custo de energia reativa de 509 €, valor este que supostamente não deveria existir visto que a instalação se encontra equipada com baterias de condensadores que são equipamentos responsáveis pela produção da energia reativa na instalação. Ao evitar o consumo de energia reativa à rede, possibilitam o aumento da capacidade de transporte de energia ativa.

3.2.2.3 Gás Natural

O fornecimento de gás natural da presente instalação é realizado através de um único ponto de entrega. A instalação utiliza o gás natural por intermédio de três caldeiras em que uma caldeira se encontra destinada à produção de águas quentes sanitárias e as outras duas destinadas ao processo produtivo.

De modo a avaliar a evolução do consumo mensal e anual de gás natural, na Tabela 10 apresentam-se os valores registados dos consumos e custos no ano de referência.

Tabela 10 – Consumo e custo mensal de gás natural.

Mês	Consumo		Custo	
	[Nm ³]	[ton]	[€]	[€/ton]
Jan	8 826	7.42	3 539	477.0
Fev	6 570	5.52	2 736	495.6
Mar	5 782	4.86	2 596	534.2
Abr	6 695	5.63	2 625	466.2
Mai	7 561	6.35	2 625	413.3
Jun	7 331	6.16	2 829	459.2
Jul	9 866	8.29	3 706	447.1
Ago	7 951	6.68	2 479	371.1
Set	6 304	5.30	2 466	465.3
Out	8 819	7.41	3 442	464.6
Nov	8 673	7.29	3 445	472.5
Dez	5 983	5.03	2 523	501.5
Total	90 361.3	75.94	35 009	—
Média	7 530.1	6.33	2 917.4	463.9

No Gráfico 5 apresentam-se a evolução dos consumos mensais de gás natural em toneladas.

Evolução da distribuição dos consumos mensais de gás natural [ton]

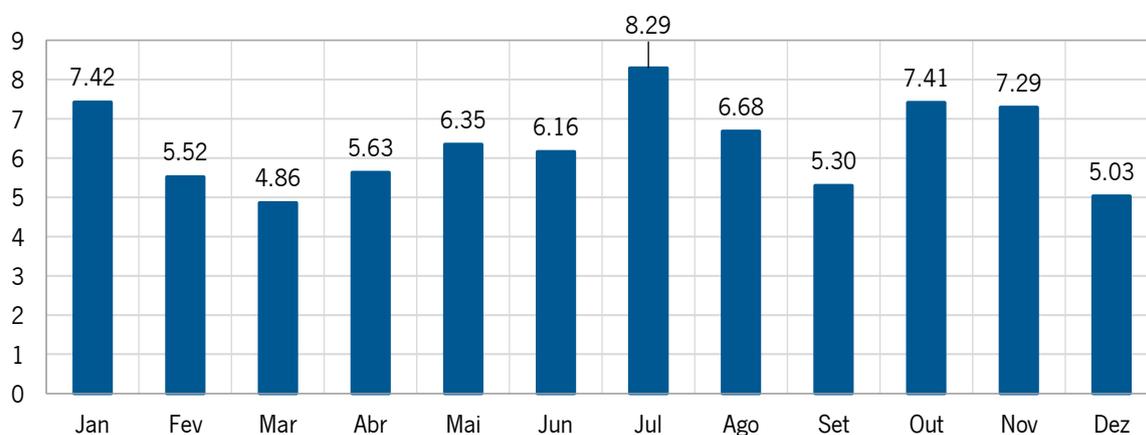


Gráfico 5 – Evolução da distribuição dos consumos mensais de gás natural.

De referir que os valores Nm³ de gás natural dos meses de janeiro a dezembro exceto o mês de maio de 2020 são os que constam nas faturas fornecidas pelo cliente. Relativamente ao mês de maio de 2020, o valor de Nm³ não consta na fatura fornecida.

Assim os valores apresentados, foram obtidos pela conversão dos kWh de gás natural em Nm³, utilizando um PCI de 12.53 kWh/kg que equivale a 45.1 MJ/kg e um peso específico do gás natural de 0.8404 kg/m³ nas condições PTN.

Pela análise do Gráfico 5 e da Tabela 10, o consumo de gás natural ao longo de um ano, verifica-se, que o perfil de consumo não apresenta qualquer tipo de sazonalidade. Poder-se-á verificar que a referida variação acompanha a variação mensal de produção.

3.2.2.4 Consumos Totais de Energia

Na Tabela 11 apresentam-se os valores dos consumos e custos energéticos totais verificados no ano de referência.

Tabela 11 – Consumos e custos energéticos globais.

Mês	Energia Elétrica		Gás Natural		Total
	[kWh]	[€]	[ton]	[€]	[€]
Jan	100 689	11 042	7.42	3 539	14 581
Fev	81 321	9 083	5.52	2 736	11 819
Mar	60 012	7 573	4.86	2 596	10 169
Abr	52 364	6 355	5.63	2 625	8 979
Mai	58 621	7 498	6.35	2 625	10 123
Jun	58 241	7 527	6.16	2 829	10 356
Jul	86 713	10 120	8.29	3 706	13 826
Ago	70 213	8 298	6.68	2 479	10 777
Set	83 053	9 800	5.30	2 466	12 266
Out	89 247	10 212	7.41	3 442	13 654
Nov	91 593	10 008	7.29	3 445	13 452
Dez	67 174	7 570	5.03	2 523	10 092
TOTAL	899 239	105 085	75.94	35 009	140 094

Na Tabela 12 apresenta-se assim a evolução dos consumos mensais de energia primária, expressos em tonelada equivalente de petróleo (tep) e o Gráfico 6 com a evolução desse consumo global e por fonte de energia, ao longo do ano de referência.

Tabela 12 – Consumos totais de energia primária.

Mês	Energia Elétrica	Gás Natural	Total
	[tep]	[tep]	[tep]
Jan	21.6	8.0	29.6
Fev	17.5	5.9	23.4
Mar	12.9	5.2	18.1
Abr	11.3	6.1	17.4
Mai	12.6	6.8	19.4
Jun	12.5	6.6	19.1
Jul	18.6	8.9	27.5
Ago	15.1	7.2	22.3
Set	17.9	5.7	23.6
Out	19.2	8.0	27.2
Nov	19.7	7.9	27.6
Dez	14.4	5.4	19.8
TOTAL	193.3	81.8	275.1

Evolução dos consumos mensais (tep) de energia primária

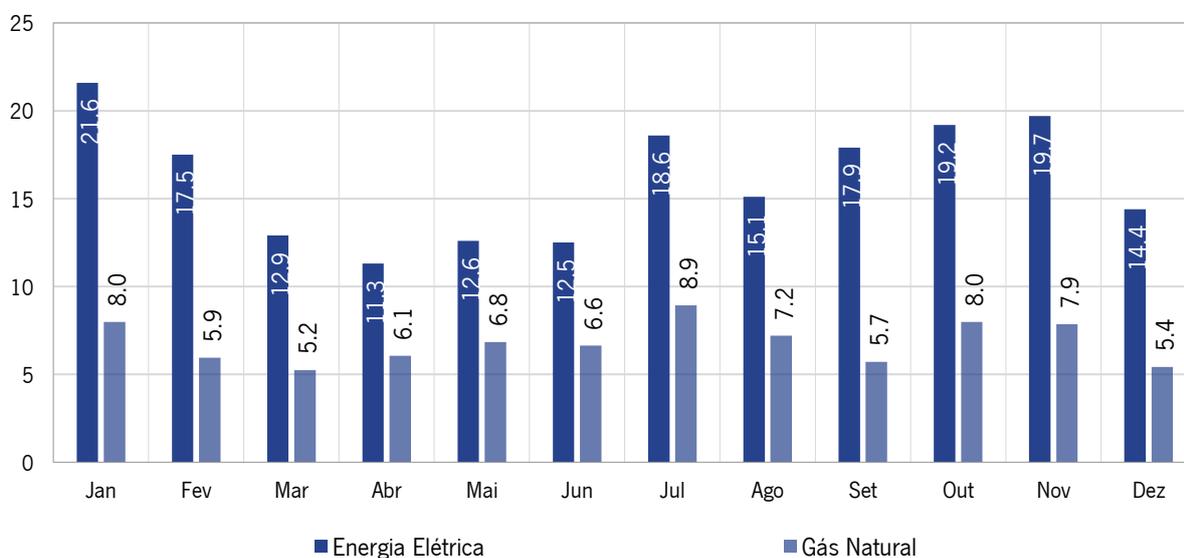


Gráfico 6 – Evolução dos consumos mensais de energia primária.

A instalação apresenta um consumo anual total de energia primária de aproximadamente **275.1 tep**, em que a energia elétrica é a forma de energia com maior peso no consumo total de energia, representando 70% do consumo total, seguido do gás natural que representa 30%.

A distribuição dos consumos por forma de energia, encontram-se apresentados no Gráfico 7.

Distribuição de consumos de energia primária por fonte de energia [tep]

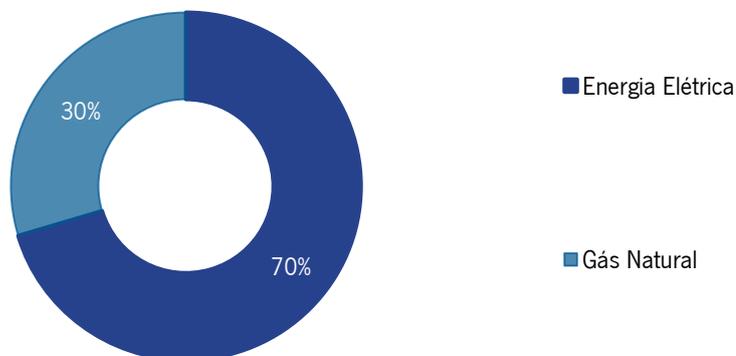


Gráfico 7 – Distribuição de consumos de energia primária por fonte.

A instalação apresenta um custo total de energia primária de aproximadamente **140 094 €**, em que a energia elétrica é a forma de energia com maior peso, representando 75% do custo total, seguido do gás natural com 25%.

A distribuição dos custos de energia primária da instalação, encontram-se no Gráfico 8.

Distribuição de custos de energia primária por fonte de energia [€]

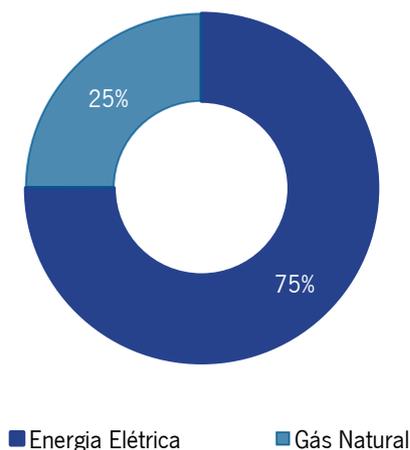


Gráfico 8 – Distribuição de custos de energia primária por fonte.

3.3 Emissões de Gases com Efeito de Estufa

Na Tabela 13 apresentam-se os valores das emissões de gases com efeito de estufa (referidos a toneladas equivalente de CO₂), associados ao consumo de cada uma das fontes de energia. Apresenta-se, ainda, o Gráfico 9 onde se ilustra a evolução mensal das emissões de CO₂ ao longo do período de análise.

De acordo com o Despacho n.º 17313/2008 [28], os fatores de conversão são:

- FE Eletricidade = 0.47 kgCO₂/kWh;
- FE GN = 2 683.7 kgCO₂/tep [28].

Tabela 13 – Emissões de gases com efeito de estufa (tCO₂).

Mês	Energia Elétrica	Gás Natural
	[tCO ₂]	[tCO ₂]
Jan	47.22	21.45
Fev	38.26	15.95
Mar	28.20	14.05
Abr	24.70	16.27
Mai	27.54	18.35
Jun	27.33	17.80
Jul	40.66	23.96
Ago	33.01	19.31
Set	39.13	15.32
Out	41.97	21.42
Nov	43.06	21.07
Dez	31.48	14.54
TOTAL	422.55	219.49

Evolução mensal das emissões de CO₂

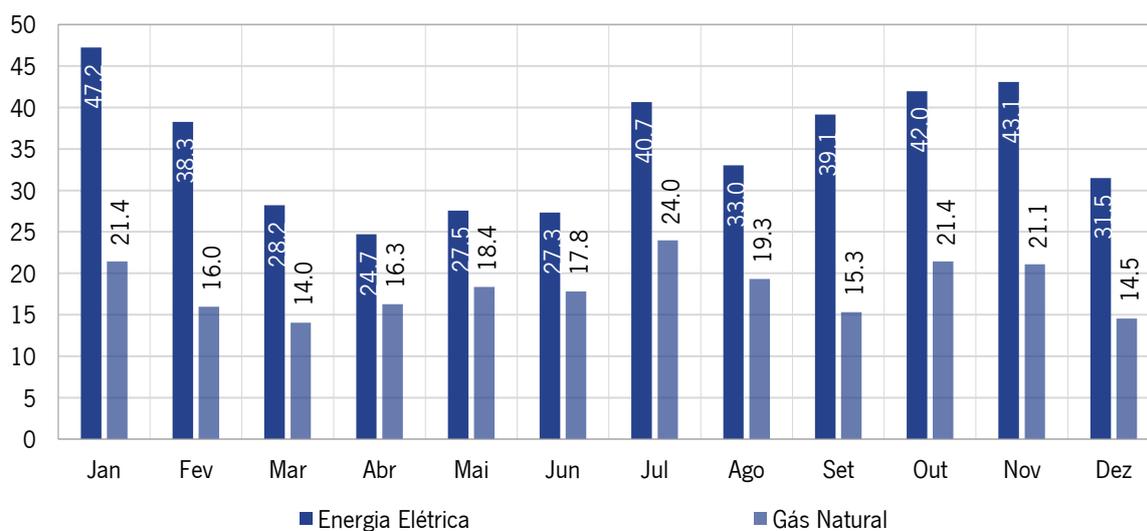


Gráfico 9 – Evolução mensal das emissões de CO₂ ao longo do ano de referência.

3.4 Indicadores Energéticos

De acordo com o Decreto-Lei n.º 71/2008 e o Despacho n.º 17449/2008 os indicadores energéticos a determinar na auditoria energética são a Intensidade Energética, o Consumo Específico de Energia e a Intensidade Carbónica, relativamente ao ano de referência da auditoria.

Neste capítulo determinam-se esses indicadores, com base nos dados fornecidos pela empresa:

- Intensidade Energética – IE;
- Consumo Específico de Energia – CEE;
- Intensidade Carbónica – IC.

Estes indicadores energéticos podem também ser aplicados na caracterização e comparação energética das diferentes áreas de produção da empresa.

3.4.1 Intensidade Energética

De acordo com o Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de abril, a Intensidade Energética (IE), é determinada através do quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o Valor Acrescentado Bruto (VAB). Na Tabela 14 são apresentados os dados do SNC (Sistema de Normalização Contabilística) necessários para o cálculo do VAB bem como o seu valor no ano de referência:

Tabela 14 – Cálculo do VAB.

Vendas e Serviços Prestados (SNC 71 e SNC 72)	+	2 631 229.21 €
Proveitos Suplementares (SNC 781)	+	595.32 €
Trabalhos para a própria empresa (SNC 74)	+	0.00 €
Custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas (SNC 61)	-	1 585 460.71 €
Fornecimentos e Serviços Externos (SNC 62)	-	406 165.53 €
Outros Custos e Perdas Operacionais (SNC 688)	-	42 013.06 €
VAB (Valor Acrescentado Bruto)	=	598 185.23 €

No ano de referência de 2020, o VAB foi de 598 185.23 €. Na Tabela 15 é apresentada a correspondente intensidade energética.

Tabela 15 – Intensidade Energética.

Ano	Energia Total	VAB	Intensidade Energética
	[tep]	[€]	[kgep/€]
2020	275.1	598 185.23	0.460

No ano de 2020, a intensidade energética foi de 0.460 kgep/€.

No que diz respeito a comparabilidade do indicador de intensidade energética, não foram encontradas referências bibliográficas que sejam coerentes.

3.4.2 Intensidade Carbónica

De acordo com o Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de abril, a Intensidade Carbónica (IC), é determinada através do quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa, resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo, e o respetivo consumo total de energia. Assim, tendo em consideração os valores de emissões de CO₂ da instalação, na Tabela 16 apresenta-se o valor determinado para o indicador de IC no ano de referência. É importante salientar que as intensidades carbónicas para a eletricidade e para o GN são respetivamente 2.186 e 2.6837 tCO₂/tep.

Tabela 16 – Intensidade Carbónica (IC).

Ano	Energia Total	Emissões de CO ₂	Intensidade Carbónica
	[tep]	[tCO ₂]	[tCO ₂ /tep]
2020	275.1	642.1	2.334

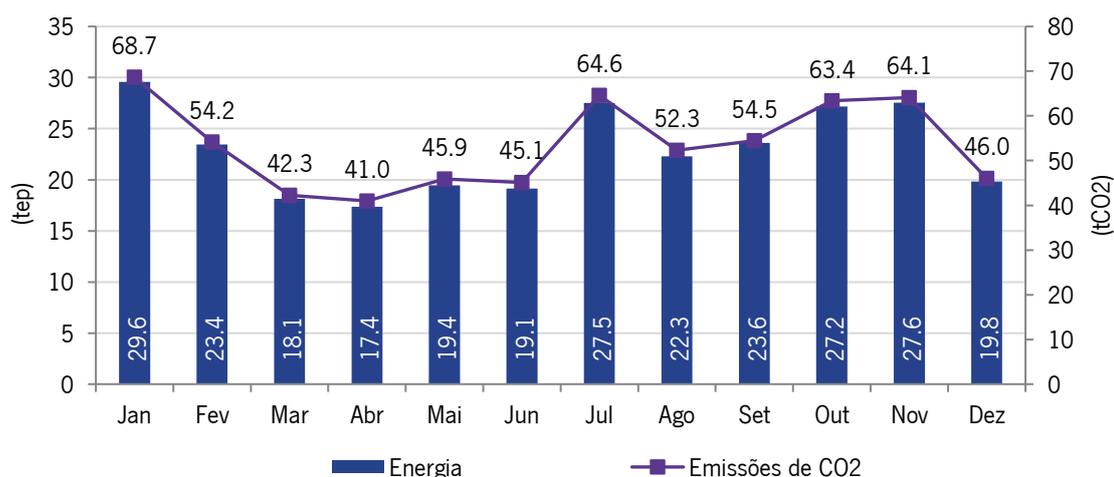


Gráfico 10 – Energia e Emissões.

A intensidade carbônica, no ano de 2020, foi de 2.334 tCO₂/tep.

3.4.3 Consumo Específico de Energia

De acordo com o Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de abril, o Consumo Específico de Energia (CEE), é determinado através do quociente entre o consumo total de energia e a quantidade de produção e estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Consumo Especifico de Energia (CEE).

Mês	Energia Total	Produção	Consumo Especifico
	[tep]	[ton]	[kgep/ton]
Jan	29.6	90.0	328.8
Fev	23.4	77.0	304.5
Mar	18.1	52.0	348.7
Abr	17.4	12.0	1 447.0
Mai	19.4	43.0	452.1
Jun	19.1	57.0	335.7
Jul	27.5	73.0	377.1
Ago	22.3	49.0	455.0
Set	23.6	83.0	284.4
Out	27.2	96.0	283.1
Nov	27.6	75.0	367.4
Dez	19.8	58.0	341.7
TOTAL	275.1	766.0	359.1

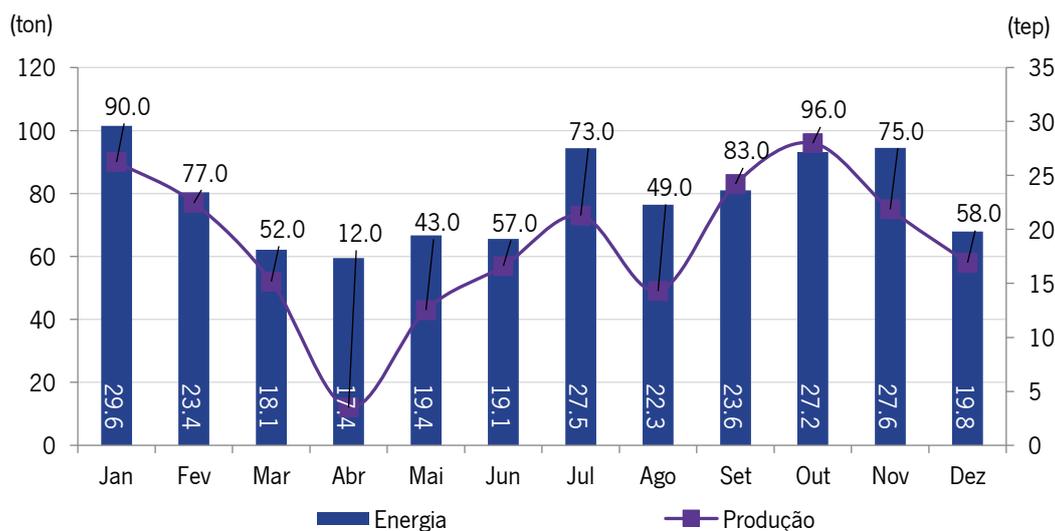


Gráfico 11 – Energia e Produção.

O valor do consumo específico de energia (CEE) mais elevado ocorreu em Abril (1 447 kgep/ton), isto porque nesse respetivo mês houve pouca produção e o mais baixo foi registado no mês de Outubro (283.1 kgep/ton). Analisando os dados referentes ao consumo específico de energia no ano de 2020, é possível concluir que a empresa consumiu 359.1 kgep/ton.

4 ANÁLISE DOS PRINCIPAIS CONSUMIDORES DE ENERGIA

4.1 Setor Produtivo

Nesta seção é possível verificar os principais equipamentos consumidores de energia associados ao processo produtivo da instalação.

4.1.1 Linhas de Produção

As linhas de produção são os elementos que mais consomem energia.

De seguida apresentam-se os principais equipamentos que fazem parte do processo produtivo, repartidos pelas áreas/seções (misturas/pastas, artefactos e revestimentos):

Misturas/Pastas

- Misturadores;
- Calandras;
- Máquina de corte;

- Extrusora do piso, etc.

Artefactos

- Prensas;
- Grupo Hidráulico de Prensas;
- Misturadores;
- Máquina de decapar e rebarbar, etc.

Revestimentos

- Misturador;
- Tornos;
- Autoclaves;
- Estufas;
- Extrusoras;
- Pontes rolantes, etc.

A título de exemplo são apresentados alguns pontos onde se pode observar às áreas do processo produtivo da instalação:



Figura 14 – Setores Produtivos.

4.2 Equipamentos Auxiliares

Abaixo indicam-se os principais equipamentos auxiliares constituintes da instalação.

4.2.1 Águas Quentes Sanitárias (AQS)

Nesta seção são apresentados os equipamentos referentes ao aquecimento das águas quentes sanitárias.

4.2.1.1 Caldeira AQS

Os balneários são dotados de águas quentes sanitárias (AQS). O aquecimento das águas é feito com recurso a uma caldeira associada a um depósito de acumulação de AQS cujas características se apresentam nas tabelas abaixo.

Tabela 18 – Características da caldeira.

Marca	Vulcano
Modelo	EHR 350 P PT + T0
Potência nominal [kW]	39.1
Potência nominal de consumo [kW]	44.6
Ano	1998

Tabela 19 – Características do depósito de acumulação.

Marca	Vulcano
Modelo	SK 500 - 3ZB S 3500
Capacidade útil [litros]	470.0
Pressão máxima admissível [bar]	10.0
Potência máxima de permuta [kW]	78.0
Temperatura de avanço da caldeira [°C]	90.0
Caudal de circulação [m³/h]	3.4
Temperatura de AQS [°C]	45.0



Figura 15 – Imagem da caldeira AQS com depósito de acumulação.

Para efeitos de contabilização dos consumos associados a AQS foram contabilizados 1 200 L/dia destinados a banhos que se traduz em 20 139 kWh/ano de gás natural.

4.2.1.2 Esquentador

De referir que o aquecimento das águas quentes sanitárias do balneário que se situa no setor dos revestimentos é feito por um esquentador Vulcano WRD 18-2 B 23 cujo caudal térmico nominal é de 34.5 kW. Na Tabela 20 é apresentado as características do esquentador.

Tabela 20 – Características do Esquentador.

Marca	Vulcano
Modelo	WRD 18-2 B 23
Potência nominal [kW]	30.5
Caudal térmico nominal [kW]	34.5
Eficiência (%)	88.4



Figura 16 – Imagem do Esquentador.

4.2.2 Gerador de Calor

A presente instalação possui um gerador de calor que utiliza como combustível o gás natural e um termofluido para o transporte de calor, apresentando-se na Figura 17 o respetivo equipamento.

O gerador de calor fornece energia térmica dedicado às máquinas de compressão.



Figura 17 – Gerador de calor.

Na Tabela 21 é apresentado as características do gerador de calor.

Tabela 21 – Características do gerador de calor.

Identificação	Caldeira de Termofluido (CAL01)
Marca e modelo	CSC PORTUGUESA VT18
Potência máxima [kW]	216
Ano	1968

Através do método das perdas, foi determinada a eficiência da caldeira de termofluido, tendo-se obtido **87.55%**.

4.2.3 Gerador de Vapor

Para além do gerador de calor, possui também um gerador de vapor que utiliza como combustível o gás natural apresentando-se na Figura 18 o respetivo equipamento.

O gerador de vapor encontra-se dedicado às máquinas térmicas nomeadamente autoclaves, calandra e outras aplicações do calor utilizando o vapor.



Figura 18 – Painel de controlo do gerador de vapor.

Na tabela abaixo é apresentado as características do gerador de vapor.

Tabela 22 – Características do gerador de vapor.

Identificação	Caldeira Vapor (CAL01)
Marca e modelo	Babcock Wanson
Produção de vapor [kg/h]	600
Ano	1998
Pressão máxima de serviço [bar]	5.5

4.2.4 Iluminação

A iluminação da presente instalação efetua-se com o recurso a sistemas de iluminação artificial e a iluminação natural.

No Anexo II pode-se observar o levantamento da iluminação presente em cada setor da instalação com os seus respetivos consumos.

A caracterização destes sistemas é apresentada nos pontos seguintes.

4.2.4.1 Iluminação Interior

A iluminação interior contempla a iluminação dos setores de produção, instalações sanitárias, setor administrativo, refeitórios, etc., sendo obtida através da combinação de luz natural difundida através dos envidraçados, e luz artificial a partir das luminárias existentes.

A iluminação interior é assegurada por intermédio de 399 luminárias fluorescentes tubulares com uma potência total de 19.89 kW (84.0%), 23 fluorescentes compactas com uma potência total de 0.73 kW (3.0%), 109 luminárias LED com uma potência de 3.06 kW (13.0%). A potência total instalada de iluminação é de 23.67 kW.

A Tabela 23 e o Gráfico 12 resumem as quantidades e percentagens de iluminação existente por tipologia.

Tabela 23 – Quantidades e distribuição de iluminação interior por tipologia.

Tipo	Qtd (n.º)	P. Unitária (W)	P. Total (kW)	P. Total (kW)	Percentagem (%)
Fluorescente Tubular (BFM)	199	18	4.66	10.60	45%
	11	36	0.51		
	72	58	5.43		
Fluorescente Tubular (BE)	2	8	0.02	9.29	39%
	25	49	1.35		
	90	80	7.92		
Fluorescente Compacta (BC)	15	18	0.35	0.73	3%
	8	36	0.37		
	11	9	0.10		
LED	1	12	0.01	3.06	13%
	12	16	0.19		
	2	18	0.04		
	10	20	0.20		
	5	22	0.11		
	9	44	0.40		

Tipo	Qtd (n.º)	P. Unitária (W)	P. Total (kW)	P. Total (kW)	Porcentagem (%)
	27	50	1.35		
	6	6	0.04		
	26	24	0.62		
Total	531			23.67	100%

Iluminação Interior

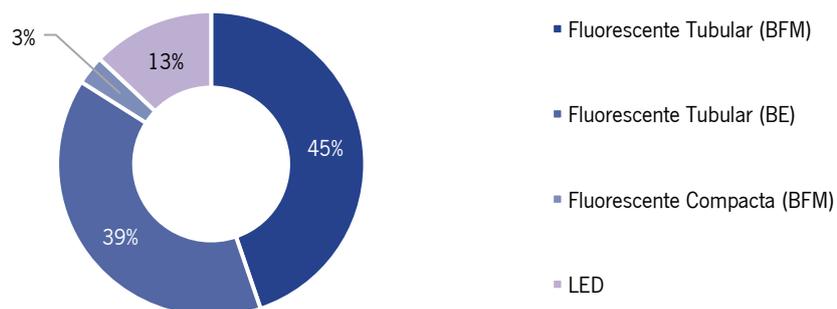


Gráfico 12 – Distribuição de iluminação interior por tipo de tecnologia (potência instalada).

A Figura 19 apresenta os diferentes tipos de iluminação interior instalados.

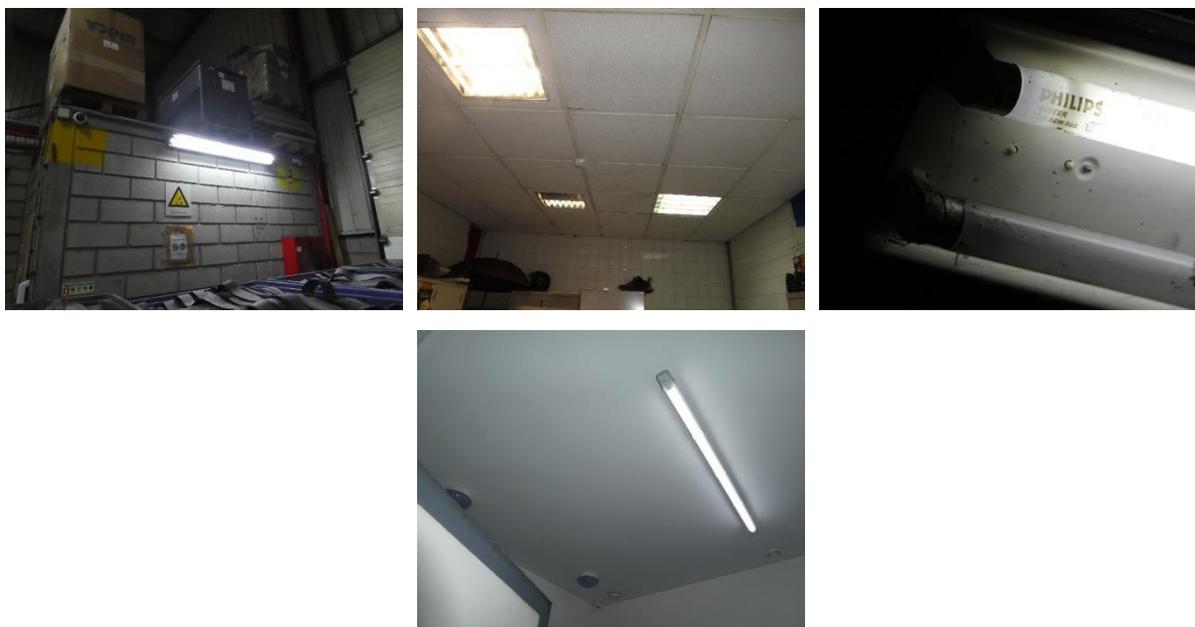


Figura 19 – Iluminação Interior.

4.2.4.2 Iluminação Exterior

A iluminação exterior do edifício é composta por 18 luminárias de fluorescentes tubulares com uma potência total de 1.36 kW, 5 luminárias LED com uma potência total de 0.22 kW e 4 luminárias de vapor de sódio com uma potência total de 0.66 kW.

O total de potência de iluminação exterior é de 2.24 kW.

Na Tabela 24 e no Gráfico 13 apresentam-se as quantidades de luminárias e a potência total instalada em iluminação exterior.

Tabela 24 – Quantidades de luminárias e potência total instalada em iluminação exterior.

Tipo	Qtd (n.º)	P. Unitária (W)	P. Total (kW)	P. Total (kW)	Porcentagem (%)
Fluorescente Tubular (BFM)	18	58	1.36	1.36	61%
LED	4	50	0.20	0.22	10%
	1	20	0.02		
Vapor de Sódio (VS)	4	150	0.66	0.66	29%
Total	27			2.24	100%

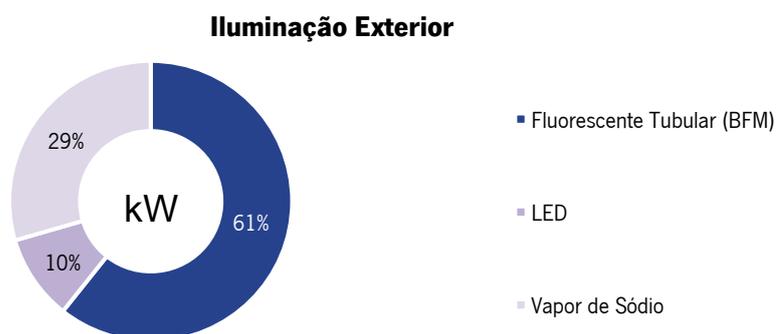


Gráfico 13 – Distribuição de iluminação exterior por tipo de tecnologia (potência instalada).

A Figura 20 apresenta os diferentes tipos de iluminação exterior instalados.



Figura 20 – Iluminação Exterior.

4.2.5 Ar Comprimido

A instalação dispõe de uma central de ar comprimido destinada abastecer os equipamentos produtivos (sistema de comando, atuadores, válvulas pneumáticas, etc.), que é constituída por três compressores cujas características se apresentam na Tabela 25:

Tabela 25 – Características dos compressores de ar comprimido.

Marca	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco
Modelo	GA 26 VSD	GA 22 SP	GA 18 SP
Potência Elétrica [kW]	26.0	22.0	18.5
Pressão de Funcionamento (bar)	13.0	7.5	10.0
Tipo de arrefecimento	Ar		
Localização	Área Técnica		
Ano	2011	1998	1997



Figura 21 – Imagens dos compressores de ar comprimido.

É de salientar que quando o compressor com a maior potência elétrica se encontra em funcionamento, os restantes funcionam como reserva.

Também existe um secador de ar associado aos compressores de ar comprimido, que permite diminuir o teor de humidade no fluxo de ar.



Figura 22 – Imagem do secador de ar.

4.2.6 Ventiladores

A instalação possui ventiladores de extração de ar na cobertura, ventiladores no *batchoff* e ventiladores na máquina de tiras instalados ao longo das linhas de produção. Descrevem-se as características dos principais ventiladores na Tabela 26:

Tabela 26 – Ventiladores.

Marca e Modelo	Potência Elétrica (kW)	Quant.	Localização
Sodeca HCFT 4-400 H E22	0.277	12	<i>Batchoff</i>
Efacec	0.69	11	Cobertura
Sodeca HCD 30 4M	0.07	6	Revestimentos

A Figura 23 apresenta os diferentes ventiladores instalados.

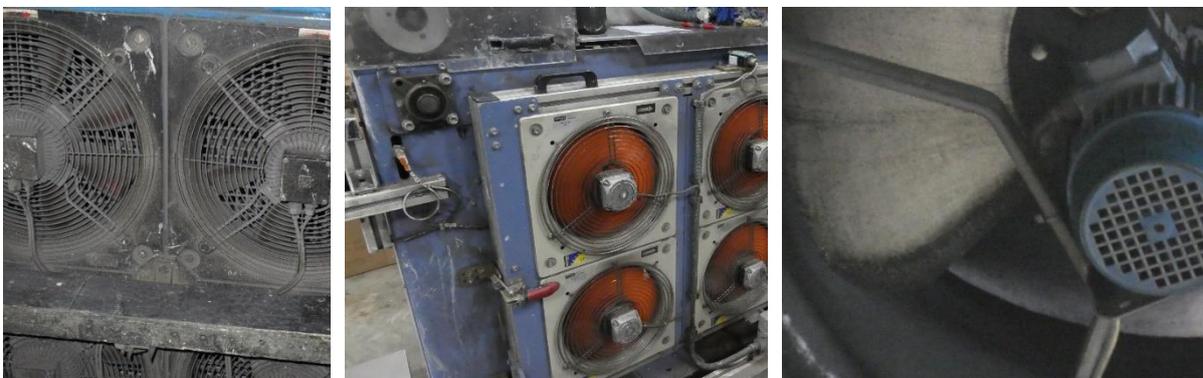


Figura 23 – Imagens dos ventiladores.

5 MONITORIZAÇÕES ELÉTRICAS

Durante o período de auditoria foram realizadas monitorizações ao consumo elétrico da instalação, com base em critérios de utilização e diagnóstico.

Assim, seguidamente apresentam-se os diagramas de cargas de alguns dos maiores consumidores da instalação, com base nas monitorizações efetuadas. Foram efetuadas duas campanhas de monitorizações, entre o dia 04/03/2021 e o dia 11/03/2021 e no dia 18/06/2021 e o dia 29/06/2021.

Como referido anteriormente, a instalação possui dois postos de transformação (PT) com um transformador cada e potências contratadas diferentes de 443 kW e 186 kW.

5.1 Diagrama de Carga Geral do Posto de Transformação 1

O Gráfico 14 apresenta o diagrama de carga geral do PT1, possibilitando assim avaliar o seu perfil de consumos.

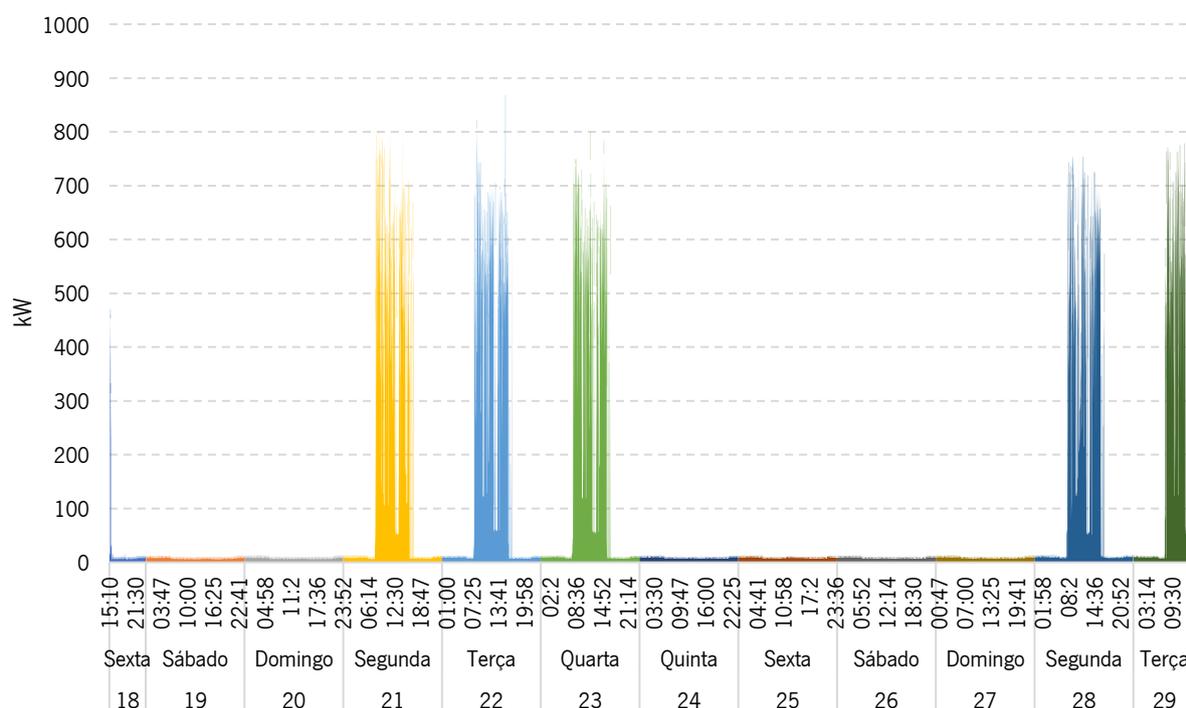


Gráfico 14 – Diagrama de Carga Geral do PT1 (Período de monitorização: 18/06 a 29/06).

Pela apreciação do gráfico acima pode-se verificar:

- Durante o período em que decorreram as medições:

- A instalação atingiu um valor máximo de 800 kW, um valor mínimo de 9 kW e uma média de 400 kW;
- Durante o período de monitorização, o consumo médio diário foi de aproximadamente 2 680 kWh/dia útil;
- O consumo médio diário ao fim de semana foi de aproximadamente 193 kWh/dia.

No período de não funcionamento da instalação verifica-se um consumo com uma média de 9 kWh/dia em que não se sabe a sua origem, este corresponde a 21 060 kWh/ano do consumo de energia total do PT1 o que se traduz num custo de 2 464 €/ano.

5.2 Diagrama de Carga Geral do Posto de Transformação 2

O Gráfico 15 apresenta o diagrama de carga geral do PT2, possibilitando assim avaliar o seu perfil de consumos.

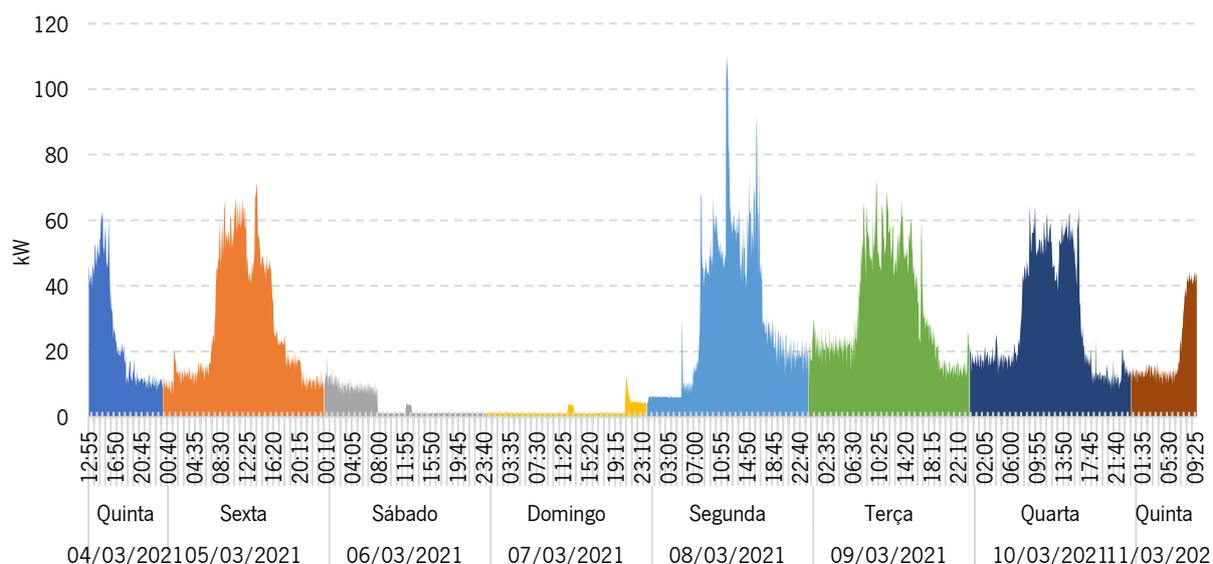


Gráfico 15 – Diagrama de Carga Geral do PT2 (Período de monitorização: 04/03 a 11/03).

Pela apreciação do gráfico acima pode-se verificar:

- Durante o período em que decorreram as medições:
 - A potência absorvida, registou um valor máximo de 110 kW, um valor mínimo de 1.1 kW e um valor médio de 43.2 kW;
 - O consumo médio diário em dia útil foi de aproximadamente 712 kWh/dia;
 - O consumo médio diário ao fim de semana foi de aproximadamente 71 kWh/dia.

No período de não funcionamento da instalação verifica-se um consumo com uma média de 1.3 kWh/dia em que não se sabe a sua origem, este corresponde a 2 501 kWh/ano do consumo de energia total do PT2 o que se traduz num custo de 293 €/ano.

5.3 Diagrama de Carga da Unidade de Pastas I (misturação)

O Gráfico 16 apresenta o diagrama de carga do setor da mistura designado de pastas I (misturação), possibilitando assim avaliar o seu perfil de consumos.

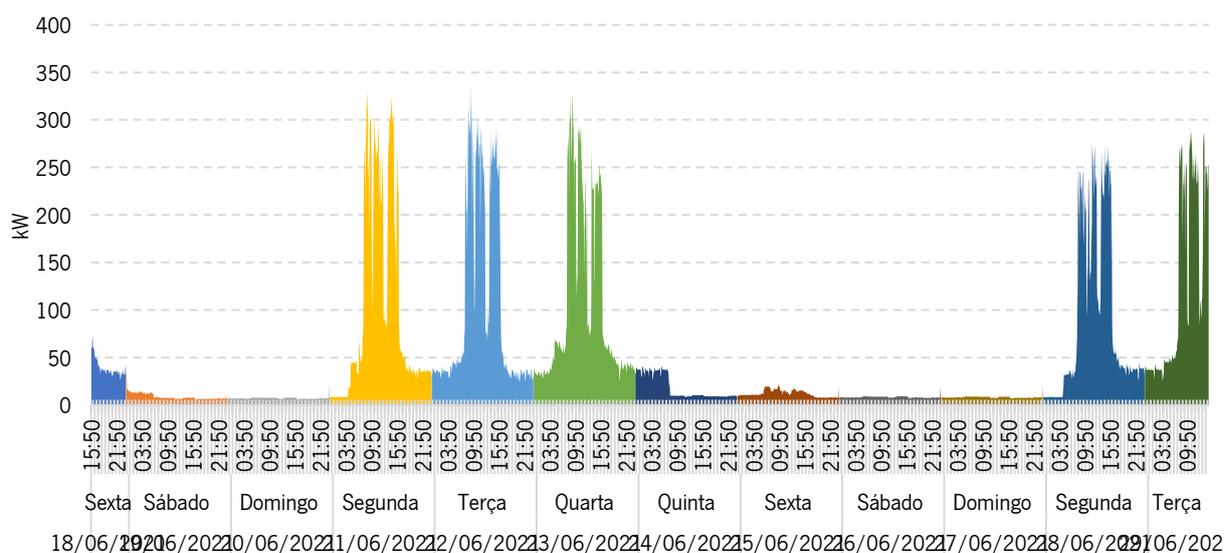


Gráfico 16 – Diagrama de Carga das Pastas I (misturação) (Período de monitorização: 18/06 a 29/06).

Pela apreciação do Gráfico 16 pode-se verificar:

- Durante o período em que decorreram as medições:
 - A instalação atingiu um valor máximo de 330 kW, um mínimo de 9 kW e uma média de 62 kW;
 - Durante o período de monitorização, o consumo médio diário em dia útil foi de aproximadamente 1 820 kWh/dia;
 - O consumo médio diário ao fim de semana foi de aproximadamente 199 kWh/dia.

5.4 Diagrama de Carga das Pastas II

O Gráfico 17 apresenta o diagrama de carga das pastas II, possibilitando assim avaliar o seu perfil de consumos.

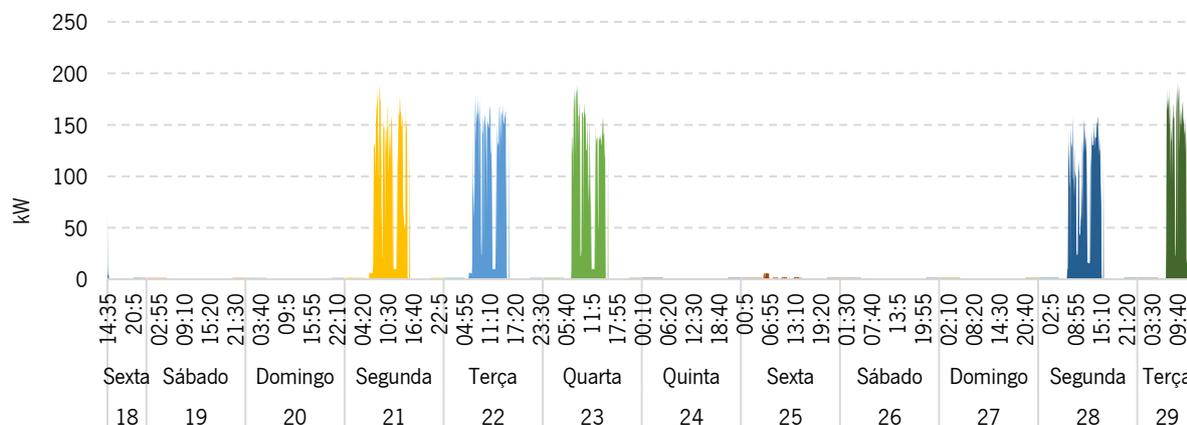


Gráfico 17 – Diagrama de Carga das Pastas II (Período de monitorização: 18/06 a 29/06).

Pela apreciação do gráfico acima pode-se verificar:

- Durante o período em que decorreram as medições:
 - A potência absorvida, registou valores máximos de 176 kW, apresentando um valor médio de 21 kW;
 - Durante o período de monitorização, o consumo médio diário em dia útil foi de aproximadamente 700 kWh/dia;
 - O consumo médio diário ao fim de semana foi de aproximadamente 19 kWh/dia.

No período de não funcionamento da instalação verifica-se um consumo com uma média de 0.8 kWh, este consumo é referente a uma resistência elétrica que tem como finalidade aquecer o óleo para garantir a sua viscosidade e é controlado por um programador horário analógico semanal.

5.5 Diagrama de Carga dos Compressores

O Gráfico 18 apresenta o diagrama de carga dos compressores, possibilitando assim avaliar o seu perfil de consumos.

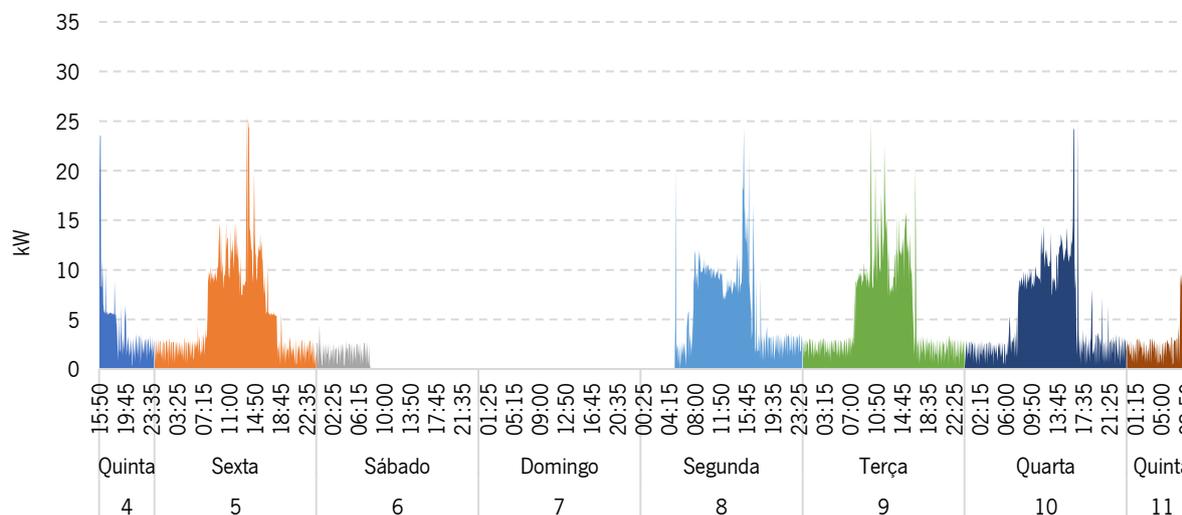


Gráfico 18 – Diagrama de Carga dos Compressores (Período de monitorização: 04/03 a 11/03).

A compressor funciona dentro horário de funcionamento da fábrica, sendo desligado fora desse período.

Pela apreciação do Gráfico 18 pode-se verificar que durante o período:

- A instalação atingiu um valor máximo de 30.3 kW e uma média de 8.6 kW;
- O consumo médio diário em dia útil foi de aproximadamente 131 kWh/dia;
- O consumo médio diário ao fim de semana foi de aproximadamente 7 kWh/dia.

5.6 Diagrama de Carga do Autoclave

O Gráfico 19 apresenta o diagrama de carga do autoclave, possibilitando assim avaliar o seu perfil de consumos.

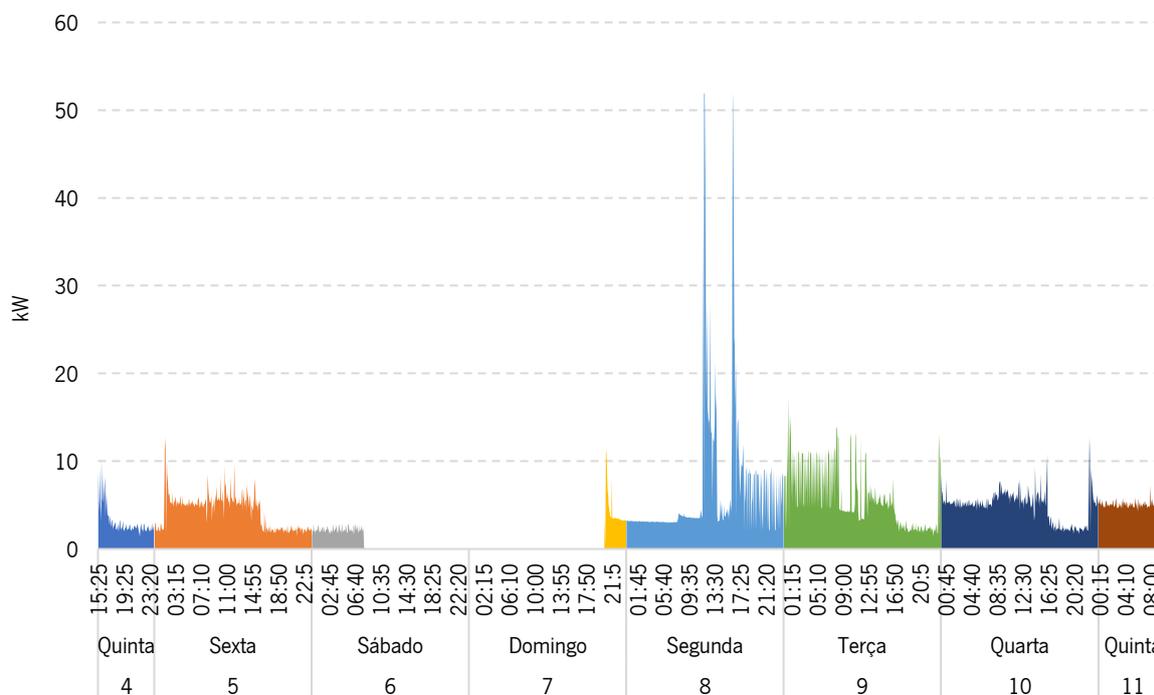


Gráfico 19 – Diagrama de Carga do Autoclave (Período de monitorização: 04/03 a 11/03).

Pela apreciação do Gráfico 19 pode-se verificar que durante o período de monitorização:

- A instalação atingiu um valor máximo de 51.9 kW e uma média de 5.8 kW;
- O consumo médio diário em dia útil foi de aproximadamente 127 kWh/dia;
- O consumo médio diário ao fim de semana foi de aproximadamente 16 kWh/dia.

5.7 Diagrama de Carga da Estufa

O Gráfico 20 apresenta o diagrama de carga da estufa, possibilitando assim avaliar o seu perfil de consumos.

O período de amostragem é de dia 23/05/2021 até o dia 26/05/2021.

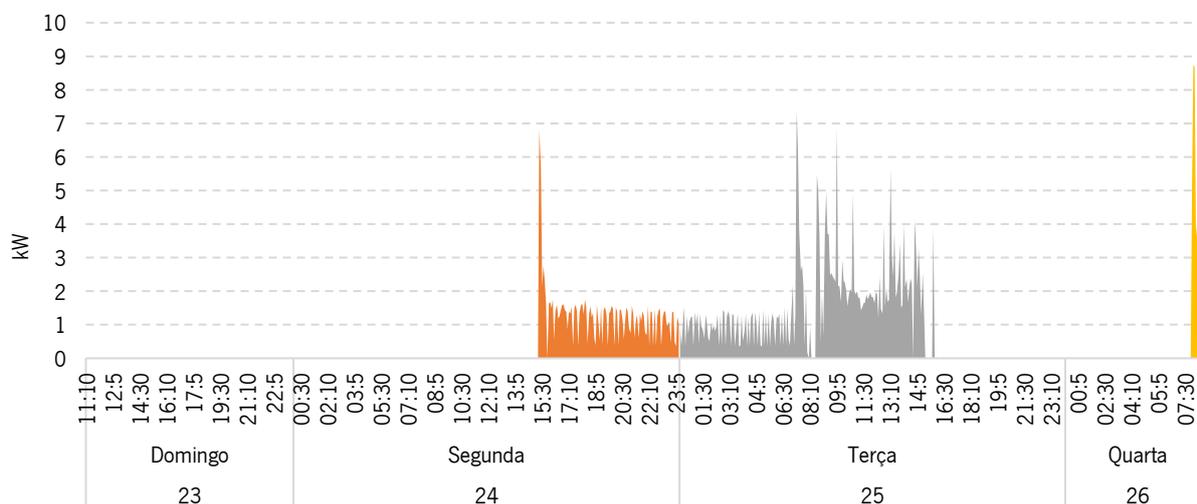


Gráfico 20 – Diagrama de carga da estufa (Período de monitorização: 23/05 a 26/05).

Pela apreciação do gráfico acima pode-se verificar que durante o período de monitorização:

- A instalação atingiu um valor máximo de 8.7 kW e uma média de 0.8 kW;
- O consumo médio diário em dia útil foi de aproximadamente 18 kWh/dia.

6 CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DAS CALDEIRAS (MÉTODO DAS PERDAS)

Neste capítulo descreve-se o cálculo do rendimento das caldeiras existentes através do método das perdas.

Este método é considerado o mais convencional, pois trata de forma mais sucinta das perdas da caldeira, mostrando os pontos a serem melhorados para a busca da melhor eficiência.

Na Tabela 27 apresenta-se os dados obtidos pela medição dos gases de combustão da caldeira de termofluido, para determinação do respetivo rendimento.

Tabela 27 – Análise da combustão e determinação da eficiência térmica da caldeira de termofluido.

Parâmetro	Unidades	CAL01 - Termofluido
O ₂	%	5.49
CO ₂	%	8.72
Excesso de ar	%	35.4
Temperatura Gases	°C	198.7
Temperatura Ar Atmosférico	°C	24.0
Combustível	–	Gás Natural
Eficiência	%	87.55

Em seguida são apresentadas todas as perdas de energia associadas à caldeira de termofluido e os seus respetivos cálculos.

6.1 Perdas de energia associadas ao calor sensível nos gases secos de combustão (P_{gc})

$$P_{gc} = \frac{K \cdot (T_g - T_a) \cdot \left(1 - \frac{P_{cv} + P_{cf}}{100}\right)}{CO_2} \quad (1)$$

Onde:

P_{cv} Perdas associadas ao combustível nas cinzas volantes

P_{cf} Perdas associadas ao combustível nas cinzas de fundo

T_g temperatura gases de combustão à saída da caldeira

T_a temperatura ar de combustão à entrada da caldeira

CO_2 % em volume de CO_2 presente nos gases de combustão

K constante que depende do combustível utilizado (variação de acordo com a Tabela 28)

O valor da constante K, está tabelado para alguns tipos de combustível, na Tabela 28.

Tabela 28 – Valores da constante K para alguns tipos de combustíveis.

Combustível	Valor de K
Carvão Betuminoso	0.66
Gasóleo	0.51
Thick, Thin, Burner, Óleos	0.54
Propano	0.45
Gás Natural	0.39

$K = 0.35$ (depende do combustível - Tabela 28)

$P_{cv} = 0.0$ considera-se que não há perdas de combustível nas cinzas

$P_{cf} = 0.0$ considera-se que não há perdas de combustível nas cinzas

$P_{gc} = 7.81$ %

6.2 Perdas de energia associadas à entalpia do vapor de água nos gases de combustão (P_{H_2O})

$$P_{H_2O} = \frac{(mH_2O + 9H)(210 - 4,2Ta + 2,1Tg)}{P_{ci}} \quad (2)$$

Onde:

$mH_2O = 0.0$ % em peso da humidade no combustível nas condições de queima (variação de acordo com a Tabela 29)

$H = 24.4$ % em peso de hidrogénio no combustível nas condições de queima (variação de acordo com a Tabela 29)

$PCI = 45\ 100$ kJ/kg

$P_{H_2O} = 2.56$ %

Tabela 29 – Valores de percentagem em peso da humidade do combustível e de hidrogénio no combustível para as condições de queima.

Combustível	% de peso de Hidrogénio	% de peso de água
Croque	2.0	2.0
Antracite	3.0	1.0
Carvão Betuminoso	4.0	7.0
Gasóleo	13.0	-
Thick, Thin, Burner, Óleos	11.5	-
Propano	18.2	-
Gás Natural	24.4	-
Trufa	6.4	20.0

Combustível	% de peso de Hidrogénio	% de peso de água
Madeira	6.8	15.0

6.3 Perdas de energia associadas a inqueimados nos gases de combustão (P_{CO})

$$P_{CO} = \frac{K_1 \cdot CO \cdot (1 - 0,1 \cdot (P_{cv} + P_{cf}))}{CO + CO_2} \quad (3)$$

Onde:

$K_1 = 35.5$ Constante que depende do combustível utilizado (variação de acordo com a Tabela 30)

P_{CO} = 0.08 %

O valor da constante K_1 , está tabelado para alguns tipos de combustível, na Tabela 30.

Tabela 30 – Valores da constante K_1 para alguns tipos de combustíveis.

Combustível	Valor de K_1
Carvão Betuminoso	63
Gasóleo	53
Thick, Thin, Burner, Óleos	54
Propano	48
Gás Natural	40

6.4 Perdas por radiação (P_r)

Para estimar as perdas de energia por radiação térmica é necessário conhecer a potência da caldeira para selecionar a percentagem de perdas relativa à capacidade nominal a utilizar nos cálculos. Após saber o valor de potência recorre-se à Tabela 31. No caso presente a caldeira de termofluido é do tipo de tubos de fumo e tem uma potência térmica inferior a 2 MW, pelo que as perdas estimadas são de 2%, quando está a funcionar à sua capacidade nominal.

P_r = 2.0 %

Tabela 31 – Percentagem de perdas à capacidade nominal (considerada máxima) para vários tipos de caldeira.

Tipo de caldeira	Perdas à capacidade nominal (%)
Caldeira aquotubular ou tubos de fumo com capacidade ≥ 5 MW	1.4
Caldeira aquotubular ou tubos de fumo com capacidade entre 2 e 5 MW	1.6

Tipo de caldeira	Perdas à capacidade nominal (%)
Caldeira de tubos de água e de tubos de fumo com capacidade menor a 2 MW	2.0
Caldeiras de refratário, caldeiras de tubos de fumo com topo seco e caldeiras com soleira em refratário	3.0
Caldeiras de água quente em ferro fundido	4.5

6.5 Energia perdida nas purgas (P_p)

Não foram consideradas perdas de energia nas purgas.

$$P_p = 0.0 \%$$

6.6 Equação para o cálculo da eficiência pelo método das perdas

Depois de serem calculadas todas as perdas de energia associadas à caldeira, fez-se o cálculo da eficiência.

$$Eficiência = 100 - \sum \text{de todas as perdas} (\%) \quad (4)$$

$$Eficiência = 100 - (P_{gc} + P_{H_2O} + P_{CO} + P_r + P_p) \quad (5)$$

$$Eficiência = 100 - (7.81 + 2.56 + 0.08 + 2.0 + 0) \quad (6)$$

$$Eficiência = 87.55\% \quad (7)$$

O método das perdas é frequentemente utilizado nas auditorias energéticas tendo a vantagem da simplicidade na sua aplicação. No entanto a incerteza dos resultados é elevada apresentando valores de rendimento habitualmente superiores à realidade. Nomeadamente, o pressuposto de que a caldeira funciona sempre à potência nominal subestima de forma grosseira as perdas por radiação. Na maioria das pequenas empresas industriais as caldeiras funcionam em média a cerca de 1/3 a 2/3 da sua potência nominal. No caso presente se o valor assumido for de 1/2, as perdas passam para o dobro e o rendimento calculado baixa para cerca de 85%.

Seria assim importante aplicar o método direto, fazendo um balanço energético completo à caldeira. Isto implica, para além da medição do caudal de combustível consumido, a monitorização do caudal mássico do termofluido bem como das suas temperaturas à entrada e saída da caldeira.

Sendo que existem duas caldeiras, não foi possível o cálculo do rendimento da caldeira de vapor porque a mesma não estava preparada para realizar a análise aos gases de combustão. Esta situação, inaceitável para uma empresa que pretende aderir ao SGCIE de forma voluntária, deverá ser alterada no futuro próximo dada a relevância deste equipamento nos consumos de energia da empresa.

7 DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA

Neste capítulo são apresentadas as desagregações dos consumos de energia com base nas monitorizações efetuadas e pelo trabalho realizado no campo.

7.1 Desagregação de Consumos de Energia Elétrica

A Tabela 32 apresenta a desagregação dos consumos de energia elétrica da instalação, tendo por base os pressupostos referidos.

Tabela 32 – Desagregação de consumos de energia elétrica.

Designação	Energia Elétrica [kWh]	%
Pastas I (Misturação)	488 488	54%
Pastas II	182 048	20%
Autoclave	34 265	4%
Compressores	34 316	4%
Resistência de Aquecimento do Óleo (Pastas II)	3 212	0.4%
Estufa	4 758	1%
Iluminação Interior	54 300	6%
Iluminação Exterior	9 799	1%
Outros	88 053	10%
Total	899 239	100%

No Gráfico 21 é apresentado os consumos de energia elétrica pelos diversos setores, em termos de percentagem.

Desagregação de consumos de energia elétrica [kWh]

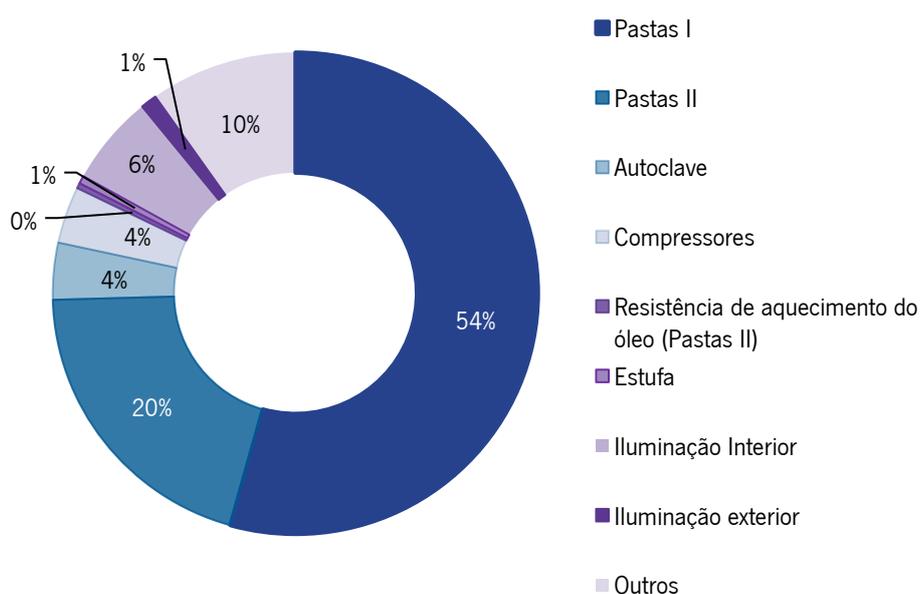


Gráfico 21 – Desagregação de consumos de energia elétrica (kWh).

7.2 Desagregação de Consumos de Gás Natural

A Tabela 33 e o Gráfico 22 apresenta a desagregação dos consumos de gás natural da instalação, tendo por base os pressupostos referidos.

Tabela 33 – Desagregação de consumos de gás natural.

Designação	Gás Natural [ton]	%
Produção de AQS (Banhos)	1.61	2%
Geradores de Calor (Produção)	74.33	98%
Total	75.94	100%

Desagregação de consumos de gás natural [ton]

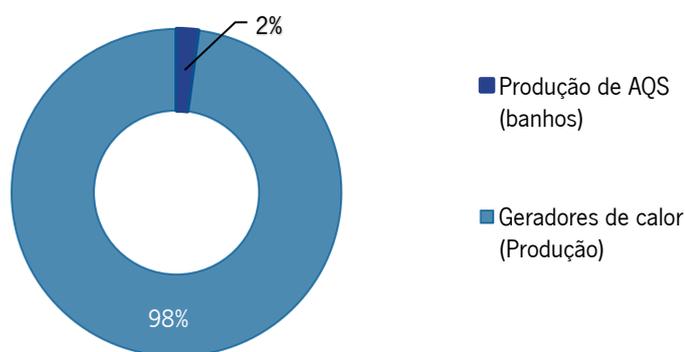


Gráfico 22 – Desagregação de consumos de gás natural (ton).

7.3 Desagregação de Consumos Globais

A Tabela 34 e o Gráfico 23 apresentam a desagregação dos consumos globais da instalação.

Tabela 34 – Desagregação de consumos globais.

Designação	Energia Elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	Total [tep]	%
Pastas I (Misturação)	488 488		105	38%
Pastas II	182 048		39.1	14%
Autoclave	34 265		7.4	3%
Compressores	34 316		7.4	3%
Resistência de Aquecimento do Óleo (Pastas II)	3 212		0.7	0.3%
Estufa	4 758		1	0.4%
Iluminação Interior	54 300		11.7	4%
Iluminação Exterior	9 799		2.1	1%
Produção de AQS (Banhos)		1.61	2	1%
Geradores de Calor (Produção)		74.33	80.1	29%
Outros	88 053		19	7%
Total	899 239	75.94	275.1	100%

Desagregação de consumos globais de energia primária [tep]

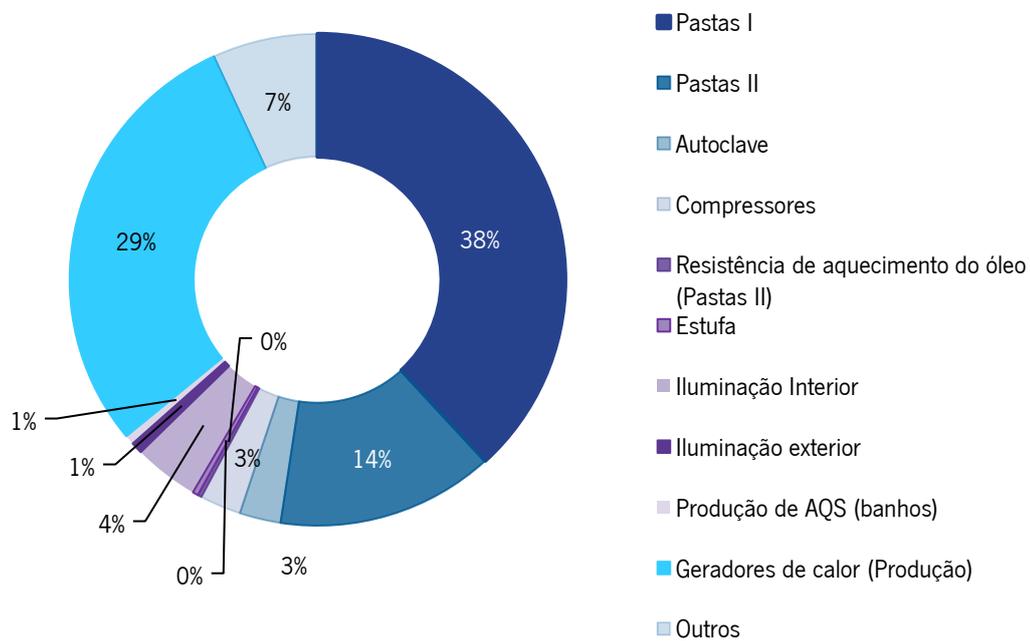


Gráfico 23 – Desagregação de consumos globais.

8 MEDIDAS DE MELHORIA DO FUNCIONAMENTO DA INSTALAÇÃO

No decorrer dos trabalhos de campo foram identificadas situações que carecem de melhoria, cuja implementação que promoverá a eficiência energética da instalação. Estas situações representam um desperdício energético e conseqüente penalização dos custos. As situações que carecem de melhoria são as que se enumeram de seguida:

- Formação e sensibilização do pessoal para a correta utilização de energia;
- Manutenção e identificação das instalações elétricas;
- Manutenção das baterias de condensadores;
- Redução dos consumos de energia fora do período de funcionamento;
- Otimização do sistema de ar comprimido;
- Eliminação da linha de vapor que alimenta a calandra e alterar a localização da calandra.

8.1 Formação e sensibilização do pessoal para a correta utilização de energia

A Utilização Racional de Energia (URE) engloba um conjunto de medidas baseadas em alterações comportamentais que permitem uma melhor utilização dos equipamentos e da energia nos hábitos quotidianos, reduzindo o consumo de energia, satisfazendo as necessidades energéticas e mantendo os níveis de conforto.

A adoção de algumas medidas simples e eficientes, poderão resultar numa redução significativa de custos.

Os consumos de energia estão em grande medida condicionados às ações comportamentais dos utilizadores no dia-a-dia. A sua educação, sensibilização e motivação para contribuir para a poupança e eficiência energética é essencial numa estratégia de redução desta fatura.

A divulgação da cultura de que a contribuição de todos é fundamental deverá passar por campanhas de consciencialização.

A regra base deverá ser a rentabilização máxima possível de qualquer equipamento a ser utilizado, devendo permanecer ligado somente quando está a ser utilizado.

Esta medida não implica a instalação de qualquer equipamento, apenas o custo de formadores externos ou internos.

8.2 Manutenção e identificação das instalações elétricas

No decorrer dos trabalhos de campo foram verificadas situações ao nível dos quadros elétricos que carecem de atenção. Ao nível das designações dos quadros elétricos constatou-se que, em alguns casos, as identificações quer dos quadros quer de circuitos não existem ou estão desatualizadas, podendo causar situações gravosas em caso de urgência.



Figura 24 – Exemplo de circuitos sem identificação.

No que se refere ao interior dos mesmos, a existência de sujidade acumulada nos equipamentos e barramentos elétricos é visível, como se pode observar na Figura 25, situação esta que poderá resultar em acidentes. Deverão ser alvo de limpeza com o objetivo de evitar possíveis acidentes.

Neste sentido, é aconselhável a definição de um plano de manutenção adequada aos quadros elétricos e à instalação existente de forma a mantê-los devidamente atualizados, em bom estado de conservação e de manuseamento.

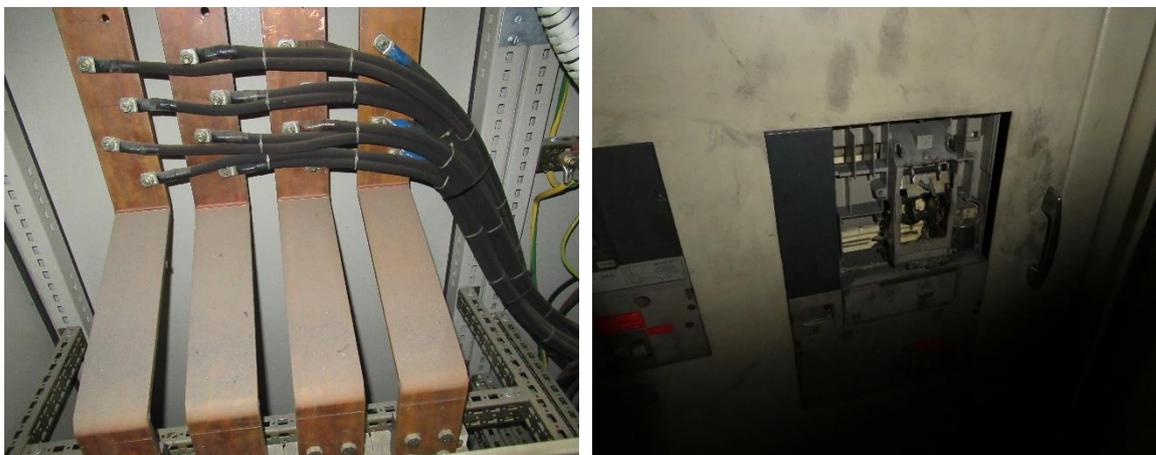


Figura 25 – Sujidade nos quadros elétricos.

8.3 Manutenção das baterias de condensadores

Na análise às faturas referentes ao consumo de eletricidade, verifica-se um consumo de energia reativa nas instalações, o qual se reflete num custo associado.

Esta energia, deve-se ao facto da existência de um baixo fator de potência global que afeta os sistemas de produção e a distribuição de energia nas instalações, sendo necessário proceder à correção e compensação do fator de potência, localmente, na própria instalação consumidora por intermédio de baterias de condensadores.

A presente instalação já se encontra equipada com baterias de condensadores ligadas em paralelo com as cargas indutivas, de modo a proceder a essa mesma correção do fator de potência.

Ao analisar individualmente os ramais de alimentação, diferenciados por dois postos de transformação, verificou-se:

Posto de Transformação 1 (PT1): realiza a compensação através da instalação de baterias de condensadores junto aos quadros parciais de alimentação das cargas, Pastas I e Pastas II, verificando-se os seguintes consumos:

Fornecida em Horas de Vazio:

- Fornecida Horas Vazio – 1 738 kVAh, tendo um custo de 33 €/ano.

Consumida Fora de Vazio:

- Escalão 1 – 11 679 kVAh, tendo um custo de 97 €/ano;
- Escalão 2 – 1 484 kVAh, tendo um custo de 37 €/ano;
- Escalão 3 – 3 007 kVAh, tendo um custo de 227 €/ano.

Tendo um custo anual de energia Reativa nas instalações referentes ao PT1 de 394 €/ano.

Posto de Transformação 2 (PT2): realiza a compensação através da instalação de baterias de condensadores junto ao quadro geral de baixa tensão (QGBT), verificando-se os seguintes consumos:

Fornecida em Horas de Vazio:

- Fornecida Horas Vazio – 5 189 kVAh, tendo um custo de 98 €/ano.

Consumida Fora de Vazio:

- Escalão 1 – 209 kVAh, tendo um custo de 2 €/ano;
- Escalão 2 – 117 kVAh, tendo um custo de 3 €/ano;
- Escalão 3 – 150 kVAh, tendo um custo de 11 €/ano.

Tendo um custo anual de energia reativa nas instalações referentes ao PT2 de 114 €/ano.

Fazendo uma análise global dos consumos de energia reativa, verifica-se que existe um custo quer a nível de consumo fora da hora de vazio, bem como a nível de energia fornecida no período de horas de vazio, referente aos dois PT, na ordem dos 509 €/ano.

Neste sentido, para reduzir/eliminar os custos associados a este tipo de energia propõem-se uma inspeção rigorosa às duas baterias de condensadores existentes nas instalações, salientando que as baterias de condensadores são equipamentos que carecem de manutenções regulares pois os condensadores nelas instaladas são extremamente sensíveis a alterações e descargas momentâneas na rede onde se encontram instaladas e também à variação de temperaturas. Muitas das vezes a falta de manutenção destes equipamentos reduz a sua vida útil drasticamente, colocando-as fora de serviço.

8.4 Redução dos consumos de energia fora do período de funcionamento

Na análise às monitorizações respetivamente ao diagrama de carga dos PT verifica-se a existência de consumos fora do período de funcionamento da instalação e podem ser alvo de otimização sem custo associado.

Estes consumos correspondem a 24 227 kWh/ano e que se traduz num custo associado de 2 835 €/ano.

Esta presente medida vai ao encontro da medida já referida anteriormente (Formação e sensibilização do pessoal para a correta utilização de energia), que tem objetivo minimizar e eliminar grande parte desses consumos nos períodos referidos.

8.5 Otimização do sistema de ar comprimido

O ar comprimido é um dos setores com maiores desperdícios energéticos e um dos principais consumidores de energia na indústria, normalmente é justificado pela existência de diversas fugas ao longo das instalações e da sua indevida utilização.

As fugas podem representar, em média, cerca de 10 a 15% do consumo de ar comprimido, representando estas fugas um custo acrescido de energia, pois o equipamento tem de funcionar durante mais tempo para garantir a quantidade de ar para que a produção que o utilizam possam funcionar adequadamente.

Neste sentido, a rede de tubagens através da qual circula o ar comprimido é um fator importante para evitar perdas de pressão, assim como a redução dos custos.

Recomenda-se, portanto, a realização periódica de vistoria da rede distribuição de ar comprimido, possibilitando assim a deteção e a reparação de fugas.

Verifica-se ainda que o ar comprimido é utilizado nas máquinas de injeção, para a remoção das peças das respetivas matrizes e para limpeza das mesmas. Neste sentido aconselha-se que a sua utilização seja realizada de uma forma mais racional possível, com vista ao menor uso possível. Aconselha-se também a substituição das pistolas utilizadas para pistolas de sopro de ar reduzido, diminuindo efetivamente o consumo de ar comprimido resultando num fluxo de ar forte e preciso com um menor desperdício de ar e conseqüentemente um menor custo.

Também se verificou que é prática comum, a utilização de ar comprimido para a limpeza de pavimento e dos próprios colaboradores da empresa, pelo que, propomos que em alternativa ao ar comprimido sejam utilizados aspiradores elétricos ou mesmo as tradicionais escovas.

8.6 Eliminação da linha de vapor que alimenta a calandra (CAL 02) com alteração da localização da calandra

No decorrer dos trabalhos de campo verifica-se a existência de uma linha de vapor que alimenta a calandra (CAL 02).

A presente medida tem como objetivo eliminar essa linha de vapor e mudar a calandra para junto das outras máquinas nesse mesmo setor produtivo da instalação.

características do isolamento e o comprimento da tubagem, e no final da simulação o programa gera um relatório com as perdas de calor por metro linear de tubagem. Finalmente calculou-se o consumo de energia correspondente ao comprimento da linha de vapor [29].

Este valor da redução tem a ver com a eliminação do comprimento dessa linha de vapor.

9 MEDIDAS DE UTILIZAÇÃO RACIONAL DE ENERGIA (MURE)

Foram ainda estudadas e identificadas as seguintes medidas para redução dos consumos de energia.

As medidas identificadas foram:

- Substituição da iluminação interior e exterior;
- Instalação de um programador digital para iluminação exterior;
- Instalação de um sistema solar fotovoltaico;
- Redução das fugas na rede de ar comprimido;
- Substituição dos acrílicos na cobertura;
- Aplicação de isolamento em tubagens e válvulas não isoladas;
- Substituição da caldeira de AQS;
- Instalação de um sistema de gestão de energia;
- Alteração do programador de apoio à resistência elétrica de aquecimento do óleo.

9.1 Substituição da iluminação interior e exterior

A substituição de iluminação é uma oportunidade de corrigir distorções que são criadas e acumuladas ao longo do tempo de uso e vida de uma instalação, além de atualizar o sistema existente de acordo com as atuais normas, reduzir os custos operacionais, economizar energia e valorizar do edifício.

Aplicado à iluminação, o conceito de *retrofit* significa modernizar o sistema existente, com a devida substituição de equipamentos como lâmpadas, balastros e luminárias por outros com tecnologias mais avançadas e eficientes. É recomendado, principalmente, quando a instalação está obsoleta, apresentando desempenho luminotécnico inadequado e consumo de energia excessivo.

As luminárias instaladas na instalação são do tipo fluorescentes tubulares maioritariamente com lâmpadas com balastros ferromagnéticos e eletrónicos, fluorescentes compactas e de vapor de sódio pelo que do ponto vista tecnológico existem atualmente no mercado soluções com um bom desempenho energético e um baixo consumo de energia.

O *retrofitting* das lâmpadas e luminárias existentes no edifício permitirá a redução da potência instalada de iluminação no edifício através da utilização de luminárias e lâmpadas mais eficientes da tecnologia LED.

A iluminação LED proporciona um baixo consumo energético, beneficiando de uma eficiência muito elevada, o que significa que a sua capacidade luminosa é similar a lâmpadas de outras tecnologias de

consumos incomparavelmente maiores, tornando o LED uma das iluminações mais eficientes do mercado.

Com um arranque imediato a 100% de luminosidade, custos reduzidos de manutenção em função da sua vida útil mais alargada, uma qualidade luminosa maior e mais uniforme, as vantagens do LED são indiscutíveis, proporcionando elevados níveis de conforto e poupança.

Assim, propõe-se a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas LED mais eficientes conforme a Tabela 35:

Tabela 35 – Soluções propostas para *retrofitting* da iluminação [20].

Retrofitting das luminárias e lâmpadas existentes	Quantidades
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 2x58 W por luminárias LED 20 W (exterior)	6
Substituição das luminárias de vapor de sódio de 150 W por luminárias LED de 50 W (exterior)	4
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 2x80 W por luminárias LED 20 W	45
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 4x18 W por luminárias LED 34 W	48
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 2x58 W por luminárias LED 20 W	36
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 2x18 W por luminárias LED 15 W	7
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 2x36 W por luminárias LED 20 W	3
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 36 W por luminárias LED 20 W	5
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 2x49 W por luminárias LED 20 W	12
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 49 W por luminária LED 20 W	1
Substituição de lâmpadas fluorescentes compactas 36 W por lâmpadas LED 16 W	4
Substituição de lâmpadas fluorescentes compactas 18 W por lâmpadas LED 6 W	15
Substituição das luminárias fluorescentes tubulares 8 W por luminárias LED 3 W	4

Na Tabela 36 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 36 – Resumo de implementação da medida de iluminação interior.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO₂/ano]	[€/ano]			
Substituição da iluminação interior	36 912	0.0	7.9	17.3	4 314	13 026 €	3.0	3%

Com a aplicação da presente medida, para a iluminação interior prevê-se uma redução do consumo de energia total de 36 912 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 4 314 € por ano.

O montante de investimento previsto é de 13 026 €, o que se traduz num período de retorno de 3.0 anos.

Na Tabela 37 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de iluminação exterior.

Tabela 37 – Resumo de implementação da medida de iluminação exterior.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Substituição da iluminação exterior	7 434	0.0	1.6	3.5	869	787 €	0.9	1%

E para a iluminação exterior com a aplicação da medida prevê-se uma redução do consumo de energia total de 7 434 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 869 € por ano. O montante de investimento previsto é de 787 €, o que se traduz num período de retorno de 0.9 anos.

9.1.1 Instalação de um programador horário astronómico digital para iluminação exterior

Dada as características do edifício, verifica-se um potencial de otimização dos recursos de iluminação artificial na zona exterior. Uma forma de potenciar poupanças associadas às horas de funcionamento da iluminação dos espaços exteriores, passa pela substituição do relógio analógico existente por um programador horário astronómico digital.

Este programador, tem como a capacidade gerenciar a iluminação exterior de uma forma otimizada, em função ao nascer do sol e da hora que o mesmo se põe, dependendo da hora e da sua localização geográfica recorrendo.

Assim sendo, propõe-se a substituição do relógio digital por um programador horário astronómico, como se identifica na Figura 28.



Figura 28 – Programador horário astronómico digital [21].

Será de salientar as seguintes considerações:

- Não existe a necessidade de passagem de cabos para a implementação da medida apresentada, dado que o programador proposto será instalado na substituição do relógio existente no quadro elétrico.

Na Tabela 38 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 38 – Resumo de implementação da medida de instalação de um programador digital para iluminação exterior.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Instalação de programador digital para iluminação exterior	788	0.0	0.2	0.4	92	93	1.0	0%

Com a aplicação da presente medida, para a iluminação exterior prevê-se uma redução do consumo de energia total de 788 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 92 € por ano.

O montante de investimento previsto é de 93 €, o que se traduz num período de retorno de 1.0 ano.

9.2 Instalação de um sistema solar fotovoltaico

As tecnologias fotovoltaicas permitem transformar diretamente a radiação solar em energia elétrica.

As células fotovoltaicas, que formam o painel fotovoltaico, são constituídas por duas camadas, uma negativa (com excesso de eletrões) e outra positiva (com falta de eletrões que migraram para a zona negativa), de materiais semicondutores, sendo o mais comum destes materiais o silício. Ao incidir nas células fotovoltaicas, a radiação solar provoca a interação entre os eletrões gerando eletricidade. Quanto maior for a intensidade do sol maior será o fluxo de eletricidade.

Um sistema fotovoltaico é essencialmente constituído por um campo solar e um inversor. O campo solar é responsável pela produção de eletricidade em corrente contínua. Ao passar pelo inversor a eletricidade passa a corrente alternada, ficando assim disponível para a utilização na instalação elétrica do edifício.

As vantagens e benefícios que advêm da utilização de um sistema solar fotovoltaico são:

- A energia solar fotovoltaica permite produzir e consumir localmente energia elétrica;
- Tem um elevado potencial de integração nos edifícios, como elemento constituinte da cobertura ou fachada;
- O tempo de recuperação do investimento de um sistema fotovoltaico varia, dependendo do tipo de instalação, orientação, inclinação, manutenção do sistema e tarifário de energia em vigor.



Figura 29 – Exemplificação de um sistema fotovoltaico (Fonte: ADENE).

O Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro, veio estabelecer o regime jurídico aplicável à produção de energia elétrica destinada ao autoconsumo, com ou sem ligação à rede elétrica pública, baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis. Nessa medida, foi avaliada a viabilidade técnica e económica da implementação de uma unidade de produção de energia elétrica para autoconsumo nas instalações do edifício em estudo.

O autoconsumo fotovoltaico pode então tornar-se um investimento válido para produzir a energia produzida necessária para as necessidades da empresa, nomeadamente nas horas de ponta e cheias em que a energia é mais cara e em que coincide com o período do dia em que a energia solar melhor pode ser aproveitada. O excedente embora seja vendido à rede a preço de mercado permite evitar desperdícios possibilitando em algum retorno financeiro [27].

Assim sendo, o modelo ideal para a implementação de uma UPAC será com ligação na rede, sendo que a energia consumida na instalação elétrica é obtida, preferencialmente, a partir da produção local, ou seja, autoconsumida. Quando a produção de energia local não é suficiente de modo a fazer face ao consumo, o défice de energia existente é colmatado através da rede elétrica. A energia excedente é injetada na rede elétrica e deve respeitar algumas condições, nomeadamente ao nível da potência injetada e nível de tensão. Por fim, os fluxos de energia são medidos, separadamente, através de um contador bidirecional e posteriormente tarifados de acordo com o Decreto-Lei n.º 153/2014. Este modelo de autoconsumo pode tratar-se de um sistema sem acumulação de energia ou com acumulação de energia. Embora possibilite a utilização da energia excedente, um sistema com acumulação prevê um investimento inicial superior devido à necessidade de baterias e de um sistema de controlo de carga [27].

Neste sentido será realizada uma análise de viabilidade energética e económica para a instalação de um sistema fotovoltaico, que neste caso específico a opção mais vantajosa é a de produção descentralizada de energia elétrica para autoconsumo, ou seja, produção de energia (de fonte renovável ou não renovável) pela unidade de produção, com ou sem ligação à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), com injeção da energia preferencialmente na instalação de consumo. Eventuais excedentes de produção instantânea, podem ser injetados na RESP quando existentes.

Para o estudo efetuado, considerou-se que a central fotovoltaica ficaria localizada na cobertura do edifício (preenchido a azul) conforme representado na Figura 30, podendo caso necessário ser consideradas outras localizações para o efeito.

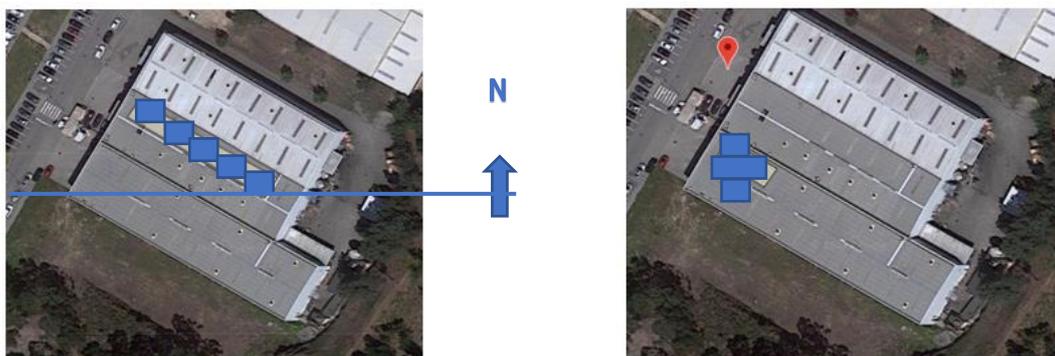


Figura 30 – Área considerada para a implantação de painéis.

Para o estudo técnico, de modo a evitar um sobredimensionamento do sistema fotovoltaico, relativamente ao consumo de energia elétrica da instalação, analisou-se o perfil de carga mensal da instalação, bem como quais as necessidades energéticas da empresa.

Para o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para autoconsumo sem acumulação de energia adaptado às necessidades da empresa, foi utilizado o programa SCE.ER que funciona sobre a plataforma Microsoft Excel fornecida pela DGEG, onde definiu-se tipo de painel fotovoltaico a utilizar, a quantidade dos painéis e a sua orientação.

Assim, com base no estudo efetuado, a potência estimada teve em consideração a produção estimada de energia elétrica para o local, a partir do sistema fotovoltaico e as necessidades de consumo de energia elétrica da instalação, de forma a diminuir o Período de Retorno Simples (PRS) do investimento inicial.

Como já referido anteriormente, a presente instalação possui dois contadores de energia associados à mesma instalação divididos em dois PT distintos, sendo assim propõem-se a instalação de dois sistemas fotovoltaicos destinados a autoconsumo, apresentando-se deste modo como equipamento de referência 200 módulos fotovoltaicos de silício policristalino para o PT1 e 60 módulos fotovoltaicos de silício policristalino para o PT2, da marca e modelo AXITEC 340p de 340Wp, 60 células com tolerância positiva 0/+5W, com azimute 0° (Sul) e inclinação de 35°. Certificado ISO – IEC.

A Tabela 39 resume o impacto da medida no que se refere a poupanças e investimentos associados:

Tabela 39 – Resumo de implementação da medida de instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo para o PT1.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo - PT1	86 240	0.0	18.5	40.5	10 078	70 000 €	6.9	7%

Sumário

Instalação em Zona Industrial (Santo Tirso)				energia solar incidente:	604 538 kWh/ano
337.5 m ² de módulos Axitec 340p				produção fotovoltaica potencial (DC):	115 960 kWh/ano
montagem fixa				perdas de sistema (DC):	-3 116 kWh/ano
com inclinação 35° e orientação 0°.				perdas e consumos parasíticos (AC):	-3 933 kWh/ano
Potência: 68.1 kW (nominal)				produção (AC):	105 527 kWh/ano
				autoconsumo (AC):	86 240 kWh/ano

Com a aplicação da presente medida para o PT1, prevê-se uma redução do consumo de energia total de 86 240 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 10 078 € por ano considerando custo da energia elétrica de 0.117 €/kWh.

A redução das emissões de CO₂ com a implementação desta medida, são de 40.5 tCO₂/ano.

O montante de investimento previsto é de 70 000 €, o que se traduz num período de retorno de 6.9 anos.

Na Tabela 40 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 40 – Resumo de implementação da medida de instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo para o PT2.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo - PT2	23 977	0.0	5.2	11.3	2 802	21 000	7.5	2%

Sumário

Instalação em Zona Industrial (Santo Tirso)				energia solar incidente:	181 362 kWh/ano
101.2 m ² de módulos Axitec 340p				produção fotovoltaica potencial (DC):	34 788 kWh/ano
montagem fixa				perdas de sistema (DC):	-935 kWh/ano
com inclinação 35° e orientação 0°.				perdas e consumos parasíticos (AC):	-1 180 kWh/ano
Potência: 20.4 kW (nominal)				produção (AC):	31 658 kWh/ano
				autoconsumo (AC):	23 977 kWh/ano

Com a aplicação da presente medida para o PT2, prevê-se uma redução do consumo de energia total de 23 977 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 2 802 € por ano considerando custo da energia elétrica de 0.117 €/kWh.

A redução das emissões de CO₂ com a implementação desta medida, são de 11.3 tCO₂/ano.

O montante de investimento previsto é de 21 000 €, o que se traduz num período de retorno de 7.5 anos.

Relativamente à legislação em vigor sobre as UPAC (Unidades de Produção para Autoconsumo) apresenta-se de seguida duas tabelas resumo [24].

Tabela 41 – Principais condições para as UPAC [24].

	< 200 W	200 – 1500 W	1.5 kW – 1 MW	> 1 MW	Sistema Isolado
Condições de registo	NA	Comunicação prévia (SRUP)	Comunicação prévia e certificado de exploração (SRUP)	Licença de exploração	Comunicação prévia (SRUP)
Taxas de Registo	NA	Isento	Depende da potência a instalar	Depende do respetivo regime	Isento
Telecontagem	NA	NA	Contador com telecontagem (ligada à RESP)	Contador com telecontagem (ligada à RESP)	NA
Remuneração sobre o excedente de produção	Apenas se existir registo da UPAC	Apenas se existir registo da UPAC	Remuneração feita pelo CUR	A definir com outrem	NA
Compensação – CIEG	Isento	Isento	Sim (depende da potência instalada no SEN)	Sim (depende da potência instalada no SEN)	NA
Seguro de Resp. Civil	NA	NA	Obrigatório	Obrigatório	NA

Tabela 42 – Taxas de registo [24].

	Com venda à RESP do excedente	Sem Venda à RESP do excedente
Até 1.5 kW	30 €	Isento
1.5 kW a 5kW	100 €	70 €
5 kW a 100 kW	250 €	175 €
100 a 250 kW	500 €	300 €
250 kW a 1 MW	750 €	500 €

9.3 Redução das fugas na rede de ar comprimido

No decorrer dos trabalhos de campo foi possível verificar a existência de diversas fugas de ar comprimido pela instalação fabril, representando estas fugas um custo acrescido de energia, pois o equipamento tem de funcionar durante mais tempo para garantir a quantidade de ar para que as máquinas que o utilizam possam funcionar adequadamente. Neste sentido a condução do ar comprimido é um fator importante para evitar perdas de pressão, assim como redução dos custos.

Note-se que apesar de existir um procedimento de desligar o compressor de ar comprimido após o período de funcionamento da instalação, as fugas permanecem e representam um acréscimo de consumo.

O compressor funciona dentro do horário de funcionamento da fábrica, sendo desligado fora desse período. Contudo, para avaliar as perdas de ar comprimido na rede, o compressor foi mantido em funcionamento durante todas as horas do período de monitorização.

Por forma a analisar as fugas existentes na rede de ar comprimido, foi realizada uma campanha de monitorizações no período de fim de semana nos dias 01/05/2021 a 02/05/2021, período este em que a produção se encontra parada, no gráfico abaixo temos as potências representativas desse período.

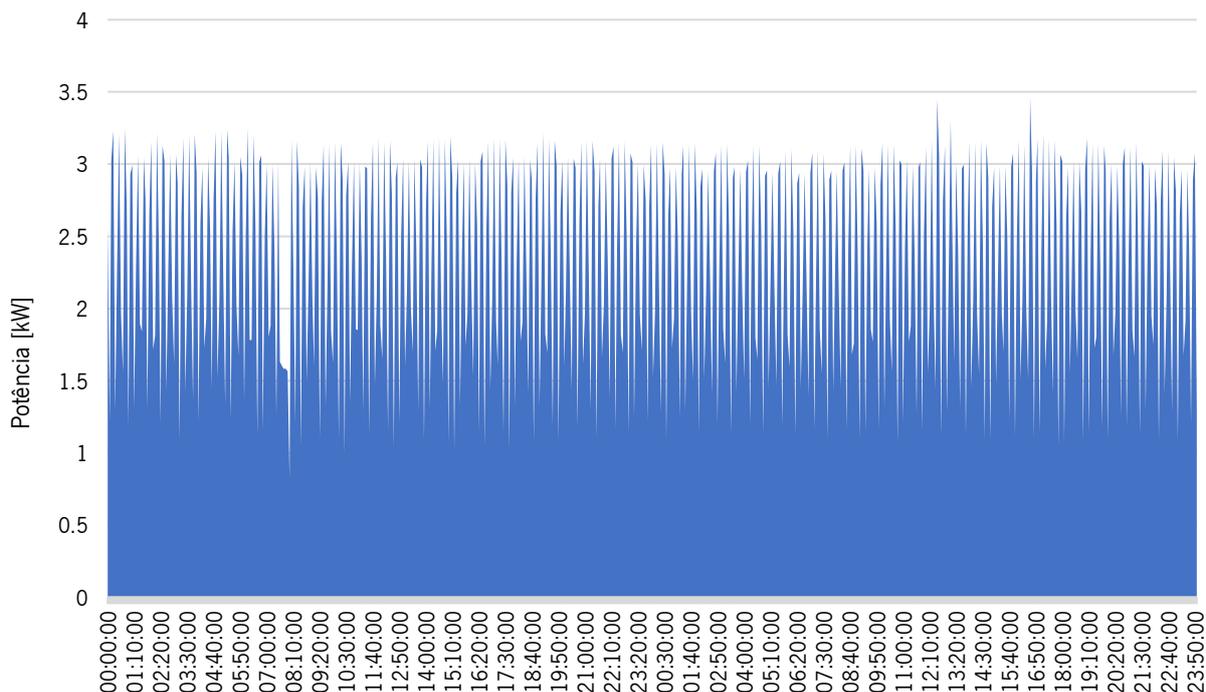


Gráfico 24 – Diagrama de Carga em vazio dos Compressores.

Da análise do Gráfico 24 pode verificar-se o seguinte:

- Durante o período de não funcionamento do compressor, este apresentou uma potência absorvida média de 2.3 kW.
- Tendo em conta o seu normal funcionamento (24 h/dia; 5 dias/semana), estima-se que o consumo associado a fugas será de aproximadamente 14 398 kWh/ano, correspondendo a uma percentagem de fugas de 41.4 % o que corresponde a um custo anual estimado de 1 685 €/ano.

Como medida propõem-se a reparação da totalidade das fugas de ar comprimido existentes (assume-se que a instalação possuirá uma percentagem de fugas de 10%).

A título de exemplo são apresentados pontos onde foram identificadas fugas de ar comprimido.

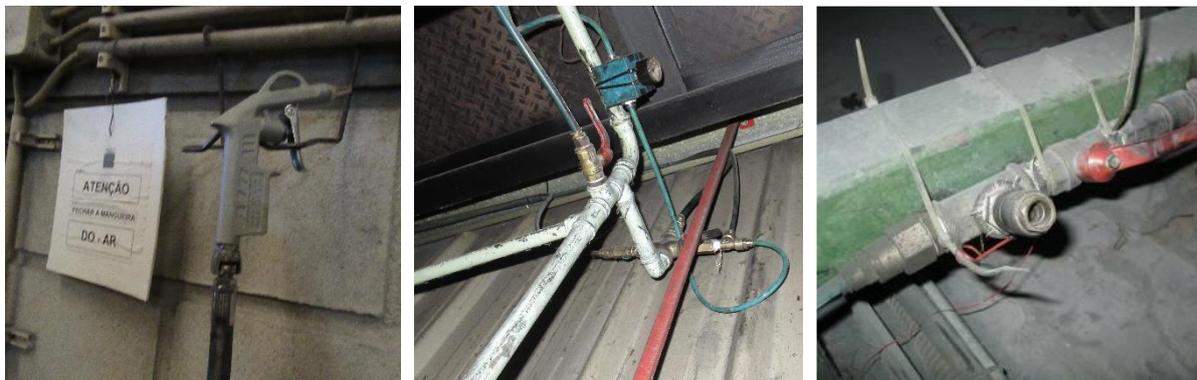


Figura 31 – Fugas identificadas na rede de ar comprimido.

Na Tabela 43 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 43 – Resumo de implementação da medida de redução das fugas na rede de ar comprimido.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Redução de fugas na rede de ar comprimido	10 916	0.0	2.3	5.1	1 276	0 €	0.0	1%

Com a aplicação da presente medida prevê-se uma redução do consumo de energia total de 10 916 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 1 276 €/ano considerando custo da energia elétrica de 0.117 €/kWh.

9.4 Substituição dos acrílicos na cobertura

Aquando da visita da equipa auditora, a instalação possui na cobertura painéis acrílicos transparentes que potenciam a utilização da iluminação natural. Os painéis atuais já apresentam algum desgaste, dado a incidência solar, o que alterou a sua cor. Assim, propõe-se a substituição dos painéis atuais por painéis novos, para potenciar a utilização de luz natural e, por conseguinte, a redução da utilização da luz artificial nestas zonas da instalação.

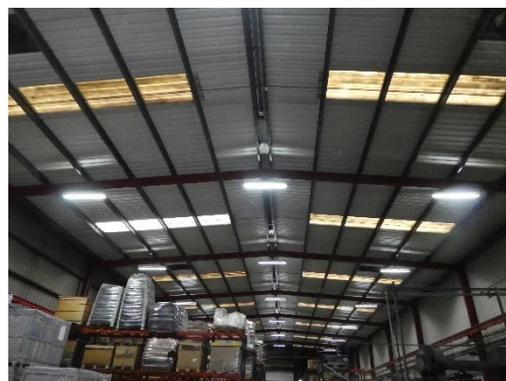


Figura 32 – Exemplo dos painéis acrílicos na cobertura existentes na instalação.

Na Tabela 44 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 44 – Resumo de implementação da medida de substituição dos acrílicos.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Substituição dos acrílicos na cobertura	20 339	0.0	4.4	9.6	2 377	7 560 €	3.2	2%

Com a aplicação da presente medida prevê-se uma redução do consumo de energia total de 20 339 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 2 377 €/ano considerando custo da energia elétrica de 0.117 €/kWh.

O montante de investimento previsto é de 7 560 €, o que se traduz num período de retorno de 3.2 anos.

9.5 Aplicação de isolamento em tubagens e válvulas não isoladas

Embora que alguns troços da rede de distribuição de vapor e termofluido se encontre isolada, verifica-se que, existem vários troços de tubagens e válvulas que não dispõem de qualquer isolamento e que representam um acréscimo de consumo de energia na produção de energia térmica.

Considerando a temperatura de funcionamento da caldeira de termofluido (230°C) e a temperatura da caldeira de vapor (160°C), obtêm-se as seguintes perdas de calor na Tabela 45:

Tabela 45 – Elementos identificados e suas respectivas perdas de calor.

Dimensão	Quantidades	Perdas de calor (W/m) [sem isolamento]	Perdas de calor (W/m) [com isolamento]	Espessura de isolamento [mm]
Válvula de castelo: DN 60	1	1129.3	77.5	50
Válvulas de castelo: DN 40	6	734.7	66.2	40
Válvulas de castelo: DN 65	4	1129.3	77.5	50
Válvulas de castelo: DN 50	4	906.2	76.4	40
Válvulas de castelo: DN 32	6	649.5	61.1	40
Válvulas de castelo: DN 25	8	522.9	53.4	40
Válvula 3 vias: DN 65	1	1129.3	77.5	50
Válvula 3 vias: DN 32	1	649.5	61.1	40
Válvula 3 vias: Filtro DN 32	1	649.5	61.1	40
Tubagem DN 60	90 m	674.3	47.4	50

A presente situação representa elevados desperdícios de energia tendo implicação direta nos custos de energia térmica.

Desta forma propõe-se a aplicação de isolamento nas tubagens e válvulas de modo a minimizar as perdas térmicas pelos presentes elementos.

A título de exemplo são apresentados alguns pontos onde foram identificados os troços sem isolamento.

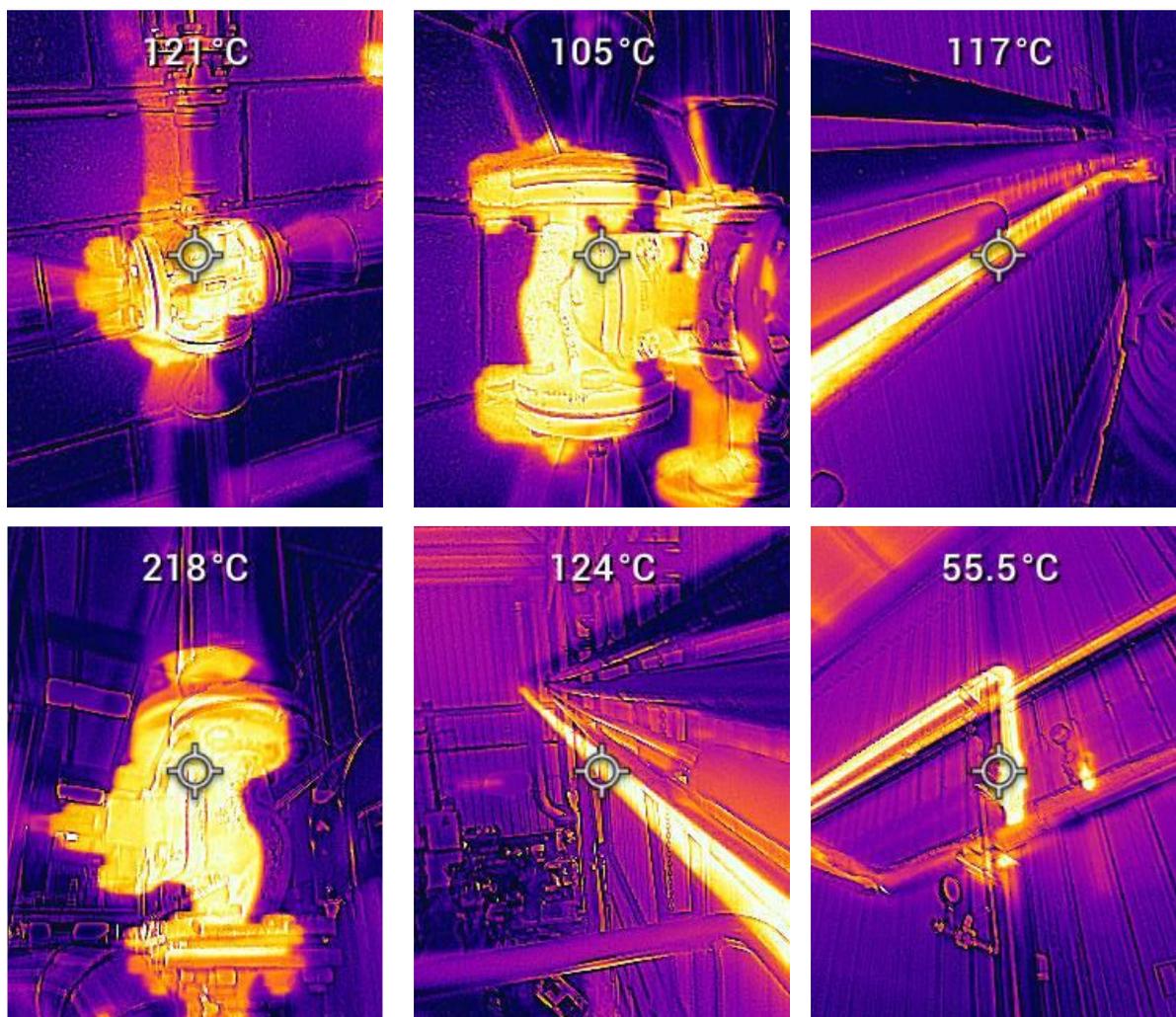


Figura 33 – Imagens termográfica de troços de tubagem e válvulas não isoladas.

Na Tabela 46 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 46 – Resumo de implementação da medida de aplicação de isolamentos em tubagens e válvulas não isoladas.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Aplicação de isolamentos em tubagens e válvulas não isoladas	0.0	14.54	15.7	42.0	6 703	2 500 €	0.4	6%

Com a aplicação da presente medida prevê-se uma redução do consumo de energia total de 14.54 ton/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 6 703 € por ano.

O montante de investimento previsto é de 2 500 €, o que se traduz num período de retorno de 0.4 anos.

9.6 Substituição da caldeira de AQS

Com vista a otimizar os consumos anuais de gás natural, propõe-se a substituição da caldeira atualmente instalada por uma caldeira de condensação de AQS.

Deste modo apresenta-se como equipamento de referência a caldeira WOLF CGB-35 com uma potência térmica de aquecimento total de 33 kW e uma eficiência de 97% para a substituição da caldeira existente da VULCANO modelo EHR 350 P PT+T0 com uma potência térmica de aquecimento total de 39.1 kW e uma eficiência de 88% [22].

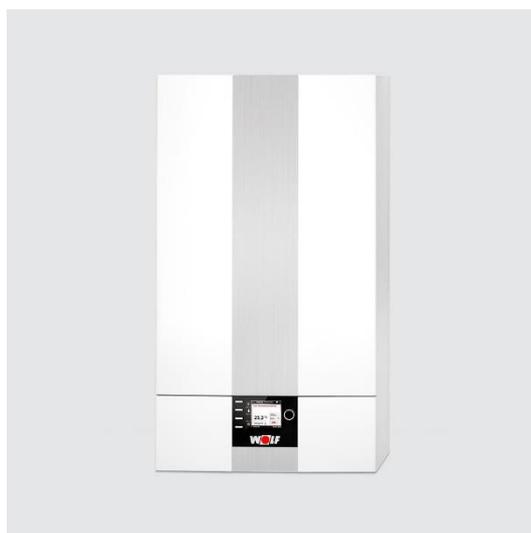


Figura 34 – Exemplo da caldeira de condensação [22].

Na Tabela 47 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 47 – Resumo de implementação da medida de substituição da caldeira de AQS.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Substituição da caldeira de AQS	0.0	0.25	0.3	0.7	115	2 785 €	24.2	0%

Com a aplicação da presente medida prevê-se uma redução do consumo de energia total de 0.3 tep/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 115 €/ano.

A redução das emissões de CO₂ com a implementação da medida, são de 0.7 tCO₂/ano.

O montante de investimento previsto é de 2 785 €, o que se traduz num período de retorno de 24.2 anos.

Sendo que o período de retorno é muito elevado, avançou-se com esta medida visto que a caldeira existente se encontra em fim de vida e também foi uma medida sugerida pela própria empresa.

9.7 Instalação de um sistema de gestão de energia (SGE)

Atualmente na instalação, não existe qualquer sistema que permita a monitorização e contabilização da gestão dos consumos de energia. Deste modo não existem recursos para a aquisição de dados de consumos de energia que permitam uma adequada avaliação da sua evolução ao longo do tempo.

Após a análise realizada aos consumos de energia e às medidas de racionalização encontradas, conclui-se que a gestão dos consumos energéticos poderá ser beneficiada com o auxílio de ferramentas adequadas, possibilitando uma gestão de energia eficiente dos equipamentos existentes e resultando na redução dos custos energéticos acrescidos. Dadas as características da instalação, uma gestão eficiente dos sistemas existentes contribuirá para identificar oportunidades de racionalização do consumo de energia. Isto passa pela introdução de um sistema de monitorização e contagem dos consumos de energia, assim como designar um Gestor de Energia.

Dada a dimensão da instalação, a quantidade de dados que é necessário recolher e analisar no âmbito da contabilidade energética pode ser considerada baixa, tendo por objetivo principal a monitorização de consumos e de parâmetros necessários ao funcionamento dos diversos sistemas instalados e à contabilidade energética e por outro lado o controlo dos sistemas no sentido de otimizar o seu funcionamento, reduzindo consumos de energia e conseqüentemente os encargos associados.

A monitorização dos consumos de energia por sector ou equipamento deverá abranger:

- Sistema de produção de vapor:
 - 2 contadores de vapor;
 - 1 contador de gás natural;
 - 1 contador de água.
- Sistema de aquecimento de termofluido:
 - 2 contadores de vapor;
 - 1 contador de gás natural.
- Analisadores de energia elétrica para os setores:
 - Pastas I;
 - Pastas II;
 - Caldeiras;
 - Compressores;
 - Geral revestimentos;
 - Revestimentos Elétricos I;
 - Revestimentos Elétricos II;

- Misturadora;
- Máquina de extrusão;
- Equipamentos diversos.

Com a informação obtida será possível:

- Obter consumos que permitam determinar tendências que possam servir de base ao estabelecimento de um primeiro sistema de contabilização energética;
- Elaborar relatórios anuais, mensais, semanais e diários se necessário. Poderão ser elaborados relatórios com diferentes formatos, para responder a interesses da área da contabilidade, da gestão de energia, da manutenção, ou outro:
 - Conhecer o consumo dos setores mais importantes e estabelecer prioridades de intervenção e de implementação de medidas de racionalização;
 - Avaliar e quantificar o impacto de medidas de racionalização que vão sendo introduzidas, comparando os resultados com os objetivos iniciais das medidas;
 - Identificar situações de funcionamento anormal (consumos anormais, consumos em períodos de não funcionamento, etc.).

A medida proposta centra-se na instalação de um sistema de monitorização e contabilização dos consumos de energia aqui designado por Sistema de Gestão de Energia (SGE).

Para efeitos de estimativa de poupanças de energia considerou-se uma redução de 2% do consumo global da instalação. Esta poupança poderá ser significativamente superior se houver acompanhamento por parte de um Gestor de Energia.

Na Tabela 48 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 48 – Resumo de implementação do Sistema de Gestão de Energia (SGE).

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Sistema de gestão dos consumos de energia	17 985	2.0	5.5	12.8	2 802	9 781 €	3.5	2%

9.8 Alteração do programador de apoio à resistência elétrica de aquecimento do óleo

Na análise às monitorizações respetivamente ao diagrama de carga referentes a Pastas II verifica-se a existência de um consumo de energia nos dias de fim de semana compreendidas entre as 5h:00 até as 10h:30 e as 13h:30 até 15h:30.

Este consumo é referente a uma resistência elétrica que tem como finalidade aquecer o óleo para garantir a sua viscosidade.

Com o objetivo de eliminar este consumo no período de fim de semana, propõe-se a alteração do programador horário analógico semanal existente para um programador digital diário, o qual permitirá fazer uma gestão diária do funcionamento da resistência.



Figura 35 – Programador horário digital diário [23].

Na Tabela 49 apresentam-se os pressupostos considerados na medida de melhoria apresentada.

Tabela 49 – Resumo de implementação da medida de alteração o programador de apoio à resistência elétrica.

Medida de URE	Redução anual do consumo					Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [ton]	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Alteração do programador horário analógico semanal para digital diário de apoio à resistência elétrica	666	0.0	0.1	0.3	78	70 €	0.9	0%

Com a aplicação da presente medida prevê-se uma redução do consumo de energia total de 666 kWh/ano o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 78 €/ano considerando o custo da energia elétrica de 0.117 €/kWh.

O montante de investimento previsto é de 70 €, o que se traduz num período de retorno de 0.9 anos.

9.9 Quadro resumo com as Medidas de Utilização Racional de Energia (MURE)

A Tabela 50 resume as medidas de racionalização dos consumos de energia identificados no decurso da auditoria energética.

Tabela 50 – Quadro resumo com as Medidas de Utilização Racional de Energia (MURE).

Medida de URE	Redução anual do consumo			Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total [tep]
	[tep/ano]	[tCO ₂ /ano]	[€/ano]			
Substituição da iluminação interior	7.9	17.3	4 314	13 026	3.0	3%
Substituição da iluminação exterior	1.6	3.5	869	787	0.9	1%
Instalação de um programador horário astronómico digital para iluminação exterior	0.2	0.4	92	93	1.0	0%
Instalação de sistema solar fotovoltaico - PT1	18.5	40.5	10 078	70 000	6.9	7%
Instalação de sistema solar fotovoltaico - PT2	5.2	11.3	2 802	21 000	7.5	2%
Redução de fugas na rede de ar comprimido	2.3	5.1	1 276	0.0	0.0	1%
Substituição dos acrílicos na cobertura	4.4	9.6	2 377	7 560	3.2	2%
Aplicação de isolamentos em tubagens e válvulas não isoladas	15.7	42.0	6 703	2 500	0.4	6%
Substituição da caldeira de AQS	0.3	0.7	115	2 785	24.2	0%
Sistema de gestão dos consumos de energia	5.5	12.8	2 802	9 781	3.5	2%
Alteração do programador horário analógico semanal para digital diário de apoio à resistência elétrica	0.1	0.3	78	70	0.9	0%
Total	61.7	143.6	31 505	127 602	4.1	22%

A implementação das sugestões de Medidas de Eficiência Energética proposto permitirá uma redução dos consumos totais de energia em cerca de **61.7 tep**, representando uma diminuição do consumo total de energia atual, originando uma redução anual de custos da ordem dos **31 505 €** na sua fatura energética.

10 CONCLUSÕES

Existe atualmente um enquadramento legal para as indústrias CIE, que estabelece metas de eficiência energética e a obrigatoriedade de realizarem auditorias periódicas, caso o seu consumo seja superior a 500 tep por ano.

Como foi demonstrado, no presente trabalho, é possível otimizar os consumos energéticos mesmo em unidades industriais com consumo inferior ao previsto na legislação. A indústria auditada apresenta consumos de 275.1 tep por ano.

Para a realização deste trabalho, foi efetuado o levantamento das condições de utilização da energia com vista à deteção de oportunidades de racionalização de consumos, através de medidas de intervenção executáveis e economicamente viáveis em concordância com a dimensão e natureza da empresa que utiliza a instalação, tendo-se realizado as seguintes tarefas:

- caracterização dos consumos de energia elétrica, através da análise de faturação relativa ao ano de 2020;
- levantamento das características dos equipamentos recetores de energia elétrica, desagregando a sua contribuição para o consumo;
- monitorização dos quadros elétricos considerados significativos, com o objetivo de interpretar os comportamentos em termos de consumo de energia elétrica;
- determinação dos Indicadores de Eficiência Energética, IEE;
- identificação de oportunidades de racionalização de consumos, com e sem investimento.

Relativamente ao consumo energético da instalação, com base na faturação de energia relativamente ao ano de 2020, esta apresentou um consumo de 899 MWh de energia elétrica e 76 toneladas de gás natural.

Após a desagregação de consumos, verificou-se que o setor das pastas e os geradores de calor (caldeira de termofluido e de vapor) apresentam uma maior percentagem de consumos e considerando que o período de monitorização coincidiu com uma época em que o funcionamento da instalação manteve a normalidade.

A auditoria energética realizada à presente instalação permitiu identificar medidas de melhoria para a redução dos consumos de energia da instalação.

Da abordagem à iluminação conclui-se que a proposta de iluminação se baseou na remodelação das fontes de luz artificiais, e sua substituição por sistemas de iluminação LED. Verificou-se ainda que existe

um aproveitamento da luz natural nas naves de fabrico da instalação onde existem painéis de acrílicos transparentes, tendo-se constatado uma forte dependência da iluminação artificial devido a alguma sujidade nestes painéis e desta forma, aconselha-se a sua renovação, fazendo-se assim um maior aproveitamento da luz natural. A substituição da atual iluminação por sistemas de iluminação LED representa um investimento de cerca de 13 800 €, o qual permitirá uma redução anual nos custos que ronda os 5 200 €.

Com o aumento significativo das tarifas energéticas e com a previsão do seu agravamento nos próximos anos, está-se a consolidar a paridade da rede em Portugal, ou seja, caminha-se para um ponto em que os custos da eletricidade produzida através da tecnologia fotovoltaica são inferiores ao custo médio da energia elétrica adquirida aos comercializadores. Desta forma, o autoconsumo torna-se um investimento apetecível do ponto de vista do consumidor, que vê na produção de energia com recurso a fontes renováveis uma forma de diminuir os seus custos energéticos.

Neste âmbito, estudou-se a possibilidade da instalação de duas unidades UPAC cada um ligado a um posto de transformador visto que temos dois PT distintos. Com o auxílio do programa SCE.ER que funciona sobre a plataforma Microsoft Excel fornecida pela DGEG foram feitas as simulações. A partir da simulação do sistema verifica-se que o *payback* é atingido em 7 anos. A instalação desses dois sistemas fotovoltaicos representa um investimento de 91 000 €, o qual se traduzirá numa diminuição anual da despesa de cerca de 13 000 €. Assim, verifica-se a viabilidade e rentabilidade do projeto.

O ar comprimido é um dos setores mais submissos a desperdícios energéticos e um dos principais consumidores de energia nas indústrias, como tal foi feita uma análise à central de ar comprimido. Deste modo, detetaram-se fugas de ar pelo que se reforça o interesse da empresa a formar e a sensibilizar os funcionários para a importância da eficiência energética e da redução de consumos nos dias de hoje.

Também se estudou a possibilidade da instalação de um sistema de gestão de energia (SGE) onde permite monitorizar, avaliar e gerir o consumo energético da instalação. A utilização adequada do SGE poderá ainda acentuar a redução da fatura elétrica através da redução de picos e desvio de consumos.

As medidas apresentadas representam uma redução anual no consumo até 61.7 tep, o que se traduz numa diminuição de 22%. Estima-se uma redução até 31 505 € o que associado a um investimento de 127 602 €, calcula-se um período de retorno de 4.1 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LSE – The London School of Economics and Political Science, “The Economics of Climate Change: The Stern Review”, 2006. [Online].

Available: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/the-economics-of-climate-change-the-stern-review/>. [Accessed: 10-Feb-2021].

[2] DGEg – Direção Geral de Energia e Geologia, “Energia em Portugal entre 2009-2018”, 2020.

[Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/0pzpcyvz/energia-em-portugal-principais-numeros-2009-2018.pdf>. [Accessed: 10-Feb-2021].

[3] ADENE – Agência para a Energia, “Energia em Números, Edição 2020”. [Online]. Available:

<https://www.dgeg.gov.pt/media/43zf5nvd/energia-em-numeros-edicao-2020.pdf>. [Accessed: 10-Feb-2021].

[4] Conselho das Comunidades Europeias, “Recomendação do Conselho - Incentivo aos Investimentos no Domínio da Utilização Racional da Energia,” J. Of. das Comunidades Eur., vol. 4, no. 12, pp. 68–70, 1982.

[5] União Europeia, “Europa.eu - Energia”. [Online]. Available: https://europa.eu/european-union/topics/energy_pt. [Accessed: 17-Feb-2021].

[6] ENE – Estratégia Nacional de Energia, “Objetivos da ENE”. [Online]. Available:

<https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/lc/114291592/201902272013/73496155/diplomaPagination/diploma/1>. [Accessed: 17-Feb-2021].

[7] Ministério dos Negócios Estrangeiros, “Decreto-Lei nº58/82 - Normas Sobre Gestão de Energia,” Diário da República, vol. 47, no. I Série, pp. 423–424, 1986.

[8] Presidência do Conselho de Ministros, “Resolução do Conselho de Ministros nº80/2008 - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética - Portugal Eficiência 2015”, Diário da República, vol. 1ª série, no. No 97, pp. 2824–2865, 2008.

[9] Presidência do Conselho de Ministros, “Resolução do Conselho de Ministros nº20/2013 - PNAEE 2016 e PNAER 2020”, Diário da República, vol. 1ª série, nº. 70, pp. 2022–2091, 2013.

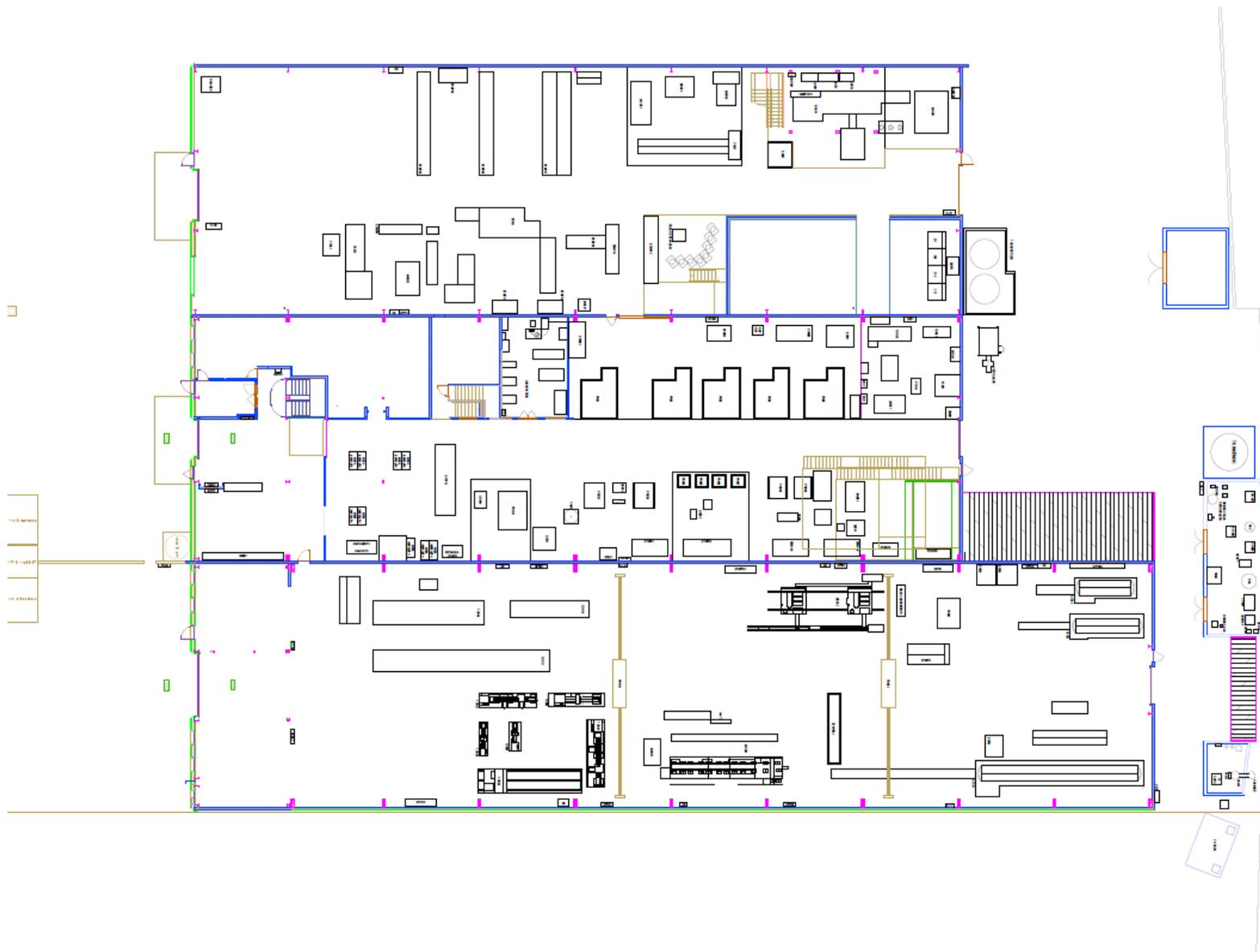
[10] V. Cascão and A. L. de Sousa, “PNAEE 2016 e PNAER 2020 - As novas metas da Eficiência Energética e das Energias Renováveis”, 2013.

- [11] ADENE – Agência para a Energia, “Manual de Auditorias Energéticas na Indústria”, 2019. [Online]. Available: https://www.sgcie.pt/wp-content/uploads/2019/07/Manual-de-Auditorias-Energeticas-na-Industria_ADENE.pdf. [Accessed: 18-Feb-2021].
- [12] P. M. de Sousa Belo, “Auditorias de Energia em Instalações Industriais do Setor Automóvel”, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2015.
- [13] B. D. Pereira Rodrigues, “Auditoria Energética a Empresa Têxtil”, Universidade do Minho, 2017.
- [14] C. M. Fernandes Costa, “Auditoria energética a uma instalação industrial”, Universidade do Minho, 2018.
- [15] Portal Energia – Energias Renováveis, “A Importância e as Fases de uma Auditoria Energética”. [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/a-importancia-e-fases-de-uma-auditoria-energetica/>. [Accessed: 08-Mar-2021].
- [16] DGEg – Direção Geral de Energia e Geologia, “Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia”, 2020. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/auditorias-energeticas/sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia-sgcie/>. [Accessed: 12-Mar-2021].
- [17] SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, “Apresentação sobre SGCIE”. [Online]. Available: <https://www.fd.uc.pt/daede/apresentacoes/20151202/sistemas-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia.pdf>. [Accessed: 16-Mar-2021].
- [18] A. J. B. de Jesus Relógio, “Auditoria e otimização energética de uma unidade fabril”, Universidade de Lisboa, 2017.
- [19] EDP – Energia de Portugal, “Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia - Serviços de Eficiência Energética para Empresas”. [Online]. Available: https://www.edp.pt/media/1695226/sgcie_empresas_edpc.pdf. [Accessed: 26-Mar-2021].
- [20] Catálogo Philips Iluminação, “Tabela da Distribuição para Iluminação Profissional 2021”. [Online]. Available: <https://www.assets.signify.com/is/content/Signify/Assets/philips-lighting/portugal/20210802-tarifa-compressed.pdf>. [Accessed: 5-Abr-2021].
- [21] Finder – Programador Horário Astronómico Digital. [Online]. Available: <https://www.findernet.com/pt/brasil/series/serie-12-programador-horario-16-a/type/tipo-12-81-programador-horario-astronomico/>. [Accessed: 19-Abr-2021].

- [22] Wolf – Caldeira de Condensação de AQS. [Online]. Available: <https://www.wolf.eu/en/professionals/gas-boilers/>. [Accessed: 26-Abr-2021].
- [23] Programador Horário Digital Diário. [Online]. Available: <https://www.electroautomacao.com.br/temporizador/attachment/proghorfnf/>. [Accessed: 10-Mai-2021].
- [24] Dre – Diário da República, “Legislação sobre as Unidades de Produção para Autoconsumo”. [Online]. Available: <https://dre.pt/application/conteudo/125692189>. [Accessed: 24-Mai-2021].
- [25] DGEg – Direção Geral de Energia e Geologia, “Guia de Utilização do *Software* SCE.ER”. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/b5rppj3f/i017510.pdf>. [Accessed: 24-Mai-2021].
- [26] Logica energy, “Ciclo Semanal”. [Online]. Available: <https://logicaenergy.pt/ciclos-horarios/>. [Accessed: 14-Out-2021].
- [27] COSTA, Sara Daniela Magalhães - Simulação de modelos de remuneração e estudo de mercado para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia do Porto, 2014. Dissertação de Mestrado.
- [28] Ministério da Economia e Inovação, “Despacho 17313/2008 - Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis,” Diário da República, no. II Série, pp. 27912–27913, 2008.
- [29] Rockassist, “Cálculo das perdas de calor por metro linear”. [Online]. Available: <https://www.rockassist.com>.
- [30] Parlamento Europeu e do Conselho, “Directiva 2018/2001 de 11 de dezembro de 2018 relativa à promoção da utilização da energia de fontes renováveis (reformulação) *J. Of. da União Eur.*, vol. L328, pp. 82–209, 2018, Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>.
- [31] European Commission, Directorate-General Energy, 2018, “How the EU built the 2030 energy efficiency target” [Online]. Available: https://www.energy-community.org/dam/jcr:45f30910-02d5-43d2-b547-c7dca9c5318a/ECTWG102018_EC.pdf.
- [32] “Plano Nacional Energia e Clima,” vol. 2030, no. Pnec 2030, 2021, [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en.

ANEXOS

ANEXO I – LAYOUT GERAL DOS EQUIPAMENTOS DA INSTALAÇÃO



ANEXO II – LEVANTAMENTO ILUMINAÇÃO

Iluminação Interior

Espaço	Iluminação Interior						
	Levantamento	Potência Sistema (W)	Qtd.	Horas	Dias	Consumo (kWh)	Potência Sistema Total (kW)
001 Pastas (misturação)	ft 2x80 e	176	19	9	261	7 855.1	3.344
	ft 2x58 fm	150.8	20	9	261	7 084.6	3.016
	ft 1x8 e	8.8	3	24	365	231.3	0.026
	fc 2x36 fm	93.6	2	9	261	439.7	0.187
002 Artefactos	ft 2x80 e	176	7	24	261	7 717.2	1.232
	ft 2x80 e	176	3	0	0.0	0.0	0.528
	led 1x44	44	8	9	261	826.8	0.352
	ft 2x58 fm	150.8	3	9	261	1 062.7	0.452
	led 1x50	50	27	9	261	3 171.2	1.350
	led 1x20	20	5	9	261	234.9	0.100
003 Serralharia	ft 2x49 e	107.8	6	9	261	1 519.3	0.647
004 Controlo peças metálicas	ft 2x49 e	107.8	6	4	261	675.3	0.647
005 Laboratório	ft 2x58 fm	150.8	4	9	261	1 416.9	0.603
006 Balneários	led 1x16	16	11	2	261	91.9	0.176
	led 1x6	6	6	2	261	18.8	0.036
	led 1x20	20	3	2	261	31.3	0.060
	fc 2x36 fm	93.6	2	2	261	97.7	0.187
	ft 1x18 fm	23.4	2	2	261	24.4	0.047
	ft 1x36 fm	46.8	4	2	261	97.7	0.187
	ft 1x8 e	8.8	1	24	365	77.1	0.009
007 Expedição e receção dos artefactos	led 2x20	40	6	9	261	563.8	0.240
	led 1x44	44	1	9	261	103.4	0.044
	led 1x18	18	2	9	261	84.6	0.036
008 Posto médico	ft 4x18 fm	93.6	2	1	52	9.7	0.187
	led 1x12	12	1	1	52	0.6	0.012
009 Posto de segurança	ft 4x18 fm	93.6	2	10	365	683.3	0.187
010 Gabinetes produção	led 1x24	24	15	9	261	845.6	0.360
	led 1x24	24	2	2	261	25.1	0.048
011 Gabinetes P1	ft 4x18 fm	93.6	44	8	261	8 599.2	4.118
	fc 2x18 fm	46.8	3	2	261	73.3	0.140
	fc 1x18 fm	23.4	3	2	261	36.6	0.070

Espaço	Iluminação Interior						
	Levantamento	Potência Sistema (W)	Qtd.	Horas	Dias	Consumo (kWh)	Potência Sistema Total (kW)
	ft 2x36 fm	93.6	1	1	261	24.4	0.094
	led 1x9	9	4	2	261	18.8	0.036
	ft 1x49 e	53.9	1	9	261	126.6	0.054
	led 1x9	9	7	9	261	148.0	0.063
	fc 1x18 fm	23.4	6	9	261	329.8	0.140
012 Área social	led 1x24	24	9	9	261	507.4	0.216
013 Gabinetes prod	led 1x16	16	1	9	261	37.6	0.016
014 IS	ft 1x18 fm	23.4	3	2	261	36.6	0.070
	ft 1x36 fm	46.8	1	2	261	24.4	0.047
	led 1x22	22	5	2	261	57.4	0.110
015 Revestimentos	ft 2x58 fm	150.8	4	9	261	1 416.9	0.603
	ft 2x80 e	176	16	9	261	6 614.8	2.816
	ft 1x18 fm	23.4	2	9	261	109.9	0.047
	ft 2x36 fm	93.6	2	9	261	439.7	0.187
016 Caldeira	ft 2x58 fm	150.8	1	2	261	78.7	0.151
017 Ar comprimido	ft 2x58 fm	150.8	4	4	261	629.7	0.603

Iluminação Exterior

Espaço	Iluminação Exterior						
	Levantamento	Potência Sistema (W)	Qtd.	Horas	Dias	Consumo (kWh)	Potência Sistema Total (kW)
Exterior	led 1x50	50	4	12	365	876.0	0.200
	led 1x20	20	1	12	365	87.6	0.020
	ft 2x58 fm	150.8	9	12	365	5 944.5	1.357
	vs 1x150	165	4	12	365	2 890.8	0.660

ANEXO III – DESCRIÇÃO DO PROGRAMA SCE.ER FORNECIDA PELA DGEG QUE FUNCIONA SOBRE A PLATAFORMA “MICROSOFT EXCEL”

Na presente versão o SCE.ER apenas aborda sistemas solares fotovoltaicos (FV) sem armazenamento (baterias) e ligados à rede elétrica de serviço público (RESP) [25].

O programa faz uma simulação horária do balanço energético do sistema. O funcionamento dos módulos FV é modelado considerando que o bloco inversor/controlador é “perfeito”, i.e., mantém o módulo a funcionar no ponto de máxima potência. Neste caso a produção de energia elétrica (em DC) pode ser bem aproximada por uma fórmula em que a potência é proporcional à radiação incidente, usando parâmetros indicados na habitual informação técnica (“datasheets”). Esta produção em DC é depois afetada por uma série de perdas e pela eficiência no bloco inversor/controlador (principalmente na conversão DC/AC), e são deduzidos os consumos de eventuais equipamentos auxiliares, tais como ventiladores e seguidores solares (“sun trackers”); estes são inputs que o utilizador deve indicar. Realça-se que o desempenho global do sistema é largamente controlado pela eficiência dos módulos FV, todos os restantes parâmetros têm um efeito mínimo (pelo menos quando são indicados valores típicos) [25].

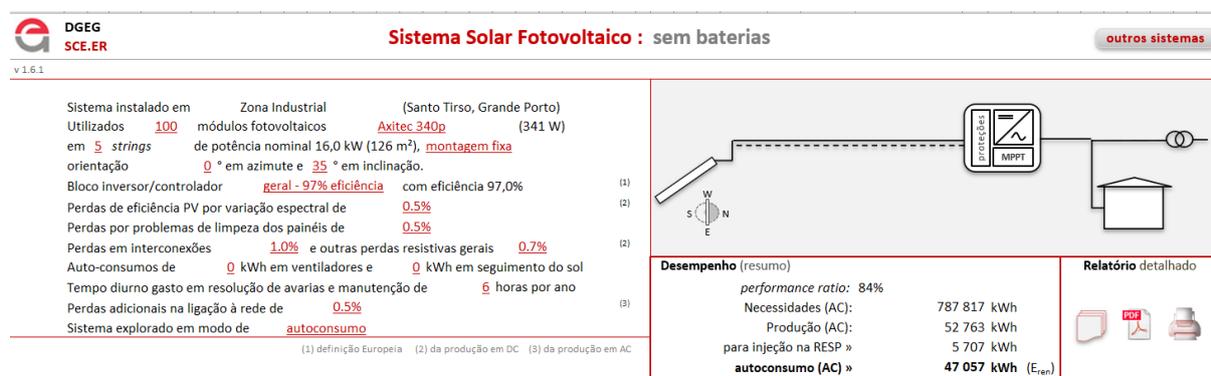


Figura 36 – Programa SCE.ER fornecida pela DGEG que funciona sobre a plataforma “Microsoft Excel” [25].

O programa tem bancos de dados para modelos de blocos inversor/controlador e para módulos FV. O primeiro banco de dados não pode ser alterado pelo utilizador e nele constam modelos aprovados pela DGEG para instalações de pequena produção distribuída (banco de dados ainda não completo nesta versão). Quanto aos modelos de módulos FV, podem ser definidos e acrescentados à base de dados pelo próprio utilizador [25].

Falta mencionar que no contexto do SCE apenas a energia elétrica consumida no edifício é passível de contabilização. Considerando o Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro, isto restringe os sistemas à tipologia de “Unidades de Produção para Autoconsumo” (UPAC) e exclui a tipologia “Unidades de

Pequena Produção” (UPP). É, portanto, necessária à análise do sistema a definição dos consumos elétricos, o que é feito na interface a que se acede clicando em “autoconsumo” [25].

Clicando no botão “simular” executa-se uma simulação do sistema solar FV. O programa apresentará então resultados anuais sumários, e ícones que dão acesso a um relatório detalhado sobre a análise feita, com valores mensais: em formato de folha EXCEL, PDF ou impresso. Note-se que EREN será apenas a parte de energia elétrica produzida que é autoconsumida [25].

**ANEXO IV – RELATÓRIO GERADO PELO SCE.ER DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO PARA O PT1**



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																			
Sumário																			
Instalação em Zona Industrial (Santo Tirso)			energia solar incidente: 604 538 kWh/ano			Índices de desempenho													
337.5 m ² de módulos Axitec 340p			produção fotovoltaica potencial (DC): 115 960 kWh/ano			produtividade técnica: 1520 kWh/kW instalado													
montagem fixa			perdas de sistema (DC): -3 116 kWh/ano			aproveitado: 1266 kWh/kW instalado													
com inclinação 35° e orientação 0°.			perdas e consumos parasíticos (AC): -3 933 kWh/ano			rendimento relativo: 84% (performance ratio)													
Potência: 68.1 kW (nominal)			produção (AC): 105 527 kWh/ano			i.e. 17% da energia incidente													
			autoconsumo (AC): 86 240 kWh/ano			necessidades cobertas: 11%													
Local e clima																			
NUTS III: Grande Porto			Município: Santo Tirso			Local: Zona Industrial			elevação: Grande Porto m albedo: 5%										
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																			
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 200 módulos Axitec 340p (337.5 m ²) com inclinação 35° e orientação 0°.																			
Potência nominal da instalação 68.1 kW; módulos organizados em 5 fileiras (strings). A tensão máxima é 171 V.																			
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0.0% por ano (informação não utilizada em cálculos).																			
Perdas ambientais: 0.5% por variação espectral, 0.5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.																			
Perdas eléctricas (DC): 1.0% na interconexão de módulos, 0.7% perdas resistivas gerais.																			
Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.																			
Bloco de inversão e controlo geral - 97% eficiência com eficiência 97.0% (definição Europeia).																			
Perdas de 0.5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.																			
Sem consumos parasíticos.																			
Sistema explorado em regime de autoconsumo.																			
Aproveitamento do recurso solar																			
radiação solar directa																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
horizontal (à superfície)	3.0	5.3	8.7	11.7	14.7	18.3	19.2	16.6	12.1	6.0	3.7	2.0	10.1 kWh/m ² .dia						
incidente nos módulos	6.2	9.1	11.9	13.2	14.0	16.2	17.6	17.3	15.3	9.4	7.3	4.5	11.8 kWh/m ² .dia						
absorvida pelos módulos	6.1	9.0	11.7	12.9	13.7	15.9	17.2	16.9	15.0	9.3	7.3	4.4	11.6 kWh/m ² .dia						
radiação solar global																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
no topo da atmosfera	14.6	20.0	27.3	34.6	39.7	41.7	40.6	36.3	29.8	22.4	16.0	13.0	28.0 kWh/m ² .dia						
na horizontal (à superfície)	6.4	9.9	15.0	19.4	23.3	26.6	26.9	23.5	18.0	11.4	7.5	5.0	16.1 kWh/m ² .dia						
incidente nos módulos	10.2	14.5	18.8	21.2	22.7	24.6	25.4	24.6	21.9	15.6	11.8	7.9	18.3 kWh/m ² .dia						
absorvida pelos módulos	9.9	14.0	18.1	20.5	21.9	23.7	24.5	23.8	21.2	15.1	11.4	7.7	17.7 kWh/m ² .dia						
Desempenho energético																			
temperatura																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
ambiente (média diária)	9.2	10.3	11.9	13.2	15.5	19.0	21.1	20.9	19.6	16.2	12.6	10.5	15.0 °C						
nos módulos (média diurna)	28.7	30.0	33.6	32.6	34.6	38.6	42.6	47.5	47.4	41.9	38.1	30.5	37.2 °C						
energia																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
radiação solar incidente	28 782	36 804	52 741	57 643	63 524	66 774	71 309	69 051	59 593	43 837	32 170	22 310	604 538 kWh						
produção fotovoltaica (DC)	5 724	7 286	10 281	11 175	12 220	13 077	13 354	12 898	11 194	8 487	6 321	4 365	115 960 kWh						
perdas do sistema (DC)	-154	-196	-276	-300	-328	-351	-359	-347	-301	-228	-170	-117	-3 116 kWh						
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh						
outras perdas (AC)	-194	-247	-349	-379	-414	-443	-453	-437	-380	-288	-214	-148	-3 933 kWh						
produção disponível (AC)	5 209	6 631	9 356	10 170	11 120	11 900	12 153	11 737	10 187	7 723	5 752	3 972	105 527 kWh						
necessidades do edifício (AC)	68 956	60 381	66 500	63 642	68 956	65 763	66 500	68 956	61 186	68 956	66 098	64 044	787 817 kWh						
autoconsumo (AC)	4 289	5 723	6 931	8 022	9 033	9 626	9 530	9 845	8 208	6 970	5 066	3 307	86 240 kWh						
passível de remuneração, acumulado (AC)	920	1 828	4 253	6 401	8 488	10 762	13 385	15 277	17 256	18 009	18 696	19 360	19 360 kWh						
Avaliação do desempenho																			
rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica	1520 kWh/kW instalado														
rendimento relativo:	84%	(performance ratio)		i.e.	307 kWh/m ² instalado														
				exploração real	1266 kWh/kW instalado														
				i.e.	256 kWh/m ² instalado														
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																			
Potência do sistema:	68.1 kW	-- deve ser menor que a potência contratada																	
##### kWh < ##### kWh	[produção anual < consumo anual]																		
Passível de remuneração:	19 360 kWh																		

**ANEXO V – RELATÓRIO GERADO PELO SCE.ER DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO PARA O PT2**



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																			
Sumário																			
Instalação em Zona Industrial (Santo Tirso)			energia solar incidente:			181 362 kWh/ano			Índices de desempenho										
101.2 m ² de módulos Axitec 340p			produção fotovoltaica potencial (DC):			34 788 kWh/ano			produtividade técnica: 1559 kWh/kW instalado										
montagem fixa			perdas de sistema (DC):			-935 kWh/ano			aproveitamento: 1175 kWh/kW instalado										
com inclinação 35° e orientação 0°.			perdas e consumos parasíticos (AC):			-1 180 kWh/ano			rendimento relativo: 84% (performance ratio)										
Potência: 20.4 kW (nominal)			produção (AC):			31 658 kWh/ano			i.e. 17% da energia incidente										
			autoconsumo (AC):			23 977 kWh/ano			necessidades cobertas: 12%										
Local e clima																			
NUTS III: Grande Porto			Município: Santo Tirso			Local: Zona Industrial			elevação: Grande Porto m albedo: 5%										
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																			
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 60 módulos Axitec 340p (101.2 m ²) com inclinação 35° e orientação 0°.																			
Potência nominal da instalação 20.4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 34 V.																			
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0.0% por ano (informação não utilizada em cálculos).																			
Perdas ambientais: 0.5% por variação espectral, 0.5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.																			
Perdas eléctricas (DC): 1.0% na interconexão de módulos, 0.7% perdas resistivas gerais.																			
Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.																			
Bloco de inversão e controlo geral - 97% eficiência com eficiência 97.0% (definição Europeia).																			
Perdas de 0.5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.																			
Sem consumos parasíticos.																			
Sistema explorado em regime de autoconsumo.																			
Aproveitamento do recurso solar																			
radiação solar directa																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
horizontal (à superfície)	3.0	5.3	8.7	11.7	14.7	18.3	19.2	16.6	12.1	6.0	3.7	2.0	10.1 kWh/m ² .dia						
incidente nos módulos	6.2	9.1	11.9	13.2	14.0	16.2	17.6	17.3	15.3	9.4	7.3	4.5	11.8 kWh/m ² .dia						
absorvida pelos módulos	6.1	9.0	11.7	12.9	13.7	15.9	17.2	16.9	15.0	9.3	7.3	4.4	11.6 kWh/m ² .dia						
radiação solar global																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
no topo da atmosfera	14.6	20.0	27.3	34.6	39.7	41.7	40.6	36.3	29.8	22.4	16.0	13.0	28.0 kWh/m ² .dia						
na horizontal (à superfície)	6.4	9.9	15.0	19.4	23.3	26.6	26.9	23.5	18.0	11.4	7.5	5.0	16.1 kWh/m ² .dia						
incidente nos módulos	10.2	14.5	18.8	21.2	22.7	24.6	25.4	24.6	21.9	15.6	11.8	7.9	18.3 kWh/m ² .dia						
absorvida pelos módulos	9.9	14.0	18.1	20.5	21.9	23.7	24.5	23.8	21.2	15.1	11.4	7.7	17.7 kWh/m ² .dia						
Desempenho energético																			
temperatura																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
ambiente (média diária)	9.2	10.3	11.9	13.2	15.5	19.0	21.1	20.9	19.6	16.2	12.6	10.5	15.0 °C						
nos módulos (média diurna)	28.7	30.0	33.6	32.6	34.6	38.6	42.6	47.5	47.4	41.9	38.1	30.5	37.2 °C						
energia																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
radiação solar incidente	8 635	11 041	15 822	17 293	19 057	20 032	21 393	20 715	17 878	13 151	9 651	6 693	181 362 kWh						
produção fotovoltaica (DC)	1 717	2 186	3 084	3 353	3 666	3 923	4 006	3 869	3 358	2 546	1 896	1 309	34 788 kWh						
perdas do sistema (DC)	-46	-59	-83	-90	-99	-105	-108	-104	-90	-68	-51	-35	-935 kWh						
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh						
outras perdas (AC)	-58	-74	-105	-114	-124	-133	-136	-131	-114	-86	-64	-44	-1 180 kWh						
produção disponível (AC)	1 563	1 989	2 807	3 051	3 336	3 570	3 646	3 521	3 056	2 317	1 726	1 192	31 658 kWh						
necessidades do edifício (AC)	16 933	14 799	16 293	15 581	16 933	16 101	16 293	16 933	14 941	16 933	16 221	15 652	193 092 kWh						
autoconsumo (AC)	1 174	1 603	1 886	2 211	2 528	2 669	2 646	2 782	2 277	1 976	1 413	898	23 977 kWh						
passível de remuneração, acumulado (AC)	389	775	1 696	2 536	3 344	4 245	5 245	5 983	6 762	7 103	7 416	7 710	7 710 kWh						
Avaliação do desempenho																			
rendimento global:	17% da energia incidente			produtividade técnica			1559 kWh/kW instalado												
rendimento relativo:	84% (performance ratio)			i.e.			315 kWh/m ² instalado												
				exploração real			1175 kWh/kW instalado												
				i.e.			237 kWh/m ² instalado												
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																			
Potência do sistema:	20.4 kW			— deve ser menor que a potência contratada															
	31 658 kWh < ##### kWh			[produção anual < consumo anual]															
Passível de remuneração:	7 710 kWh																		

26/05/2021 11:31

ANEXO VI – TABELA DE PREÇOS DE ENERGIA ELÉTRICA POR TRIMESTRE

Na Tabela 51 indicam-se os preços de energia elétrica ativa por horário (super vazio, vazio, cheia e ponta) em cada trimestre verificados durante o período de referência.

Tabela 51 – Preços de energia elétrica ativa por trimestre.

Trimestre	HSV (€/kWh)	HV (€/kWh)	HC (€/kWh)	HP (€/kWh)
1°	0.0589	0.0635	0.0935	0.1138
2°	0.0590	0.0634	0.0932	0.1135
3°	0.0590	0.0634	0.0932	0.1135
4°	0.0566	0.0603	0.0914	0.1109

Na Tabela 52 representam os preços de potência em horas de ponta, potência contratada e de energia elétrica reativa ao longo dos trimestres.

Tabela 52 – Preços de potência em horas de ponta, potência contratada e de energia elétrica reativa.

Trimestre	PHP (€/kW)	PCONT (€/kW)	Escalão 1 (€/kVArh)	Escalão 2 (€/kVArh)	Escalão 3 (€/kVArh)	Forn. Vazio (€/kVArh)
1°	0.1717	0.0307	0.0083	0.0252	0.0756	0.0189
2°	0.1717	0.0307	0.0083	0.0252	0.0756	0.0189
3°	0.1717	0.0307	0.0083	0.0252	0.0756	0.0189
4°	0.1717	0.0307	0.0082	0.0252	0.0756	0.0189

ANEXO VII – HORÁRIOS ASSOCIADOS AOS PERÍODOS TARIFÁRIOS

Na Tabela 53 apresentam-se os horários associados a cada tarifa (super vazio, vazio, cheia e ponta) para o ano de 2020 (período para o qual foram disponibilizadas faturas) [26].

Tabela 53 – Horários associados aos períodos tarifários [26].

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 06:00/09:30 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 VIII – FATORES DE CONVERSÃO - SGCIE

Neste anexo são apresentados os fatores de conversão referentes ao Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis de acordo com o SGCIE, presentes no Despacho n.º 17313/2008 [28].

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO ₂ e/GJ)	FE (kgCO ₂ e/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 acearia 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

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO ₂ e/GJ)	FE (kgCO ₂ e/tep)
Óleos usados.....	40,2	0,960	73,3	3068,9
Orimulsão.....	27,5	0,657	76,9	3219,6
Outra biomassa primária sólida.....	11,6	0,277	0	0,0
Outros biocombustíveis Líquidos.....	27,4	0,654	0	0,0
Peletes / 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 37 – Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis [28].