



Universidade de Aveiro
2021

**Vasco Melro Oliveira
Leitão**

**Medidas de Eficiência Energética e implementação
de Energias Renováveis em contexto empresarial**



Universidade de Aveiro
2021

**Vasco Melro Oliveira
Leitão**

**Medidas de Eficiência Energética e implementação
de Energias Renováveis em contexto empresarial**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Doutor Miguel da Silva Oliveira, Professor Assistente Convidado do Departamento de Economia, Gestão, Eng.^a Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais, família e amigos.

o júri

presidente

Prof. Doutora Margarita Matias Robaina
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Mestre Miguel da Silva Oliveira
Assistente Convidado da Universidade de Aveiro

Doutor Bruno Alexandre Abreu da Silva
Diretor Executivo, Gotas Digitais, Lda, Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer à empresa JADE GROUPE e a todas as pessoas da empresa que me ajudaram nestes 6 meses. O especial agradecimento à minha orientadora de estágio, Engenheira Vânia Osório, por todo o apoio prestado durante e após a realização do estágio. Agradeço também às Engenheiras Daniela Fernandes e Leandra Freitas por me terem ajudado em grande parte do desenvolvimento do trabalho e terem facilitado a minha adaptação na empresa. Por fim, mas não menos importante, agradeço ao Engenheiro Paulo Silva e ao Engenheiro Nuno Pinto, por me terem recebido tão bem, permitindo uma adaptação mais rápida.

Quero agradecer ao Professor Miguel Oliveira, o meu orientador da Universidade de Aveiro, por toda a dedicação e disponibilidade para a realização deste trabalho.

Finalmente, quero agradecer aos meus pais por todo o esforço que foi feito para que eu conseguisse realizar este trabalho.

palavras-chave

Energia; Auditoria energética; Consumo energético; Eficiência energética; Eletricidade; Gás natural; Produção de calor; Galvanoplastia; Energias renováveis.

resumo

Este trabalho consiste no estudo energético de duas fábricas que se dedicam ao trabalho de peças metálicas, situadas em Águeda e Albergaria-a-Velha. O principal processo é a galvanoplastia, onde se faz o banho de peças metálicas. Para a realização deste processo é preciso ter os banhos a temperaturas elevadas e, atualmente, o aquecimento destes é feito por resistências elétricas. As resistências apresentam um consumo de eletricidade muito elevado, representando um elevado custo à empresa. Ao longo deste estudo, foram analisadas outras alternativas para produzir calor de forma mais eficiente, permitindo à empresa obter uma poupança no consumo de energia. As alternativas estudadas foram a bomba de calor, os painéis solares térmicos e fotovoltaicos, a caldeira a biomassa e a gás natural. Ao longo deste trabalho será feito o enquadramento do tema, a apresentação da fábrica e do processo produtivo, a situação atual da fábrica em termos de consumo energético, o estudo das alternativas que contribuam para o aumento da eficiência energética na empresa e, por fim, serão apresentadas as melhores soluções.

keywords

Energy; Energy Audit, Energy consumption; Energy efficiency; Electricity; Natural gas; Renewable Energies; Heat production; Electroplating.

abstract

This work consists of the energetic study of two factories dedicated to the work of metallic parts, located in Águeda and Albergaria-a-Velha. The main process is electroplating, where metal parts are bathed. To carry out this process it is necessary to have the baths at high temperatures and, currently, their heating is done by electrical resistances. The electrical heaters have a very high electricity consumption, representing a high cost to the company. Throughout this study, other alternatives to produce heat more efficiently, were analyzed, allowing the company to obtain savings in energy consumption. The alternatives studied were the heat pump, the thermal and photovoltaic solar panels, the biomass, and natural gas boiler. Throughout this work, the theme will be framed, a presentation of the factory and the production process, the current situation of the factory in terms of energy consumption, the study of alternatives that contribute to increased energy efficiency in the company and, finally, will be certified as best solutions.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento geral do setor industrial a nível mundial e em Portugal relativamente ao consumo energético.....	1
1.2. Apresentação da empresa	3
1.3. Processo produtivo	4
1.3.1. Fluxograma de Águeda.....	6
1.3.2. Fluxograma de Albergaria-a-Velha	7
1.4. Enquadramento legal da empresa	9
1.5. Desenvolvimento do estudo.....	9
1.6. Objetivos.....	11
2. Revisão da literatura.....	13
2.1. Energias Renováveis.....	13
2.1.1. O que são?	13
2.1.2. Quais são as mais utilizadas?.....	13
2.2. Necessidade de substituir energias fósseis por energias renováveis.....	20
2.3. Implementação de fontes de energia renováveis para produção de calor no setor industrial	24
2.4. Sistemas em estudo para produção de calor	25
2.4.1. Resistências elétricas de imersão.....	25
2.4.2. Bomba de calor.....	26
2.4.3. Painéis fotovoltaicos	27
2.4.4. Painéis solares térmicos	28
2.4.5. Caldeira a biomassa	28
2.4.6. Caldeira a gás natural.....	29
3. Desenvolvimento e análise de resultados	31
3.1. Caracterização energética	31
3.1.1. Unidade de Albergaria-a-Velha	31
3.1.2. Unidade de Águeda.....	38
3.2. Estudo das alternativas	48
3.2.1. Unidade de Albergaria-a-Velha.....	48
3.2.2. Unidade de Águeda.....	68
4. Soluções de eficiência energética.....	89
4.1. Medidas de eficiência energética.....	89
4.1.1. Produção de calor para os banhos galvânicos.....	89
4.1.2. Iluminação	91
4.2. Incentivos atuais	99
4.2.1. Fundo de Eficiência Energética (FEE)	99
4.2.2. Fundo de Apoio à Inovação (FAI).....	99
5. Conclusão	101
6. Trabalhos futuros.....	103
7. Bibliografia.....	105
8. ANEXO A: Preços de referência dos sistemas estudados, baseados no gerador de preços	108

Índice de figuras

Figura 1: Consumo energético por setor em Portugal no ano de 2020.....	1
Figura 2: Fontes de energia primária em 2020	2
Figura 3: Emissões de gases com efeito de estufa por tipo de fonte, em 2018.....	3
Figura 4: Unidade industrial de Águeda.....	4
Figura 5: Vista aérea da unidade industrial de Águeda	4
Figura 6: Sede da empresa, em Albergaria-a-Velha	4
Figura 7: Vista aérea dos pavilhões de Albergaria-a-Velha	4
Figura 8: Processo de Galvanoplastia da unidade, em Águeda	5
Figura 9: Processo de Galvanoplastia, em Albergaria-a-Velha.....	5
Figura 10: Fluxograma de atividade da unidade de Águeda	6
Figura 11: Fluxograma de atividade da unidade de Albergaria-a-Velha.....	7
Figura 12: Fases da realização do estudo	10
Figura 13: Fontes de energia renováveis e tipo de energia que produzem	14
Figura 14: Níveis de radiação solar no mundo	15
Figura 15: Parque eólico de Malhadas.....	15
Figura 16: Torre eólica em Aguçadoura.....	16
Figura 17: Evolução da capacidade instalada das torres eólicas na Europa	16
Figura 18: Tipos de energia hídrica	17
Figura 19: Barragem de Fratel.....	18
Figura 20: Barragem do Alqueva	18
Figura 21: Dispositivo Pelamis em Aguçadoura	19
Figura 22: Protótipo do dispositivo EVOPOD	19
Figura 23: Previsão da emissão de dióxido de carbono para 2030	21
Figura 24: Evolução da introdução de energias renováveis em Portugal	21
Figura 25: Variação do mix energético em Portugal até 2030	22
Figura 26: Previsão da utilização de Energias Renováveis até 2040 para produção de calor em Portugal	22
Figura 27: Principais desvantagens do uso de fontes de energia fóssil	23
Figura 28: Consumo de energia térmica por setor.....	24
Figura 29: Resistência elétrica de imersão	25
Figura 30: Funcionamento da bomba de calor	26
Figura 31: Esquema de funcionamento de uma UPAC	27
Figura 32: Funcionamento do sistema solar térmico.....	28
Figura 33: Funcionamento da caldeira a biomassa.....	29
Figura 34: Funcionamento da caldeira a gás natural	30
Figura 35: Consumo energético na unidade de Albergaria-a-Velha, em 2020.....	33
Figura 36: Gráfico da relação do consumo elétrico com a produção, na unidade de Albergaria-a-Velha	34
Figura 37: Consumo energético por pavilhão, em Albergaria-a-Velha.....	35
Figura 38: Consumo energético por processo, em Albergaria-a-Velha.....	35
Figura 39: Gráfico do consumo energético por tipo de equipamento, em Albergaria-a-Velha.....	36
Figura 40: Planta das tinas galvanizadas e respetivo intervalo de temperatura, na unidade de Albergaria-a-Velha.....	38
Figura 41: Evolução do consumo de energia elétrica, em MWh, na unidade de Águeda, em 2020	39
Figura 42: Evolução do consumo de gás propano na unidade de Águeda, em 2020.....	40
Figura 43: Gráfico do consumo por tipo de fonte, em Águeda	42
Figura 44: Comparação dos custos anuais da eletricidade e do gás propano, em Águeda	42
Figura 45: Consumo energético por setor, em Águeda	44
Figura 46: Gráfico do consumo energético por tipo de equipamento, em Águeda	45
Figura 47: Planta das tinas galvanizadas e respetivo intervalo de temperatura na linha de suspensões, em Águeda	47
Figura 48: Planta das tinas galvanizadas e respetivo intervalo de temperatura na linha de tambor, em Águeda.....	47
Figura 49: Características do sistema da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	49
Figura 50: Custos da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	50
Figura 51: Gráfico da evolução da poupança da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	51
Figura 52: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	52
Figura 53: Características do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	52
Figura 54: Custos do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	53
Figura 55: Gráfico da evolução da poupança do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	55
Figura 56: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	55

Figura 57: Características do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	56
Figura 58: Resumo do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	56
Figura 59: Comparação do sistema solar térmico com o caso atual, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	57
Figura 60: Custos do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	57
Figura 61: Gráfico da evolução da poupança do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	59
Figura 62: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	59
Figura 63: Característica do sistema de caldeira a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	60
Figura 64: Custos da caldeira a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	61
Figura 65: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a biomassa, em Albergaria a velha (RETscreen)	63
Figura 66: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	63
Figura 67: Características do sistema de caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	64
Figura 68: Custos da caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	65
Figura 69: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	67
Figura 70: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	67
Figura 71: Características do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen)	69
Figura 72: Custos do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen).....	70
Figura 73: Gráfico da evolução da poupança do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen)	72
Figura 74: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen)	72
Figura 75:Características do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)	73
Figura 76: Custos do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen).....	74
Figura 77: Gráfico da evolução da poupança do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)	75
Figura 78: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen).....	76
Figura 79: Características do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen).....	76
Figura 80: Resumo do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen)	77
Figura 81: Comparação do sistema solar térmico com o caso atual, em Águeda (RETscreen)	77
Figura 82: Custos do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen)	78
Figura 83: Gráfico da evolução da poupança do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen).....	80
Figura 84: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen).....	80
Figura 85: Características do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen).....	81
Figura 86: Custos do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen)	82
Figura 87: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen).....	84
Figura 88: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen)	84
Figura 89: Características do sistema a gás natural, em Águeda (RETscreen)	85
Figura 90: Custo do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen)	86
Figura 91: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen)	87
Figura 92: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen)	88
Figura 93: Gráfico do consumo para iluminação por setor no lote 43, em Albergaria-a-Velha.....	92
Figura 94: Gráfico do consumo para iluminação por setor no lote 44, em Albergaria-a-Velha.....	93
Figura 95: Gráfico do consumo para iluminação por setor no lote 46, em Albergaria-a-Velha.....	95
Figura 96: Gráfico do consumo para iluminação por setor, em Águeda	97
Figura 97: Logótipo do Fundo de Eficiência Energética (FEE)	99
Figura 98: Logótipo do Fundo de Apoio à Inovação (FAI).....	99

Índice de tabelas

Tabela 1: Fatores de emissão.....	9
Tabela 2: Preços de referência das fontes de energia	11
Tabela 3: Consumo energético da unidade de Albergaria-a-Velha no ano de 2020.....	31
Tabela 4: Emissões de Gases com Efeito de Estufa na unidade de Albergaria-a-Velha, no ano de 2020.....	32
Tabela 5: Consumo das resistências, em Albergaria-a-Velha	37
Tabela 6: Balanço do consumo energético das resistências, em 2020.....	37
Tabela 7: Consumo de energia elétrica na unidade de Águeda, em 2020	39
Tabela 8: Consumo de gás propano na unidade de Águeda, em 2020	40
Tabela 9: Consumo energético total na unidade de Águeda, em 2020.....	41
Tabela 10: Emissões de GEE associadas ao consumo de energia elétrica, em Águeda	43
Tabela 11: Emissões de GEE associadas ao consumo de gás propano, em Águeda	43
Tabela 12: Consumo das resistências, em Águeda.....	46
Tabela 13: Balanço do consumo energético das resistências, em Águeda	46
Tabela 14: Características do sistema de aquecimento atual, em Albergaria-a-Velha	48
Tabela 15: Resultados da poupança anual da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	51
Tabela 16: Resultados da poupança anual do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	54
Tabela 17: Resultados da poupança anual do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen).....	58
Tabela 18: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	62
Tabela 19: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)	66
Tabela 20: Balanço do estudo das alternativas para a fábrica de Albergaria-a-Velha.....	68
Tabela 21: Características do sistema de aquecimento atual, em Águeda.....	68
Tabela 22: Resultados da poupança anual do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen)	71
Tabela 23: Resultados da poupança anual do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)	75
Tabela 24: Resultados da poupança anual do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen).....	79
Tabela 25: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen).....	83
Tabela 26: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen).....	87
Tabela 27: Balanço do estudo das alternativas para a fábrica de Águeda	88
Tabela 28: Análise comparativa das alternativas em estudo, em Albergaria-a-Velha	90
Tabela 29: Análise comparativa das alternativas em estudo, em Águeda	90
Tabela 30: Consumo para iluminação, em Albergaria-a-Velha.....	91
Tabela 31: Valores de iluminância no setor da montagem, em Albergaria-a-Velha	92
Tabela 32: Valores de iluminância no setor da vibração, em Albergaria-a-Velha	94
Tabela 33: Valores de iluminância no setor do polimento, em Albergaria-a-Velha.....	96
Tabela 34: Consumo para iluminação, em Águeda	96
Tabela 35: Valores de iluminância no setor da galvanização, em Águeda	98
Tabela 36: Valores de iluminância no setor da maquinação, em Águeda	98

Equações

- 1.1. Cálculo do indicador da intensidade carbónica em Albergaria-a-Velha
- 1.2. Cálculo do consumo específico na unidade de Albergaria-a-Velha
- 1.3. Cálculo do indicador da intensidade carbónica, em Águeda

Lista de acrónimos

AIE- Agência Internacional de Energia
CIE- Consumidoras Intensivas de Energia
COP- Coeficiente de Performance
DGEG- Direção Geral da Energia e Geologia
ENSE- Entidade Nacional para o Setor Energéticos
ERSE- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FAI- Fundo de Apoio à Inovação
FEE- Fundo de Eficiência Energética
GEE- Gases com Efeito de Estufa
GPL- Gás de Petróleo Liquefeito
IC- Intensidade Carbónica
IE- Intensidade Energética
INE- Instituto Nacional de Estatística
PME- Pequenas e Médias Empresas
PNAEE- Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNEC- Plano Nacional de Energia e Clima
RESP- Rede Elétrica do Serviço Público
SGCIE- Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia
TRI- Tempo de Retorno do Investimento
UPAC- Unidade de Produção para Autoconsumo
VAB- Valor Acrescentado Bruto

1. Introdução

1.1. Enquadramento geral do setor industrial a nível mundial e em Portugal relativamente ao consumo energético

Com o desenvolvimento tecnológico a aumentar de dia para dia, o consumo energético tende a acompanhar esse crescimento. Na Figura 1 está representado o consumo energético por setor em Portugal, com o objetivo de perceber a importância que o setor industrial tem no consumo total de energia no país (PORDATA, n.d.).

O setor de atividade que mais consome energia em Portugal é o setor industrial (aproximadamente 38%), logo, os principais objetivos deste estudo são reduzir o consumo energético da empresa, reduzir a fatura energética e reduzir os impactes ambientais associados a este consumo, mantendo a produção. O elevado consumo energético está associado à elevada utilização de fontes primárias para a obtenção de energia, podendo esta ser obtida através de fontes de energia renováveis ou não-renováveis. O uso de fontes de energia não-renováveis tem sido um grande problema com que a sociedade se tem deparado nos últimos anos, devido a estas serem um recurso finito e a reposição destas ser feita de forma mais lenta que o seu consumo.

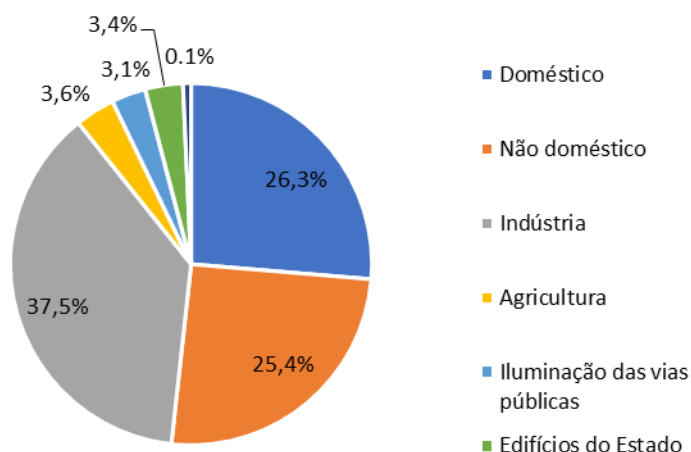


Figura 1: Consumo energético por setor em Portugal no ano de 2020
Fonte: PORDATA, 2020

Outro grande problema do uso de fontes de energia não-renováveis, é que estas são, maioritariamente, combustíveis fósseis. A utilização destes combustíveis, tais como: o carvão, os combustíveis derivados do petróleo e o gás natural, para a produção de energia elétrica, tem grandes impactes ambientais durante o seu processo de transformação. A queima destes combustíveis é responsável pela emissão de gases com efeito de estufa e outras partículas poluentes. O uso destas fontes de energia para a produção de eletricidade representa 21% da produção total no ano de 2020, distribuindo-se por: 11% de gás natural, 8% de cogeração fóssil e 2% de carvão (Figura 2)(APREN, n.d.-a).

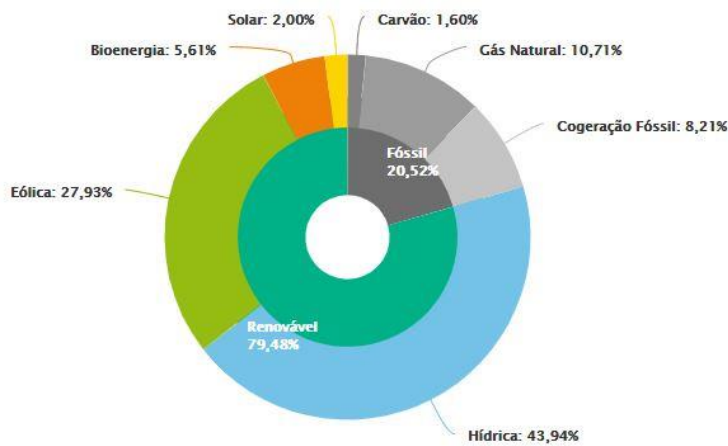


Figura 2: Fontes de energia primária em 2020

Fonte: APREN, 2020

Nos dias de hoje, um dos maiores problemas a nível global são as alterações climáticas, sendo estas provocadas pela poluição em geral. Um dos fatores que mais contribuí para este problema são as emissões de gases com efeito de estufa (GEE), nomeadamente o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e os gases fluorados (Agência Europeia do Ambiente, n.d.).

- O dióxido de carbono é libertado quando se dá a combustão de combustíveis fósseis, resíduos sólidos, árvores e outra matéria biológica;
- O metano é emitido durante a produção e o transporte do carvão, do gás natural e do petróleo. Este também é produzido em atividades de pecuária e agricultura, no uso do solo e em atividades de decomposição em aterros;
- As emissões de óxido nitroso ocorrem durante a combustão de combustíveis fósseis e resíduos sólidos, na exploração dos solos, em atividades agrícolas, em atividades industriais e no processo de tratamento de águas residuais;
- Os gases fluorados são emitidos em alguns processos industriais, embora numa quantidade relativamente baixa. No entanto, o seu elevado poder de efeito de estufa justifica o porquê destes gases serem considerados gases com alto potencial de aquecimento global (U.S. Environmental Protection Agency, n.d.).

As emissões destes gases, é feita em grande quantidade nos processos de transformação de energia (28%) e em processos produtivos no setor industrial (8,8%) (Figura 3).

Share of EU greenhouse gas emission by source, 2018

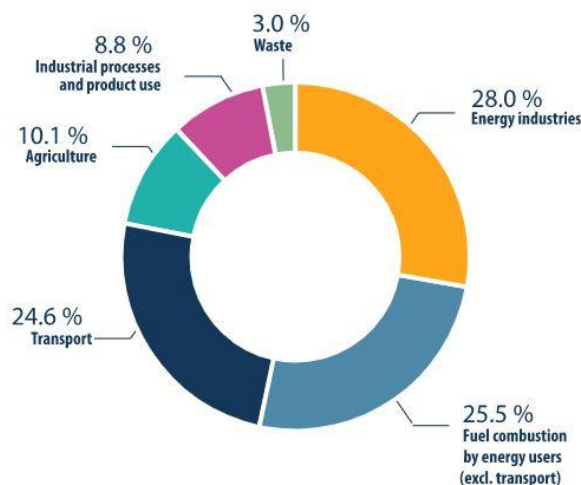


Figura 3: Emissões de gases com efeito de estufa por tipo de fonte, em 2018

Fonte: Agência Europeia do Ambiente, 2018

1.2. Apresentação da empresa

O presente estudo foi realizado na empresa Jade Groupe, sediada em Albergaria-a-Velha. A Jade está presente em Portugal desde 2007, inicialmente com o nome Jade Creation situada em Albergaria-a-Velha, e dedicava-se, exclusivamente, ao processo de Galvanoplastia. No ano de 2013, é adicionado e desenvolvido o processo de polimento e surge uma nova unidade de produção, também em Albergaria-a-Velha, designada por Jade Coating For Luxury. Em 2016, verificou-se um grande desenvolvimento na empresa, iniciando-se o processo de injeção de peças e a fundação da JADE MetalForming. Neste ano, deu-se a expansão do Grupo Jade com a criação da Jade France na cidade de Paris, dedicando-se ao estudo e desenvolvimento do produto. No ano de 2020, a Jade Coating For Luxury e a JADE MetalForming uniram-se à Jade Creation, designando-se Jade Creation. Ou seja, a Jade Groupe atualmente é constituída pela Jade Creation (em Albergaria-a-Velha e Águeda) e a Jade France.

A empresa, nos dias de hoje, emprega 490 trabalhadores nas unidades situadas em Portugal e 50 trabalhadores nas unidades de França.

A JADE dedica-se ao trabalho de peças metálicas no ramo da moda de luxo. A maior parte das peças trabalhadas nesta empresa são as peças metálicas presentes em acessórios de moda e tem como principais clientes várias marcas de luxo conceituadas a nível internacional.

O foco principal deste estudo são a unidade de Águeda (Figura 4), licenciada em 2019, e de Albergaria-a-Velha (Figura 6), licenciada em 2018. O processo de produção é idêntico entre elas, embora haja algumas etapas que se façam exclusivamente em Águeda e outras em Albergaria-a-Velha. Por exemplo, os processos de maquinaria e estampagem são feitos na unidade de Águeda. Por outro lado, os processos de cataforese, gravação a laser e pintura estão presentes, apenas, unidade de Albergaria-a-Velha. Os processos de polimento e de vibração estão presentes em ambas as unidades, no entanto são feitos numa quantidade muito superior na unidade de Albergaria-a-Velha.



Figura 4: Unidade industrial de Águeda



Figura 5: Vista aérea da unidade industrial de Águeda



Figura 6: Sede da empresa, em Albergaria-a-Velha



Figura 7: Vista aérea dos pavilhões de Albergaria-a-Velha

1.3. Processo produtivo

O processo mais destacado em ambas as fábricas é o processo de galvanoplastia, sendo este considerado um processo de tratamento de superfícies metálicas. A galvanoplastia consiste no depósito de um metal precioso numa superfície metálica, através da diferença de potencial fornecida a um meio líquido. Esta diferença de potencial, vai desencadear uma reação de oxidação-redução entre os dois metais utilizados. Para a realização deste processo, os banhos galvânicos terão de estar a uma temperatura elevada, variando entre os 30°C e os 70°C, dependendo do acabamento pretendido na peça.

O processo de galvanoplastia é semelhante em ambas as unidades, como já foi anteriormente mencionado, no entanto, verifica-se a existência de uma linha de tambor na unidade de Águeda (Figura 8). A galvanoplastia em linha de tambor, é um processo mais automatizado e aplicado a peças com tamanhos mais reduzidos e com menos detalhe. Neste processo, as peças são introduzidas no tambor e mergulhadas nos banhos, previamente programados, de acordo com o acabamento pretendido nas peças. Na linha de suspensões, o processo é o mesmo, apenas a mudança das suspensões entre as tinas galvânicas é feita manualmente. Na unidade de Albergaria-a-Velha, o processo de galvanoplastia é feito apenas pela linha de suspensões (Figura 9).

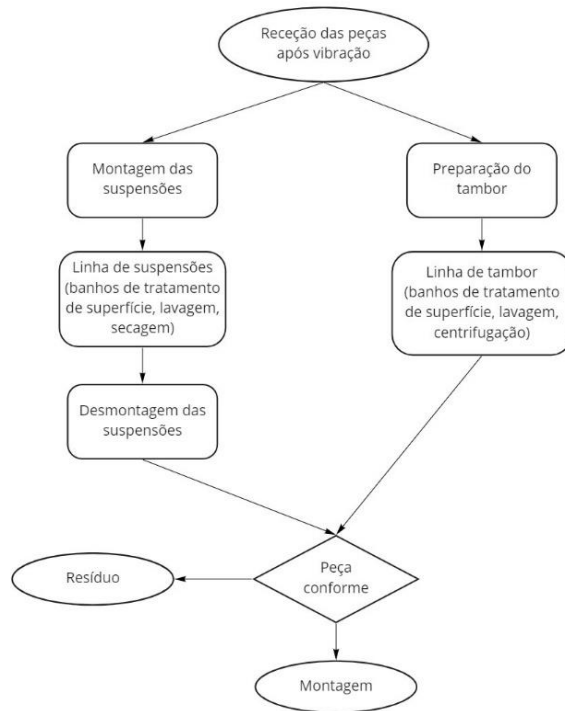


Figura 8: Processo de Galvanoplastia da unidade, em Águeda

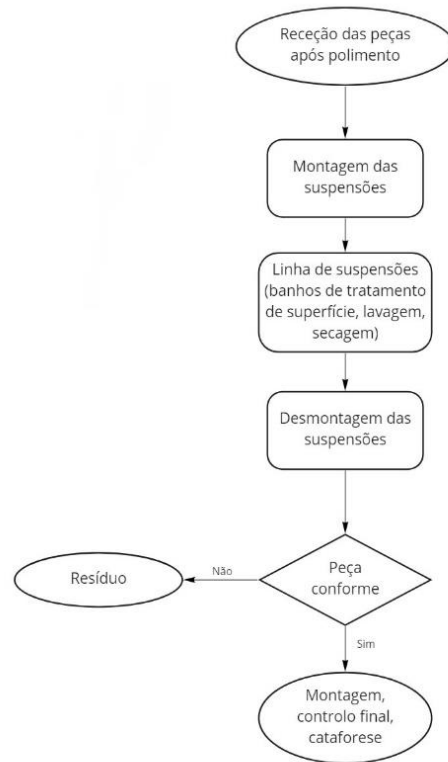


Figura 9: Processo de Galvanoplastia, em Albergaria-a-Velha

O foco principal deste estudo, é perceber se o aquecimento dos banhos utilizados no processo de galvanoplastia tem um peso significativo no consumo total energético da empresa, se está a ser feito de forma eficiente e avaliar a possibilidade de melhorias.

1.3.1. Fluxograma de Águeda

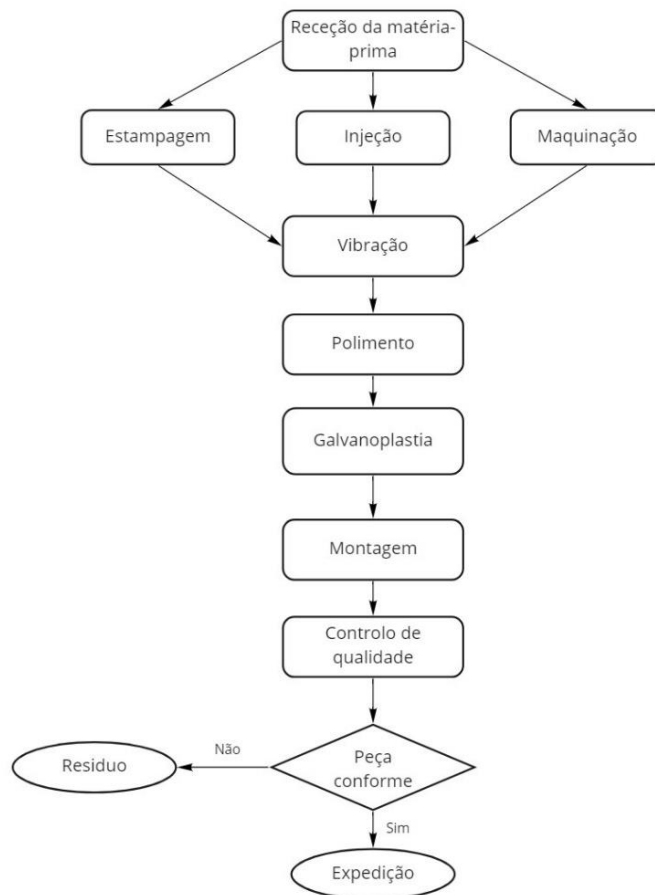


Figura 10: Fluxograma de atividade da unidade de Águeda

O processo produtivo na unidade de Águeda inicia-se com a receção da matéria-prima. Esta poderá ser peças adquiridas a fornecedor, barras de Zamak (liga metálica de zinco, alumínio, cobre e magnésio) ou barras de latão (liga metálica de cobre e zinco).

Após a receção da matéria-prima, esta poderá ser sujeita ao processo de estampagem, à injeção de Zamak ou à maquinação.

Na estampagem, a barra metálica começa por ser cortada em pequenas secções no serrote elétrico. Posteriormente, estas secções são aquecidas a elevada temperatura e é feita a estampagem na prensa e, por fim, é retirado o excesso de metal nos balancés.

Na injeção de Zamak, as barras de Zamak são derretidas e inseridas sob pressão num molde de aço, que possui o formato da peça pretendida. Posteriormente, é exercida uma compactação, com o objetivo de eliminar as microporosidades existentes na peça.

No processo de maquinação, são trabalhadas as peças já adquiridas ou peças que tenham sido estampadas e vibradas. Estas serão colocadas nos equipamentos de comando numérico computadorizado (CNC) onde a peça será trabalhada de acordo com o que está predefinido.

Com o objetivo de fazer uma limpeza superficial às peças, estas são submetidas ao processo de vibração. Este é um processo de tratamento superficial mecânico, realizado através da interação mecânica das peças com uma mistura de abrasivos cerâmicos e agentes químicos, com propriedades surfactantes, numa máquina de vibroacabamento.

O polimento é o processo que antecede o tratamento de superfície da peça (galvanoplastia), nesta etapa é feita uma limpeza final da peça para garantir maior eficácia no banho galvânico.

O principal processo desta indústria é o processo de galvanoplastia, este é considerado um processo de tratamento de superfície. Ou seja, nesta etapa, as peças são mergulhadas em banhos galvânicos, entre 30°C e 70°C, em função do acabamento pretendido. Após a passagem nas tinas de tratamento e de lavagem, as peças são submetidas ao processo de secagem em estufas. No final deste processo, as peças são montadas e é feito um controlo de qualidade. Se a peça tiver conforme, continua o seu processo de fabrico na unidade de Albergaria-a-Velha.

1.3.2. Fluxograma de Albergaria-a-Velha

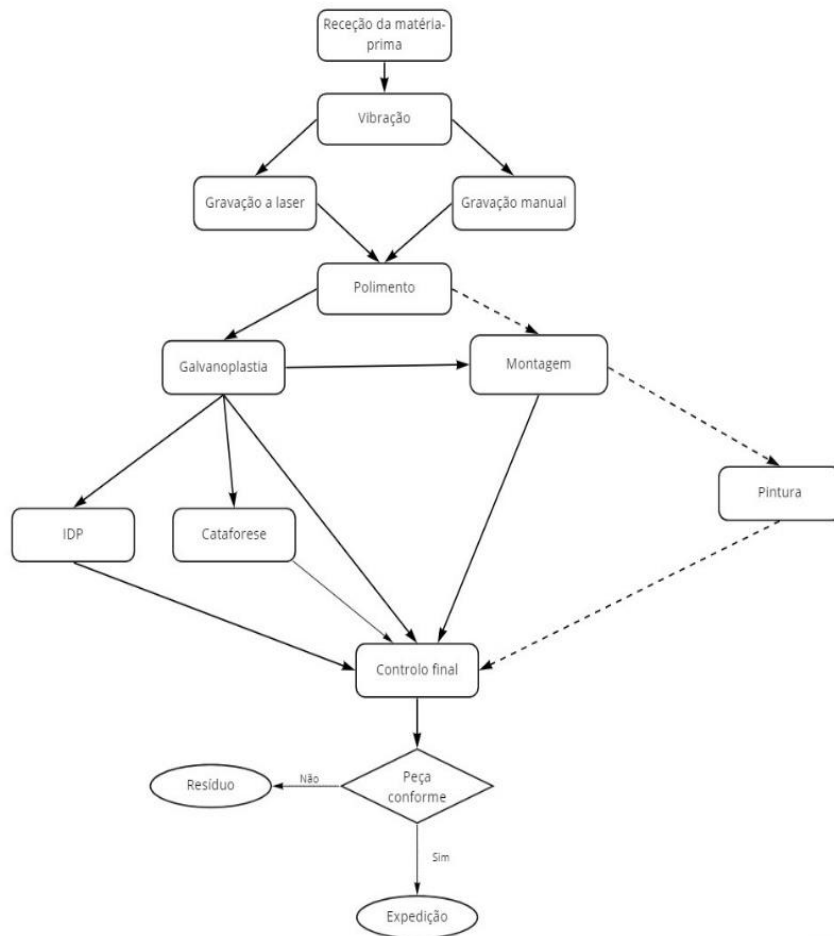


Figura 11: Fluxograma de atividade da unidade de Albergaria-a-Velha

O início do processo de fabrico, inicia-se com a receção da matéria-prima. Esta pode ser peças vindas dos fornecedores ou peças vindas da unidade de Águeda, logo após o processo de estampagem.

Após a receção da matéria-prima, esta segue para o processo de vibração. Neste processo, é feita a limpeza superficial da peça, com o objetivo de aumentar a eficácia do processo de tratamento de superfície. Esta limpeza consiste em colocar as peças numa máquina de vibroacabamento onde se dá a interação mecânica das mesmas com uma mistura de abrasivos cerâmicos e agentes químicos. Os agentes utilizados são de carácter surfactante, ou seja, envolvem a sujidade e as impurezas da peça para que depois sejam retiradas com a água.

Na fase seguinte, é feita a gravação nas peças. São utilizados dois métodos de gravação, sendo eles: a gravação a laser e a gravação manual. Na gravação a laser, a marcação na peça é feita de forma mais automatizada, sendo um método preciso, legível e rápido. Por outro lado, na gravação manual a gravura na peça é feita numa máquina pneumática através do impacto.

O polimento é o último processo de limpeza da peça antes do tratamento de superfície. A primeira fase deste processo é a lixagem das peças metálicas, onde é retirado o metal em excesso, eliminando defeitos e regularizando a superfície da peça. Seguidamente, a peça segue para a linha de polimento, onde são eliminados pequenos defeitos, tornando a superfície metálica da peça mais brilhante. Por fim, é realizada a limpeza da peça imergindo-a num tanque de ultrassons com percloroetileno.

O tratamento de superfície em Albergaria-a-Velha pode ser feito de três formas diferentes. Ou seja, o acabamento da peça pode ser feito no processo de galvanoplastia, na cataforese ou na pintura.

No processo de galvanoplastia ocorre o depósito de um metal precioso na superfície de outro, em resultado da diferença de potencial fornecido a um meio líquido. Desta forma, as peças irão ser submetidas aos banhos galvânicos, em função do acabamento pretendido.

O processo de cataforese é muito idêntico à galvanoplastia, mudando apenas o tratamento superficial da peça. Este processo inicia-se com a imersão das peças num banho desengordurante para retirar qualquer vestígio de gordura presente na sua superfície. Seguidamente, passam pela tina de lavagem para retirar o desengordurante. Por fim, são imersas no tanque de lacagem onde ocorrerá a pintura cataforética.

Na secção da pintura, as peças já chegam montadas do atelier de montagem e são pintadas na cabine de pintura. Após a pintura das peças, estas são colocadas na estufa, favorecendo a sua secagem.

A maior parte das peças são montadas no atelier de montagem, após o processo de galvanoplastia e cataforese, sendo esta a etapa que antecede o controlo final. Noutros casos, as peças são montadas logo após o polimento e são, exclusivamente, encaminhadas para a pintura.

A montagem de algumas peças pode ser feita no atelier de investigação e desenvolvimento de projeto (IDP). Nesta fase, as peças são montadas e sujeitas a um pré-controlo.

O controlo final é a última etapa antes do produto seguir para o cliente. As peças chegam ao controlo final vindas da galvanoplastia, IDP, cataforese, montagem e pintura. Se as peças tiverem conforme serão expedidas para o cliente, se tiverem não conforme serão consideradas resíduo e devidamente encaminhadas.

1.4. Enquadramento legal da empresa

O sistema de gestão de consumos intensivos de energia (SGCIE), regulado pelo decreto-lei 71/2008, tem como principal objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energias (Diário da Republica, 2008).

O decreto-lei 71/2008 abrange todas as instalações consumidoras intensivas de energia (CIE), que no ano anterior tenham apresentado um consumo energético superior a 500 tep/ano. De modo a perceber o enquadramento legal das unidades em estudo, terá de ser convertido o valor da energia consumida, dado em quilowatt-hora (kWh) na fatura energética, para tonelada equivalente de petróleo (tep). Posto isto, verificou-se que, as unidades de Águeda e Albergaria-a-Velha não são abrangidas por este decreto, sendo que os seus consumos energéticos foram 178,76 e 268,31 tep/ano, respetivamente. Neste decreto-lei, são estabelecidas as metas relativas aos indicadores energéticos da intensidade energética e intensidade carbónica. Logo, será importante analisar estes indicadores, bem como o consumo específico da empresa.

Por outro lado, o Decreto-Lei 68-A/2015 estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração, referindo que as empresas que não sejam PME devem realizar auditorias energéticas, de pelo menos 4 em 4 anos (Ministério do Ambiente, 2015). Posto isto, é importante a empresa realizar auditorias energéticas periodicamente, com o objetivo de promover ações que visam promover a eficiência energética na empresa. Tendo em conta que a JADE Groupe, já emprega mais de 250 pessoas em ambas as unidades (é considerada não PME), logo, é abrangida por este decreto.

Para calcular a intensidade carbónica é necessário calcular o valor referente às emissões de gases com efeito de estufa (GEE), em kg CO₂e. Os fatores de emissão considerados neste estudo foram 0,47 kgCO₂e/ kWh para a energia elétrica e 2637,7 kgCO₂e/ tep para o Gás de Petróleo Liquefeito (GPL), valores retirados do Despacho n.º 17313/2008, de 26 de junho (Geologia, 2008).

Tabela 1: Fatores de emissão

Fatores de emissão	
Eletricidade (kgCO ₂ e/ kWh)	0,4700
Gás de Petróleo Liquefeito (kgCO ₂ e/ tep)	2637,7

1.5. Desenvolvimento do estudo

O estudo desenvolvido baseou-se na auditoria energética a duas unidades de produção da empresa onde se realizou o estágio. A auditoria energética realizada dividiu-se nas seguintes fases (Figura 12): recolha de dados e planeamento da intervenção, levantamentos e medições de campo, tratamento e análise de informação e elaboração do relatório da auditoria energética.



Figura 12: Fases da realização do estudo

A primeira fase é a recolha de dados e planeamento da intervenção. Numa fase inicial, é importante perceber a realidade que vamos encontrar na fábrica onde vai ser feita a auditoria. O objetivo nesta fase, é obter informação sobre as instalações em estudo, o processo produtivo, dados sobre a produção, as faturas energéticas das fontes de energia utilizadas e os horários de funcionamento das fábricas e dos setores.

Na fase de intervenção no local, é feito o levantamento da potência dos equipamentos, o seu tempo de funcionamento e a observação da forma como o equipamento opera. O objetivo é determinar os perfis energéticos das unidades que estão a ser auditadas. Após a conclusão do modelo energético, para ambas as fábricas, é possível determinar os setores e os processos que apresentam maiores consumos de energia.

Na fase seguinte, é feito o tratamento de dados, onde são identificados os equipamentos com maiores consumos, os equipamentos com consumos significativos e oportunidades de melhoria. Ou seja, depois de determinados os equipamentos mais impactantes no consumo energético total, são estudadas as alternativas possíveis. Por fim, são apresentadas as medidas com maior fiabilidade, devidamente justificadas. As medidas poderão ser de custos reduzidos, custos médios e custos elevados e serão apresentadas as respetivas poupanças e o período de retorno financeiro.

Para finalizar este estudo, é elaborado um relatório da auditoria energética que irá condensar toda a informação recolhida e tratada sobre o desempenho energético das fábricas e apresentará as possíveis melhorias, devidamente justificadas e com as respetivas poupanças (ADENE, 2019).

Ao longo deste estudo, o foco será encontrar a solução mais rentável para o aquecimento dos banhos. O método que está a ser utilizado é o aquecimento por resistências elétricas de imersão. Tendo em conta que este é o principal processo de ambas as unidades de produção, apresenta um consumo de energia significativo.

No decorrer deste estudo, vai ser analisada a viabilidade de vários sistemas de aquecimento de banhos e será feita uma análise comparativa entre eles, de modo a concluir qual o mais benéfico. Os sistemas sujeitos a análise serão sistemas a partir de fontes renováveis, sendo eles: painéis solares térmicos, painéis fotovoltaicos, bomba de calor e caldeira a biomassa, e um sistema a partir de fontes não-renováveis, a caldeira a gás natural.

Para calcular os custos dos consumos energéticos, foram usados como preços de referência o valor da eletricidade a 0,1371 €/kWh, o preço do gás propano como 1201 €/ton, o preço dos pellets a 200 €/ton e o gás natural a 0,067 €/kWh (Tabela 2). Estes são valores de referência atribuídos pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) e pela Entidade Nacional para o Setor Energético (ENSE).

Tabela 2:Preços de referência das fontes de energia

Preços de referência	
Eletricidade (€/kWh)	0,1371
Gás Propano (€/ton)	1201,00
Biomassa (€/ton)	200,00
Gás Natural (€/kWh)	0,0674

1.6. Objetivos

Para a realização deste estudo foi realizado um estágio na empresa Jade Creation, com o propósito de realizar uma auditoria energética a duas unidades de produção. No final do estudo, o objetivo é apresentar medidas que venham garantir uma melhoria a nível ambiental e económico à empresa. Durante o estágio, serão recolhidos e tratados os dados precisos para realizar o perfil energético das duas empresas. Após a realização do perfil energético e conhecendo os pontos fracos da empresa, o objetivo será apresentar medidas que permitam à empresa obter uma maior poupança económica, sem afetar a produção e o seu normal funcionamento. É importante estudar a introdução de fontes de energia renovável que satisfaçam uma grande parte das necessidades energéticas da fábrica, contribuindo de forma positiva para o ambiente.

A nível pessoal, os objetivos são adquirir experiência neste ramo de atividade e desenvolver o espírito de cooperação e autonomia.

O principal objetivo deste trabalho é reduzir o consumo energético da empresa e, conseqüentemente, a fatura energética. No início deste trabalho será feita a introdução, onde consta a informação necessária ao estudo sob a empresa e o processo produtivo desta. Seguidamente é feito o estado da arte/ revisão da literatura, onde o principal objetivo é perceber o contexto atual do setor industrial, bem como a atualidade das fontes de energias renováveis em Portugal. No capítulo seguinte é apresentado o estudo realizado à empresa e os resultados deste, onde se apresentará o perfil energético de ambas as fábricas, é definida a problemática e é feito o estudo das alternativas. O capítulo seguinte é as Soluções de eficiência energética, onde serão apresentadas as melhores medidas de eficiência energética para ambas as fábricas, devidamente justificadas. Também neste capítulo, são apresentados os mecanismos de incentivos atuais relativos à utilização de fontes de energias renováveis e melhoria de eficiência energética no setor industrial. Por fim, é feita a conclusão do trabalho onde constam as principais conclusões deste estudo.

2. Revisão da literatura

2.1. Energias Renováveis

2.1.1. O que são?

As fontes de energias renováveis são definidas pela Agência Internacional de Energia (AIE), como as fontes primárias naturais utilizadas para a produção de energia, que são regeneradas a uma taxa igual ou superior à taxa de consumo (Harjanne & Korhonen, 2019). De acordo com a diretiva da UE 2018/2001, a energia de fontes renováveis não-fósseis existentes, são: a energia eólica, a solar, a geotérmica, a aerotérmica (armazenada no ar ambiente), a energia dos oceanos, a hidráulica, a biomassa, a energia de gases de aterros, de gases das instalações de tratamento de águas residuais e o biogás (Comissão Europeia, 2018).

Desde a revolução industrial na Europa que a utilização de combustíveis fósseis tem aumentado de forma abismal, consequência do grande crescimento populacional e da evolução da qualidade de vida da sociedade. Este consumo de fontes de energia convencionais, tais como o petróleo, o carvão e o gás natural não é suficiente para acompanhar a elevada intensidade energética necessária em muitas indústrias, o que está a levar à escassez destes recursos (Marks-Bielska, Bielski, Pik, & Kurowska, 2020). Alguns estudos fazem a distinção entre recursos renováveis e recursos inesgotáveis, sendo que consideram a biomassa um recurso renovável. Por outro lado, consideram o vento, a radiação solar, a energias das marés e a energia hídrica recursos inesgotáveis. Nos últimos anos, estes recursos têm-se desenvolvido como forma de combater a dependência nos recursos fósseis (Harjanne & Korhonen, 2019).

2.1.2. Quais são as mais utilizadas?

No ano de 2018, as energias renováveis representaram cerca de 26% do consumo total para produção de energia elétrica. No entanto, nos setores de transporte e de produção de calor a transição energética está numa fase muito primária. As fontes renováveis mais desenvolvidas na atualidade são, a energia eólica, a energia solar, a biomassa, o biogás e a energia geotérmica (Croutzet & Dabbous, 2021).

As fontes de energia renováveis podem ser classificadas de acordo com a forma de energia que produzem, podendo esta ser energia elétrica ou térmica, tal como se demonstra na Figura 13.

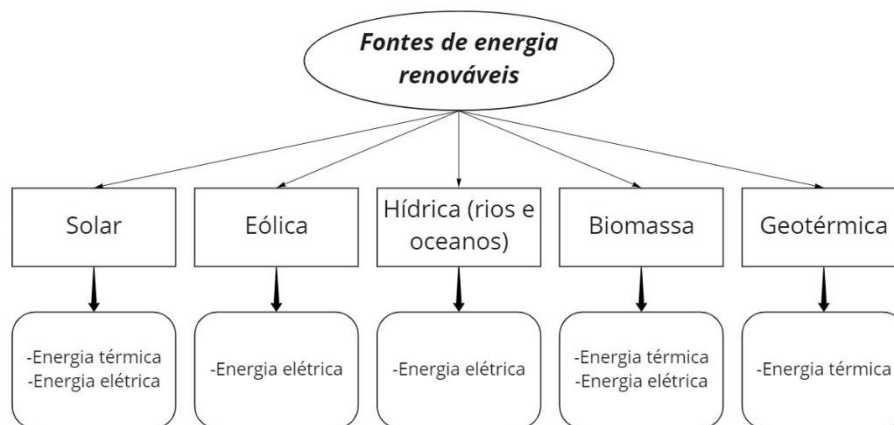


Figura 13: Fontes de energia renováveis e tipo de energia que produzem

Solar

A radiação solar é uma das fontes renováveis mais populares no mundo, sendo possível converter esta em energia térmica e energia elétrica. Esta fonte solar está presente em todo o mundo, o que favorece a sua acessibilidade. A produção de energia elétrica dá-se através de células fotovoltaicas presentes nos painéis, enquanto a produção de energia térmica é feita através da captação solar em coletores solares (Marks-Bielska et al., 2020).

A energia solar é considerada a fonte renovável com mais potencial na indústria, dado que, é abundante, limpa, acessível e não produz ruído nem poluição para o ambiente. Algumas das suas principais utilizações são em processos industriais de aquecimento de água, de vapor, de desidratação, de esterilização, de lavagens e aquecimento de espaços industriais (Mekhilef, Saidur, & Safari, 2011).

A eficiência da energia solar está dependente da intensidade da radiação, esta varia de acordo com a latitude, a variação diurna, o clima e a localização geográfica. Ou seja, há países com condições mais favoráveis para a produção de energia através da radiação solar. Também, é importante ter em conta que nem toda a radiação que chega à superfície da terra é capturada. Estima-se que a radiação disponível para produção energética ronde os 70% da radiação total emitida pelo sol, a restante é refletida e absorvida pela superfície terrestre (Kabir, Kumar, Kumar, Adelodun, & Kim, 2018).

Pela análise da Figura 14, verifica-se a variação da radiação que chega à superfície terrestre por localização geográfica. É possível afirmar que Portugal se situa numa zona favorável para que consiga aproveitar este recurso de forma eficiente.

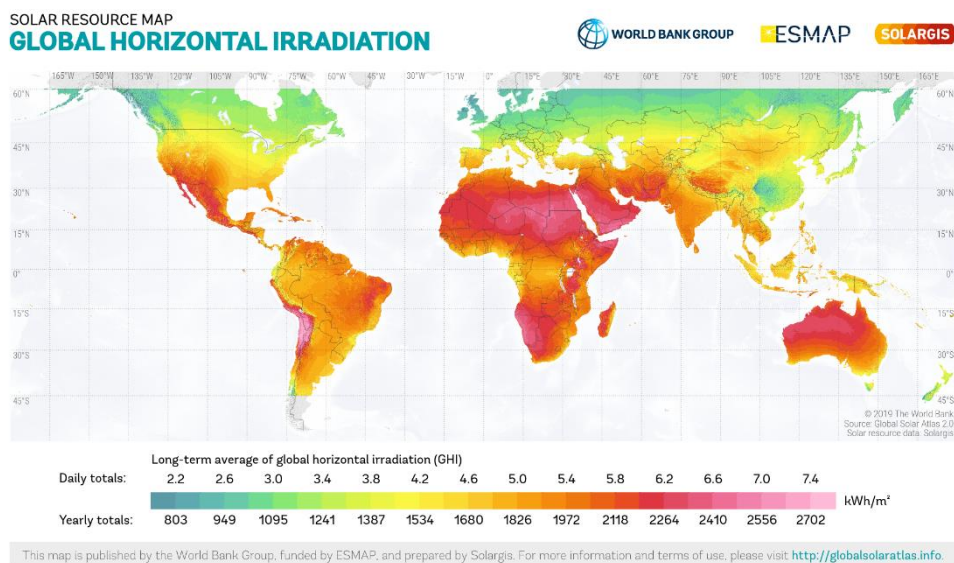


Figura 14: Níveis de radiação solar no mundo
Fonte: Global Solar Atlas, 2019

Eólica

O aproveitamento do vento como fonte de energia pode ser feito através de turbinas eólicas em terra (*onshore*) ou no mar (*offshore*). As mais utilizadas a nível global são as eólicas em terra (Figura 15). Por outro lado, as torres eólicas presentes no mar (Figura 16) ainda estão em fase de desenvolvimento, devido a complicações com a tecnologia a aplicar e o seu elevado custo (Ahmed, Al-Ismail, Shafiullah, Al-Sulaiman, & El-Amin, 2020).



Figura 15: Parque eólico de Malhadas
Fonte: Iberwind



Figura 16: Torre eólica em Aguçadoura

Fonte: EDP

A energia do vento é uma das fontes de eletricidade com maior crescimento na Europa. O crescimento da capacidade instalada destas fontes tem vindo a aumentar desde o ano 2000 até aos dias de hoje. O aparecimento das eólicas “*offshore*” comprova o desenvolvimento desta fonte, sendo que até ao ano de 2005 eram praticamente desconhecidas e, no ano de 2016, já contavam com uma capacidade instalada de 12,6 GW nos países da União Europeia (Ortega-Izquierdo & Río, 2020).

No ano de 2019, foram instalados 15,4 GW de capacidade de energia eólica, sendo que três quartos foram turbinas eólicas “*onshore*”. Neste ano registou-se um aumento de 27% relativamente ao ano anterior (2018) e a capacidade instalada de energia eólica total na Europa passou a ser 205 GW (Komusanac, Brindley, & Fraile, 2020).

Na última década, foi notório o desenvolvimento da energia eólica e a aposta de vários países europeus nesta fonte, com vista a combater as emissões de gases com efeito de estufa e reduzir o consumo de combustíveis fósseis. É possível verificar na Figura 17, a forma como tem evoluído a energia eólica através do aumento capacidade instalada de torres eólicas na Europa.

Total installed wind power capacity in Europe



Source: WindEurope

Figura 17: Evolução da capacidade instalada das torres eólicas na Europa

Fonte: WindEurope, 2019

A eficiência das turbinas eólicas “*onshore*” depende do vento e das condições atmosféricas. O vento influencia devido às suas mudanças e imprevisibilidade. Ou seja, o vento não tem velocidade, nem direção constante e a qualquer altura pode mudar. Outros fatores que podem contribuir para estas alterações do vento são os obstáculos no local, a cobertura do solo, a altitude e a topografia do local (Bórawski, Beldycka-Bórawska, Jankowski, Dubis, & Dunn, 2020).

O vento é definido como o movimento de massas de ar, que variam de áreas com maior pressão atmosférica para áreas com menor pressão. A direção e a força do vento estão diretamente ligadas com as marés e o movimento rotacional da terra. O princípio de funcionamento das turbinas eólicas é transformar a energia cinética presente nas correntes de vento em energia elétrica (Marks-Bielska et al., 2020).

Os principais benefícios do uso de fontes eólicas são, a redução de emissões de CO₂, a poupança de combustíveis não-renováveis e a criação de novos empregos. No ano de 2016, um estudo realizado em vários países da Europa, estimou que 129,1 MtCO₂ não foram emitidas para a atmosfera, como consequência da produção de eletricidade por fontes eólicas. Também, 612 TWh de energia primária foi substituída por energia eólica. Com a evolução desta fonte de energia, foram criados mais de 2,5M de novos empregos distribuídos por turbinas *onshore* (2,2M) e turbinas *offshore* (0,3M) (Ortega-Izquierdo & Río, 2020).

Hídrica

A produção de energia elétrica utilizando a água como recurso pode ser feita nos rios e nos oceanos (Figura 18). Nos rios são usadas barragens equipadas com turbinas, onde o objetivo é transformar a energia cinética presente no curso do rio em energia elétrica. Nos oceanos o princípio é o mesmo, transformar a energia cinética presente nas marés, nas ondas e nas correntes em energia elétrica. No entanto, muitos investigadores afirmam que as estações de produção elétrica em oceanos não são economicamente rentáveis e não satisfazem as necessidades de segurança energética. Ou seja, a energia produzida não é suficiente para satisfazer as necessidades energéticas (Marks-Bielska et al., 2020).

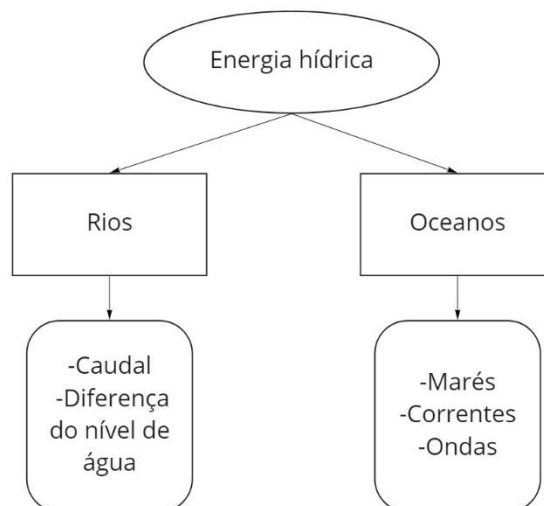


Figura 18: Tipos de energia hídrica

A energia hídrica é definida pelo movimento de massas de água, sendo um recurso renovável e contínuo para produção de eletricidade. No caso dos rios, esta produção de eletricidade é feita em centrais hídricas. No entanto, estas centrais têm um custo de construção muito elevado quando comparado a outras fontes de energias renováveis (Manzano-Agugliaro, Taher, Zapata-Sierra, Juaidi, & Montoya, 2017).

As centrais hídricas podem ser consideradas pequenas centrais hídricas (capacidade instalada inferior a 10MW) ou grandes centrais hídricas (capacidade instalada superior a 10 MW). Os tipos de centrais hídricas existentes são as centrais de fio de água (Figura 19), que aproveitam o fluxo natural do rio, ou centrais com albufeira (Figura 20). As barragens com albufeira são o sistema mais eficiente para produzir eletricidade de origem hídrica, garantindo a estabilidade do sistema elétrico. Em Portugal, as centrais hídricas são responsáveis por 30% do consumo elétrico anual (APREN, n.d.-b).



Figura 19: Barragem de Fratel

Fonte: EDP



Figura 20: Barragem do Alqueva

Fonte: A Planície, 2021

Esta tecnologia tem como principais vantagens a sua fiabilidade e a resposta às variações da procura. É um recurso inesgotável, não emite gases poluentes e apresenta um baixo custo de operação. Por outro lado, tem impacto nos solos próximos das margens, afeta a vegetação local, provoca alterações nos ecossistemas, provoca uma elevada sedimentação na albufeira e os custos de instalação e desativação são elevados (Reis, 2019).

Para o caso dos oceanos, é possível produzir eletricidade de seis formas diferentes, sendo elas: as ondas do oceano, a variação das marés, a corrente das marés, a corrente do oceano, a energia térmica do oceano e gradiente de salinidade. No entanto, estas formas de produção de eletricidade ainda estão numa fase pouco desenvolvida. Os maiores avanços tecnológicos verificam-se na energia das ondas (Figura 21) e na energia das correntes e das marés (Figura 22) (Uihlein & Magagna, 2016).



Figura 21: Dispositivo Pelamis em Aguçadoura

Fonte: Direção-Geral de Energia e Geologia

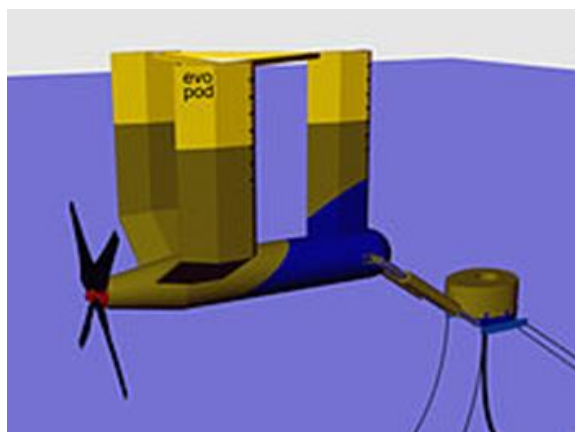


Figura 22: Protótipo do dispositivo EVOPOD

Fonte: oceanflowenergy

As vantagens destes sistemas são a previsibilidade das marés, a inesgotabilidade deste recurso, a fiabilidade e são uma fonte de energia não poluente. Em contrapartida, estes sistemas têm consequências negativas nos ecossistemas locais, os custos de instalação são elevados, é difícil obter a máxima eficiência devido à variação das ondas e tem pouca resistência a condições climáticas extremas (Reis, 2010).

Biomassa

A biomassa é a matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, que pode ser utilizada para produzir energia. Temos como principais exemplos de biomassa resíduos florestais ou resíduos originários de indústria florestal, resíduos agrícolas e de indústrias agroalimentares, estrume de animais provenientes de explorações agropecuárias, entre outros (DGEG, n.d.-a).

A biomassa pode ser utilizada para produção de energia elétrica ou para produção de energia térmica. Os processos de produção de energia que estão associados à biomassa são a pirólise, a gasificação e a combustão ou co-combustão. O principal método é a combustão, onde se retira a energia em forma de calor. No entanto, também é possível a produção de eletricidade, através da passagem do vapor resultante da combustão em turbinas (Reis, 2020).

Os principais objetivos a alcançar com a utilização da biomassa para produção de energia são a redução de gases com efeito de estufa, o cumprimento com as políticas para a obtenção de um ar mais limpo, estimular o desenvolvimento rural, a criação de novos empregos, reduzir a dependência em combustíveis fósseis e economizar na compra de energia (Ajmi & Inglesi-Lotz, 2020). Por outro lado, o uso da biomassa também acarreta impactos negativos, tais como: a degradação do solo, a competição pelo solo, o esgotamento de recursos, a deflorestação, a segurança alimentar e a perda de biodiversidade (Wang, Bui, Zhang, & Pham, 2020).

Geotérmica

A energia geotérmica tem origem no interior da Terra, estima-se que esta aumente 33°C a cada quilómetro de profundidade. O calor da Terra é transportado do interior para as zonas mais superficiais através de um fluido, por norma é a água. A energia geotérmica é utilizada para a produção de energia térmica, tendo como principais utilizações o aquecimento ambiente, o aquecimento de água para uso doméstico e serviços, o aquecimento de estufas, de instalações pecuárias e aquicultura, a secagem de produtos agrícolas e a climatização de ambiente através de ciclos de absorção (DGEG, n.d.-b).

A utilização direta da energia geotérmica é uma das formas mais antigas, mais comuns e mais versáteis de utilização de energia geotérmica. A capacidade instalada para o aproveitamento de energia geotérmica no final do ano de 2019 era de 107,7 MW. Um dos principais contributos para a evolução desta fonte de energia tem sido o aparecimento e o desenvolvimento de bombas de calor geotérmica. Em Portugal, estes sistemas estão localizados no território continental e no arquipélago dos Açores, sendo utilizados para aquecimento de banhos termais e piscinas, aquecimento de estufas e nas redes de aquecimento urbano (Lund & Toth, 2021).

Os principais benefícios da utilização de energia geotérmica são o carácter local dos recursos energéticos, não depende das condições climáticas e não tem impacto negativo no ambiente. Por outro lado, há o risco de contaminar a água, a atmosfera e a sua difícil acessibilidade (Marks-Bielska et al., 2020).

2.2. Necessidade de substituir energias fósseis por energias renováveis

A substituição de energias fósseis por fontes de energia renovável é uma das principais armas para combater as alterações climáticas. A aposta nesta medida é clara, havendo já legislação nesse sentido, tanto a nível europeu através da Diretiva 2018/2001 da União Europeia, como a nível nacional através do Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030, 2019).

Na diretiva da União Europeia é estabelecida a meta de redução de emissão de gases com efeito de estufa (GEE) de 30%, face ao ano de 2005. Outra das medidas, é assegurar a produção de 32% da energia final de origem renovável. No setor de aquecimento e arrefecimento, está previsto o consumo de 40% de energias renováveis na União Europeia (Comissão Europeia, 2018).

Para responder a esta regulamentação proposta pela união europeia, foi criado em Portugal o Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030. Este plano, visa assegurar que Portugal cumpre e otimiza os

seus sistemas de produção de energias renováveis, contribuindo para que as metas estabelecidas pela União Europeia sejam alcançadas.

Em Portugal, as emissões de CO₂ para o ano de 2030, estima-se que sofram uma redução entre os 45% e os 55% em relação ao ano de 2005, como se mostra na Figura 23. Para cumprir com esta previsão, terão de ser alterados os padrões de produção e de consumo, bem como a relação de produção e utilização de energia. Posto isto, todos os setores têm grande margem para reduzir as emissões, uns mais que outros, dependendo das tecnologias e dos gases com efeito de estufa associados. Mas, prevê-se que na próxima década, os setores com a descarbonização mais acentuada sejam os setores da produção de eletricidade, dos transportes e dos edifícios (PNEC 2030, 2019).

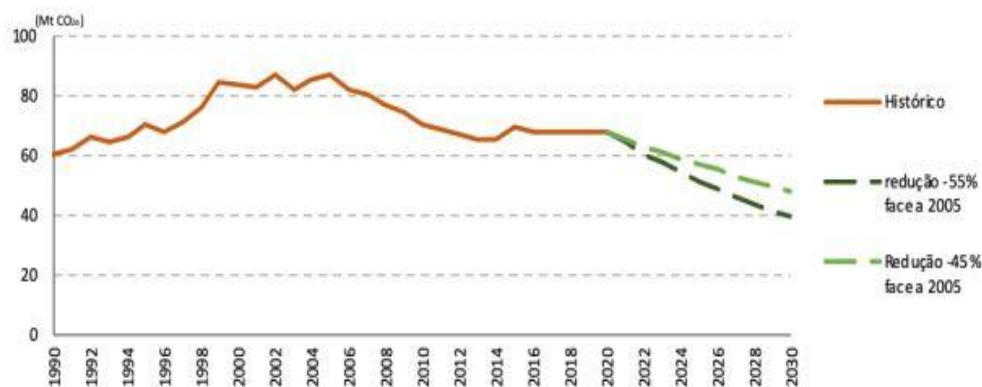


Figura 23: Previsão da emissão de dióxido de carbono para 2030
 Fonte: Plano Nacional de Energia e Clima 2030, 2019

No capítulo das energias renováveis, Portugal tem todas as condições para continuar a sua expansão e o desenvolvimento de uma estratégia baseada em fontes de energias renováveis. Tendo em conta a situação atual das fontes de energia renovável e o seu potencial em Portugal, foi definida como meta nacional uma participação de 47% das energias renováveis no consumo final bruto de energia (Figura 24). Para atingir este objetivo, a aposta do país recai sobre a eletrificação da economia e dos consumos, na evolução da capacidade instalada e na produção de eletricidade de origem renovável, na forte penetração do veículo elétrico, no uso de tecnologias de alta eficiência nos vários setores e na investigação e inovação de tecnologias alternativas (PNEC 2030, 2019).

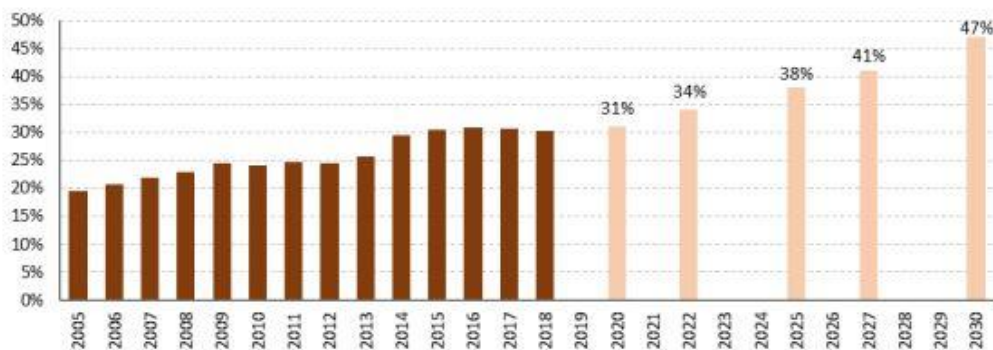


Figura 24: Evolução da introdução de energias renováveis em Portugal
 Fonte: Plano Nacional de Energia e Clima 2030, 2019

Para o mix energético de 2030, estima-se que 80% da produção de eletricidade seja produzida através de fontes renováveis, distribuindo-se por: 22% de energia hídrica, 31% de energia eólica e 27% de energia solar. Ou seja, é previsto que a tecnologia solar apresente o maior crescimento da década, como se demonstra na Figura 25 (PNEC 2030, 2019).

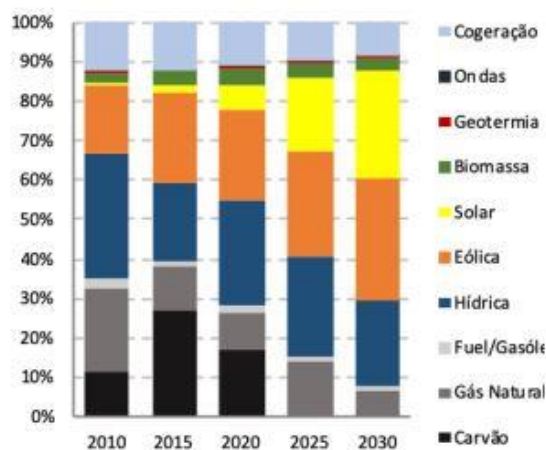


Figura 25: Variação do mix energético em Portugal até 2030
 Fonte: Plano Nacional de Energia e Clima 2030, 2019

No setor do aquecimento e arrefecimento, prevê-se a diminuição do consumo de combustíveis fósseis, dado o reforço das medidas de eficiência energética e da eletrificação dos consumos. No entanto, em Portugal, não se prevê o alcance da meta estipulada na diretiva 2018/2001 da União Europeia, sendo esta 40% do consumo ser proveniente de fontes renováveis em 2030 (Figura 26). Embora não seja possível através do uso das fontes renováveis já conhecidas, prespctivando-se apenas o alcance de 38%, espera-se mais desenvolvimentos no que diz respeito aos gases renováveis. Estes gases, principalmente o biometano e o hidrogénio, acredita-se que possam ser influentes no horizonte 2030, mas poderá mudar a curto/ médio prazo, pois apresentam-se ainda em fase de desenvolvimento e análise (PNEC 2030, 2019).

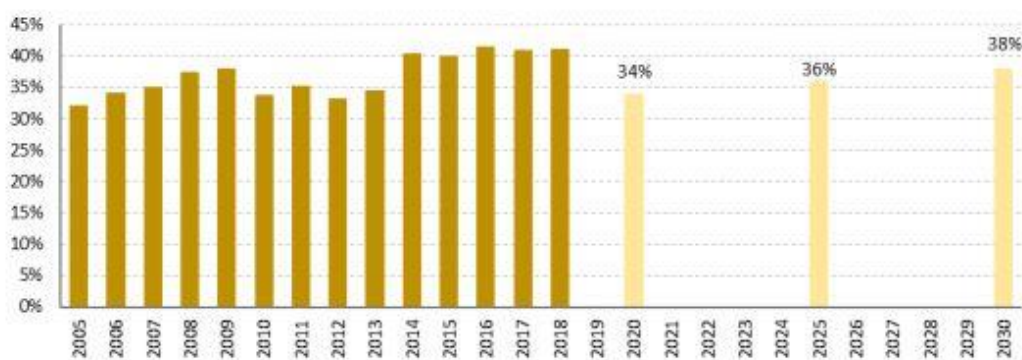


Figura 26: Previsão da utilização de Energias Renováveis até 2040 para produção de calor em Portugal
 Fonte: Plano Nacional de Energia e Clima 2030, 2019

Até ao ano de 2040, é expectável que o consumo total de energia a nível global aumente 30% em relação ao ano de 2015. Aproximadamente, 75% da eletricidade produzida no mundo, é proveniente do uso de combustíveis fósseis. Para reduzir o consumo destes combustíveis, é importante aumentar a eficiência energética e utilizar fontes de energia renováveis (Ahmad & Zhang, 2021). Com a introdução das energias renováveis, é esperado que estas substituam em grande parte os combustíveis fósseis, contribuindo para a redução de emissão de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera, para o aumento da segurança energética e da sua acessibilidade (Marques, Fuinhas, & Pereira, 2018).

A transição energética vai depender das fontes renováveis de energia disponíveis no local. Logo, a transição para as renováveis requer uma avaliação de recursos, o uso de tecnologias adequadas e sistemas que permitam integrar adequadamente as fontes de energia renovável (Østergaard, Duic, Noorollahi, Mikulcic, & Kalogirou, 2020). Também o preço dos combustíveis fósseis pode interferir na transição energética. É esperado que os impostos sobre o uso de combustíveis fósseis e as emissões de CO₂ aumentem, o que contribuirá para uma substituição mais rápida destes por fontes renováveis (Li & Leung, 2021).

Para perceber a importância de substituir as energias não renováveis, temos de perceber o que são e o mal que estas podem causar ao meio ambiente. As fontes não-renováveis são aquelas em que o seu consumo ocorre mais rápido que a sua reposição, sendo as principais: o carvão, o petróleo e o gás natural. Estas têm associado a si grandes desvantagens, como se mostra na Figura 27 (Marks-Bielska et al., 2020).

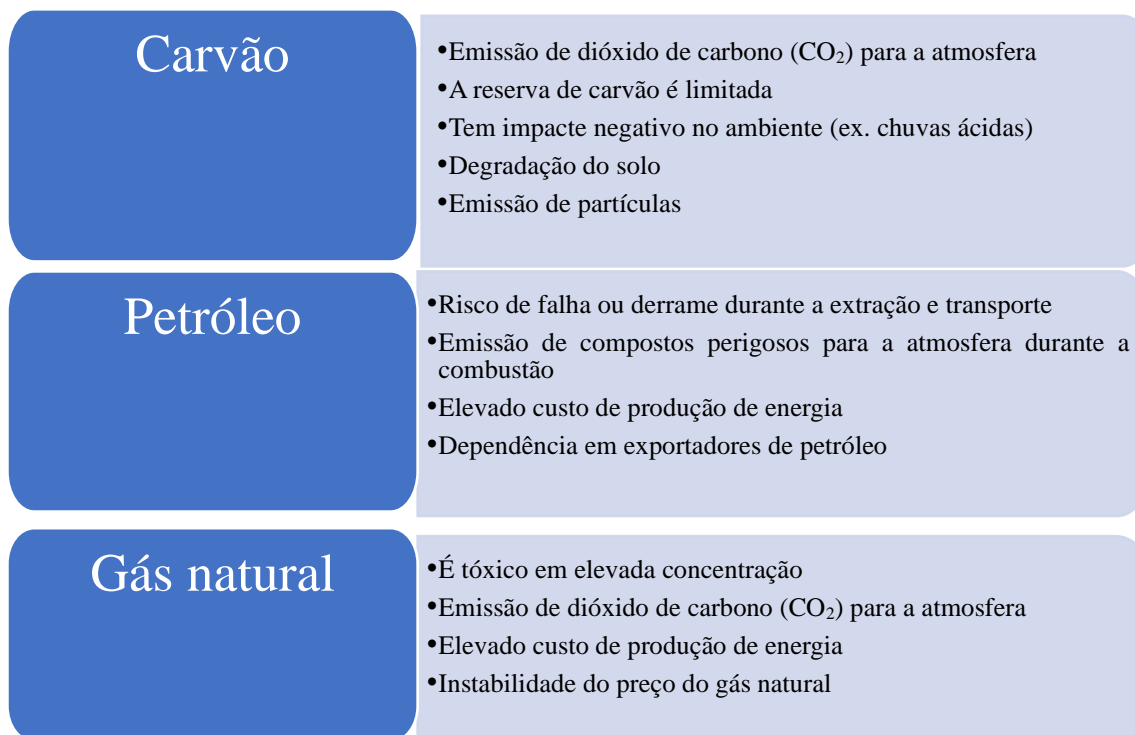


Figura 27: Principais desvantagens do uso de fontes de energia fóssil

2.3. Implementação de fontes de energia renováveis para produção de calor no setor industrial

Nos últimos anos, tem sido notório o aumento da preocupação e os esforços para reduzir a emissão de gases com efeito de estufa. Para além disso, também se verificam incentivos para o uso de energias renováveis e o progresso na eficiência energética em vários países. Estas medidas são importantes para o setor industrial, pois este é responsável por mais de um terço da energia consumida e é responsável por grande parte das emissões de GEE para a atmosfera. O setor industrial é considerado o setor de uso final mais poluente, logo terão de ser adotadas estratégias que permitam a implementação de sistemas com maior eficiência e com baixas emissões de carbono (Fais, Sabio, & Strachan, 2016). Posto isto, houve a necessidade de avaliar a importância da produção de eletricidade e de calor no setor industrial de forma mais eficiente, de modo a provocar menos danos no ambiente.

O principal foco dos países industrializados é a segurança energética e a proteção do ambiente. Um dos primeiros avanços na eficiência energética a nível industrial, foi o aproveitamento do calor residual do processo de produção de eletricidade, armazenando-o e fornecendo energia térmica para climatização de espaços ou para ser utilizado em processos industriais (Bagherian & Mehranzamir, 2020).

Em 2011, estimava-se que as energias renováveis eram responsáveis por 9% do abastecimento de energia no setor industrial. O seu uso tem vindo a crescer rapidamente, devido à crescente necessidade de energia neste setor, aos avanços tecnológicos, aos custos reduzidos, às preocupações com a segurança energética e às preocupações com o meio ambiente. Os maiores avanços de fontes renováveis para uso industrial são a biomassa para a produção de calor, as bombas de calor para produção de calor de baixas temperaturas e a energia solar para produção de calor e produção de eletricidade (Taibi, Gielen, & Bazilian, 2012).

No ano de 2017, três-quartos da energia utilizada no setor industrial foi destinada para produção de calor e a restante para produção de energia mecânica e energia elétrica. A produção de calor pode dividir-se em três intervalos de temperatura, como está representado na Figura 28, sendo eles: a temperatura baixa (inferior a 150°C) representando 30% do calor produzido, 22% para temperatura média (entre 150°C e 400°C) e 48% para temperaturas elevadas (superior a 400°C). As fontes renováveis foram responsáveis apenas por 9% da produção de calor (George, 2019).

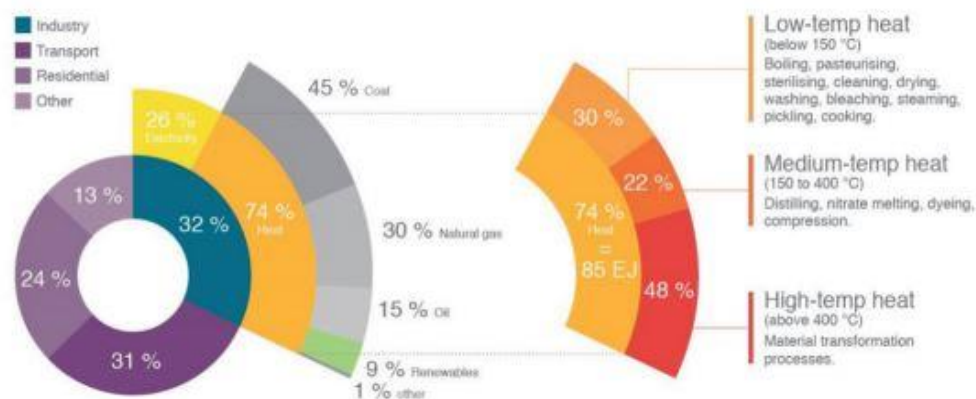


Figura 28: Consumo de energia térmica por setor

Fonte: Renewable Energy for Industry, 2019

2.4. Sistemas em estudo para produção de calor

Como foi anteriormente mencionado, a produção de calor é o processo onde se está a consumir mais energia no setor industrial. Aproximadamente, 35% da energia consumida em todo o mundo é para produção de calor, sendo que 80% da produção desta recorre ao uso de gás natural ou derivados de petróleo. A utilização destas fontes contribui negativamente para o meio ambiente e não vai ao encontro das metas projetadas pela união europeia para o ano de 2030 (Ravi Kumar, Krishna Chaitanya, & Sendhil Kumar, 2021).

Ao longo deste estudo, os equipamentos que irão ser estudados é para a produção de calor de baixas temperaturas, para fazer o aquecimento dos banhos no processo de galvanoplastia. Atualmente, são utilizadas resistências elétricas de imersão alimentadas pela eletricidade da rede.

2.4.1. Resistências elétricas de imersão

As resistências elétricas de imersão são instaladas em tanques (Figura 29), para fazer o aquecimento de um líquido e funcionam tendo a eletricidade como fonte para produção de calor. Estas resistências aquecem o líquido por condução e convecção, até uma certa temperatura definida e depois desligam-se. Estas só voltam a ligar quando a temperatura baixa do valor predefinido, mantendo-se ligadas até atingir novamente a temperatura desejada. Para ser possível esta regulação, é instalado um termostato ou um regulador de temperatura (CLEVER ENERGY BOILERS, n.d.). De modo a obter o máximo rendimento destes aquecedores, estes devem ser instalados ao longo da lateral do tanque ou no fundo. Desta forma, é possível a distribuição de calor uniformemente, aproveitando a circulação natural do fluido no tanque (OMEGA, n.d.). O princípio de funcionamento da resistência baseia-se no Efeito Joule. Ou seja, ocorre a transformação da energia elétrica em energia térmica quando a corrente elétrica atravessa o condutor. Neste caso, toda a energia elétrica fornecida à resistência é transformada em calor, logo, o calor fornecido é igual à energia elétrica consumida pela resistência (fq.pt, 2021).



Figura 29: Resistência elétrica de imersão

Fonte: WATTCO

As principais vantagens destes equipamentos para produção de calor são a facilidade em manusear e operar, o controlo termostático permite ter a temperatura sempre nos níveis desejados, são equipamentos portáteis, não estando os tanques associados a uma central de aquecimento é possível anular um tanque avariado sem ter de desligar o aquecimento e a possibilidade de definir quando o equipamento se liga e desliga, permitindo assim uma maior poupança (skills Training Group, n.d.). Por outro lado, tem como principais desvantagens o tempo e o elevado consumo inicial para o

aquecimento de grandes volumes de líquido, torna-se caro se não tiver um termostato ou um regulador de temperatura acoplado, torna-se caro comprar ou substituir uma resistência e o preço da eletricidade é elevado (Builder & Engineer, n.d.).

2.4.2. Bomba de calor

A bomba de calor, é considerada uma excelente alternativa para a produção de calor de baixa temperatura. Estas são equipamentos aerotérmicos, ou seja, captam o ar exterior para fazer o aproveitamento da sua energia térmica. O funcionamento das bombas de calor (representado na Figura 30) é simples. O princípio de funcionamento destas consiste em captar o ar exterior para fazer a transferência da sua energia térmica para um fluido refrigerante que circula no interior. Posteriormente, este fluido é sujeito a uma compressão para entrar no estado de gás sobreaquecido e transferir o seu calor para a água. Assim sendo, estima-se que 75% de energia neste processo seria renovável (ar atmosférico) e a restante seria energia elétrica (macolis, n.d.-a).

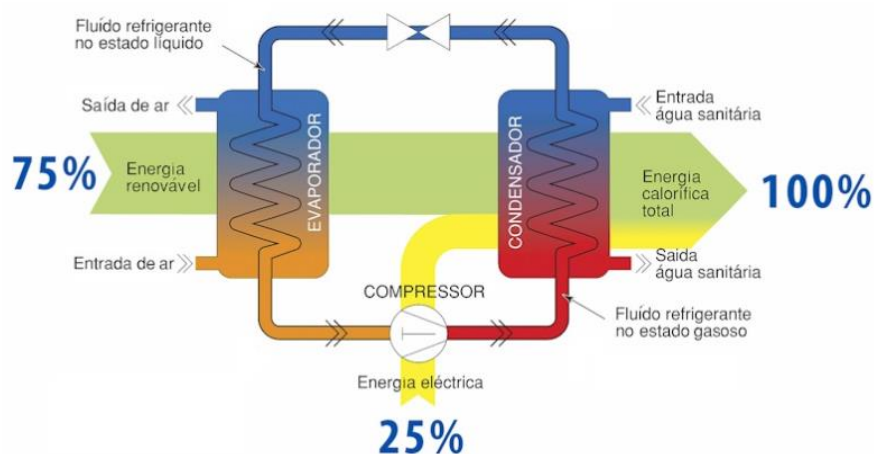


Figura 30: Funcionamento da bomba de calor

Fonte: Macolis

Para fazer a transferência de calor para os tanques onde estão os banhos, teria de ser criado um circuito fechado, com tubos devidamente isolados, para fazer o transporte da água a elevadas temperaturas desde a saída da bomba de calor até aos tanques galvanizados. Nestes tanques, teria de se instalar uma serpentina em cobre ao longo da lateral do tanque ou no fundo, para ser feita a transferência do calor para o banho. De forma a obter uma melhor eficiência do sistema, teriam de ser instalados termostatos e válvulas que permitissem controlar a quantidade de calor que chega a cada tanque.

Os benefícios associados à instalação das bombas de calor são o custo de operação ser mais reduzido quando comparado com sistemas a combustão, a baixa manutenção, são equipamentos seguros, reduzem as emissões de carbono e tem um tempo de vida elevado. No entanto, também apresentam desvantagens, tais como o elevado investimento inicial, a sua instalação é complicada, não são totalmente neutras em carbono e a sua eficiência depende da temperatura ambiente (Vekony, 2021).

2.4.3. Painéis fotovoltaicos

O uso de painéis fotovoltaicos poderá ser uma tecnologia interessante ao estudo, no sentido que, podem produzir a eletricidade para alimentar as resistências elétricas de imersão já instaladas.

Os painéis fotovoltaicos são formados por uma camada de um material semicondutor, normalmente silício, que quando a luz solar incide os elétrons irão deslocar-se para os espaços vazios da célula, criando assim um fluxo de eletricidade. A eletricidade é produzida em corrente contínua, logo terá de ser aplicado um inversor para fornecer corrente alternada aos equipamentos. As células fotovoltaicas não necessitam do sol para funcionar, mas a produção de eletricidade é maior quando a intensidade do sol é mais forte (energy saving trust, n.d.).

No caso de estudo, será a tecnologia fotovoltaica destinada para produção de eletricidade para consumo interno, logo, seria designada de unidade de produção para autoconsumo (UPAC). Para a tecnologia fotovoltaica, a UPAC seria constituída pelos módulos fotovoltaicos, inversores, contador de energia elétrica produzida, contador bidirecional (no caso de venda de eletricidade excedente à rede) e baterias, sendo estas opcionais (Figura 31) (Poupa Energia, n.d.).

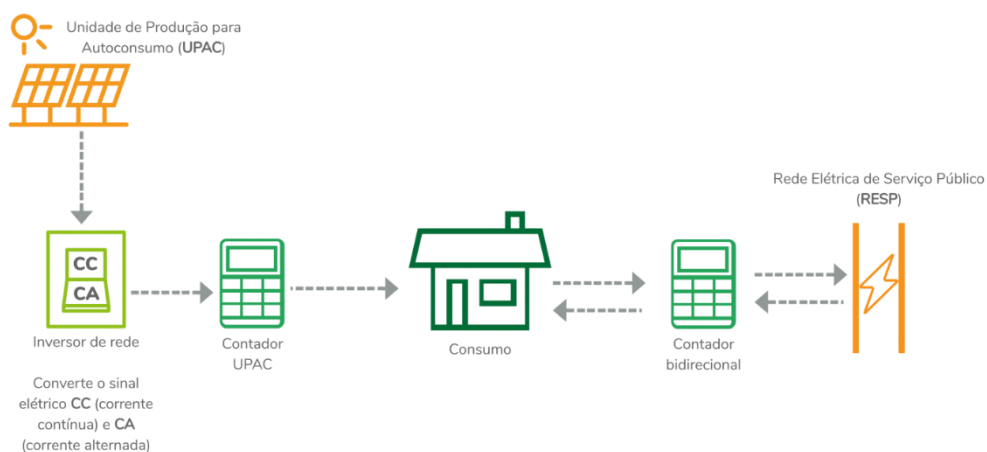


Figura 31: Esquema de funcionamento de uma UPAC

Fonte: Poupa Energia

Para ir ao encontro das metas estabelecidas pela União Europeia através da Diretiva 2018/2001, houve a necessidade de se alterar a legislação nacional, promovendo, assim, o uso de fontes de energia renovável para a produção de eletricidade para autoconsumo. Face este objetivo, foi criado o Decreto-Lei nº162/2019, que estabelece o regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energias renováveis e o regime jurídico das comunidades de energias renováveis (Decreto-Lei nº 162/2019, 2019). Como apoio a este decreto-lei, surge o Regulamento nº 373/2021 que vem estabelecer as disposições aplicáveis ao exercício da atividade de autoconsumo de energia renovável, quando ligadas à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), e também às comunidades de energia renovável que procedam à atividade de autoconsumo (ERSE, 2021).

2.4.4. Painéis solares térmicos

A energia solar térmica é usada na indústria, em grande parte, para climatização e aquecimento de águas sanitárias. Com o avanço tecnológico, a introdução dos sistemas solares térmicos em processos industriais começa a ser cada vez mais uma realidade. O aproveitamento do sol para produzir calor é um conceito simples, mas a tecnologia para retirar o máximo calor disponível é das mais avançadas (inegi, n.d.).

A transferência de calor é semelhante à tecnologia que utiliza a bomba de calor, no entanto, neste caso a produção de calor é feita através dos coletores solares. A água após ser aquecida nos coletores, seria bombeada para os tanques, onde seria feita a transferência de calor para os banhos e retornaria aos coletores para voltar a ser aquecida. Para obter o máximo rendimento dos painéis solares térmicos, teria de ter sistema de circulação forçada e a água circular em circuito fechado, devidamente isolado. A utilização de termostatos para regular as temperaturas dos banhos e válvulas para limitar/controlar a transferência de calor é imprescindível (Figura 32).

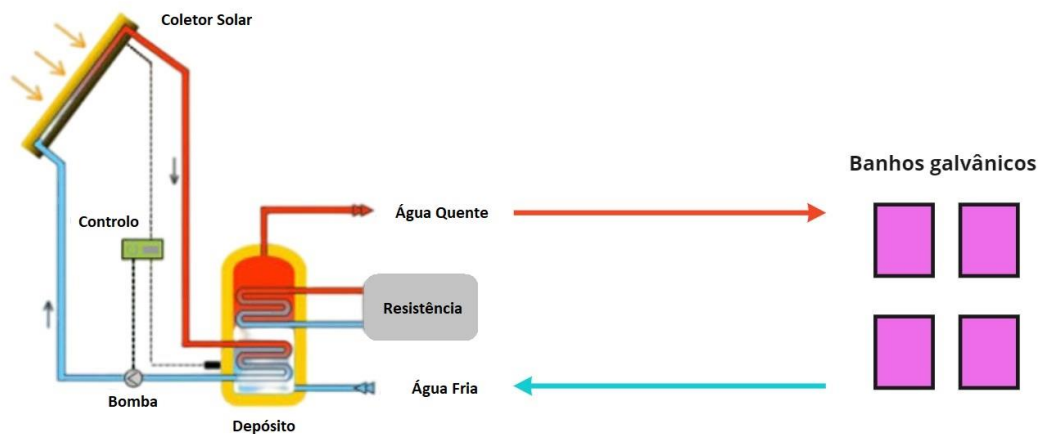


Figura 32: Funcionamento do sistema solar térmico

Fonte: Adaptado de eco2solar, 2021

2.4.5. Caldeira a biomassa

As caldeiras a biomassa são o sistema renovável mais utilizado para produção de calor. Esta alternativa tem-se afirmado como uma das principais ao uso de combustíveis fósseis para a produção de calor. As caldeiras a biomassa apresentam um grande crescimento nos últimos anos, motivado pela quantidade de equipamentos instalados, bem como a qualidade destes (macolis, n.d.-b).

O sistema de aquecimento por biomassa é dos sistemas renováveis com maior interesse a nível industrial, isto porque, o seu desenvolvimento tem-se dado muito rapidamente. Neste caso, será estudado um sistema cujo combustível são os pellets. O funcionamento da caldeira a pellets (representado na Figura 33), consiste na receção e armazenamento dos pellets. Posteriormente, através de um sistema automatizado estes são encaminhados até à caldeira, onde se dá a sua combustão, produzindo o calor que vai aquecer a água que circula em circuito fechado. Após ser aquecida na caldeira, a água segue para o tanque de armazenamento para depois ser bombeada para as tinas galvânicas e fazer o aquecimento dos respetivos banhos (Trec GreenHeat, 2014). Para

garantir o bom funcionamento do sistema, serão necessários termostátos, bombas e válvulas para permitir o controlo das temperaturas de cada banho.

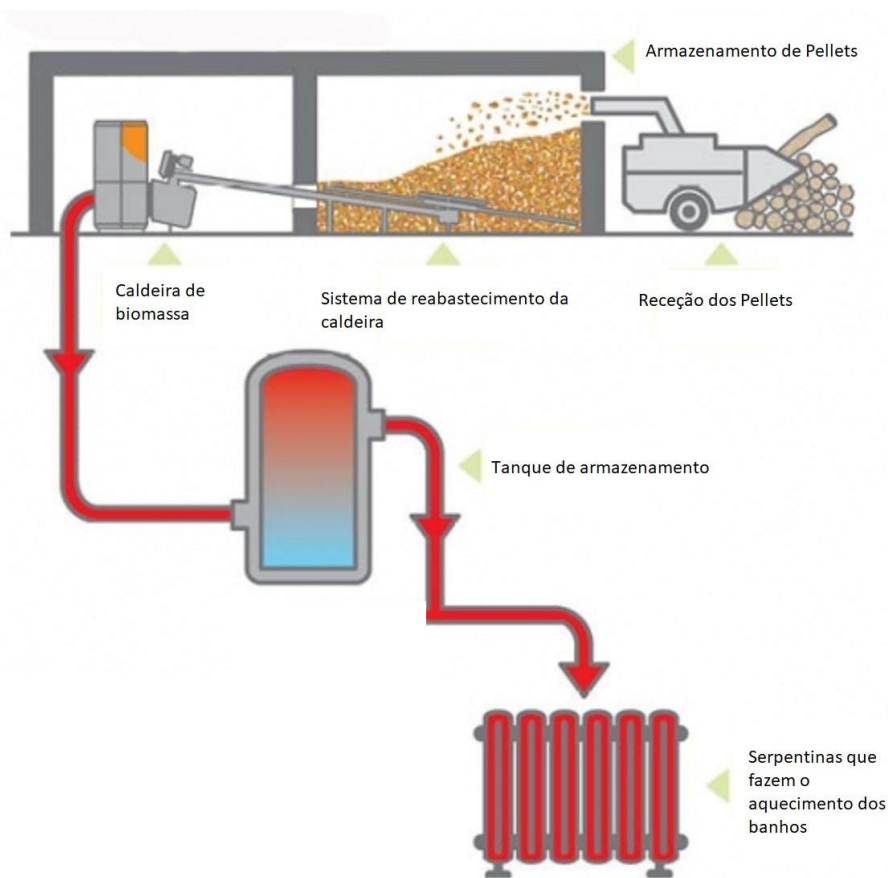


Figura 33: Funcionamento da caldeira a biomassa

Fonte: Adaptado de Treco greenheat, 2021

As principais vantagens do uso de um sistema a biomassa são o combustível utilizado regenerar-se rapidamente ao contrário dos combustíveis fósseis, é uma forma de energia neutra em carbono, o uso deste sistema pode reduzir as emissões de dióxido de carbono e o preço da biomassa tende a ser mais estável que o preço dos combustíveis fósseis. Por outro lado, também apresenta algumas desvantagens quando comparada com outros sistemas. As principais desvantagens são o elevado espaço que este sistema ocupa, o investimento inicial é muito elevado, a biomassa que serve de combustível tem de se manter seca para obter maior eficiência na combustão, é um sistema que precisa de ser limpo regularmente e é importante encontrar um fornecedor perto da instalação para reduzir a pegada de carbono e o custo da entrega (GREENMATCH, n.d.).

2.4.6. Caldeira a gás natural

A caldeira a gás natural é a única alternativa não-renovável entre as que foram estudadas. A eficiência do gás natural para produção de calor é elevada, daí a importância de realizar este estudo económico para ver o impacto que este sistema teria no processo de aquecimento dos banhos galvânicos. O princípio de funcionamento deste sistema é semelhante ao sistema a biomassa, no entanto, é utilizado o gás natural como combustível. A transferência de calor é feita através da água, esta circula em circuito fechado e será aquecida na caldeira, através da combustão do gás

natural. Após o aquecimento da água, esta é encaminhada até às serpentinas que estão inseridas nas tinas galvânicas. Ao passar nas tinas, vai transferir o seu calor para o banho galvânico e baixa a sua temperatura. Logo, terá de voltar à caldeira para ser novamente aquecida, voltando a repetir-se este ciclo de aquecimento, como está apresentado na Figura 34 (HVAC Investigators, n.d.). Tal como acontece na caldeira a biomassa, o uso dum sistema de bombagem, de termostátos e de válvulas é indispensável ao sistema, para que seja possível o controlo da temperatura dos banhos.

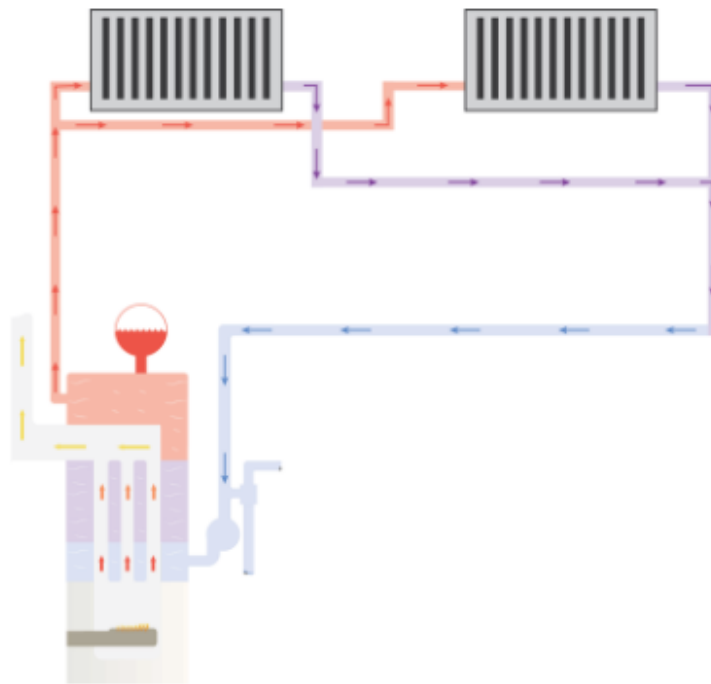


Figura 34: Funcionamento da caldeira a gás natural

Fonte: HVAC Investigators

O gás natural encontra-se no subsolo em jazidas naturais, e resulta da decomposição de matéria orgânica vegetal e animal, sendo utilizado tal como é extraído. Ou seja, não sofre processos de transformação industrial. Na sua composição estão, principalmente, hidrocarbonetos gasosos, que durante a combustão libertam essencialmente vapor de água e dióxido de carbono. A nível ambiental, a queima do gás natural é menos prejudicial que a do carvão e outros derivados do petróleo. As emissões resultantes da combustão do gás natural são menores. Ou seja, este vai emitir menor quantidade de dióxido de carbono, não emite partículas nem cinzas e as emissões de enxofre são praticamente nulas. Em termos económicos, o gás natural apresenta um preço competitivo em relação aos combustíveis tradicionais, pelo que, através da elevada eficiência deste é possível baixar o consumo de energia e diminuir os custos de manutenção (Associação Portuguesa de Empresas de Gás Natural (AGN), n.d.).

As principais vantagens do uso das caldeiras de gás natural são a sua elevada eficiência energética, não é necessário armazenar o combustível, visto que vem direto pelas condutas de gás até à instalação, e provoca menos impactos negativos no ambiente que os restantes combustíveis fósseis (Tri City Heating and Cooling, 2018). Por outro lado, a alteração para este sistema implica a necessidade de espaço para a sua montagem, há o risco de fugas de gás e a manutenção tem de ser regular para garantir a segurança do sistema e o elevado rendimento (Aire Serv, 2016).

3. Desenvolvimento e análise de resultados

3.1. Caracterização energética

O estudo foi realizado em duas unidades distintas, localizadas em Águeda e Albergaria-a-Velha. Posto isto, foi feita a análise energética separadamente, com o objetivo de perceber os pontos fracos de cada unidade e até mesmo os problemas que possam ter em comum. O espaço temporal é o mesmo para as duas unidades, o ano de 2020, tendo em conta a realidade que estas passavam à data. Na fase inicial, foi feito o levantamento dos dados de cada fábrica, com o objetivo de traçar o seu perfil energético. Como foi mencionado anteriormente, para ter uma boa análise do perfil energético terão de ser calculados os indicadores de intensidade energética, intensidade carbónica e o consumo específico. A intensidade energética não foi possível calcular em nenhuma das unidades, devido à falta de informação relativa ao Valor Acrescentado Bruto (VAB). Por outro lado, o consumo específico foi calculado apenas para a unidade de Albergaria-a-Velha, pois na unidade de Águeda não se contabilizou a produção.

3.1.1. Unidade de Albergaria-a-Velha

Na unidade de Albergaria-a-Velha, o único vetor energético consumido é a energia elétrica. Logo, para perceber o consumo anual da fábrica foi feita a recolha das faturas energéticas mensais para calcular o consumo anual e perceber o seu funcionamento ao longo do ano de 2020. Na Tabela 3, está representado o consumo elétrico mensal e anual desta unidade, em quilowatt-hora (kWh) e em tonelada equivalente de petróleo (tep), bem como o custo mensal e anual, respetivo às faturas energéticas do ano de 2020.

Tabela 3: Consumo energético da unidade de Albergaria-a-Velha no ano de 2020

Mês	Consumo de eletricidade (kWh)	Consumo de Eletricidade (tep)	Custo de eletricidade (€/kWh)
Janeiro	126284	27,15	17 313,54 €
Fevereiro	133743	28,75	18 336,17 €
Março	88336	18,99	12 110,87 €
Abril	69920	15,03	9 586,03 €
Mai	73572	15,82	10 086,72 €
Junho	73454	15,79	10 070,54 €
Julho	97089	20,87	13 310,90 €
Agosto	109795	23,61	15 052,89 €
Setembro	108696	23,37	14 902,22 €
Outubro	116270	25,00	15 940,62 €
Novembro	124810	26,83	17 111,45 €
Dezembro	125966	27,08	17 269,94 €
Total	1247935	268,31	171 091,89 €

Pela análise dos dados, esta unidade, no ano de 2020, consumiu aproximadamente 1247,9 MWh/ano, o que equivale a 268,31 tep/ano. Ou seja, através duma primeira análise é possível concluir, que a fábrica está abaixo dos limites decretados pelo Decreto-Lei 71/2008 (500 tep/ano). Como foi anteriormente mencionado, a empresa está a realizar este estudo como forma de perceber os seus consumos e as suas lacunas, com vista a encontrar oportunidades de melhoria que possam conduzir a um aumento da eficiência energética e redução de custos.

Para determinar o valor do indicador de intensidade energética, foi necessário calcular as emissões de gases com efeito de estufa, em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), referente ao consumo energético da empresa, obtendo-se a seguinte tabela (Tabela 4). Para obter os valores das emissões apresentados na tabela, multiplicou-se o consumo de energia elétrica, em quilowatt-hora (kWh), pelo fator de emissão de dióxido de carbono equivalente (0,47 kg CO₂e/ kWh), referente ao consumo de energia elétrica.

Tabela 4: Emissões de Gases com Efeito de Estufa na unidade de Albergaria-a-Velha, no ano de 2020

Mês	Emissões de GEE (kg CO ₂ e)
Janeiro	59353,5
Fevereiro	62859,2
Março	41517,9
Abril	32862,4
Maio	34578,8
Junho	34523,4
Julho	45631,8
Agosto	51603,7
Setembro	51087,1
Outubro	54646,9
Novembro	58660,7
Dezembro	59204,0
Total:	586529,5

O valor total da emissão de dióxido de carbono equivalente é 586529,5 kg CO₂e. Tendo o consumo anual de eletricidade de 268,31 tep, a intensidade carbónica é dada pela **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

$$\text{Intensidade carbónica} = \frac{\text{Emissões de GEE (em kg CO}_2\text{e)}}{\text{Consumo anual (tep)}} = \frac{586529,5}{268,3} = 2186 \text{ kg CO}_2\text{e/tep} \quad (1.1)$$

O valor obtido para o indicador da intensidade carbónica (IC) na unidade de Albergaria-a-Velha é 2186 kg CO₂e/ tep.

Na Figura 35, é possível perceber como variou o consumo de eletricidade da fábrica ao longo do ano. Isto permite perceber o impacto que a pandemia causou nesta empresa e a forma como o consumo varia mensalmente.

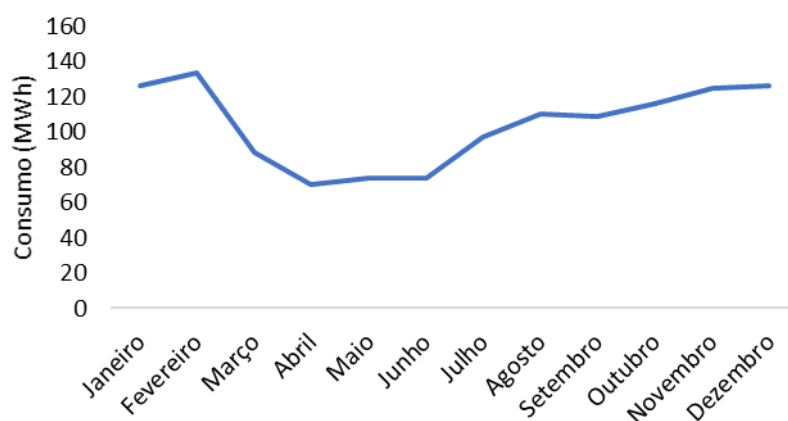


Figura 35: Consumo energético na unidade de Albergaria-a-Velha, em 2020

É notória a forma como o consumo energético da empresa sofreu com o aparecimento do Covid-19 em Portugal. Todos os setores sofreram com esta situação pandémica e esta unidade não foi exceção. Pela análise do gráfico, verifica-se que o consumo energético sofreu uma redução de, aproximadamente, 50% entre os meses de fevereiro e abril, período no qual foi registado o primeiro caso em Portugal e o país confinou. A empresa neste espaço de tempo nunca parou a produção, no entanto, teve de adotar medidas para se adaptar a esta nova realidade. As principais medidas adotadas foram a redução do número de colaboradores por turno e ao invés de operar com 3 turnos por dia, passar a ter apenas um turno por dia. A aplicação destas medidas, justifica a grande redução de consumo que a empresa teve no primeiro semestre, voltando a aproximar-se dos valores pré-pandémicos no último trimestre do ano, período no qual o país já tinha completado todas as fases de desconfinamento.

A relação entre a produção de peças e o consumo energético (Figura 36) é uma relação proporcionalmente direta, isto significa que a produção está dependente da eletricidade que se está a consumir. Ou seja, para manter a mesma produção terá de ser fornecida a mesma energia à empresa. Para ir ao encontro do objetivo do trabalho, reduzir os custos mantendo a produção, terão de ser implementadas tecnologias mais eficientes e medidas que não comprometam a produção da empresa.

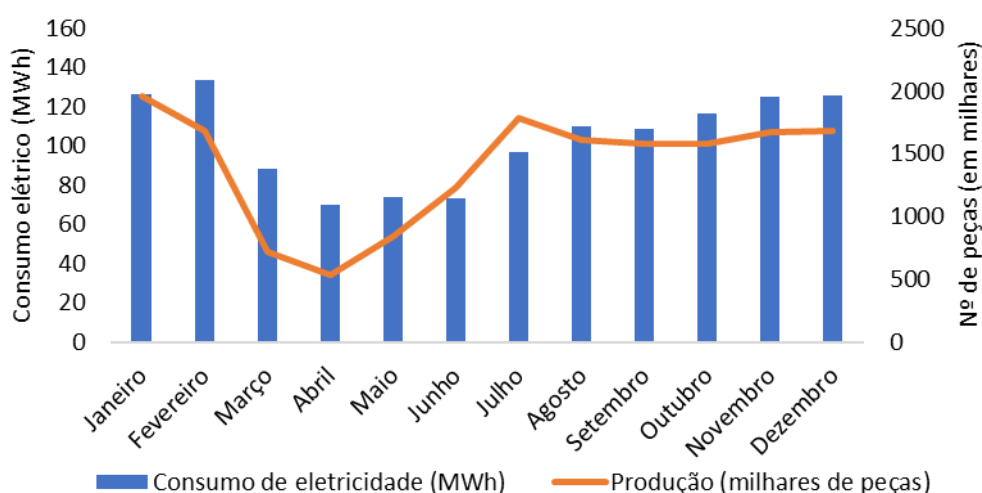


Figura 36: Gráfico da relação do consumo elétrico com a produção, na unidade de Albergaria-a-Velha

Pela análise do gráfico, verifica-se que a produção está dependente do consumo energético. Isto é notável no mês de março, verifica-se a redução acentuada no consumo de energia e a produção caiu. Por outro lado, em julho quando a atividade volta a retomar à normalidade, verifica-se o aumento do consumo energético e, conseqüentemente, o aumento na produção.

Para calcular o consumo específico de energia, é necessário o valor da produção em toneladas, sendo este, 139,6 toneladas de peças. O consumo específico de energia, resulta do quociente entre o consumo total de energia (em kgep), em 2020, e o volume de produção (em toneladas). Logo, o consumo específico de energia é dado pela **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo anual (kgep)}}{\text{Produção total (ton)}} = \frac{268,3 * 1000}{139,6} = 1922,2 \text{ kgep/ton} \quad (1.2)$$

O valor do indicador do consumo específico para a unidade de Albergaria-a-Velha foi 1992 kgep/ton, em 2020.

A unidade de Albergaria-a-Velha divide-se em três pavilhões distintos, mas para facilitar o estudo vão ser analisados em conjunto. Os pavilhões têm processos diferentes, pelo que os consumos vão variar entre eles. Na seguinte (Figura 37) está representado o peso de cada pavilhão, relativamente ao consumo energético total.

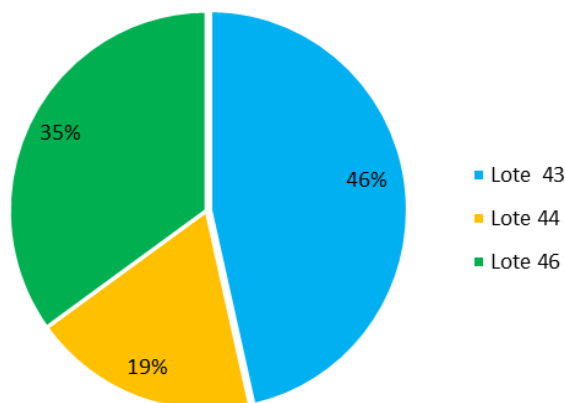


Figura 37: Consumo energético por pavilhão, em Albergaria-a-Velha

O lote 43 é onde se está a consumir grande parte da energia total fornecida à empresa, logo, é importante para o estudo perceber em que processos se está a consumir mais eletricidade dentro de cada lote.

Para definir melhor a área de intervenção, foi feito o estudo do consumo energético por processo e por tipo de equipamento. Na Figura 38, é apresentada a percentagem de consumo em cada processo nos três pavilhões.

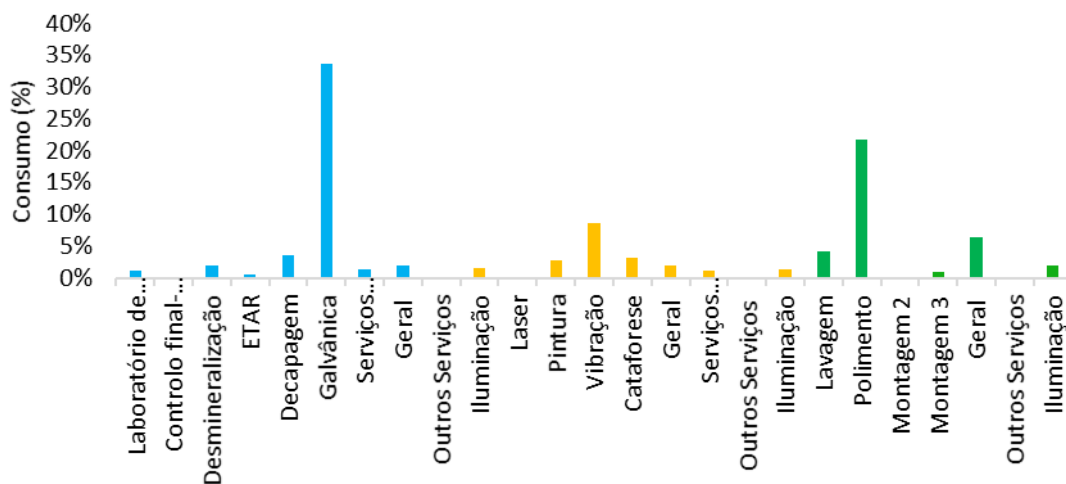


Figura 38: Consumo energético por processo, em Albergaria-a-Velha

Através da análise do gráfico, é possível afirmar que os processos que mais consomem energia nesta unidade são a galvanoplastia, o polimento e a vibração, com percentagem de consumo de 33,7%, 21,6% e 8,6%, respetivamente. O setor da galvanoplastia representa um terço do consumo global, logo terá de ser um dos principais focos do estudo.

O tipo de equipamento foi diferenciado como equipamentos para produção de calor, cujo a energia final é a energia térmica. Os equipamentos elétricos, consideraram-se os equipamentos que utilizam

energia elétrica para produzir energia mecânica. E, por fim, os equipamentos cujo a eletricidade se destina para iluminação do espaço.

É importante analisar o peso de cada um deles, de forma a compreender para que tipo de equipamentos está a ser gasta mais energia. Na Figura 39, está representado o peso que cada tipo de equipamento tem na empresa em estudo.

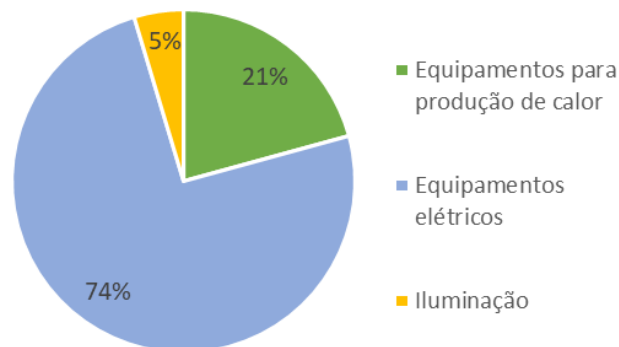


Figura 39: Gráfico do consumo energético por tipo de equipamento, em Albergaria-a-Velha

Os equipamentos que mais estão a consumir energia nesta fábrica são os equipamentos elétricos. Estes encontram-se presentes em grande parte dos processos e apresentam o consumo de 74% do total. Seguidamente, estão os equipamentos para produção de calor com 21% do consumo e estão presentes, maioritariamente, no processo de galvanoplastia. Por fim, apenas 5% do consumo elétrico é destinado para a iluminação do espaço.

Um dos principais focos deste estudo são as resistências que aquecem os banhos galvânicos, pois estão inseridas no processo mais consumidor da fábrica e são um equipamento para produção de calor.

Para determinar o consumo total das resistências, na fase inicial realizou-se o levantamento de todas as resistências e a respetiva potência nominal. Seguidamente, tendo em conta as resistências presentes na tina e a sua temperatura atribuiu-se o tempo de funcionamento por dia. O tempo de funcionamento foi atribuído de acordo com o inquérito aos operadores que trabalham no setor da galvânica e por observação do termostato. Posto isto, foram atribuídos os tempos de funcionamento de 10 horas por dia, para as tinas de temperatura entre os 61 e 80°C. Para o intervalo de temperaturas entre os 41 e 60°C, atribuiu-se um tempo de funcionamento de 7 horas por dia. No caso das tinas com temperaturas entre os 20 e os 40°C o tempo de funcionamento das resistências foi de 5 horas por dia. Também, na linha de decapagem se verifica a existência de duas resistências, estimando-se um tempo de funcionamento de 8 horas por dia. A atribuição do número de horas foi feita, tendo em conta a observação dos termostatos, de modo a perceber quanto tempo estavam ligados por dia. No ano de 2020, o setor da galvanoplastia e decapagem funcionou 40 semanas, operando dois turnos durante a semana e um turno ao sábado. Tendo em conta estas informações recolhidas, é possível calcular a potência consumida pelas resistências em 2020, como se mostra na Tabela 5.

Tabela 5: Consumo das resistências, em Albergaria-a-Velha

Temperatura entre 20 °C e os 40°C						
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)	Consumo total (kWh/ano)
1,4	2	5	5,5	40	3080	56760
1,5	16				26400	
1,6	13				22880	
2	2				4400	

Temperatura entre 41 °C e os 60°C						
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)	Consumo total (kWh/ano)
1	2	7	5,5	40	3080	59598
1,4	2				4312	
1,5	17				39270	
1,6	4				9856	
2	1				3080	

Temperatura entre 61°C e os 80°C						
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)	Consumo total (kWh/ano)
1	1	10	5,5	40	2200	32780
1,4	3				9240	
1,5	3				9900	
1,6	2				7040	
2	1				4400	

Decapagem						
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)	
1,6	2	8	5,5	40	5632	

Na Tabela 6, apresenta-se o balanço dos resultados obtidos para o consumo das resistências em Albergaria-a-Velha e o respetivo custo.

Tabela 6: Balanço do consumo energético das resistências, em 2020

Consumo total (kWh/ano)	153115,60
Consumo total no lote 43 (%)	27,8%
Consumo total na empresa (%)	12,9%
Custo anual (€)	20 992,15 €

As resistências apresentam um consumo de eletricidade considerável, aproximadamente 153,1 MWh/ano, representando o custo anual de 20992,15€. Estas representam 28% do consumo no lote

43, onde está inserido o processo de galvanoplastia, e 13% do consumo total da fábrica de Albergaria-a-Velha. Tendo em conta este consumo elevado de eletricidade relativo ao uso das resistências, no decorrer do estudo serão analisadas alternativas ao aquecimento dos banhos, de modo a encontrar uma solução economicamente mais atrativa à empresa.

Na Figura 40, está representada a planta dos banhos onde se faz o processo de galvanoplastia e os respetivos intervalos de temperatura de cada banho.

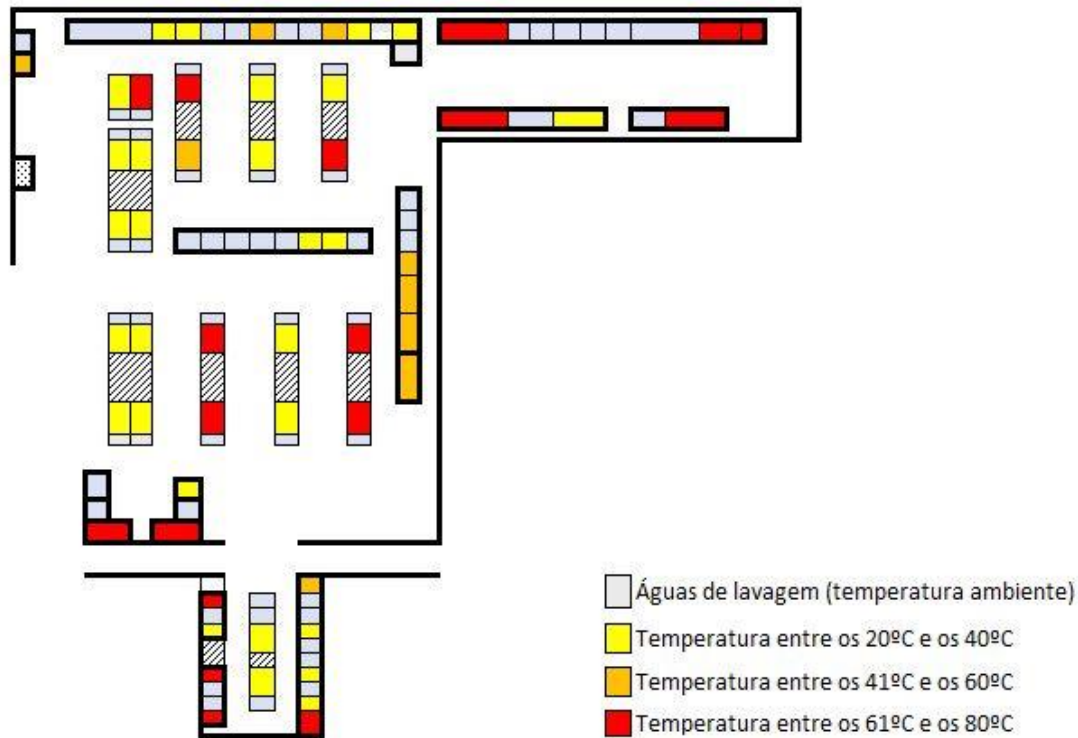


Figura 40: Planta das tinas galvanicas e respetivo intervalo de temperatura, na unidade de Albergaria-a-Velha

A galvanoplastia é composta por cinquenta e duas tinas, que variam entre os 200 e os 400 litros. Os banhos apresentam temperaturas que variam entre os 20 e os 80°C e são aquecidos por resistências entre 1 e 2 kW de potência nominal. Existem, também, sessenta e duas tinas que são águas de lavagem, e encontram-se à temperatura ambiente.

3.1.2. Unidade de Águeda

Na unidade de Águeda são usados dois vetores energéticos, a energia elétrica e o gás propano. O consumo de energia elétrica é mais significativo, estando presente em todos os processos da fábrica. Por outro lado, o uso de gás verifica-se apenas nos maçaricos usados para aquecer as secções metálicas no processo de estampagem.

Na Tabela 7, estão representados os consumos mensais e anuais de eletricidade, em quilowatt-hora (kWh) e tonelada equivalente de petróleo (tep), bem como o custo associado à sua utilização, referente ao ano de 2020.

Tabela 7: Consumo de energia elétrica na unidade de Águeda, em 2020

Mês	Consumo de eletricidade (kWh)	Consumo de Eletricidade (tep)	Custo eletricidade (€/kWh)
Janeiro	80684	17,35	11 061,75 €
Fevereiro	79172	17,02	10 854,51 €
Março	47607	10,24	6 526,98 €
Abril	36856	7,92	5 053,02 €
Maio	40564	8,72	5 561,33 €
Junho	48630	10,46	6 667,24 €
Julho	54436	11,70	7 463,17 €
Agosto	54078	11,63	7 414,15 €
Setembro	57817	12,43	7 926,78 €
Outubro	58730	12,63	8 051,94 €
Novembro	75857	16,31	10 400,01 €
Dezembro	73964	15,90	10 140,43 €
Total	708398	152,3	97 121,34 €

Pelos dados recolhidos das faturas energéticas, é possível perceber que no ano de 2020, a empresa consumiu 708,4 MWh, o que equivale a 152,3 tep, apresentando um custo anual de 97121,34€. Comparativamente com a unidade de Albergaria-a-Velha, esta apresenta um consumo elétrico menor, visto que possui menos processos de produção e o número de colaboradores é menor.

Na Figura 41, é possível perceber de que forma evoluiu o consumo energético durante o ano de 2020, tendo em conta o impacto que foi causado pelo início da pandemia. As medidas adotadas foram as mesmas da unidade de Albergaria-a-Velha, que foram anteriormente mencionadas, sendo elas a redução do número de colaboradores por turno e a redução do número de turnos por dia.

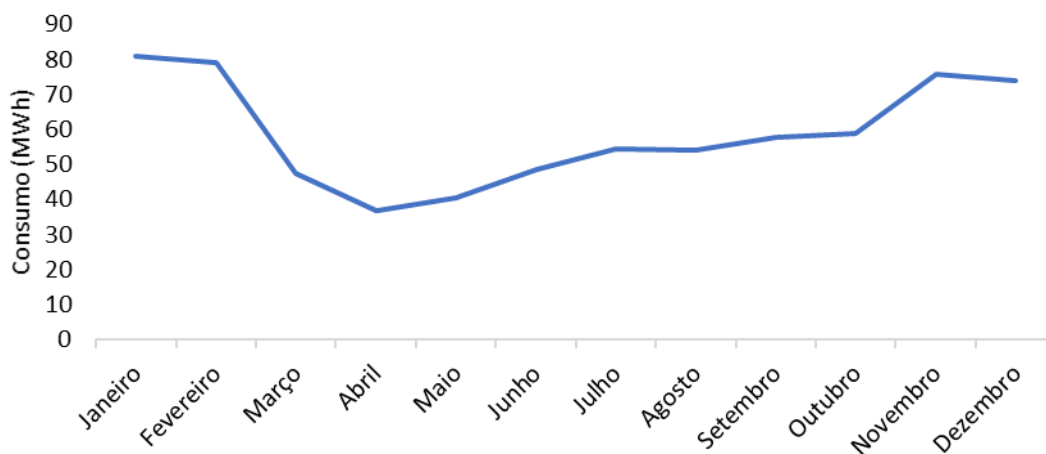


Figura 41: Evolução do consumo de energia elétrica, em MWh, na unidade de Águeda, em 2020

À semelhança do que acontece na unidade de Albergaria-a-Velha, a chegada do covid-19 a Portugal teve um grande impacto na empresa. Na unidade de Águeda, registou-se uma descida acentuada do consumo de eletricidade no mês de março, aproximadamente 50%. O consumo manteve-se baixo nos meses em que o país confinou, entre março e maio. No entanto, a partir do mês de junho, o consumo começa a subir gradualmente, à medida que as fases de desconfinamento

vão avançando. A fábrica volta a atingir os valores de consumo energético registados antes da chegada do vírus a Portugal nos meses de novembro e dezembro.

Nesta unidade, é necessário ter em conta o consumo de gás petrolífero liquefeito. Este é utilizado para aquecer as secções metálicas, a temperaturas muito elevadas, antes do processo de estampagem. Na Tabela 8, está representado o consumo de gás propano, mensal e anual, em toneladas (ton) e em toneladas equivalentes de petróleo (tep), assim como o custo que este representou ao longo do ano de 2020.

Tabela 8: Consumo de gás propano na unidade de Águeda, em 2020

Mês	Consumo de gás (ton)	Consumo de gás (tep)	Custo gás propano (€/ton)
Janeiro	1,32	1,51	1 587,72 €
Fevereiro	2,78	3,17	3 336,38 €
Março	2,79	3,18	3 348,39 €
Abril	0,98	1,12	1 175,78 €
Maió	1,07	1,22	1 289,87 €
Junho	2,05	2,33	2 459,65 €
Julho	1,76	2,01	2 112,56 €
Agosto	1,77	2,02	2 130,57 €
Setembro	3,82	4,35	4 584,22 €
Outubro	0,92	1,05	1 109,72 €
Novembro	2,05	2,34	2 465,65 €
Dezembro	1,89	2,15	2 268,69 €
Total	23,21	26,45	27 869,21 €

Os dados apresentados foram recolhidos das faturas do gás do respetivo ano, apresentando o consumo de 23,21 toneladas, equivalente a 26,45 tep, o que representa um custo anual à empresa de 27869,21€, em 2020.

É importante avaliar a forma como o uso de gás propano variou ao longo do ano de 2020. Recorrendo à Figura 42, será possível perceber essa variação e o impacto causado pela chegada do vírus.

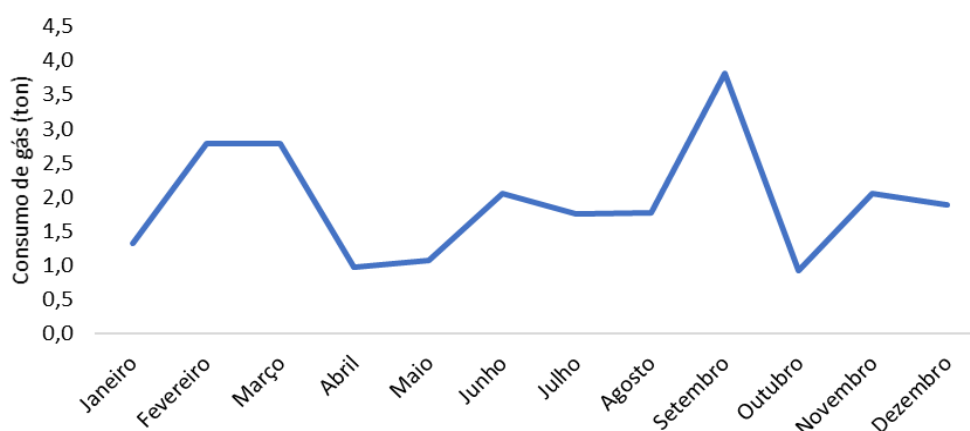


Figura 42: Evolução do consumo de gás propano na unidade de Águeda, em 2020

Como aconteceu no consumo elétrico, verificou-se uma descida no consumo de gás no mês de abril, período que coincide com o início do confinamento em Portugal. Este consumo voltou a subir no mês de junho, tendo uma descida no mês de outubro. Esta queda observada em outubro, pode ser justificada pela necessidade de ter de ser feita quarentena no setor da estampagem, pela existência de algum tipo de avaria nas prensas ou pela necessidade de parar a produção nesse setor por algum motivo logístico.

Na seguinte tabela (Tabela 9), estão representados os consumos de eletricidade, de gás petrolífero liquefeito (GPL) e o consumo total, em tonelada equivalente de petróleo (tep), com o objetivo de averiguar se esta unidade fabril está entre os limites impostos pelo decreto-lei 71/2008.

Tabela 9: Consumo energético total na unidade de Águeda, em 2020

Mês	Consumo de Eletricidade (tep)	Consumo de gás (tep)	Consumo total (tep)
Janeiro	17,35	1,51	18,85
Fevereiro	17,02	3,17	20,19
Março	10,24	3,18	13,41
Abril	7,92	1,12	9,04
Mai	8,72	1,22	9,95
Junho	10,46	2,33	12,79
Julho	11,70	2,01	13,71
Agosto	11,63	2,02	13,65
Setembro	12,43	4,35	16,78
Outubro	12,63	1,05	13,68
Novembro	16,31	2,34	18,65
Dezembro	15,90	2,15	18,06
Total	152,31	26,45	178,76

O consumo total encontra-se abaixo do limite máximo imposto, 500 tep/ano, pelo que a empresa não se encontra dentro dos limites impostos no DL 71/2008. O consumo total da empresa é 178,76 tep/ano, valor ainda mais baixo que a unidade de Albergaria-a-Velha como já era esperado. Posto isto, nenhuma das fábricas está em risco de ser abrangida por este decreto. No entanto, isto não significa a inexistência de margem para melhoria no que diz respeito à eficiência energética.

Na Figura 43 é comparado o consumo de gás e de eletricidade na unidade de Águeda, para determinar a relevância de ambos no consumo final.

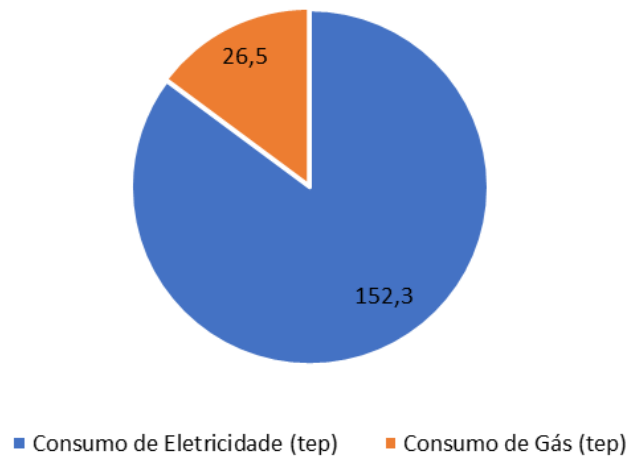


Figura 43: Gráfico do consumo por tipo de fonte, em Águeda

Analisando o gráfico, verifica-se que o consumo elétrico é responsável por um maior consumo energético que o gás propano. Logo, é importante focar o estudo para os equipamentos que consomem energia elétrica, de forma a reduzir este consumo e atingir os objetivos deste trabalho. O custo anual, também é um fator importante para justificar o foco do estudo nos equipamentos elétricos, pois um dos principais objetivos deste estudo é reduzir os custos da empresa em energia. Na Figura 44, apresentam-se os custos anuais relativos ao consumo de eletricidade e ao consumo de gás propano, no ano de 2020.

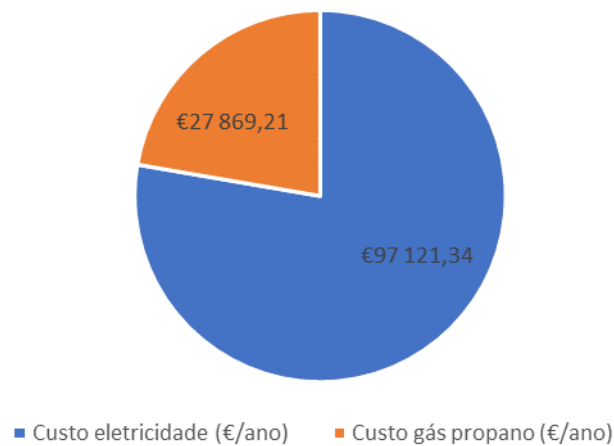


Figura 44: Comparação dos custos anuais da eletricidade e do gás propano, em Águeda

Pela análise do gráfico, conclui-se que o custo anual do consumo elétrico da empresa representa mais de três quartos do custo total. Daí a importância em focar o estudo para os equipamentos que consomem eletricidade ao invés dos equipamentos a gás.

Para o cálculo da intensidade carbónica nesta unidade, é preciso ter em conta, não só o uso de eletricidade, como também, o uso do gás petrolífero liquefeito. Para o cálculo deste indicador, é necessário determinar o valor das emissões de gases com efeito de estufa, referentes à utilização de ambas as fontes.

Para o caso da eletricidade, os valores das emissões referentes ao seu consumo, encontram-se na seguinte tabela (Tabela 10). Para determinar estes valores foi utilizado como fator de emissão para o consumo de eletricidade 0,47 kg CO₂e/ kWh.

Tabela 10: Emissões de GEE associadas ao consumo de energia elétrica, em Águeda

<i>Eletricidade</i>	
Mês	Emissões de GEE (kg CO₂e)
Janeiro	20244,4
Fevereiro	19865,1
Março	11945,2
Abril	9247,7
Maio	10177,9
Junho	12201,9
Julho	13658,5
Agosto	13568,8
Setembro	14511,6
Outubro	14740,8
Novembro	19039,4
Dezembro	14571,6
Total	173772,8

O valor da emissão de gases com efeito de estufa, referentes ao uso da eletricidade em 2020, é 173772,8 kg CO₂e.

No caso do consumo de gás petrolífero liquefeito, foi utilizado o fator de emissão de 2637,7 kgCO₂e/ tep, tendo-se obtido a seguinte tabela (Tabela 11).

Tabela 11: Emissões de GEE associadas ao consumo de gás propano, em Águeda

<i>Gás Petrolífero Liquefeito</i>	
Mês	Emissões de GEE (kg CO₂e)
Janeiro	3975,2
Fevereiro	8353,4
Março	8383,5
Abril	2943,8
Maio	3229,5
Junho	6158,3
Julho	5289,3
Agosto	5334,4
Setembro	11477,6
Outubro	2778,4
Novembro	6173,3
Dezembro	5680,2
Total	69776,9

A utilização do gás é responsável pela menor emissão de gases com efeito de estufa nesta unidade, outro fator que justifica a relevância do foco do estudo ser a energia elétrica.

O valor das emissões de GEE, em 2020, foram 190260,3 kgCO₂e. Posto isto, já é possível calcular o indicador da intensidade carbónica para esta empresa. Dado que, o valor das emissões de GEE

são de 173772,8 e 69776,9 kgCO₂e referentes ao consumo de eletricidade e de gás, respetivamente, e o consumo energético total desta empresa é 178,76 tep. A intensidade carbónica é calculada pela **Erro! A origem da referência não foi encontrada.:**

$$\text{Intensidade carbónica (IC)} = \frac{\text{Emissões de GEE (kg CO}_2\text{ e)}}{\text{Consumo anual (tep)}} = \frac{173772,8 + 69776,9}{178,8} = 1362,9 \text{ kg CO}_2\text{ e /tep} \quad (1.3)$$

O indicador da intensidade carbónica (IC) na unidade de Águeda, tem o valor de 1362,9 kg CO₂e/ tep.

Na unidade de Águeda não se fez a contabilização da produção, dado que, no ano de 2020, apenas se faziam processos primários de trabalho da matéria-prima e processos intermédios. Ou seja, as peças eram enviadas para a unidade de Albergaria-a-Velha para continuarem o seu processo produtivo e, posteriormente, serem expedidas.

Para ter uma melhor compreensão de como está a ser consumida a energia elétrica na empresa, é necessário perceber quanto está a consumir cada processo. Para ir ao encontro deste objetivo, a seguinte figura (Figura 45), representa o peso de cada processo em relação ao consumo total de energia elétrica da fábrica. Em Águeda, existe apenas um pavilhão onde são feitos os vários processos de produção.

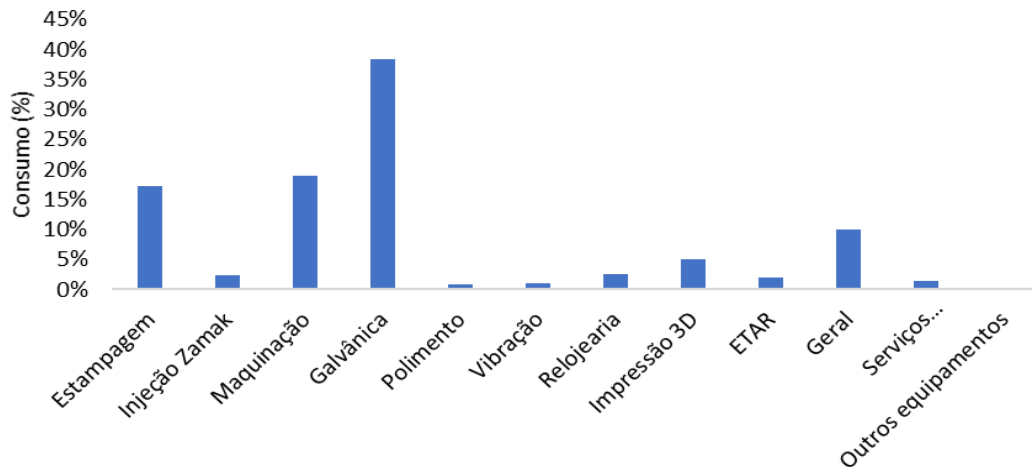


Figura 45: Consumo energético por setor, em Águeda

O processo mais consumidor é a galvanoplastia, responsável por cerca de 38,4% do consumo total, seguido da maquinação e da estampagem com consumos de 19% e de 17,2%, respetivamente. Tal como acontece na unidade de Albergaria-a-Velha, o processo que mais consome é a galvanoplastia, daí o interesse em estudar uma solução tecnológica mais favorável para o aquecimento dos banhos galvânicos.

Em relação aos equipamentos energéticos, estes podem ser divididos em equipamentos elétricos (produzem energia mecânica), equipamentos para produção de calor (produzem energia térmica) e

iluminação, para perceber melhor os que estão a consumir mais eletricidade. Na Figura 46 está representado o peso do consumo por tipo de equipamento.

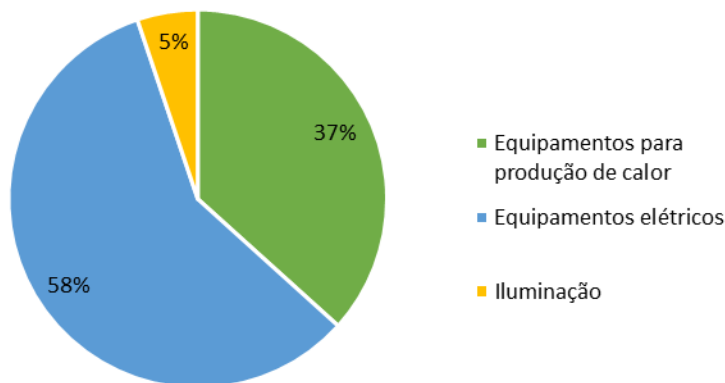


Figura 46: Gráfico do consumo energético por tipo de equipamento, em Águeda

Os equipamentos mais consumidores são os equipamentos elétricos, mas com uma diferença menor que na unidade de Albergaria-a-Velha. Em Águeda, o consumo está distribuído por 58% para equipamentos elétricos, 37% para equipamentos para produção de calor e 5% para iluminação dos espaços.

Sendo a galvanoplastia o processo mais consumidor e, tendo em conta, o peso dos equipamentos para produção de calor no consumo global da empresa, é necessário estudar o impacto das resistências no consumo de eletricidade.

A caracterização do sistema de aquecimento atual, é um ponto importante para a realização de uma boa análise energética. As resistências estão distribuídas pelas tinas, sendo que para o cálculo do seu consumo foi necessário fazer o levantamento do número de resistências por tina e a respetiva potência nominal. O tempo de funcionamento admitido para as resistências depende do volume dos tanques e da temperatura definida dos banhos. Tendo em conta, que os tanques onde estão os banhos apresentam volumes semelhantes, o fator mais importante para a determinação do tempo de funcionamento é o intervalo de temperaturas do banho. Posto isto, foi definido um tempo de funcionamento de 8 horas para os banhos cuja temperatura se encontre entre os 61°C e os 80°C. Para os banhos com temperatura entre os 41°C e os 60°C, foi definido o tempo de 6 horas e apresentam-se duas resistências por tina. Por fim, para o intervalo de temperaturas entre os 20°C e os 40°C, o tempo de funcionamento das resistências foi considerado 6 horas, no entanto, verifica-se apenas uma resistência por tina. Na linha de tambor, as tinas apresentam volumes inferiores e a temperatura dos banhos é entre os 20°C e os 60°C, sendo que o tempo de funcionamento das resistências é de 6 horas. As horas de funcionamento das resistências foram determinadas pela observação do tempo em que os termostatos estavam ligados. No ano de 2020, o setor da galvanoplastia operou durante 40 semanas, sendo que funcionava a dois turnos durante a semana e um turno ao sábado.

Na Tabela 12, encontram-se os resultados do levantamento energético e o tempo de funcionamento das resistências, permitindo, então, o cálculo do consumo elétrico.

Tabela 12: Consumo das resistências, em Águeda

Temperatura entre 20 °C e os 40°C						
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)	Consumo total (kWh/ano)
1,6	20	6	5,5	40	42240	47520
2	2				5280	

Temperatura entre 41 °C e os 60°C					
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)
1,6	14	6	5,5	40	29568

Temperatura entre 61 °C e os 80°C						
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)	Consumo total (kWh/ano)
1,6	16	8	5,5	40	45056	48576
2	1				3520	

Linha de tambor					
Potência das resistências (kW)	Nº de resistências	Horas	Dias	Semanas	Consumo (kWh/ano)
1	41	6	5,5	40	54120

Na Tabela 13, encontra-se o balanço do consumo elétrico das resistências na unidade de Águeda, bem como o custo associado ao seu funcionamento.

Tabela 13: Balanço do consumo energético das resistências, em Águeda

Consumo total (kWh/ano)	179608,00
Consumo total na empresa (%)	27%
Custo anual (€)	24 696,10 €

O consumo de eletricidade por parte das resistências é de 179,6 MWh/ano, sendo superior ao valor do consumo na unidade de Albergaria-a-Velha (153,1 MWh/ano). Dado que, as linhas de suspensões em ambas as unidades de produção são muito idênticas, este aumento no consumo deve-se à existência da linha de tambor na unidade de Águeda. O consumo das resistências representa 27% do consumo global de eletricidade representando um custo de, aproximadamente, 24 696€ à empresa.

Na seguinte figura (Figura 47), está representada a planta da linha de suspensões da unidade de Águeda, com as tinas onde estão os banhos galvânicos e o intervalo de temperatura correspondente a cada banho.

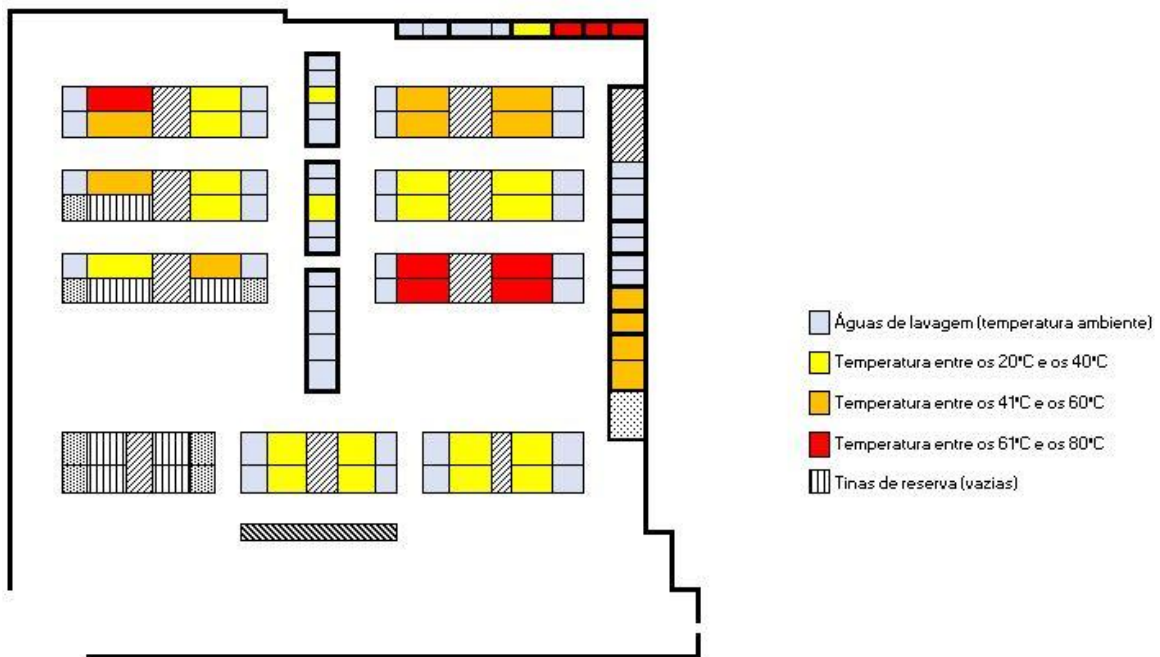


Figura 47: Planta das tinas galvanicas e respetivo intervalo de temperatura na linha de suspensões, em Águeda

Na linha de suspensões de Águeda fazem parte cinquenta e sete tinas que variam entre os 200 e 400 litros, onde estão os banhos galvanicos com temperaturas a variar entre os 20 e 80°C. Os banhos são aquecidos por resistências, de potência nominal a variar entre 1,6 e 2 kW. Este processo conta, também, com cinquenta e duas tinas de águas de lavagem à temperatura ambiente, com volume entre os 50 e os 150 litros. Atualmente, verificam-se sete tinas desativadas que servem como reserva, estando a tina de lavagem associada a si desativada.

Nesta unidade verifica-se a existência da linha de tambor, sendo este, o processo que difere a galvanoplastia de Águeda com a de Albergaria-a-Velha. Na Figura 48 está representada a disposição das tinas, com as respetivas temperaturas.

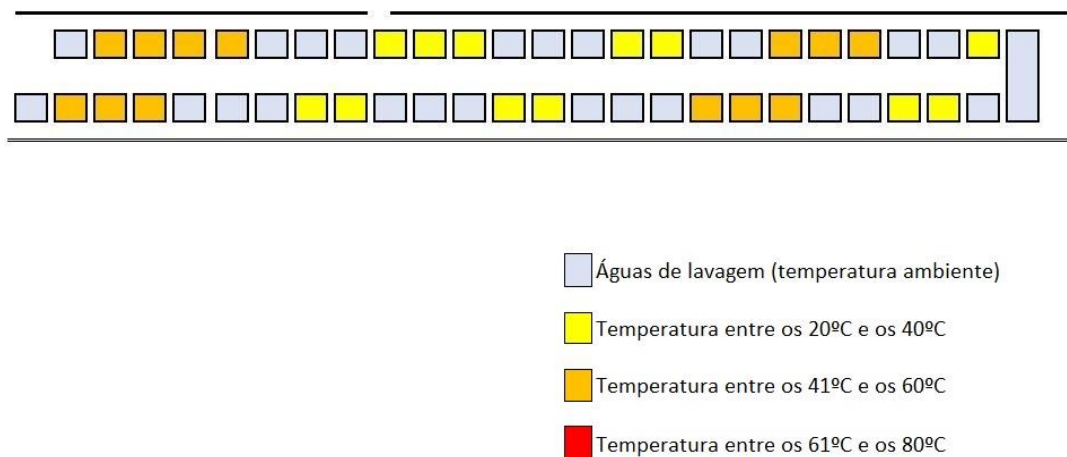


Figura 48: Planta das tinas galvanicas e respetivo intervalo de temperatura na linha de tambor, em Águeda

Na linha de tambor, as tinas usadas são de menores dimensões, podendo variar entre os 100 e os 200 litros. Nesta linha, existem vinte e cinco tinas com banhos aquecidos e vinte e cinco tinas com

águas de lavagem. O aquecimento dos banhos é feito com resistências de potência nominal de 1kW.

3.2. Estudo das alternativas

De modo a obter uma poupança económica e usando tecnologias que reduzam os impactos negativos no ambiente, sem comprometer a produção, foi realizado um estudo das soluções tecnológicas para produção de calor, em ambas as fábricas. No decorrer do trabalho, vão ser estudadas como potenciais alternativas, a bomba de calor, os painéis fotovoltaicos, os painéis solares térmicos e a caldeira a biomassa. A utilização da caldeira a gás natural também será estudada, devido à sua grande eficiência para produção de calor, o baixo custo de instalação e manutenção, o custo reduzido do combustível e a apresenta menor emissão de gases com efeito de estufa que os restantes combustíveis convencionais.

Esta análise, é feita utilizando o RetScreen para fazer a simulação das alternativas e o gerador de preços para definir os custos do material. Os preços atribuídos aos sistemas foram baseados na plataforma gerador de preços. Foram considerados os valores médios, no entanto, foi tido em conta as características dos equipamentos que estão a ser utilizados para a simulação.

Para a simulação foram necessários outros indicadores para perceber os custos e as poupanças que iam ser geradas. Foi considerado o valor de 3% no indicador do reajuste do custo do combustível, a taxa de inflação foi considerada nula (valor atribuído no ano de 2020 pelo Instituto Nacional de Estatística (INE)) e a taxa de desconto foi considerada 0,5%.

Em anexo, encontram-se as tabelas que serviram de apoio para definir os preços dos equipamentos utilizados.

3.2.1. Unidade de Albergaria-a-Velha

Na unidade de Albergaria-a-Velha, a tecnologia utilizada para produção de calor são as resistências de imersão. Atualmente, existem setenta e uma resistências, com potência nominal entre 1,4 e 2 kW, responsáveis pelo aquecimento dos banhos galvânicos. Estas resistências funcionam com o uso de eletricidade vinda da rede e a sua potência instalada é de 108 kW, consumindo anualmente 153115,6 kWh. É importante ter em conta que, para o caso das resistências, o fator de conversão de potência elétrica para potência térmica é muito próximo do valor 1. No entanto, para este estudo foram desprezadas as perdas de energia na transformação de energia elétrica para energia térmica, logo o fator de conversão foi considerado 1. Ou seja, toda a energia fornecida será transformada em calor. Logo, para conseguir manter a produção é necessário garantir uma energia térmica anual de 153115,6 kWh/ano.

Tabela 14: Características do sistema de aquecimento atual, em Albergaria-a-Velha

Caso de referência	
Número de resistências	71
Potência instalada (kW)	108,0
Calor fornecido (kWh/ano)	153115,6

Bomba de calor

O funcionamento da bomba de calor vai necessitar de energia elétrica para produzir energia térmica. No entanto, a produção de calor a partir deste sistema requer um consumo elétrico menor que as resistências elétricas atualmente utilizadas.

Para este sistema ser exequível, terá de conseguir fornecer o calor necessário ao sistema, logo as suas características estão apresentadas na Figura 49.

Sistema de aquecimento do caso proposto			
Seleção do Sistema	Carga Base do Sistema		
Carga de base do Sistema de Aquecimento			
Tecnologia	Bomba de calor		
Método-seleção de combustível	Combustível único		
Tipo de Combustível	Eletricidade		
Preço do combustível	€/MWh	137,100	
Bomba de calor			
Capacidade	kW	116,0	107,4%
Calor fornecido	MWh	153	100,0%
Fabricante	Shandong Lark Central Air Conditioner		
Modelo	LAAHCS 104		
Eficiência Sazonal	%	290%	
Combustível necessário	GJ/h	0,1	
			1 unidade(s)

Figura 49: Características do sistema da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Foi selecionada uma bomba de calor com 116 kW de potência nominal, que consegue fornecer anualmente ao sistema 153 MWh de calor. Para a eficiência sazonal foi definido o valor de 290%, tendo em conta o Coeficiente de Desempenho (COP) para produção de calor da bomba em estudo. Para conseguir produzir o calor necessário ao processo, a bomba apresenta um consumo de eletricidade anual de 53 MWh.

Esta alternativa apresentaria à empresa os custos apresentados na Figura 50, estes foram atribuídos baseados na consulta em várias empresas de montagem e de venda deste sistema de produção de calor e na análise dos preços médios na plataforma gerador de preços.

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	100,0%	€	30 160
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	30 160
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	768
Custo combustível - caso proposto		€	7 225
Total de custos anuais		€	7 993
Custos periódicos(créditos)			
Definido pelo usuário - 1 anos		€	1 965
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	20 952
Total de economia e receita anual		€	20 952

Figura 50: Custos da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

O preço da bomba de calor é 30160€ e para a sua montagem foi atribuído o valor de 768€. Após a implementação deste sistema, o custo anual em eletricidade será de 7225€ e a manutenção do equipamento é anual, com um custo de 1965€.

Na Tabela 15, estão apresentados os resultados da simulação durante o seu tempo de vida, onde se atribuiu 20 anos de funcionamento, se todas as manutenções forem devidamente realizadas.

Tabela 15: Resultados da poupança anual da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-30 160	-30 160	-30 160
1	11 406	11 406	-18 754
2	11 830	11 830	-6 924
3	12 267	12 267	5 343
4	12 717	12 717	18 060
5	13 180	13 180	31 240
6	13 658	13 658	44 898
7	14 149	14 149	59 047
8	14 656	14 656	73 703
9	15 178	15 178	88 881
10	15 715	15 715	104 596
11	16 268	16 268	120 864
12	16 838	16 838	137 703
13	17 426	17 426	155 128
14	18 030	18 030	173 158
15	18 653	18 653	191 812
16	19 295	19 295	211 106
17	19 956	19 956	231 062
18	20 636	20 636	251 698
19	21 337	21 337	273 036
20	22 059	22 059	295 095

Através da análise dos resultados da simulação, é possível concluir que ao longo dos anos, esta alternativa apresenta uma poupança crescente. A poupança obtida durante o tempo de vida do sistema é 295095€ e o Tempo de Retorno do Investimento (TRI) é alcançado nos primeiros três anos de funcionamento.

Na Figura 51, está representada a forma como a poupança evoluiu ao longo dos anos, sendo possível perceber, de forma mais precisa, quando se atinge o TRI.

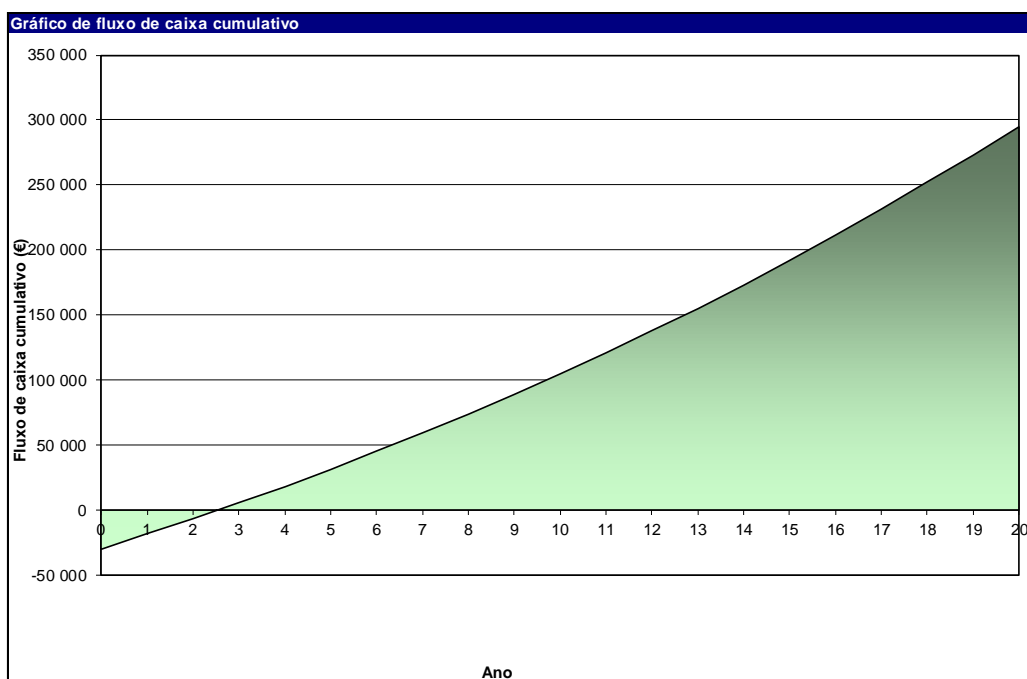


Figura 51: Gráfico da evolução da poupança da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Pela análise do gráfico, conclui-se que o TRI é atingido durante o segundo ano de funcionamento do equipamento e a poupança cresce em todo o tempo de vida. Logo, esta alternativa, representaria uma melhoria à empresa a nível económico, dado que o tempo de retorno do investimento é atingido rapidamente e a poupança cresce de forma constante.

A nível ambiental, também foi feita a simulação, comparando as emissões utilizando a bomba de calor com o sistema atual e obtiveram-se os resultados apresentados na Figura 52.

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO ₂	Emissões de GEE Caso Proposto tCO ₂
	71,8	24,8
Redução anual líquida de emissões de GEE	47,1	tCO ₂

Figura 52: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso da bomba de calor, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Ao utilizar a bomba de calor, a empresa apresentaria uma redução anual de 47,1 tCO₂ em relação ao caso atual. Isto significa que, esta alternativa não seria benéfica só a nível económico, como seria também a nível ambiental.

Painéis fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são a única alternativa em estudo que não produz calor diretamente. O estudo deste sistema, sugere a produção de eletricidade para alimentar as resistências que já se encontram instaladas. O sistema fotovoltaico teria de ter as características que se apresentam na Figura 53, para ser justificável à empresa.

Fotovoltaica		
Tipo		mono-Si
Potência elétrica	kW	82,00
Fabricante		Grape Solar
Modelo		mono-Si - GS-S-410-Platinum
Quantidade		200 unidade(s)
Eficiência	%	16,0%
Temperatura de operação normal da célula	°C	45
Coefficiente de Temperatura	% / °C	0,40%
Área do coletor solar	m ²	513
Perdas diversas	%	5,0%
Inversor		
Eficiência	%	90,0%
Capacidade	kW	3,0
Perdas diversas	%	5,0%
Resumo		
Fator de Utilização	%	15,6%
Eletricidade fornecida à carga	MWh	112,048
Eletricidade exportada p/ rede	MWh	0,000

Figura 53: Características do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Para esta simulação foi utilizada uma unidade de produção para autoconsumo (UPAC), constituída por 200 módulos fotovoltaicos, com células de silício monocristalino, tendo uma potência total

instalada de 82 kW. Esta unidade ocupa a área de 513 m² e conseguiria produzir, anualmente, 112 MWh de energia elétrica.

Os custos para a instalação desta alternativa encontram-se apresentados na seguinte figura (Figura 54).

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de produção de eletricidade	100,0%	€	69 913
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	69 913
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	7 686
Custo combustível - caso proposto		€	5 656
Total de custos anuais		€	13 342
Custos periódicos (créditos)			
Definido pelo usuário - 1 anos		€	441
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	21 017
Total de economia e receita anual		€	21 017

Figura 54: Custos do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Para o custo total do equipamento foi atribuído o valor de 69913€, sendo que 49610€ é para a aquisição dos 200 módulos fotovoltaicos. Os inversores terão de ter no mínimo a capacidade instalada dos painéis, para ir ao encontro desta necessidade o valor investido nestes terá de ser 19778€. A instalação da unidade de produção para autoconsumo vai representar um valor de 7686€ para a empresa. Anualmente, o custo da eletricidade comprada à rede será 5656€. A manutenção do sistema é feita anualmente, apresentando um custo de 441€. Os preços dos equipamentos foram retirados do gerador de preços e através da pesquisa em várias empresas que se dedicam à instalação destes sistemas e adaptados ao caso em estudo.

Na Tabela 16, estão apresentados os resultados anuais da simulação deste sistema.

Tabela 16: Resultados da poupança anual do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-69 913	-69 913	-69 913
1	7 695	7 695	-62 218
2	8 170	8 170	-54 048
3	8 659	8 659	-45 389
4	9 163	9 163	-36 226
5	9 681	9 681	-26 545
6	10 216	10 216	-16 329
7	10 766	10 766	-5 563
8	11 333	11 333	5 769
9	11 916	11 916	17 686
10	12 518	12 518	30 203
11	13 137	13 137	43 340
12	13 775	13 775	57 116
13	14 432	14 432	71 548
14	15 109	15 109	86 656
15	15 806	15 806	102 462
16	16 524	16 524	118 986
17	17 263	17 263	136 250
18	18 025	18 025	154 275
19	18 810	18 810	173 085
20	19 618	19 618	192 703

Através da análise da tabela, é possível concluir que a poupança obtida através do uso dos painéis fotovoltaicos vai aumentando de ano para ano. O retorno financeiro é atingido ao final de 8 anos de utilização e a poupança total obtida ascende até aos 192703€.

Na Figura 55, é possível ter uma noção da forma como a poupança evolui durante o tempo de vida do sistema e quando se atinge o retorno do investimento.

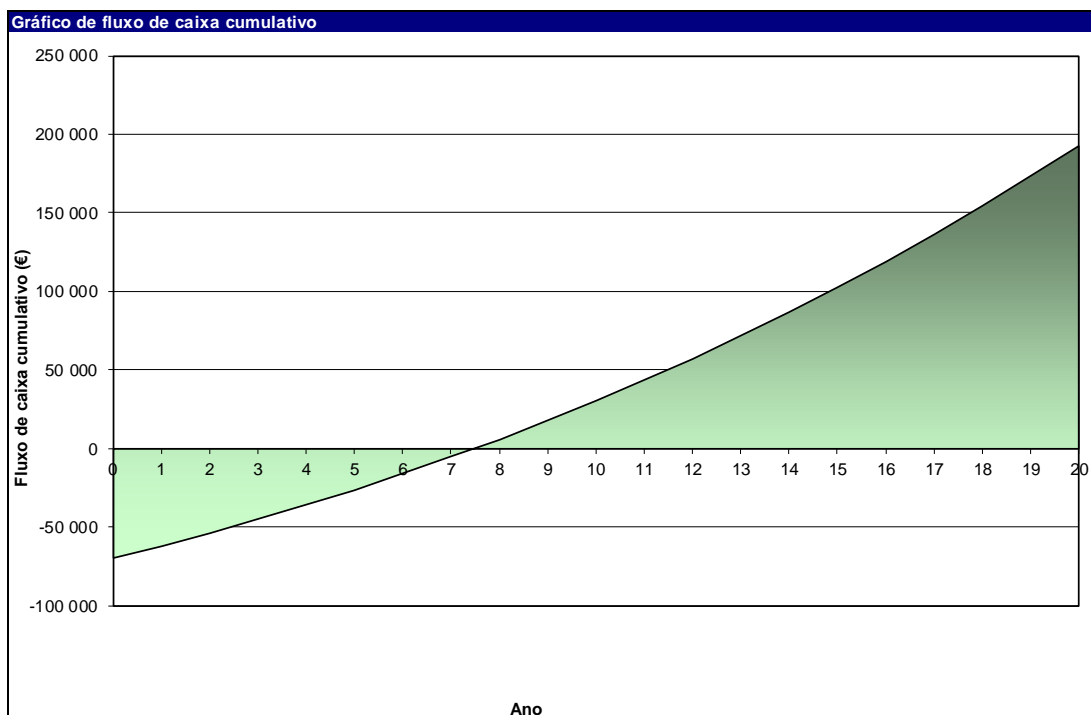


Figura 55: Gráfico da evolução da poupança do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Para esta alternativa, o retorno financeiro é atingido perto dos 7 anos e meio após a entrada em funcionamento e a poupança vai aumentando durante todo o tempo de vida do sistema. Logo, esta medida não é viável para a empresa, pois o retorno financeiro não se atingem em menos de 4 anos, como refere o Decreto-Lei 68A-2015.

Em termos ambientais, na Figura 56 apresentam-se as emissões de GEE (em toneladas de CO₂ por ano) do caso atual e do caso proposto, com o objetivo de concluir qual a variação de emissões entre os sistemas.

	Emissões GEE	
	Caso de referência	Emissões de GEE Caso Proposto
	tCO ₂	tCO ₂
Projeto produção de Eletricidade	72,1	19,4
Redução anual líquida de emissões de GEE	52,7	tCO ₂

Figura 56: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema fotovoltaico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

A nível ambiental, é possível concluir que esta alternativa é benéfica à empresa. Pois, ao alterar para o caso em estudo, irá representar uma redução anual de emissões de gases com efeito de estufa de 52,7 toneladas de CO₂.

Painéis solares térmicos

Para o uso dos painéis solares térmicos ser rentável, teriam de satisfazer as necessidades de calor na empresa e apresentar uma poupança ao longo da sua vida útil. O funcionamento deste sistema seria em circuito fechado, com a água a transportar o calor até às tinas galvânicas. Dado que, as temperaturas dos banhos não são muito elevadas, o uso de água como fluido térmico para transportar o calor seria o necessário. De forma a conseguir ir ao encontro das necessidades energéticas, o modelo do sistema está representado na seguinte figura (Figura 57).

Aquecedor solar de água		Vitrificado	
Tipo		Bosch Thermotechnology	
Fabricante		Bosch FKB-1	
Modelo			
Área bruta por coletor solar	m ²	2,40	
Área de Captação por coletor solar	m ²	2,26	
Coefficiente Fr (tau alpha)		0,70	
Coefficiente Fr UL	(W/m ²)/°C	4,21	
Coefficiente de Temperatura de Fr UL	(W/m ²)/°C ²	0,000	
Número de coletores		35	7
Área do coletor solar	m ²	84,00	
Capacidade	kW	55,32	
Perdas diversas	%	5,0%	
Balanco do sistema e misc.			
Armazenamento		Não	
Trocador de calor	sim/não	Sim	
Eficiência do trocador de calor	%	80,0%	
Perdas diversas	%	8,0%	
Potência da bomba / área do coletor solar	W/m ²	10,00	
Preço da eletricidade	€/kWh	0,137	

Figura 57: Características do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Para a simulação foram utilizados painéis vitrificados, pois apresentam maior rendimento nesta região. O número de coletores utilizados foi 35, com uma área de captação solar de 84 m², e apresentam uma potência instalada de 55,3 kW. Na seguinte figura (Figura 58), está o resumo do sistema em estudo.

Resumo		
Demanda de eletricidade - bomba	MWh	2,7
Calor fornecido	MWh	83,1
Fração solar	%	54%

Figura 58: Resumo do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Utilizando estes coletores, a fração solar seria de 54%, obtendo 83,1 MWh de calor fornecido. Ou seja, mais de metade da energia térmica seria produzida através da captação solar. A fração solar não é maior, pois o investimento já não se tornaria viável para a empresa. Para compreender a rentabilidade desta alternativa, é importante comparar o custo da produção de calor do caso de referência, com o caso em estudo (Figura 59).

Sistema de Aquecimento Verificação do projeto		Caso de referência		Caso proposto	
		Eletricidade	Eletricidade	Eletricidade	Eletricidade
Tipo de Combustível		100%	100%		
Eficiência Sazonal					
Consumo de combustível - anual	MWh	153,2	70,2		MWh
Preço do combustível	€/kWh	0,137	0,137		€/kWh
Custo do combustível	€	21 010	9 619		

Figura 59: Comparação do sistema solar térmico com o caso atual, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Pela análise do sistema, verifica-se que o consumo anual é inferior a metade do sistema de referência, tal como o custo anual. No caso do sistema solar térmico, apenas necessitava de consumir anualmente 70 MWh da rede para fazer a compensação do calor em falta, apresentando um custo de 9619 €/ano.

Relativamente aos custos do sistema, estes foram baseados na plataforma do gerador de preços, bem como em sites de empresas que realizam instalações deste tipo. Os custos admitidos encontram-se na seguinte figura (Figura 60).

Custo projeto e sumário econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	100,0%	€	23 412
Balço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	23 412
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	2 998
Custo combustível - caso proposto		€	9 995
Total de custos anuais		€	12 992
Custos periódicos(créditos)			
Manutenção do sistema - 1 anos		€	2 096
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	21 010
Total de economia e receita anual		€	21 010

Figura 60: Custos do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

O investimento inicial é de 23412€, sendo 13685 € para a aquisição dos coletores solares, custando em média 391€ cada um. A estrutura onde vão ficar suportados os 35 painéis solares térmicos apresenta um custo de 8225€. Para os kits de ligações hidráulicas, os purgadores automáticos e as

válvulas de segurança foi atribuído o custo de 1337€. A instalação deste sistema solar térmico representaria à empresa um custo de 2997€. O valor anual a pagar à rede pela eletricidade que fará a compensação do calor necessário é de 9995€. Foi atribuído o valor anual de 2095€ para a manutenção dos equipamentos.

Para perceber a viabilidade desta alternativa, é apresentada a seguinte tabela (Tabela 17) com a evolução económica do sistema ao longo dos anos.

Tabela 17: Resultados da poupança anual do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Fluxo de caixa anual				
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo	
#	€	€	€	€
0	-23 412	-23 412	-23 412	
1	6 253	6 253	-17 160	
2	6 593	6 593	-10 567	
3	6 944	6 944	-3 623	
4	7 305	7 305	3 681	
5	7 677	7 677	11 358	
6	8 060	8 060	19 418	
7	8 454	8 454	27 872	
8	8 861	8 861	36 733	
9	9 279	9 279	46 012	
10	9 710	9 710	55 723	
11	10 155	10 155	65 877	
12	10 612	10 612	76 489	
13	11 083	11 083	87 572	
14	11 569	11 569	99 141	
15	12 068	12 068	111 209	
16	12 583	12 583	123 792	
17	13 114	13 114	136 906	
18	13 660	13 660	150 566	
19	14 222	14 222	164 788	
20	14 802	14 802	179 590	

Na tabela, é possível verificar a poupança gerada ao longo dos 20 anos do projeto. Ou seja, verifica-se uma elevada poupança em todo o funcionamento deste sistema, alcançando os 179590€. O retorno financeiro é alcançado numa fase inicial, o que justifica a rentabilidade deste investimento.

No seguinte gráfico (Figura 61), é possível perceber, mais precisamente, ao final de quanto tempo se pagou o investimento inicial e como evoluiu o crescimento da poupança durante o funcionamento dos painéis solares térmicos.

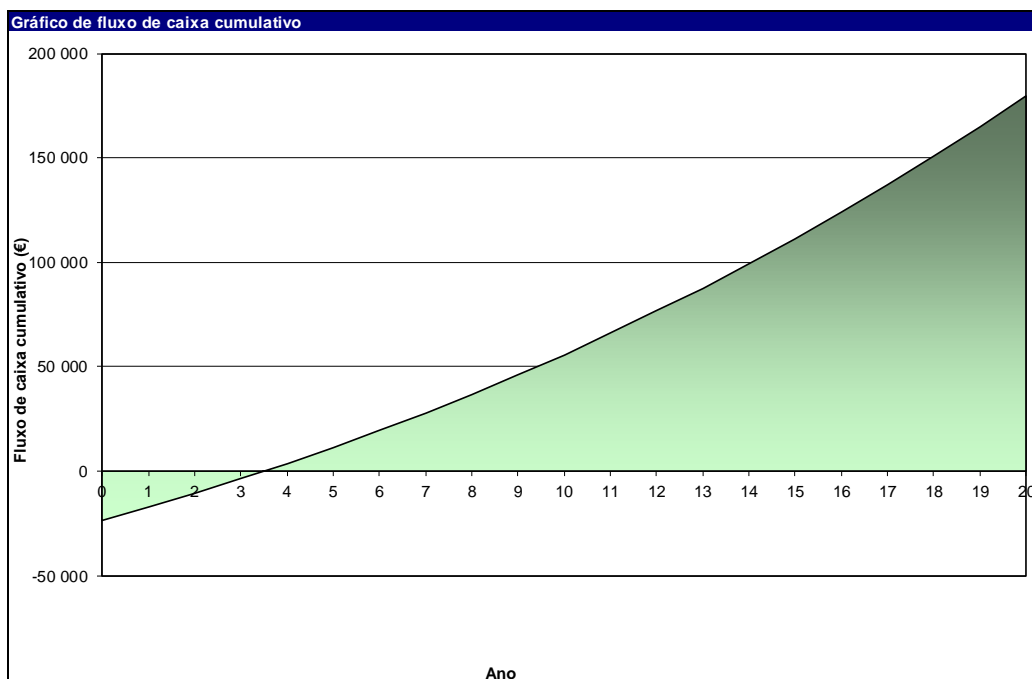


Figura 61: Gráfico da evolução da poupança do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETScreen)

O retorno financeiro desta alternativa é atingido num curto espaço de tempo, sendo preciso três anos e meio. Após estes anos, verifica-se que a poupança aumenta constantemente de ano para ano, tornando esta medida economicamente viável à empresa.

As emissões de gases com efeito de estufa foram estudadas (Figura 62), de forma a perceber o impacto ambiental que esta alteração apresenta.

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO ₂	Emissões de GEE Caso Proposto tCO ₂
	72,0	34,3
Redução anual líquida de emissões de GEE	37,8	tCO ₂

Figura 62: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema solar térmico, em Albergaria-a-Velha (RETScreen)

Os resultados da simulação mostram que, esta alternativa ao aquecimento dos banhos também seria benéfica para a empresa a nível ambiental, visto que seria possível obter uma redução anual de GEE de 37,8 toneladas de CO₂.

Caldeira a biomassa

O uso da caldeira a biomassa é dos sistemas renováveis mais atrativos a nível industrial. O potencial da biomassa para produção de calor é de elevado interesse, tendo a tecnologia avançado até tornar estas caldeiras numa solução a ter em conta a nível industrial.

Na unidade de Albergaria-a-Velha, para o uso deste sistema ser uma possibilidade teria de ir ao encontro das necessidades energéticas da empresa para a produção de calor, estando o seu modelo representado na Figura 63.

Sistema de aquecimento do caso proposto			
Seleção do Sistema	Carga Base do Sistema		
Carga de base do Sistema de Aquecimento	Sistema à biomassa		
Tecnologia	Combustível único		
Método-seleção de combustível	Biomassa		
Tipo de Combustível	Biomassa		
Preço do combustível	€/t	200,000	
Sistema à biomassa			
Capacidade	kW	117,0	108,3%
Calor fornecido	MWh	153	100,0%
Fabricante	Messersmith		
Modelo	Dragon Series Model 604825		
			1 unidade(s)
Eficiência Sazonal	%	95%	
Tipo de Caldeira	Água quente		
Combustível necessário	GJ/h	0,4	

Figura 63: Característica do sistema de caldeira a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

O combustível utilizado para esta caldeira são os pellets, que apresentam um custo de 200 €/tonelada. Foi selecionada uma caldeira com uma potência nominal de 117 kW, para fornecer 153 MWh de calor por ano. Para conseguir produzir esta quantidade de calor anualmente, terão de ser queimadas 32 toneladas de pellets.

Na seguinte figura (Figura 64), apresentam-se os custos associados à instalação e ao funcionamento deste sistema.

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	100,0%	€	36 245
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	36 245
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	3 365
Custo combustível - caso proposto		€	6 302
Total de custos anuais		€	9 667
Custos periódicos(créditos)			
Manutenção - 1 anos		€	1 810
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	21 026
Total de economia e receita anual		€	21 026

Figura 64: Custos da caldeira a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

O investimento inicial para a instalação deste sistema a biomassa é 36245€, onde 27495€ é para a aquisição da caldeira e 8750€ é para a estrutura, sistema de remoção de cinzas e sistema de reabastecimento de pellets automático. Para a instalação e mão de obra foi definido o preço de 3365€ e o consumo anual de combustível, representa um custo de 6302€. O custo de manutenção anual para este sistema é, aproximadamente, 1810€.

Na Tabela 18, é possível avaliar a forma como evoluiu o investimento ao longo do seu tempo de vida.

Tabela 18: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-36 245	-36 245	-36 245
1	9 991	9 991	-26 254
2	10 446	10 446	-15 809
3	10 914	10 914	-4 895
4	11 397	11 397	6 502
5	11 894	11 894	18 396
6	12 406	12 406	30 802
7	12 934	12 934	43 736
8	13 477	13 477	57 213
9	14 036	14 036	71 249
10	14 613	14 613	85 862
11	15 206	15 206	101 068
12	15 818	15 818	116 886
13	16 448	16 448	133 333
14	17 096	17 096	150 429
15	17 764	17 764	168 194
16	18 453	18 453	186 646
17	19 161	19 161	205 808
18	19 891	19 891	225 699
19	20 643	20 643	246 342
20	21 418	21 418	267 760

A poupança que se pode vir a obter, ao longo dos 20 anos de vida útil do sistema, é aproximadamente 268000€. É uma alternativa economicamente viável, sendo que o retorno financeiro é atingido ao fim de três anos e meio, desde o início do funcionamento do sistema, e a poupança gerada durante o seu tempo de vida é elevada.

No seguinte gráfico (Figura 65), é possível perceber quando se atinge o retorno financeiro e a evolução da poupança ao longo dos anos.

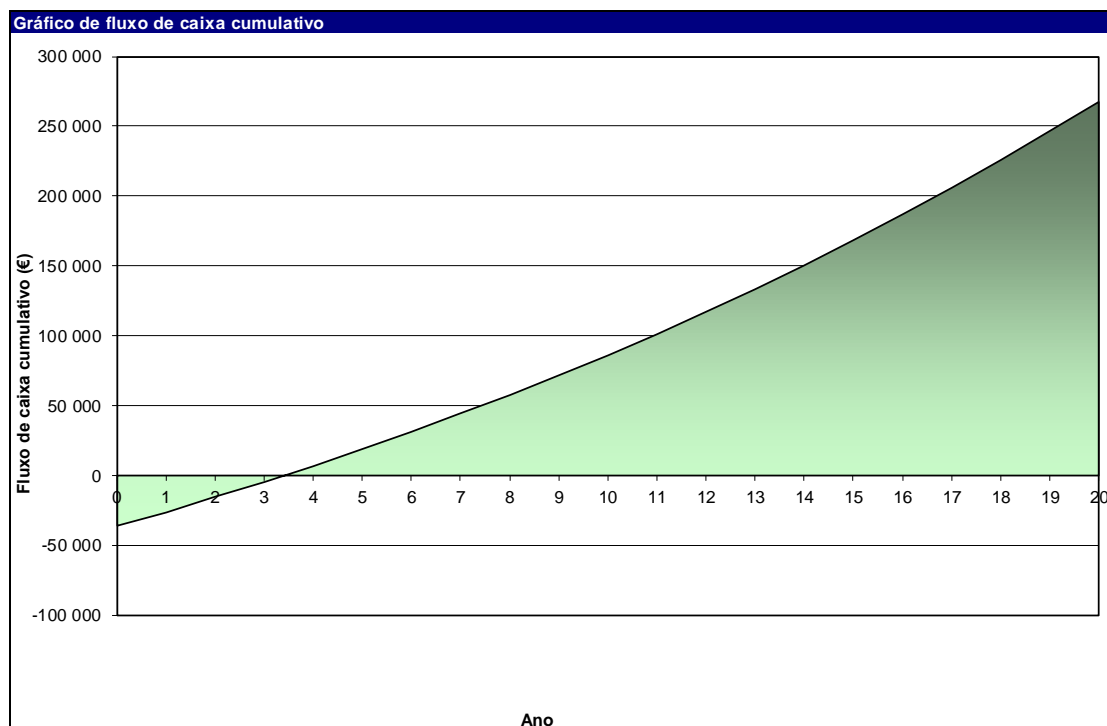


Figura 65: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a biomassa, em Albergaria a Velha (RETscreen)

O retorno financeiro é atingido a meio do terceiro ano de funcionamento. A poupança que se obtém ao longo dos 20 anos é, aproximadamente 270000€, quando comparado ao caso das resistências. Posto isto, é uma alternativa muito interessante ao uso das resistências elétricas, pois a energia para produção de calor é toda de origem renovável e iria apresentar uma grande poupança para a empresa.

Comparando as emissões de GEE desta alternativa com o uso das resistências elétricas, os resultados serão os seguintes (Figura 66).

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO2	Emissões de GEE Caso Proposto tCO2
Redução anual líquida de emissões de GEE	72,1	1,2
	70,9	tCO2

Figura 66: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema a biomassa, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

A redução de emissões utilizando a biomassa como combustível é notória, quando comparado ao caso atual. Utilizando esta alternativa, a empresa conseguiria reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 70,9 toneladas de CO₂ por ano.

Caldeira a gás natural

A caldeira a gás natural não é um sistema renovável, no entanto, poderá ser um sistema interessante para a empresa do ponto de vista económico. O uso do gás natural vai implicar a emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera, embora, seja em menor quantidade que as outras fontes de

origem petrolífera. Assim, as principais vantagens da utilização do gás natural para a empresa são a elevada eficiência na produção de energia térmica, o baixo custo de instalação do sistema, o baixo custo do gás natural, quando comparado com a eletricidade e o gás ser transportado por condutas. Para o caso em estudo, o modelo energético seria o seguinte (Figura 67):

Sistema de aquecimento do caso proposto			
Seleção do Sistema	Carga Base do Sistema		
Carga de base do Sistema de Aquecimento	Caldeira		
Tecnologia	Combustível único		
Método-seleção de combustível	Gaz natural - kWh		
Tipo de Combustível	€/kWh	0,067	
Preço do combustível			
Caldeira			
Capacidade	kW	125,0	115,7%
Calor fornecido	MWh	153	100,0%
Fabricante	RBI		
Modelo	FB0500		
Eficiência Sazonal	%	95%	1 unidade(s)
Tipo de Caldeira	Água quente		
Combustível necessário	GJ/h	0,5	

Figura 67: Características do sistema de caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

O estudo foi realizado para uma caldeira alimentada a gás natural, com potência nominal de 125 kW, produzindo 153 MWh de calor por ano. A utilização desta caldeira é, exclusivamente, para fazer o aquecimento dos banhos. No entanto, para produzir o calor necessário para este aquecimento terá de consumir 161,4 MWh de gás natural.

Neste sistema, foi utilizada uma caldeira de condensação, que apresenta maior eficiência que as caldeiras convencionais. A principal diferença da caldeira de condensação para as convencionais, é o aproveitamento do calor residual dos gases de exaustão.

Os custos associados ao sistema apresentam-se na seguinte figura (Figura 68).

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	100,0%	€	9 849
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	9 849
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	160
Custo combustível - caso proposto		€	10 816
Total de custos anuais		€	10 976
Custos periódicos(créditos)			
Manutenção do equipamento - 1 anos		€	966
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	21 026
Total de economia e receita anual		€	21 026

Figura 68: Custos da caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Como foi mencionado anteriormente, a caldeira utilizada no sistema apresenta uma potência nominal de 125 kW, apresentando um custo de 8938€. Associados a esta caldeira, terão de ser adquiridos os kits de segurança, kits de corte hidráulico, válvulas, purgadores e o pirostato, tendo um custo de 911€. Anualmente, o consumo de gás terá o custo à empresa de 10816€ para conseguir satisfazer as necessidades de calor. O tempo de vida, em média, de uma caldeira a gás natural são 20 anos, se todas as manutenções forem devidamente e atempadamente realizadas.

Na seguinte tabela (Tabela 19), está representada a evolução da poupança obtida por esta alternativa durante os 20 anos de funcionamento que a caldeira poderá atingir.

Tabela 19: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-9 849	-9 849	-9 849
1	9 390	9 390	-459
2	9 705	9 705	9 246
3	10 030	10 030	19 276
4	10 365	10 365	29 641
5	10 710	10 710	40 351
6	11 065	11 065	51 416
7	11 430	11 430	62 846
8	11 807	11 807	74 653
9	12 195	12 195	86 848
10	12 595	12 595	99 443
11	13 006	13 006	112 449
12	13 430	13 430	125 880
13	13 867	13 867	139 747
14	14 317	14 317	154 064
15	14 780	14 780	168 844
16	15 257	15 257	184 101
17	15 749	15 749	199 850
18	16 255	16 255	216 105
19	16 777	16 777	232 882
20	17 314	17 314	250 195

O uso da caldeira a gás natural em detrimento das resistências, é uma alternativa interessante a nível económico. No entanto, a nível ambiental, apresenta grandes desvantagens em relação às alternativas renováveis que foram anteriormente estudadas. A caldeira a gás natural é dos sistemas mais utilizados para aquecimento de processo a nível industrial, isto justifica-se pelos baixos custos associados. Pela análise dos resultados da simulação, é perceptível a rapidez com que se atinge o retorno financeiro e a grande poupança que se obtém ao final de 20 anos, sendo esta 250195€, quando comparada com as resistências que se usam atualmente.

O gráfico seguinte (Figura 69), mostra a forma como evolui economicamente a implementação deste sistema, percebendo de forma mais clara o tempo de retorno do investimento, bem como o crescendo da poupança com o passar dos anos.

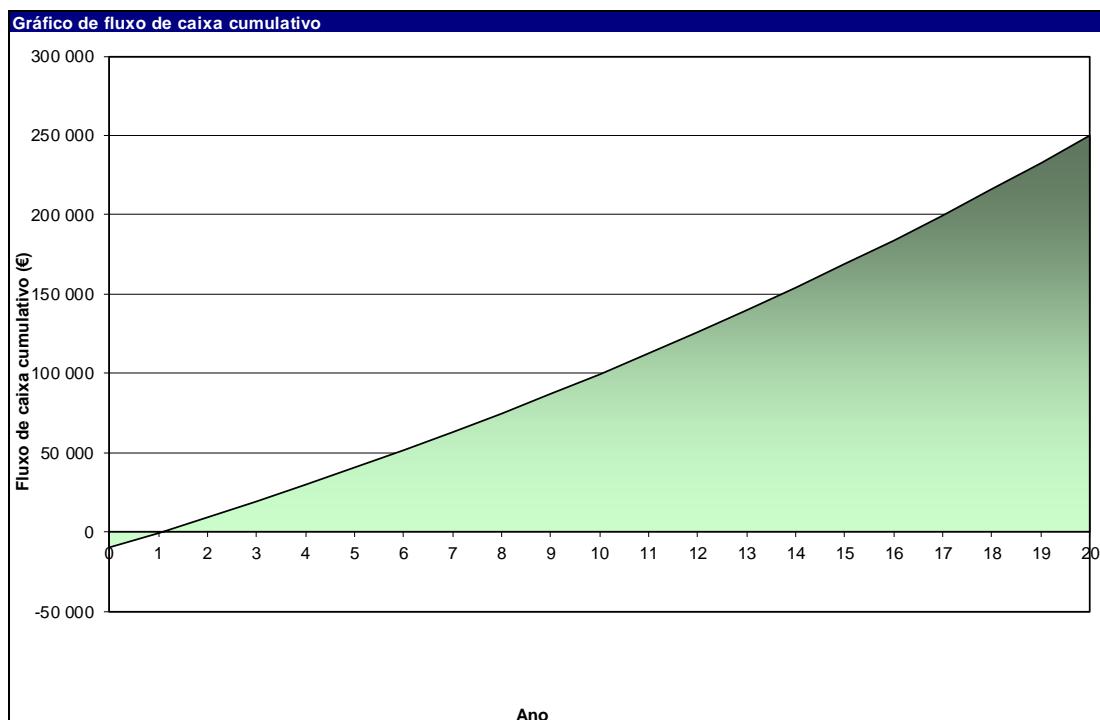


Figura 69: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

Este gráfico comprova a viabilidade económica desta alternativa, sendo possível alcançar o retorno financeiro ao final de um ano e a poupança aumenta de forma linear. Esta alternativa é a mais rentável a nível económico entre todas as estudadas, no entanto é utilizada uma fonte de energia não-renovável para a produção de calor.

A utilização de gás natural, apresenta menores emissões de gases com efeito de estufa quando comparado a outros combustíveis fósseis. Na seguinte figura (Figura 70), estão apresentados os valores da emissão de GEE associados à utilização desta alternativa.

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO ₂	Emissões de GEE Caso Proposto tCO ₂
	64,3	31,9
Redução anual líquida de emissões de GEE	32,4	tCO ₂

Figura 70: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema a gás natural, em Albergaria-a-Velha (RETscreen)

A utilização do gás natural como combustível, permitiria à empresa uma redução de GEE por ano de 32,4 toneladas de CO₂. Considerando estes resultados, o impacto da substituição para esta alternativa seria benéfico à empresa tanto a nível económico, como ambiental.

Após a realização da simulação para todas as alternativas é feito o balanço dos resultados para ser feita a análise comparativa entre todos os resultados, para que seja possível escolher o melhor sistema para a fábrica.

Tabela 20: Balanço do estudo das alternativas para a fábrica de Albergaria-a-Velha

	Investimento inicial (€)	Tempo de retorno do investimento (em anos)	Poupança total (€)	Redução das emissões de GEE (tCO ₂)
Bomba de calor	30 160,00 €	2,3	295 095,00 €	47,1
Painéis fotovoltaicos	69 913,00 €	7,5	192 703,00 €	52,7
Painéis solares térmicos	23 412,00 €	3,5	179 590,00 €	37,8
Caldeira a biomassa	36 245,00 €	3,4	267 760,00 €	70,9
Caldeira a gás natural	9 849,00 €	1,0	250 195,00 €	32,4

3.2.2. Unidade de Águeda

Na fábrica de Águeda a tecnologia para o aquecimento dos banhos é igual, no entanto há diferenças no consumo energético das duas unidades. De realçar, a existência de uma linha de tambor, algo que não se verifica na unidade de Albergaria-a-Velha, havendo só o processo da linha de suspensões. Logo, na unidade de Águeda, verifica-se a existência de noventa e quatro resistências, estando divididas em cinquenta e três para a linha de suspensões (com potência nominal de 1,6 e 2kW) e quarenta e uma para a linha de tambor (com potência nominal de 1kW). Estas resistências têm uma potência instalada de 127 kW, garantindo um calor fornecido de 179608,0 kWh/ano, para aquecimento dos banhos no processo de galvanoplastia.

Tabela 21: Características do sistema de aquecimento atual, em Águeda

Caso de referência	
Número de resistências	94
Potência instalada (kW)	127,0
Calor fornecido (kWh/ano)	179608,0

Bomba de calor

A bomba de calor foi uma das alternativas em estudo na unidade de Águeda, com vista a aproveitar o calor presente no ar atmosférico para fazer o aquecimento dos banhos. Este sistema de aquecimento utiliza a energia elétrica para produzir calor, no entanto é esperada uma melhoria na eficiência quando comparada com as resistências atuais. A bomba de calor para conseguir produzir o calor necessário ao processo teria de ter as características apresentadas na Figura 71.

Sistema de aquecimento do caso proposto			
Seleção do Sistema	Carga Base do Sistema		
Carga de base do Sistema de Aquecimento	Bomba de calor		
Tecnologia	Bomba de calor		
Método-seleção de combustível	Combustível único		
Tipo de Combustível	Elettricidade		
Preço do combustível	€/MWh	137,100	
Bomba de calor			
Capacidade	kW	127,0	100,0%
Calor fornecido	MWh	180	100,0%
Fabricante	Shandong Lark Central Air Conditioner		
Modelo	LAAHCP 120		
Eficiência Sazonal	%	290%	1 unidade(s)
Combustível necessário	GJ/h	0,2	

Figura 71: Características do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen)

Para este caso de estudo, foi selecionada uma bomba de calor com potência nominal de 127 kW, para produzir 180 MWh de calor por ano. Com base no Coeficiente de Desempenho (COP) para aquecimento da bomba de calor, foi definida uma eficiência sazonal de 290%. Anualmente, esta bomba necessita de consumir 62 MWh de energia elétrica, de forma a conseguir produzir o calor necessário para o processo de galvanoplastia.

Os custos associados à instalação e funcionamento da bomba de calor na unidade de Águeda, apresentam-se na Figura 72.

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	100,0%	€	34 925
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	34 925
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	768
Custo combustível - caso proposto		€	8 496
Total de custos anuais		€	9 264
Custos periódicos(créditos)			
Definido pelo usuário - 1 anos		€	1 965
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	24 638
Total de economia e receita anual		€	24 638

Figura 72: Custos do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen)

O custo admitido para a aquisição da bomba de calor foi 34925€, com o custo de instalação de 768€. O custo da energia elétrica para garantir o funcionamento da bomba é de 8496€ e a manutenção do equipamento, é feita anualmente, com um custo de 1965€.

Na Tabela 22, apresentam-se os resultados da simulação relativos ao uso da bomba de calor durante o seu tempo de vida. Foi definido o tempo médio de vida de 20 anos, caso sejam cumpridas todas as manutenções atempadamente.

Tabela 22: Resultados da poupança anual do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-34 925	-34 925	-34 925
1	13 893	13 893	-21 032
2	14 392	14 392	-6 640
3	14 906	14 906	8 266
4	15 435	15 435	23 700
5	15 980	15 980	39 680
6	16 541	16 541	56 221
7	17 119	17 119	73 341
8	17 715	17 715	91 056
9	18 328	18 328	109 384
10	18 960	18 960	128 345
11	19 611	19 611	147 956
12	20 281	20 281	168 237
13	20 972	20 972	189 209
14	21 683	21 683	210 892
15	22 415	22 415	233 307
16	23 170	23 170	256 477
17	23 947	23 947	280 424
18	24 747	24 747	305 172
19	25 572	25 572	330 744
20	26 421	26 421	357 165

Os resultados da simulação mostram um crescimento da poupança ao longo dos anos, o que significa que esta alternativa apresenta melhorias económicas face ao uso de resistências elétricas, apresentando uma poupança total de 357165€. O TRI para esta alternativa é alcançado nos primeiros três anos de uso do sistema.

No gráfico seguinte (Figura 73), é possível perceber quando se atinge o TRI e a forma como evoluiu o crescimento da poupança ao longo dos anos.

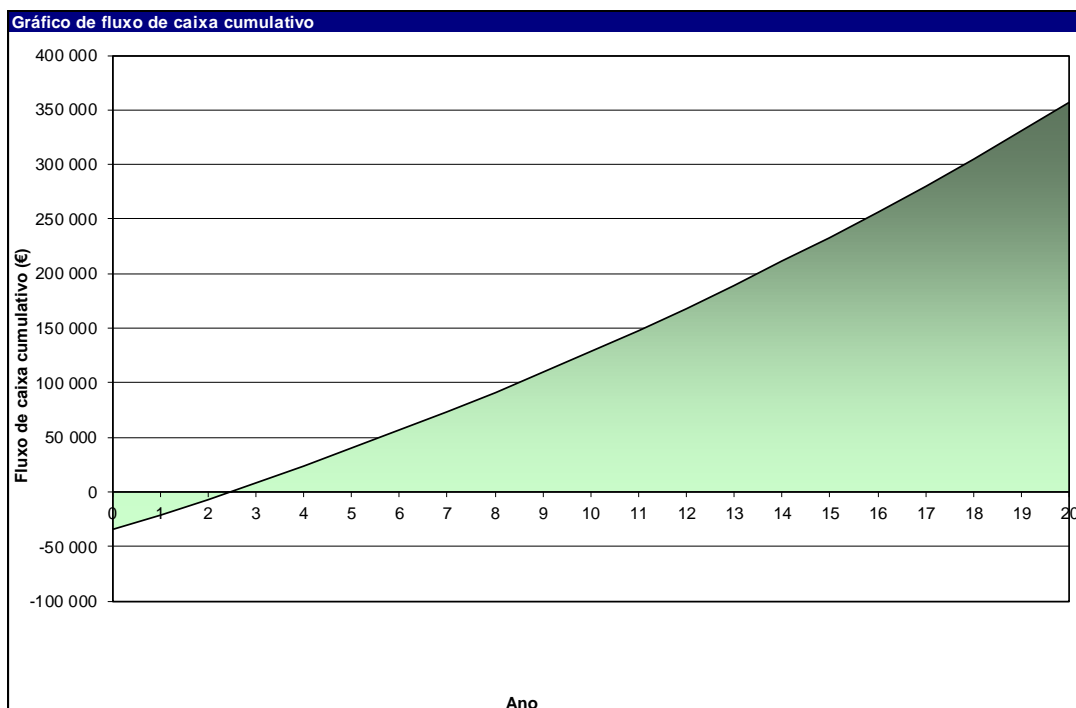


Figura 73: Gráfico da evolução da poupança do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETScreen)

Após a análise do gráfico, é possível verificar que o TRI é alcançado dois anos e meio após a entrada em funcionamento do sistema. Por sua vez, a poupança total cresce linearmente ao longo dos anos até atingir o valor de 357165€. Logo, é possível concluir que esta alternativa é interessante do ponto de vista económico para a empresa.

Com o objetivo de perceber o impacto a nível ambiental, foram comparadas as emissões de GEE utilizando a bomba de calor com as emissões do caso atual, tendo-se obtido os resultados expressos na Figura 74.

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO ₂	Emissões de GEE Caso Proposto tCO ₂
	84,5	29,1
Redução anual líquida de emissões de GEE	55,3	tCO ₂

Figura 74: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema de bomba de calor, em Águeda (RETScreen)

Os resultados obtidos nas emissões de gases com efeito de estufa, mostram que esta alternativa também é benéfica a nível ambiental. Ou seja, com a utilização da bomba de calor seria possível à empresa reduzir as emissões de GEE em 55,7 tCO₂ por ano, em relação ao uso das resistências.

Painéis fotovoltaicos

O uso de painéis solares fotovoltaicos também foi estudado para a unidade de Águeda. O sistema utilizado foi o mesmo que na unidade de Albergaria-a-Velha e apresenta as características apresentadas na Figura 75.

Fotovoltaica			
Tipo		mono-Si	
Potência elétrica	kW	82,00	
Fabricante		Grape Solar	
Modelo		mono-Si - GS-S-410-Platinum	200 unidade(s)
Eficiência	%	16,0%	
Temperatura de operação normal da célula	°C	45	
Coefficiente de Temperatura	% / °C	0,40%	
Área do coletor solar	m²	513	
Perdas diversas			
	%	5,0%	
Inversor			
Eficiência	%	90,0%	
Capacidade	kW	3,0	
Perdas diversas	%	5,0%	
Resumo			
Fator de Utilização	%	15,6%	
Eletricidade fornecida à carga	MWh	112,048	
Eletricidade exportada p/ rede	MWh	0,000	

Figura 75: Características do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)

A Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) estudada para a unidade de Águeda é constituída por 200 módulos fotovoltaicos de silício monocristalino, ocupando uma área de 513 m². A potência total instalada nesta unidade é de 82 kW, com capacidade para produzir, anualmente, 112 MWh de energia elétrica.

Os custos que este sistema apresentará à empresa encontram-se na seguinte figura (Figura 76).

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de produção de eletricidade	100,0%	€	69 911
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	69 911
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	7 686
Custo combustível - caso proposto		€	9 319
Total de custos anuais		€	17 005
Custos periódicos(créditos)			
Definido pelo usuário - 1 anos		€	441
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	24 680
Total de economia e receita anual		€	24 680

Figura 76: Custos do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)

O custo inicial do sistema seria 69911€, atribuindo o valor de 49610€ para adquirir os 200 painéis fotovoltaicos escolhidos. Os inversores escolhidos tem potência instalada de 83 kW e apresentam um custo de 19776€. Outra componente importante para o funcionamento e segurança desta unidade de produção elétrica são os armários de ligação, que apresentam o custo de 525€. Para a instalação do sistema atribuiu-se o valor de 7686€ e o custo anual da eletricidade é 9319€. A manutenção do equipamento, representa um custo anual à empresa no valor de 441€. Foram tidos como valores de referência, os valores médios dos preços dos equipamentos presentes na plataforma gerador de preços. No entanto, os preços foram ajustados para as características do sistema em estudo.

Na Tabela 23, estão representados os resultados da simulação para esta UPAC durante os 20 anos de funcionamento.

Tabela 23: Resultados da poupança anual do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)

Fluxo de caixa anual				
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo	
#	€	€	€	
0	-69 911	-69 911	-69 911	
1	7 696	7 696	-62 215	
2	8 170	8 170	-54 045	
3	8 659	8 659	-45 386	
4	9 163	9 163	-36 223	
5	9 682	9 682	-26 541	
6	10 216	10 216	-16 326	
7	10 766	10 766	-5 560	
8	11 333	11 333	5 773	
9	11 917	11 917	17 690	
10	12 518	12 518	30 208	
11	13 137	13 137	43 345	
12	13 775	13 775	57 120	
13	14 432	14 432	71 553	
14	15 109	15 109	86 662	
15	15 806	15 806	102 468	
16	16 524	16 524	118 992	
17	17 264	17 264	136 256	
18	18 025	18 025	154 281	
19	18 810	18 810	173 091	
20	19 618	19 618	192 709	

Analisando a tabela, verifica-se que a poupança vai aumentando ao longo dos anos em que o sistema está em funcionamento, atingindo uma poupança final de 192709€. O retorno do investimento é atingido tarde, durante o sétimo ano de funcionamento.

O gráfico presente na Figura 77, representa a evolução económica desta alternativa durante os seus 20 anos de funcionamento.

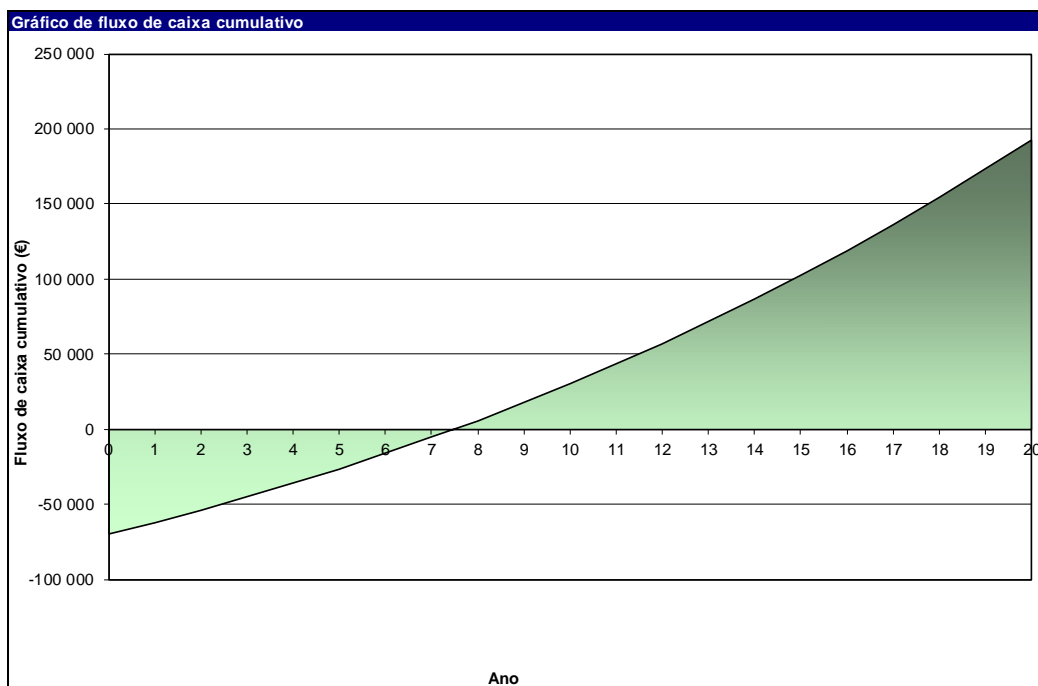


Figura 77: Gráfico da evolução da poupança do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)

Conclui-se que esta alternativa atinge o retorno financeiro ao final de sete anos e meio de funcionamento. No que diz respeito à poupança, esta vai crescendo linearmente, durante o tempo de vida do sistema. Logo, apresentando estes resultados económicos é possível afirmar que esta é uma alternativa de pouco interesse à empresa, pois o retorno financeiro é atingido após o sétimo ano de funcionamento do sistema.

Os resultados das emissões foram comparados, tendo-se obtido os seguintes valores (Figura 78).

	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO ₂	Emissões de GEE Caso Proposto tCO ₂
Projeto produção de Eletricidade	84,6	31,9
Redução anual líquida de emissões de GEE	52,7	tCO ₂

Figura 78: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema fotovoltaico, em Águeda (RETscreen)

Ao utilizar esta alternativa, baseada na produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, a empresa conseguiria obter uma redução da emissão de GEE de 52,7 tCO₂, em comparação com o uso das resistências elétricas.

Painéis solares térmicos

À semelhança do que acontece na unidade de Albergaria-a-Velha, nesta unidade também pode ser proveitoso a utilização do calor proveniente do sol para aquecimento dos banhos. No entanto, como ambas as unidades têm características distintas, terá de se fazer uma nova simulação, tendo em conta as características desta unidade.

Para a unidade de Águeda, o sistema solar térmico teria as seguintes características, para conseguir ir ao encontro das necessidades de calor do processo (Figura 79).

Aquecedor solar de água		Vitrificado	
Tipo		Bosch Thermotechnology	
Fabricante		Bosch FKB-1	
Modelo			
Área bruta por coletor solar	m ²	2,40	8
Área de Captação por coletor solar	m ²	2,26	
Coefficiente Fr (tau alpha)		0,70	
Coefficiente Fr UL	(W/m ²)/°C	4,21	
Coefficiente de Temperatura de Fr UL	(W/m ²)/°C ²	0,000	
Número de coletores		40	
Área do coletor solar	m ²	96,00	
Capacidade	kW	63,22	
Perdas diversas	%	5,0%	
Balanco do sistema e misc.			
Armazenamento		Não	
Trocador de calor	sim/não	Sim	
Eficiência do trocador de calor	%	90,0%	
Perdas diversas	%	5,0%	
Potência da bomba / área do coletor solar	W/m ²	10,00	
Preço da eletricidade	€/kWh	0,137	

Figura 79: Características do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen)

Pelas mesmas razões de Albergaria-a-Velha, o tipo de coletor escolhido é vitrificado por apresentar maior eficiência na produção de calor nesta região. Foram utilizados 40 coletores, obtendo uma área de captação solar de 96 m², com uma potência instalada de 63,2 kW.

Na seguinte figura (Figura 80), está representado o calor que o sistema irá fornecer, anualmente, para ser utilizado no processo de galvanoplastia.

Resumo		
Demanda de eletricidade - bomba	MWh	3,1
Calor fornecido	MWh	100,1
Fração solar	%	56%

Figura 80: Resumo do sistema solar térmico, em Águeda (RETScreen)

O sistema apresenta uma fração solar de 56%, ou seja, mais de metade do calor necessário para o aquecimento dos banhos é fornecido por este sistema em estudo. Os painéis solares térmicos conseguem produzir, anualmente, 100,1 MWh de calor de origem renovável, dadas as características que foram assumidas neste caso de estudo.

Seguidamente, é apresentada a comparação do sistema solar térmico com o caso de referência (Figura 81), para perceber a variação em termos de consumo elétrico anual.

Sistema de Aquecimento		Caso de referência		Caso proposto	
Verificação do projeto		Eletricidade	Eletricidade	Eletricidade	Eletricidade
Tipo de Combustível		100%	100%		
Eficiência Sazonal					
Consumo de combustível - anual	MWh	179,8	79,7		MWh
Preço do combustível	€/kWh	0,137	0,137		€/kWh
Custo do combustível	€	24 645	10 920		

Figura 81: Comparação do sistema solar térmico com o caso atual, em Águeda (RETScreen)

Com a utilização dos coletores solares, verifica-se a redução de 100 MWh/ano no consumo elétrico, que conseqüentemente, permitiria uma poupança de 14 000€ na fatura energética anual da empresa.

Um dos fatores mais importantes para perceber a rentabilidade do projeto, são os custos envolvidos na sua implementação e durante o seu funcionamento, sendo que para este caso foram admitidos os custos apresentados na seguinte figura (Figura 82).

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	100,0%	€	26 793
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	26 793
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	3 497
Custo combustível - caso proposto		€	11 352
Total de custos anuais		€	14 849
Custos periódicos(créditos)			
Manutenção do equipamento - 1 anos		€	2 445
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	24 645
Total de economia e receita anual		€	24 645

Figura 82: Custos do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen)

O investimento inicial para adquirir o equipamento para a produção de calor foi 26793€, repartindo-se em 15640€ para os coletores solares e 11153€ para adquirir a estrutura de fixação dos coletores, os kits de ligações hidráulicas, os purgadores automáticos e as válvulas. O preço da instalação do sistema solar térmico é 3497€. O custo anual em consumo de eletricidade da rede após a instalação deste sistema, estima-se que ronde os 11352€ por ano. A manutenção do sistema é feita todos os anos, representando um custo de 2445€.

Na seguinte tabela (Tabela 24), encontram-se os valores da poupança associada a este sistema durante o seu tempo de vida, sendo esta considerada 20 anos se todas as manutenções forem devidamente feitas.

Tabela 24: Resultados da poupança anual do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-26 793	-26 793	-26 793
1	7 750	7 750	-19 044
2	8 160	8 160	-10 883
3	8 583	8 583	-2 300
4	9 019	9 019	6 719
5	9 468	9 468	16 187
6	9 930	9 930	26 118
7	10 406	10 406	36 524
8	10 897	10 897	47 421
9	11 402	11 402	58 823
10	11 922	11 922	70 746
11	12 458	12 458	83 204
12	13 010	13 010	96 214
13	13 579	13 579	109 793
14	14 165	14 165	123 958
15	14 768	14 768	138 726
16	15 389	15 389	154 115
17	16 029	16 029	170 144
18	16 688	16 688	186 832
19	17 367	17 367	204 199
20	18 066	18 066	222 266

O uso deste sistema solar térmico permitiu obter uma poupança em relação ao sistema que se usa atualmente. O retorno financeiro atingiu-se durante o terceiro ano de funcionamento e a poupança ascendeu até aos 220664€. Com isto, é possível concluir que a utilização do sistema solar térmico era uma boa alternativa económica ao uso das resistências elétricas.

No gráfico da Figura 83, é possível determinar quando se obteve o retorno financeiro e a velocidade a que a poupança cresceu com o passar dos anos.

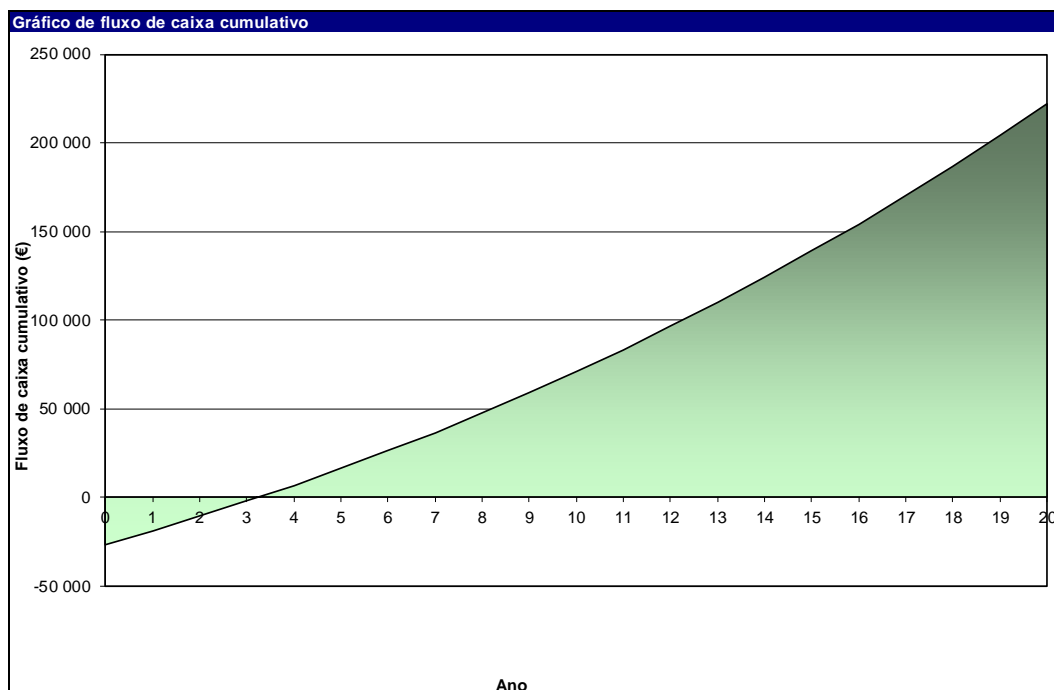


Figura 83: Gráfico da evolução da poupança do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen)

Como já foi anteriormente mencionado, o retorno financeiro é atingido após três anos de funcionamento do sistema, como se pode ver no gráfico. A poupança aumenta à medida que os anos vão passando, alcançando 222 mil euros de poupança durante a vida do sistema. Esta alternativa é economicamente vantajosa para a empresa quando comparada com o caso atual. No entanto, é necessário perceber os benefícios do sistema solar térmico quando comparado com as outras alternativas em estudo.

Os valores das emissões de gases com efeito de estufa também foram analisados, sendo usados como termo de comparação entre a alternativa em estudo e o caso atual. Os resultados encontram-se na Figura 84.

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO ₂	Emissões de GEE Caso Proposto tCO ₂
	84,5	38,9
Redução anual líquida de emissões de GEE	45,6	tCO ₂

Figura 84: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema solar térmico, em Águeda (RETscreen)

A utilização dos painéis solares térmicos ia representar uma redução anual de gases com efeito de estufa de 45,6 toneladas de CO₂, comparando com o uso das resistências elétricas. Logo, este sistema seria uma solução interessante do ponto de vista ambiental para a empresa.

Caldeira a biomassa

O sistema de aquecimento a biomassa é uma alternativa com potencial para satisfazer as necessidades de calor da fábrica. Este sistema consiste na queima de material de origem orgânica para a produção de calor, neste caso as caldeiras em estudo são alimentadas a “*pellets*”.

Para esta unidade, o sistema teria de ter as características apresentadas na seguinte figura (Figura 85), de forma a conseguir produzir o calor necessário para o processo de galvanoplastia.

Sistema de aquecimento do caso proposto			
Seleção do Sistema	Carga Base do Sistema		
Carga de base do Sistema de Aquecimento	Sistema à biomassa		
Tecnologia	Combustível único		
Método-seleção de combustível	Biomassa		
Tipo de Combustível	€t 200,000		
Preço do combustível			
Sistema à biomassa			
Capacidade	kW	130,0	102,4%
Calor fornecido	MWh	180	100,0%
Fabricante	Grovetwood		
Modelo	130		
			1 unidade(s)
Eficiência Sazonal	%	95%	
Tipo de Caldeira	Água quente		
Combustível necessário	GJ/h	0,5	

Figura 85: Características do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen)

O sistema em estudo é a caldeira a biomassa, constituído por uma caldeira a pellets, com potência instalada de 130 kW, para produzir 180 MWh de calor por ano. Para conseguir fornecer este calor ao processo, o sistema terá de consumir 37 toneladas de pellets por ano.

Seguidamente, estão apresentados os custos correspondentes à alteração para o sistema a biomassa (Figura 86), tanto da sua instalação como durante o funcionamento.

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	98,7%	€	38 800
Balanço do sistema e misc.	1,3%	€	500
Total de custos de investimento	100,0%	€	39 300
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	3 000
Custo combustível - caso proposto		€	7 384
Total de custos anuais		€	10 384
Custos periódicos(créditos)			
Manutenção do equipamento - 1 anos		€	1 807
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	24 638
Total de economia e receita anual		€	24 638

Figura 86: Custos do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen)

O investimento inicial para a aquisição do equipamento é 38800€, sendo que a caldeira representa um custo de 27300€ e a estrutura e as peças para instalação. As componentes associadas a esta caldeira são o sistema de reabastecimento, o sistema de remover as cinzas e as válvulas, que representam um custo de 11500€. A este valor acrescem 500€, valor atribuído para a colocação em funcionamento e formação no manuseamento da caldeira. A instalação deste sistema, representa para a empresa um custo de 3000€. O consumo de pellets para conseguir produzir o calor necessário ao processo, representa o custo anual de 7384€. O custo da manutenção do equipamento estima-se que ronde os 1807€ por ano.

Na seguinte tabela (Tabela 25), estão representados os resultados da simulação deste sistema durante os 20 anos de funcionamento. O objetivo será avaliar a poupança obtida através do uso deste sistema, em detrimento das resistências elétricas.

Tabela 25: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a biomassa, em Águeda (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-39 300	-39 300	-39 300
1	12 964	12 964	-26 336
2	13 497	13 497	-12 839
3	14 046	14 046	1 207
4	14 612	14 612	15 819
5	15 194	15 194	31 013
6	15 794	15 794	46 807
7	16 412	16 412	63 219
8	17 049	17 049	80 268
9	17 705	17 705	97 973
10	18 380	18 380	116 353
11	19 076	19 076	135 428
12	19 792	19 792	155 220
13	20 530	20 530	175 750
14	21 290	21 290	197 040
15	22 073	22 073	219 113
16	22 879	22 879	241 993
17	23 710	23 710	265 703
18	24 565	24 565	290 268
19	25 447	25 447	315 715
20	26 354	26 354	342 069

Através da análise da tabela, verifica-se que o retorno financeiro é atingido antes do terceiro ano de funcionamento do sistema e a poupança tende a crescer com o passar dos anos. Posto isto, a utilização da caldeira a biomassa, pode tornar-se uma solução a ter em conta, pois, permite à empresa obter uma poupança e é um sistema que acaba por não ser tão prejudicial ao ambiente. No gráfico da Figura 87, está descrita a evolução da rentabilidade do sistema que permitirá perceber quando se atingiu o retorno do investimento (TRI) e analisar a evolução da poupança.

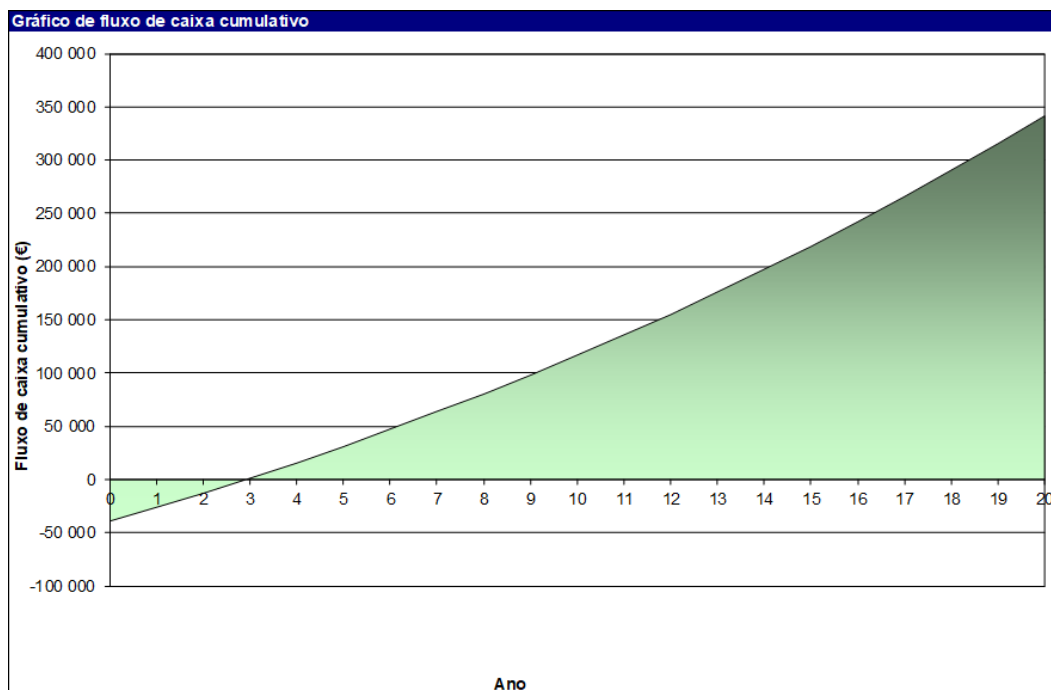


Figura 87: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a biomassa, em Água da Moura (RETScreen)

É possível concluir que o retorno financeiro se atinge ao final de dois anos e meio de funcionamento do sistema e o crescimento da poupança vai sendo mais acentuado ao longo dos anos. Esta alternativa, durante o seu tempo útil, conseguiria permitir uma poupança total de 342069€, quando comparado com o sistema atual. Logo, é possível concluir que a implementação deste sistema seria interessante à empresa do ponto de vista económico.

A nível ambiental, os valores das emissões de gases com efeito de estufa estão apresentados na Figura 88. Isto permitirá perceber qual o impacto ambiental que esta alteração implicaria à empresa, caso optasse por esta alternativa.

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO ₂	Emissões de GEE Caso Proposto tCO ₂
	84,5	1,4
Redução anual líquida de emissões de GEE	83,1	tCO ₂

Figura 88: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema de caldeira a biomassa, em Água da Moura (RETScreen)

Neste sistema de produção de calor, o consumo de combustível é todo de origem renovável e permitiria à empresa uma redução quase na totalidade da emissão de GEE. Ou seja, a redução seria 83,1 toneladas de CO₂ por ano, passando a emitir 1,4 toneladas de CO₂ por ano.

Caldeira a gás natural

O uso do gás natural também está em estudo para esta unidade, pelas mesmas razões da unidade de Albergaria-a-Velha. Ou seja, é um combustível barato em comparação a outros combustíveis fósseis e tem elevada eficiência na produção de calor. Em termos ambientais, o gás natural é mais

prejudicial que a utilização de fontes renováveis, mas quando comparado a outras fontes fósseis é o que apresenta menos emissões de GEE.

Para a unidade de Águeda, o sistema de produção de calor a gás natural teria as seguintes características (Figura 89), de modo a conseguir satisfazer as necessidades de calor do processo de galvanoplastia.

Sistema de aquecimento do caso proposto			
Seleção do Sistema	Carga Base do Sistema		
Carga de base do Sistema de Aquecimento	Caldeira		
Tecnologia	Caldeira		
Método-seleção de combustível	Combustível único		
Tipo de Combustível	Gaz natural - kWh		
Preço do combustível	€/kWh	0,067	
Caldeira			
Capacidade	kW	127,0	100,0%
Calor fornecido	MWh	180	100,0%
Fabricante	RBI		
Modelo	MB0500		
Eficiência Sazonal	%	90%	1 unidade(s)
Tipo de Caldeira	Água quente		
Combustível necessário	GJ/h	0,5	

Figura 89: Características do sistema a gás natural, em Águeda (RETscreen)

Para esta simulação, foi selecionada uma caldeira a gás natural, com potência instalada de 127 kW, e capacidade para fornecer 180 MWh de calor por ano ao processo. Para conseguir produzir este calor, o consumo de gás natural será 200 MWh por ano.

Na seguinte figura (Figura 90), estão representados os custos que a empresa teria com a implementação desta caldeira a gás natural. Foram tidos em conta, tanto os custos iniciais de aquisição do material e da mão de obra, como os custos periódicos de funcionamento, tais como o custo do combustível e a manutenção do equipamento.

Custo projeto e sumario econ./receita			
Custos iniciais			
Sistema de Aquecimento	100,0%	€	10 436
Balanço do sistema e misc.	0,0%	€	0
Total de custos de investimento	100,0%	€	10 436
Pagamento anual de custos e empréstimos			
O&M		€	160
Custo combustível - caso proposto		€	13 378
Total de custos anuais		€	13 538
Custos periódicos(créditos)			
Manutenção - 1 anos		€	966
Economia anual e receita			
Custo combustível - caso de referência		€	24 638
Total de economia e receita anual		€	24 638

Figura 90: Custo do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen)

Para a instalação deste sistema, foi atribuído o valor de 9525€ para a compra da caldeira. O sistema de segurança, sistema de corte hidráulico, as válvulas, os purgadores e o pirostato que são acoplados à caldeira apresentam um custo de 911€. Para a instalação da caldeira e dos sistemas que a compõem, definiu-se o valor de 160€. O custo anual do combustível para garantir as necessidades de calor do processo de galvanoplastia é 13538€. O sistema para ter uma longevidade maior necessita de manutenção anual, com o custo médio de 966€.

Na Tabela 26, estão representados os valores da simulação que correspondem à poupança obtida durante o tempo de vida da caldeira.

Tabela 26: Resultados da poupança anual do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen)

Fluxo de caixa anual			
Ano	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
#	€	€	€
0	-10 436	-10 436	-10 436
1	10 471	10 471	35
2	10 819	10 819	10 854
3	11 178	11 178	22 032
4	11 547	11 547	33 579
5	11 927	11 927	45 505
6	12 318	12 318	57 824
7	12 722	12 722	70 546
8	13 137	13 137	83 683
9	13 565	13 565	97 248
10	14 006	14 006	111 254
11	14 460	14 460	125 714
12	14 927	14 927	140 641
13	15 409	15 409	156 050
14	15 905	15 905	171 955
15	16 416	16 416	188 371
16	16 942	16 942	205 313
17	17 484	17 484	222 798
18	18 043	18 043	240 840
19	18 618	18 618	259 458
20	19 210	19 210	278 668

Pela análise da tabela, pode concluir-se que o valor anual da poupança tende a subir com o passar dos anos. Logo, esta alternativa deve ser tida em conta, pois apresenta uma poupança elevada no seu tempo de vida e o seu retorno financeiro é atingido num curto espaço de tempo.

No gráfico da Figura 91, é possível perceber quando se atingiu o retorno financeiro e perceber a forma como a poupança evoluiu com o passar dos anos.

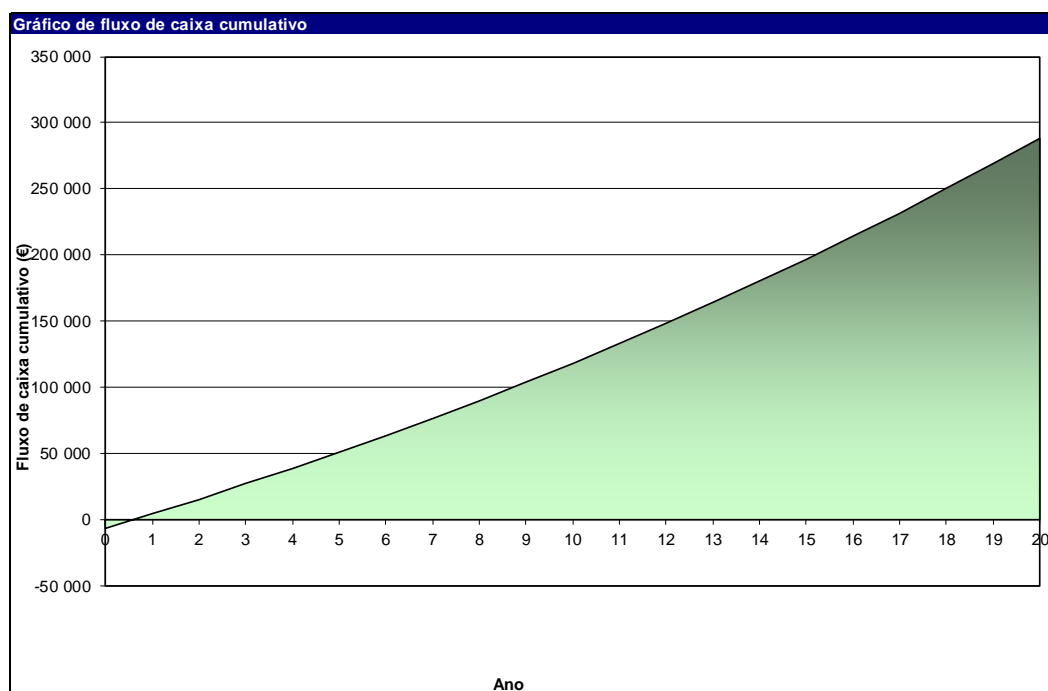


Figura 91: Gráfico da evolução da poupança do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen)

Como se verifica no gráfico, o retorno financeiro é atingido no final do primeiro ano de utilização da caldeira. No que diz respeito à poupança total, esta aumenta durante os 20 anos de vida da caldeira, podendo a empresa obter uma poupança total de 278668€. Posto isto, esta alternativa é economicamente viável para a empresa, tendo em conta que apresenta uma elevada poupança e pode durar 20 anos, se todas as manutenções forem feitas atempadamente.

A nível ambiental, foi feito o estudo das emissões de GEE associadas à utilização do gás natural como fonte de energia para a obtenção de calor. Os resultados da simulação encontram-se apresentados na Figura 92.

Projeto do Sistema de Aquecimento	Emissões GEE	
	Caso de referência tCO2	Emissões de GEE Caso Proposto tCO2
	84,5	39,4
Redução anual líquida de emissões de GEE	45,0	tCO2

Figura 92: Comparação das emissões de gases com efeito de estufa com uso do sistema de caldeira a gás natural, em Águeda (RETscreen)

A nível ambiental, esta alternativa apresentaria uma melhoria significativa para a empresa. Ou seja, ao utilizar gás natural para produzir calor, as emissões de gases com efeito de estufa sofririam uma redução anual de 45 toneladas de CO₂.

Tal como foi feito no final do estudo das alternativas para a unidade de Albergaria, também para a unidade de Águeda foi feito o balanço dos resultados da simulação para a unidade de Águeda.

Tabela 27: Balanço do estudo das alternativas para a fábrica de Águeda

	Investimento inicial (€)	Tempo de retorno do investimento (em anos)	Poupança total (€)	Redução das emissões de GEE (tCO2)
Bomba de calor	34 925,00 €	2,4	357 165,00 €	55,3
Painéis fotovoltaicos	69 911,00 €	7,5	192 709,00 €	52,7
Painéis solares térmicos	26 793,00 €	3,3	222 266,00 €	45,6
Caldeira a biomassa	38 800,00 €	2,8	342 069,00 €	74,0
Caldeira a gás natural	10 436,00 €	0,9	278 668,00 €	45,0

4. Soluções de eficiência energética

4.1. Medidas de eficiência energética

As medidas que podem ser implementadas, com vista à melhoria da eficiência energética desta empresa são várias. No entanto, o foco do estudo está nos equipamentos para produção de calor, visto que têm um consumo significativo na empresa que foi auditada e estão presentes no principal processo de fabrico de ambas as unidades de produção.

De realçar que, também nos equipamentos elétricos, presentes nas fábricas em estudo, se verifica um consumo elevado, isto porque grande parte destes equipamentos já são antigos e a sua eficiência energética é baixa. Seria benéfico à empresa fazer a alteração destes por equipamentos mais recentes, com melhores níveis de eficiência energética, que permitissem a redução no consumo energético e na fatura.

Apesar de apresentar um consumo mínimo anual em ambas as unidades (5% do consumo total), a iluminação também foi analisada. A margem para melhoria é considerável e serão medidas que não apresentarão grandes custos para a empresa e poderão apresentar uma poupança significativa.

4.1.1. Produção de calor para os banhos galvânicos

O aquecimento dos banhos galvânicos foi assumido como a grande lacuna em ambas as unidades em estudo. O sistema que se está a utilizar representa um elevado custo para a empresa, pois para fazer o aquecimento dos banhos, o consumo de eletricidade das resistências é muito elevado. As alternativas estudadas para a produção de calor, com o objetivo de fazer o aquecimento a estes banhos, foram as mesmas para ambas as fábricas. No entanto, foi tido em atenção quando se fizeram as simulações as necessidades caloríficas de cada unidade.

Os parâmetros que foram tidos em conta para fazer a análise comparativa das alternativas foram: o tempo de retorno financeiro (TRI), a poupança obtida durante o funcionamento do sistema e a redução de emissões de GEE.

Albergaria-a-Velha

Após feita a simulação para todas as alternativas, verificou-se que todas apresentariam melhorias para a empresa, embora umas apresentem mais que outras. Para decidir qual a mais benéfica, foi feita uma análise comparativa entre elas. Os resultados que entraram nessa análise foram os resultados dos parâmetros mencionados anteriormente, tendo-se obtido a seguinte tabela (Tabela 28).

Tabela 28: Análise comparativa das alternativas em estudo, em Albergaria-a-Velha

	Tempo de retorno do investimento (em anos)	Poupança total (€)	Redução das emissões de GEE (tCO2)
Bomba de calor	2,3	295 095,00 €	47,1
Painéis fotovoltaicos	7,5	192 703,00 €	52,7
Painéis solares térmicos	3,5	179 590,00 €	37,8
Caldeira a biomassa	3,4	267 760,00 €	70,9
Caldeira a gás natural	1,0	250 195,00 €	32,4

Pela análise da tabela, conclui-se que todas as alternativas iriam representar uma melhoria na empresa. No entanto, de acordo com o decreto-lei 68A-2015, é excluída a alternativa dos painéis fotovoltaicos por apresentar um TRI superior a 4 anos. Nos parâmetros da poupança total e das emissões de GEE as alternativas estão equiparadas. Mas, no tempo de retorno a caldeira a gás natural destaca-se de todas as outras. Este resultado pode ser justificado pelo baixo custo inicial deste sistema e o baixo custo de operação, quando comparado com os restantes. Apesar de não ser uma fonte renovável, o uso do gás natural seria o mais interessante para a empresa a nível económico. Também, a nível ambiental seria benéfico, pois apresentaria uma redução nas emissões anuais de GEE.

Águeda

Para a unidade de Águeda, o estudo foi realizado seguindo a mesma metodologia. No entanto, esta unidade apresenta características diferentes em termos energéticos, pois a quantidade de calor necessário no processo de galvanoplastia é maior. Após a realização das simulações e de ter os resultados para cada alternativa, foi feita a comparação entre elas, como se mostra na Tabela 29.

Tabela 29: Análise comparativa das alternativas em estudo, em Águeda

	Tempo de retorno do investimento (em anos)	Poupança total (€)	Redução das emissões de GEE (tCO2)
Bomba de calor	2,4	357 165,00 €	55,3
Painéis fotovoltaicos	7,5	192 709,00 €	52,7
Painéis solares térmicos	3,3	222 266,00 €	45,6
Caldeira a biomassa	2,8	342 069,00 €	74,0
Caldeira a gás natural	0,9	278 668,00 €	45,0

À semelhança do que acontece na unidade de Albergaria-a-Velha, todas as alternativas estudadas apresentariam benefícios à empresa. Em termos de poupança total e nas emissões de GEE as melhorias seriam idênticas entre as alternativas, no entanto, no retorno financeiro o uso da caldeira

a gás natural apresenta um período mais curto que todas as outras. É possível concluir, que o uso da caldeira a gás natural seria o sistema mais benéfico para a unidade de Águeda, tanto a nível económico como ambiental. Ou seja, este investimento no espaço de um ano estaria pago e as emissões de GEE iriam sofrer uma redução ao utilizar o gás natural.

O gás natural não é uma fonte renovável, no entanto os custos associados continuam a tornar esta fonte mais benéfica a nível económico, quando comparada aos sistemas renováveis.

4.1.2. Iluminação

A iluminação também foi objeto de estudo para ambas as unidades de produção, visto que ainda apresenta o peso de 5% no consumo total energético. Para este estudo, foi realizado um levantamento de todas as luminárias, o tipo de tecnologia que se estava a utilizar e o tempo que estão ligadas. Como apoio a este estudo, foi utilizado o relatório de iluminância do ano de 2020 de cada fábrica, realizado por uma empresa externa.

Albergaria-a-Velha

Na unidade de Albergaria-a-Velha, o estudo foi realizado de forma individual para cada pavilhão. Visto que, em todos os pavilhões a necessidade de iluminação varia devido aos processos que neles se realizam, o estudo foi realizado de forma a encontrar as oportunidades de melhoria em cada pavilhão. Atualmente, a iluminação representa 5% do consumo total nesta unidade de produção. Na Tabela 30, estão representados o consumo e o custo anual relativos à iluminação, por lote e no total, na unidade de Albergaria-a-Velha.

Tabela 30: Consumo para iluminação, em Albergaria-a-Velha

	Consumo (MWh/ano)	Custo anual (€)
Lote 43	18,0	2 462,96 €
Lote 44	17,1	2 339,54 €
Lote 46	22,9	3 141,81 €
	57,9	7 944,31 €

Pela análise da tabela, verifica-se o consumo anual para iluminação, sendo o lote 46 o que apresenta maior consumo. Isto poderá ser justificado pelo tamanho da área do setor do polimento e pelo seu funcionamento ser por 2 turnos, apresentando 16 horas de laboração. O consumo anual dos três pavilhões é 57,9 MWh, o que representa um custo anual à empresa de 7944,31€ por ano.

No lote 43, a tecnologia utilizada são as lâmpadas LED em todos os setores e o desenvolvimento do estudo permitiu obter o seguinte gráfico (Figura 93), que representa os processos que mais consomem eletricidade para iluminação neste lote.

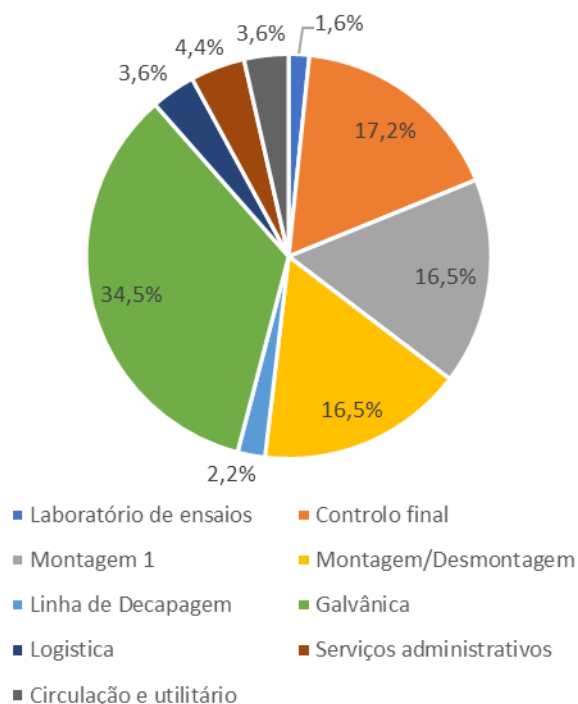


Figura 93: Gráfico do consumo para iluminação por setor no lote 43, em Albergaria-a-Velha

Pela análise do gráfico, verifica-se que o setor da galvânica é responsável por mais de um terço da iluminação neste pavilhão. Neste setor, encontram-se as zonas dos banhos, o laboratório de preparação dos banhos, a zona da montagem das suspensões e a zona da desmontagem. Tendo em conta que em todas estas zonas a tecnologia utilizada é a mesma e o tempo de funcionamento das lâmpadas são as horas de trabalho, foi necessário avaliar a iluminância dos espaços para perceber se havia excesso de iluminação nestas zonas. Foi determinada como zona mais crítica a zona da montagem das suspensões, apresentando valores de iluminância muito elevados, como se mostra na Tabela 31.

Tabela 31: Valores de iluminância no setor da montagem, em Albergaria-a-Velha

Zona	Posto de trabalho	Ponto	Nível Iluminância (Lx)	Nível Médio Iluminância (Lx)	Valores ideais por atividade (Lx)	Valor mínimo (Lx)	Conformidade
Produção	Galvânica – Montagem de suspensões 2	P46	968	1487	500	300	Conforme
			1452				
			2042				
Produção	Galvânica – Montagem de suspensões 2	P47	1016	1428	500	300	Conforme
			2052				
			1216				
Produção	Galvânica – Montagem de suspensões 2	P48	1624	1595	500	300	Conforme
			1406				
			1755				
Produção	Galvânica – Montagem de suspensões 2	P49	2091	2935	500	300	Conforme
			5010				
			1705				

Os valores da iluminância encontram-se conformes, no entanto, verifica-se que os valores são muito superiores aos valores ideais para a atividade em questão. Logo, a optimização dos valores da iluminância neste setor apresentaria uma melhoria a nível económico para a empresa.

No lote 44, a tecnologia das lâmpadas é LED e foi desenvolvido o mesmo estudo para este pavilhão. No entanto, é de realçar que o setor da vibração é o único setor que opera 24 horas por dia. O consumo de eletricidade para iluminação encontra-se representado no gráfico da Figura 94.

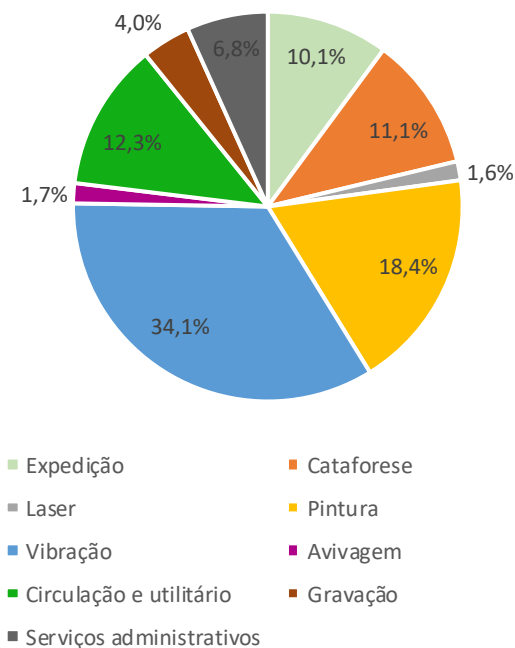


Figura 94: Gráfico do consumo para iluminação por setor no lote 44, em Albergaria-a-Velha

Analisando o gráfico verifica-se que o setor que mais consome é a vibração, mas a circulação e utilitários também apresenta um consumo significativo neste pavilhão. A utilização de sensores de movimento nestas zonas seria uma boa alternativa para reduzir o consumo, visto que são zonas de utilização temporária.

Como já era de esperar, o setor que mais consome eletricidade para iluminação é a vibração, pelo facto de operar 24 horas por dia. Logo, é importante ver o nível de iluminância que se encontra neste local para verificar a eficiência da mesma. A tecnologia das lâmpadas é a mesma e o tempo de funcionamento também não poderá ser alterado. Na Tabela 32, estão representados os valores da iluminância para este setor.

Tabela 32: Valores de iluminância no setor da vibração, em Albergaria-a-Velha

Zona	Posto de trabalho	Ponto	Nível Iluminância (Lx)	Nível Médio Iluminância (Lx)	Valores ideais por atividade (Lx)	Valor mínimo (Lx)	Conformidade
Produção	Vibração - Pequena	P31	741	716	500	300	Conforme
			696				
			711				
Produção	Vibração - Pequena Bancada de controlo de qualidade	P32	648	698	750	500	Conforme
			703				
			743				
Produção	Gabinete de Manutenção	P33	165	191	500	300	Não Conforme
			209				
			198				
Produção	Vibração grande	P34	740	870	500	300	Conforme
			1082				
			789				
Produção	Vibração - grande Bancada de controlo de qualidade	P35	848	1249	750	500	Conforme
			1385				
			1515				

Analisando o gráfico, verifica-se que nalgumas zonas deste setor é possível diminuir os valores da iluminância, pois encontram-se acima dos valores ideais. Com isto, seria possível obter alguma poupança energética e económica para a empresa.

No lote 46, o estudo realizado foi o mesmo, com o objetivo de perceber onde estava a ser consumida mais energia para iluminação. A tecnologia utilizada para a iluminação são as lâmpadas LED e, relativamente ao tempo, a zona de polimento opera 16 horas por dia e a montagem 9 horas por dia. O consumo elétrico para a iluminação por setor encontra-se representado no gráfico da Figura 95.

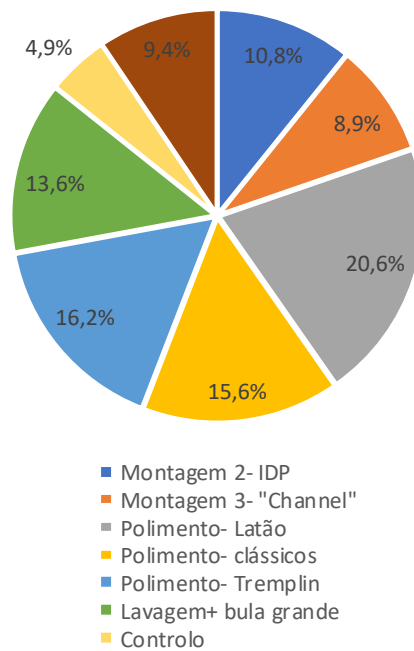


Figura 95: Gráfico do consumo para iluminação por setor no lote 46, em Albergaria-a-Velha

Pela análise do gráfico, verifica-se que as três linhas de polimento existentes são os três setores mais consumidores do pavilhão, representando mais de 50% do consumo total. As zonas de circulação e utilitários também apresentam um consumo considerável, pelo que a instalação de sensores de movimento nestes espaços, conduziriam uma poupança à empresa.

Relativamente às linhas de polimento, a nível de tecnologia já se está a usar a mais avançada e no tempo de funcionamento também não se pode alterar, é, então, importante averiguar se a intensidade da luz que está a ser utilizada nestes espaços é ideal ou se está em excesso. Na Tabela 33, estão os valores da iluminância medidos na zona de polimento da linha de latão, sendo esta a mais consumidora.

Tabela 33: Valores de iluminância no setor do polimento, em Albergaria-a-Velha

Zona	Posto de trabalho	Ponto	Nível Iluminância (Lx)	Nível Médio Iluminância (Lx)	Valores ideais por atividade (Lx)	Valor mínimo (Lx)	Conformidade
Produção	Polimento – Linha Latão Polidor Manual	P31	1200	1093	500	300	Conforme
			1240				
			840				
Produção	Polimento – Linha Latão Lixadoras	P32	550	824	500	300	Conforme
			1018				
			904				
Produção	Polimento – Linha Latão Linha 3	P33	1200	1051	500	300	Conforme
			575				
			1377				
Produção	Polimento – Linha Latão Posto de Controlo	P34	1151	2880	750	500	Conforme
			5350				
			2140				
Produção	Polimento – Linha Latão Linha 4	P35	1064	966	500	300	Conforme
			686				
			1148				

Tal como acontece nos lotes mencionados anteriormente, e através da análise do relatório de iluminância, também no setor do polimento a intensidade da iluminação está acima dos valores ideais. Posto isto, se a empresa otimizar a iluminação nestes setores onde a iluminação é mais do que o necessário, poderá obter uma poupança no consumo e nos custos.

Após o estudo realizado à iluminação da unidade de Albergaria-a-Velha, determinou-se como medidas importantes a redução da potência das lâmpadas em zonas que os valores de iluminância estejam muito acima dos ideais, a utilização da iluminação natural sempre que possível com o objetivo de diminuir o tempo que as luzes estão ligadas e a implementação de sensores de movimento nas zonas de circulação e utilitários diminuindo o tempo que as luzes estão ligadas nestas zonas menos frequentes.

Águeda

Para a unidade de Águeda, o estudo da iluminação foi mais facilitado, dado a existência de um único pavilhão. A metodologia utilizada foi a mesma, fazer o levantamento das lâmpadas utilizadas e as horas de funcionamento. O objetivo é calcular o seu consumo e perceber onde haverá excesso de consumo e possíveis oportunidades de melhoria. Na unidade de Águeda, a eletricidade consumida para iluminação representa 5% do consumo total da fábrica.

Na Tabela 34, estão representados o consumo anual de eletricidade para iluminação e o respetivo custo anual.

Tabela 34: Consumo para iluminação, em Águeda

	Consumo (MWh/ano)	Custo anual (€)
Unidade de Águeda	36,6	5 016,39 €

O consumo anual de eletricidade para a iluminação do pavilhão de Águeda é de 36,6 MWh, o que representa um custo de 5016,39€ por ano. Para perceber os setores mais críticos, foi feito o seguinte gráfico (Figura 96) que mostra o consumo para a iluminação de cada setor.

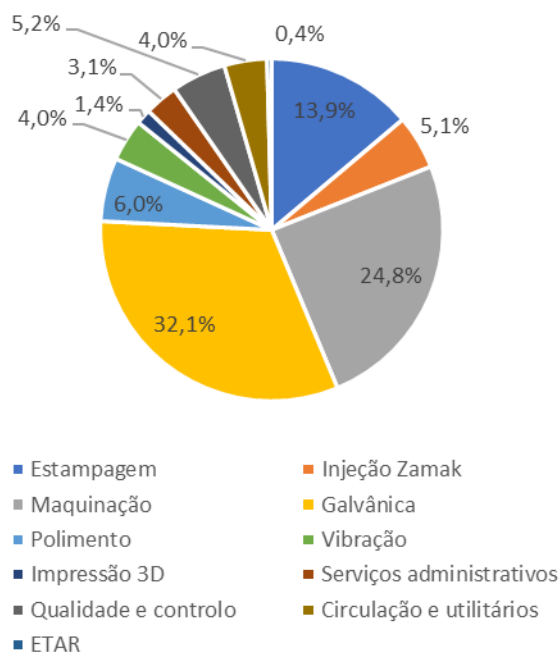


Figura 96: Gráfico do consumo para iluminação por setor, em Águeda

Pela da análise do gráfico, verifica-se que os setores mais consumidores de eletricidade para iluminação do pavilhão de Águeda, são a galvânica, a maquinação e a estampagem. A galvânica é o setor mais consumidor, devido ao seu período de funcionamento ser de 16 horas e a área a iluminar é a maior da fábrica. Logo de seguida, é o setor da maquinação que apresenta um consumo elevado, devido ao seu período de funcionamento ser de 24 horas.

Identificados os setores que mais consomem nesta unidade, é preciso verificar se o consumo é feito de forma eficiente e onde se pode melhorar. Em relação ao tempo de funcionamento, este não pode ser alterado e a tecnologia que está a ser utilizada é a tecnologia LED, a mais eficiente do mercado. Logo, terá de ser analisado no relatório da iluminância se a iluminação está muito acima do ideal ou se já está otimizada. Na Tabela 35, estão os valores da iluminância para o setor da galvânica.

Tabela 35: Valores de iluminância no setor da galvanização, em Águeda

Zona	Posto de trabalho	Ponto	Nível Iluminância (Lx)	Nível Médio Iluminância (Lx)	Valores ideais por atividade (Lx)	Valor mínimo (Lx)	Conformidade
Produção	Gabinete da qualidade	P16	1053	1080	500	300	Conforme
			1064				
			1122				
Produção	Galvânica – Bancada	P17	1440	1819	500	300	Conforme
			1477				
			2540				
Produção	Galvânica – Banhos	P18	1850	1445	500	300	Conforme
			1387				
			1097				

De acordo com os valores da tabela presente no relatório da iluminância, é possível concluir que a iluminância no setor da galvanização está acima dos níveis considerados ideais para as tarefas lá executadas. Logo, ao reduzir a intensidade das lâmpadas até atingir os valores ideais podia apresentar uma redução de consumo e, conseqüentemente, um aumento na poupança.

O setor da maquinação também é relevante em termos de iluminação, apresentando 25% do consumo total para iluminação. Logo seria importante analisar o nível de iluminância neste espaço, de forma a obter possíveis melhorias. Na seguinte tabela (Tabela 36), estão os valores presentes no relatório de iluminância no setor da maquinação.

Tabela 36: Valores de iluminância no setor da maquinação, em Águeda

Zona	Posto de trabalho	Ponto	Nível Iluminância (Lx)	Nível Médio Iluminância (Lx)	Valores ideais por atividade (Lx)	Valor mínimo (Lx)	Conformidade
Produção	CNC's N.º 10 e 11	P36	1950	1778	300	200	Conforme
			1823				
			1562				
Produção	CNC's N.º 16 e 15	P37	2060	1954	300	200	Conforme
			1773				
			2028				
Produção	CNC's N.º 17 e 21	P38	926	1068	300	200	Conforme
			1279				
			1000				
Produção	CNC's N.º 6	P39	2670	2403	300	200	Conforme
			2540				
			2000				
Produção	CNC's N.º 18	P40	2490	2270	300	200	Conforme
			2180				
			2140				

Nesta tabela, estão apresentados os valores da iluminância para a zona onde se encontram algumas máquinas. No entanto, pode ser usado como amostra, visto que os valores da iluminância para os outros postos são próximos destes. Com isto, é possível concluir que os valores da iluminância se encontram acima dos valores ideais neste espaço.

Tendo em conta este estudo que foi desenvolvido para a iluminação, é possível concluir que para obter uma poupança a nível de iluminação teriam de ser ajustadas as potências das lâmpadas que estão a ser utilizadas. Relativamente à iluminação natural, nesta unidade não há possibilidade de obter melhor aproveitamento devido à forma como esta foi construída. Também, as tecnologias de

iluminação que estão a ser usadas são as mais eficientes do mercado. No entanto, poderiam ser instalados sensores de movimento nos corredores de circulação e em zonas que não sejam de uso frequente, com o objetivo de reduzir o tempo de uso.

4.2. Incentivos atuais

Nos últimos anos tem sido cada vez mais frequente a criação de mecanismos de incentivo e financiamentos, que visam promover a eficiência energética a nível industrial. Neste contexto, destacam-se dois programas, sendo eles o Fundo de Eficiência Energética (FEE) e o Fundo de Apoio à Inovação (FAI).

4.2.1. Fundo de Eficiência Energética (FEE)

Este fundo surgiu através do Decreto-Lei n.º 50/2010, tendo como principal objetivo o financiamento de todos os programas e medidas previstas pelo Plano de Ação Nacional para a Eficiência Energética (PNAEE). O FEE promove o apoio a projetos tecnológicos nas áreas dos transportes, residencial e serviços, indústria e sector público. Também, apoia em ações de eficiência energética nas áreas dos comportamentos, fiscalidade, incentivos e financiamentos (PNAEE, 2021).



Figura 97: Logótipo do Fundo de Eficiência Energética (FEE)

4.2.2. Fundo de Apoio à Inovação (FAI)

O FAI foi criado e instituído junto da Agência para a Energia (ADENE) pelo Despacho n.º 32276-A/2008, posteriormente alterado pelo Despacho 5727/2013. Este fundo, visa apoiar projetos de inovação e desenvolvimento tecnológico, projetos de demonstração tecnológica nas áreas das energias renováveis e da eficiência energética e projetos de investimento em eficiência energética, promovendo a ligação entre empresas portuguesas e o sistema científico e tecnológico nacional. O FAI é um fundo de apoio à realização dos objetivos da estratégia de energia em Portugal (Fundo de Apoio à Inovação, n.d.).



Figura 98: Logótipo do Fundo de Apoio à Inovação (FAI)

5. Conclusão

Em jeito de conclusão, o estudo consistiu no estudo energético a duas unidades de produção, situadas em Águeda e Albergaria-a-Velha. Estas unidades não são abrangidas pelo Decreto-Lei 71/2008, pois apresentam o consumo anual abaixo do limite decretado, 500 tep/ano. Na unidade de Albergaria-a-Velha, a eletricidade é o único vetor energético, apresentando o consumo anual de 268 tep/ano. Na unidade de Águeda, verifica-se o uso de eletricidade e gás propano, consumindo 179 tep/ano. No entanto, o Decreto-Lei 68-A/2015, refere a obrigatoriedade de a empresa realizar auditorias energéticas de pelo menos 4 em 4 anos. O objetivo deste trabalho, foi traçar o perfil energético das duas unidades, ou seja, determinar os consumos energéticos nos diferentes setores e processos, em ambas as unidades. Foi definido como foco principal do estudo, o aquecimento dos banhos galvânicos, atualmente feito por resistências elétricas de imersão.

Foram estudadas várias alternativas para o aquecimento dos banhos, com o objetivo de reduzir o consumo energético anual e produzir uma poupança económica à empresa. As alternativas escolhidas são de origem renovável (bomba de calor, painéis solares fotovoltaicos, painéis solares térmicos e caldeira a biomassa) e não renovável (caldeira a gás natural). As simulações foram feitas no RetScreen e obteve-se uma melhoria económica em todas, para produzir a mesma quantidade de calor. Após a comparação de todas as alternativas, conclui-se que o sistema mais vantajoso para as duas unidades, é a caldeira a gás natural, embora seja um sistema não renovável. Os critérios analisados que determinaram a escolha deste sistema ao invés dos restantes foram, a rapidez com que se atinge o retorno financeiro, a poupança total obtida durante o funcionamento do sistema e a redução das emissões de gases com efeito de estufa.

A implementação da caldeira a gás natural seria a alternativa mais rentável em ambas as fábricas, sendo que para a unidade de Albergaria-a-Velha representaria o custo inicial de 9849€, sendo o retorno financeiro atingido ao fim de um ano de funcionamento e a poupança gerada em 20 anos seria de 250195€. Para a unidade de Águeda, o investimento inicial seria de 10436€, atingindo o retorno financeiro em menos de um ano (0,9 anos) e a poupança total ao fim de 20 anos seria de 278668€.

A iluminação das fábricas também foi estudada, definindo-se o consumo destas por setor. A tecnologia utilizada é a mais eficiente, no entanto, a iluminância em certos setores está muito acima do ideal. A oportunidade de melhoria que se verifica para a iluminação seria a otimização da potência das lâmpadas nos locais que estão acima dos valores ideais de iluminância e a instalação de sensores de movimento nas zonas de circulação e utilitários. Outras medidas que devem ser tomadas são o uso da iluminação natural sempre que possível, garantir a limpeza dos envidraçados e das luminárias e desligar sempre os sistemas de iluminação em espaços que não estejam a ser frequentados.

6. Trabalhos futuros

Para o futuro era importante estudar novas técnicas de eficiência energética para a empresa, nomeadamente para a produção de calor. O reaproveitamento do calor residual proveniente dos compressores presentes em ambas as fábricas, bem como o calor dos gases de exaustão que são extraídos pelo sistema de extração de gases no setor de galvanoplastia. Este calor pode ser reutilizado para fazer o pré-aquecimento da água antes de ser aquecida na caldeira. Se este sistema fosse de implementação viável e se fosse um bom complemento à caldeira, seria uma medida interessante para a empresa.

7. Bibliografia

- ADENE. (2019). Manual de Auditorias Energéticas na Industria. Retrieved October 19, 2021, from https://sgcie.pt/files/adene2019/Adene_jul2019.html#p=1
- Agência Europeia do Ambiente. (n.d.). Sobre energia. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy/about-energy>
- Ahmad, T., & Zhang, D. (2021). Renewable energy integration/techno-economic feasibility analysis, cost/benefit impact on islanded and grid-connected operations: A case study. *Renewable Energy*, 180, 83–108. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.08.041>
- Ahmed, S. D., Al-Ismaïl, F. S. M., Shafiullah, M., Al-Sulaiman, F. A., & El-Amin, I. M. (2020). Grid Integration Challenges of Wind Energy: A Review. *IEEE Access*, 8(type 1), 10857–10878. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2964896>
- Aire Serv. (2016). Gas Heater vs. Electric Heater: Pros and Cons. Retrieved from <https://www.aire.serv.com/about/blog/2016/november/gas-heater-vs-electric-heater-pros-and-cons/>
- Ajmi, A. N., & Inglesi-Lotz, R. (2020). Biomass energy consumption and economic growth nexus in OECD countries: A panel analysis. *Renewable Energy*, 162, 1649–1654. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.002>
- APREN. (n.d.-a). Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental. Retrieved from <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- APREN. (n.d.-b). Energias renováveis: O que são? Retrieved from O que são website: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/o-que-sao>
- Associação Portuguesa de Empresas de Gás Natural (AGN). (n.d.). O que é o Gás Natural. Retrieved from <https://agnatural.pt/gas-natural/>
- Bagherian, M. A., & Mehranzamir, K. (2020). A comprehensive review on renewable energy integration for combined heat and power production. *Energy Conversion and Management*, 224(May), 113454. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113454>
- Bórawski, P., Beldycka-Bórawska, A., Jankowski, K. J., Dubis, B., & Dunn, J. W. (2020). Development of wind energy market in the European Union. *Renewable Energy*, 161, 691–700. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.081>
- Builder & Engineer. (n.d.). Immersion Heaters: Advantages, Disadvantages & Costs. Retrieved from <https://builderandengineer.co.uk/heating-plumbing/immersion-heaters/>
- CLEVER ENERGY BOILERS. (n.d.). How Does an Immersion Heater Work and Cost? Retrieved from <https://www.cleverenergyboilers.co.uk/clever-boilers/immersion-heater/>
- Comissão Europeia. (2018). Diretiva (UE) 2018/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 11 de dezembro de 2018 relativa à eficiência energética. *Jornal Oficial Da União Europeia*, 2018, 210–230. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2002&from=EN>
- Croutzet, A., & Dabbous, A. (2021). Do FinTech trigger renewable energy use? Evidence from OECD countries. *Renewable Energy*, 179, 1608–1617. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.144>
- Decreto-Lei nº 162/2019. (2019). Decreto-Lei nº 162/2019. *Diário Da República*, 1.ª Série N.º, (N.º 206), 45–62.
- DGEG. (n.d.-a). Energias Renováveis e Sustentabilidade. Retrieved from Biomassa website: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/biomassa/>
- DGEG. (n.d.-b). Energias Renováveis e Sustentabilidade. Retrieved from Energia Geotérmica website: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/energia-geotermica/>
- Diário da Republica. (2008). Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril. *Act.Gov.Pt*, 2222–2226. Retrieved from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/Itens/Noticias/Documents/Aviso_21616.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/Itens/Noticias/Documents/Aviso_21616.pdf)

- energy saving trust. (n.d.). Solar panels. Retrieved from <https://energysavingtrust.org.uk/advice/solar-panels/>
- ERSE. (2021). Regulamento Autoconsumo 2021. *Diário Da República*, (Anexo I).
- Fais, B., Sabio, N., & Strachan, N. (2016). The critical role of the industrial sector in reaching long-term emission reduction, energy efficiency and renewable targets. *Applied Energy*, *162*, 699–712. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.112>
- fq.pt. (2021). Efeito Joule. Retrieved from <https://www.fq.pt/eletricidade/efeito-joule>
- Fundo de Apoio à Inovação. (n.d.). Sobre Nós / O FAI. Retrieved from <https://www.fai.pt/fai>
- Geologia, D.-G. de E. e. (2008). Despacho nº17313, 2ªSérie - n.122. *Diário Da República*, 27912–27913.
- George, R. (2019). 4. Materials and Fuel. *A Leader and a Laggard*, 58–60. <https://doi.org/10.3138/9781487595753-006>
- GREENMATCH. (n.d.). Advantages and Disadvantages of Biomass Boilers. Retrieved from <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/10/advantages-and-disadvantages-of-biomass-boilers>
- Harjanne, A., & Korhonen, J. M. (2019). Abandoning the concept of renewable energy. *Energy Policy*, *127*(September 2018), 330–340. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.029>
- HVAC Investigators. (n.d.). BOILER CLAIMS 101: THE BASICS OF A RESIDENTIAL BOILER. Retrieved from <https://www.hvacinvestigators.com/webinars/boiler-claims-101-the-basics-of-a-residential-boiler/>
- inegi. (n.d.). Energia térmica solar na Indústria. Retrieved from <http://www.inegi.pt/pt/noticias/energia-termica-solar-na-industria/>
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *82*(September 2016), 894–900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
- Komusanac, I., Brindley, G., & Fraile, D. (2020). *Wind energy in Europe in 2019*. 24. Retrieved from <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2019.pdf>
- Li, R., & Leung, G. C. K. (2021). The relationship between energy prices, economic growth and renewable energy consumption: Evidence from Europe. *Energy Reports*, *7*, 1712–1719. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.03.030>
- Lund, J. W., & Toth, A. N. (2021). Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review. *Geothermics*, *90*(July 2020), 101915. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.101915>
- macolis. (n.d.-a). Bombas de calor (aeroterminia). Retrieved from <https://www.macolis.pt/pt/detalhe-solucao/-35>
- macolis. (n.d.-b). Caldeiras a biomassa industrial. Retrieved from <https://www.macolis.pt/pt/detalhe-solucao/-88>
- Manzano-Agugliaro, F., Taher, M., Zapata-Sierra, A., Juaidi, A., & Montoya, F. G. (2017). An overview of research and energy evolution for small hydropower in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *75*(October 2016), 476–489. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.013>
- Marks-Bielska, R., Bielski, S., Pik, K., & Kurowska, K. (2020). The importance of renewable energy sources in Poland's energy mix. *Energies*, *13*(18), 1–23. <https://doi.org/10.3390/en13184624>
- Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Pereira, D. A. (2018). Have fossil fuels been substituted by renewables? An empirical assessment for 10 European countries. *Energy Policy*, *116*(February), 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.02.021>
- Mekhilef, S., Saidur, R., & Safari, A. (2011). A review on solar energy use in industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(4), 1777–1790. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.018>
- Ministério do Ambiente, O. do T. e E. (2015). Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de Abril. *Diário Da República*, *1*(84), 2–52. Retrieved from <https://dre.pt/application/file/67123417>
- OMEGA. (n.d.). Electric Immersion Heaters. Retrieved from

- <https://www.omega.co.uk/prodinfo/immersion-heaters.html>
- Ortega-Izquierdo, M., & Río, P. del. (2020). An analysis of the socioeconomic and environmental benefits of wind energy deployment in Europe. *Renewable Energy*, *160*, 1067–1080. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.133>
- Østergaard, P. A., Duic, N., Noorollahi, Y., Mikulcic, H., & Kalogirou, S. (2020). Sustainable development using renewable energy technology. *Renewable Energy*, *146*, 2430–2437. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.094>
- PNAEE. (2021). Sobre o FEE. Retrieved from <https://www.pnaee.pt/fee/>
- PNEC 2030. (2019). Plano Nacional Energia E. *Plano Nacional Energia E Clima 2021-2030 (Pnec 2030)*, *2030(Pnec 2030)*, 1–200. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt_final_necp_main_pt.pdf
- PORDATA. (n.d.). Consumo de energia eléctrica: total e por tipo de consumo. Retrieved from <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+eléctrica+total+e+por+tipo+de+consumo-1124>
- Poupa Energia. (n.d.). AUTOCONSUMO. Retrieved from <https://poupaenergia.pt/autoconsumo/#1589188825366-9b661541-1113>
- Ravi Kumar, K., Krishna Chaitanya, N. V. V., & Sendhil Kumar, N. (2021). Solar thermal energy technologies and its applications for process heating and power generation – A review. *Journal of Cleaner Production*, *282*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125296>
- Reis, P. (2010). Vantagens e desvantagens da Energia das ondas e marés. Retrieved from <https://www.portal-energia.com/energia-ondas-e-mares-vantagens-e-desvantagens/>
- Reis, P. (2019). Energia hídrica vantagens e desvantagens. Retrieved from <https://www.portal-energia.com/energia-hidrica-vantagens-e-desvantagens/>
- Reis, P. (2020). O que é a energia da Biomassa? Tudo sobre Biomassa. Retrieved from <https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>
- skills Training Group. (n.d.). How Do Immersion Heaters Work? Retrieved from <https://www.skillstg.co.uk/blog/how-do-immersion-heaters-work/>
- Taibi, E., Gielen, D., & Bazilian, M. (2012). The potential for renewable energy in industrial applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(1), 735–744. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.039>
- Treco GreenHeat. (2014). What is biomass heating? Retrieved from <https://www.treco.co.uk/news/article/what-is-biomass-heating>
- Tri City Heating and Cooling. (2018). The Pros and Cons of a Gas Boiler. Retrieved from <https://www.tricityappliance.com/blog/2018/october/the-pros-and-cons-of-a-gas-boiler/>
- U.S. Environmental Protection Agency. (n.d.). Overview of Greenhouse Gases. Retrieved from <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Uihlein, A., & Magagna, D. (2016). Wave and tidal current energy - A review of the current state of research beyond technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *58*, 1070–1081. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.284>
- Vekony, A. T. (2021). Heat Pumps: 7 Advantages and Disadvantages. Retrieved from <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/08/heat-pumps-7-advantages-and-disadvantages>
- Wang, Z., Bui, Q., Zhang, B., & Pham, T. L. H. (2020). Biomass energy production and its impacts on the ecological footprint: An investigation of the G7 countries. *Science of the Total Environment*, *743*, 140741. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140741>

8. ANEXO A: Preços de referência dos sistemas estudados, baseados no gerador de preços

Bomba de calor			
Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
Bomba de calor ar-água, para aquecimento e arrefecimento, potência frigorífica nominal de 118,5 kW (temperatura de entrada do ar: 35°C; temperatura de saída da água: 7°C, salto térmico: 5°C), potência calorífica nominal de 130,1 kW (temperatura húmida de entrada do ar: 6°C; temperatura de saída da água: 45°C), com grupo hidráulico (vaso de expansão de 35 l, pressão nominal disponível de 133,4 kPa) e depósito de inércia de 275 l, caudal de água nominal de 20,4 m³/h, caudal de ar nominal de 37000 m³/h e potência sonora de 92,2 dBA; com interruptor de caudal, filtro, termomanómetros, válvula de segurança regulada a 4 bar e purgador automático de ar.	1,000	29 239,70 €	29 239,70 €
União anti-vibração, de borracha, com rosca de 2 1/2", para uma pressão máxima de funcionamento de 10 bar.	2,000	36,08 €	72,16 €
Válvula de esfera de latão niquelado para enroscar de 1".	2,000	9,81 €	19,62 €
Oficial de 1º instalador de ar condicionado.	20,000	19,73 €	394,60 €
Ajudante de instalador de ar condicionado.	20,000	18,70 €	374,00 €
Custos directos complementares	2,000	30 100,10 €	602,00 €
Custo de manutenção decenal: 19.649,33€ nos primeiros 10 anos.		Total:	30 702,10 €

Painéis fotovoltaicos			
Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
Bomba de calor ar-água, para aquecimento e arrefecimento, potência frigorífica nominal de 118,5 kW (temperatura de entrada do ar: 35°C; temperatura de saída da água: 7°C, salto térmico: 5°C), potência calorífica nominal de 130,1 kW (temperatura húmida de entrada do ar: 6°C; temperatura de saída da água: 45°C), com grupo hidráulico (vaso de expansão de 35 l, pressão nominal disponível de 146,2 kPa), caudal de água nominal de 20,4 m³/h, caudal de ar nominal de 37000 m³/h e potência sonora de 92,2 dBA; com interruptor de caudal, válvula de segurança regulada a 4 bar e purgador automático de ar.	1,000	26 588,10 €	26 588,10 €
Filtro de retenção de resíduos de latão, com peneiro de aço inoxidável com perfurações de 0,5 mm de diâmetro, com rosca de 2 1/2", para uma pressão máxima de funcionamento de 16 bar e uma temperatura máxima de 110°C.	1,000	56,21 €	56,21 €
União anti-vibração, de borracha, com rosca de 2 1/2", para uma pressão máxima de funcionamento de 10 bar.	2,000	36,08 €	72,16 €
Manómetro com banho de glicerina e diâmetro de esfera de 100 mm, com tomada vertical, para montagem roscado de 1/2", escala de pressão de 0 a 5 bar.	2,000	11,00 €	22,00 €
Termómetro bimetalico, diâmetro de esfera de 100 mm, com tomada vertical, com bainha de 1/2", escala de temperatura de 0 a 120°C.	2,000	21,00 €	42,00 €
Válvula de esfera de latão niquelado para enroscar de 1".	2,000	9,81 €	19,62 €
Oficial de 1º instalador de ar condicionado.	20,000	19,73 €	394,60 €
Ajudante de instalador de ar condicionado.	20,000	18,70 €	374,00 €
Custos directos complementares	2,000	27 568,70 €	551,37 €
Custo de manutenção decenal: 17.996,83€ nos primeiros 10 anos.		Total:	28 120,00 €

Painéis solares térmicos			
Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
Colector solar térmico plano, com painel de montagem vertical de 1135x2115x112 mm, superfície útil 2,1 m ² , rendimento óptico 0,75 e coeficiente de perdas primário 3,993 W/m ² K, segundo NP EN 12975-2, composto de: painel de vidro temperado de baixo teor em ferro (solar granulado), de 3,2 mm de espessura e alta transmitância (92%), estrutura traseira em bandeja de polietileno reciclável resistente à intempérie (resina ABS), caixilho de fibra de vidro reforçada com polímeros, absorvedor de cobre com revestimento selectivo de cromo preto de alto rendimento, grelha de 8 tubos de cobre soldados em ómega sem metal de entrega, isolamento de lã mineral de 60 mm de espessura e uniões mediante mangas flexíveis com abraçadeiras de ajuste rápido.	6,000	391,00	2346,00
Estrutura suporte, para cobertura plana, para colector solar térmico.	6,000	235,00	1410,00
Kit de ligações hidráulicas para colectores solares térmicos, com ligações isoladas, tampões, passa-cabos e racores.	1,000	91,67	91,67
Purgador automático, especial para aplicações de energia solar térmica, equipado com válvula de esfera e câmara de acumulação de vapor.	1,000	72,75	72,75
Válvula de segurança especial para aplicações de energia solar térmica, para uma temperatura máxima de 130°C.	1,000	38,80	38,80
Solução água-glicol para enchimento de colector solar térmico, para uma temperatura de trabalho de -28°C a +200°C.	6,900	4,00	27,60
Válvula de esfera de latão niquelado para enroscar de 1".	2,000	9,81	19,62
Oficial de 1ª instalador de colectores solares.	13,000	19,73	256,49
Ajudante de instalador de colectores solares.	13,000	18,70	243,10
Custos directos complementares	2,000	4506,03	90,12
Custo de manutenção decenal: 3.493,07€ nos primeiros 10 anos.		Total:	4596,15

Caldeira a Biomassa			
Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
Caldeira para a combustão de pellets, potência nominal de 35,9 a 130 kW, com corpo de aço soldado e ensaiado à pressão, de 1818x980x1434 mm, isolamento interior, câmara de combustão com grelha móvel com sistema automático de limpeza através de prateleira basculante, permutador de calor de tubos verticais com mecanismo de limpeza automática, sistema de recolha e extracção de cinzas do módulo de combustão e depósito de cinzas extraível, controlo da combustão através de sonda integrada, sistema de comando integrado com ecrã táctil, para o controlo da combustão, do depósito de A.Q.S., do depósito de inércia e da válvula misturadora para um aquecimento rápido do circuito de aquecimento.	1,000	27254,20	27254,20
Motor introdutor trifásico, a 400 V, para depósito intermédio de caldeira Firematic.	1,000	1574,63	1574,63
Base de apoio anti-vibrações, para caldeira.	1,000	165,75	165,75
Limitador térmico de segurança, regulado a 95°C, formado por válvula e sonda de temperatura.	1,000	79,95	79,95
Sistema de elevação da temperatura de retorno acima de 55°C, composto por válvula motorizada de 3 vias de 6/4" de diâmetro e bomba de circulação, para evitar condensações e deposições de fuligem no interior da caldeira.	1,000	2609,10	2609,10
Sistema de extracção de cinzas com transportador helicoidal sem-fim flexível, formado por tubo de 3048 mm de comprimento, de aço inoxidável, com duas curvas, parafuso sem-fim flexível, motor de esvaziamento, pilar e cabeça de transferência da cinza.	1,000	2616,90	2616,90
Gaveta de cinzas de aço galvanizado, de 240 litros, para sistema de extracção de cinzas com transportador helicoidal sem-fim flexível, com abertura pela parte superior.	1,000	944,78	944,78
Ligação anti-vibração para conduta de fumos de 200 mm de diâmetro.	1,000	269,10	269,10
Regulador de tiragem de 200 mm de diâmetro, com clapeta anti-explosão, para caldeira.	1,000	335,40	335,40
Montagem de sistema de extracção de cinzas com transportador helicoidal sem-fim flexível.	1,000	151,13	151,13
Supervisão e direcção do procedimento de samblagem e ligação interna de caldeira de biomassa.	1,000	867,75	867,75
Samblagem e ligação interna de caldeira de biomassa.	1,000	1803,75	1803,75
Colocação em funcionamento e formação no manuseamento de caldeira de biomassa.	1,000	463,13	463,13
Oficial de 1ª instalador de aquecimento.	6,000	19,73	118,38
Ajudante de instalador de aquecimento.	6,000	18,70	112,20
Custos directos complementares	2,000	39366,10	787,32
Custo de manutenção decenal: 18.069,05€ nos primeiros 10 anos.		Total:	40153,47

Caldeira a gás natural			
Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
Caldeira de pé, de condensação, com corpo de fundição de alumínio, grande isolamento térmico e queimador modulante de gás natural, potência útil 120 kW, peso 205 kg, dimensões 600x994x1400 mm, com quadro de regulação, câmara de combustão estanque, construção compacta.	1,0	8 916,38 €	8 916,38 €
Kit de segurança para caldeira, composto por manómetros, válvula de segurança e purgador de ar, para caldeiras com potência nominal compreendida entre 90 e 120 kW.	1,0	103,35 €	103,35 €
Kit de corte hidráulico para caldeira, composto por 2 válvulas de corte, juntas e parafusos, para caldeiras com potência nominal compreendida entre 90 e 120 kW.	1,0	267,15 €	267,15 €
Válvula anti-retorno, DN 50 mm, para instalar no circuito de impulsão, para caldeiras com potência nominal compreendida entre 90 e 120 kW.	1,0	270,08 €	270,08 €
Válvula de segurança, de latão, com rosca de 1/2" de diâmetro, regulada a 3 bar de pressão.	1,0	4,42 €	4,42 €
Purgador automático de ar com bóia e rosca de 1/2" de diâmetro, corpo e tampa de latão, para uma pressão máxima de funcionamento de 6 bar e uma temperatura máxima de 110°C.	2,0	6,92 €	13,84 €
Pirostato de rearme manual.	1,0	70,41 €	70,41 €
Descarga a sumidouro, para a drenagem da válvula de segurança, composto por 1 m de tubo de aço preto de 1/2" e funil descarga, inclusive acessórios e peças especiais.	1,0	15,00 €	15,00 €
Arranque do queimador para gás.	1,0	150,00 €	150,00 €
Material auxiliar para instalações de aquecimento.	1,0	1,68 €	1,68 €
Material auxiliar para instalações de abastecimento de água.	1,0	1,40 €	1,40 €
Oficial de 1ª instalador de aquecimento.	4,1	19,73 €	81,29 €
Ajudante de instalador de aquecimento.	4,1	18,70 €	77,04 €
Custos directos complementares	2,0	9 972,04 €	199,44 €
Custo de manutenção decenal: 9.662,91€ nos primeiros 10 anos.		Total:	10 171,48 €