

DEFINITIVO

isec

Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Auditoria energética a uma empresa do setor alimentar

Autor

João Manuel Freitas Monteiro

Orientador

**Prof. Doutor João Manuel Nogueira Malça de Matos
Ferreira**

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Outubro de 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Auditoria energética a uma empresa do Setor Alimentar

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica
Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos

Autor

João Manuel Freitas Monteiro

Orientador

Prof. Doutor João Manuel Nogueira Malça de Matos Ferreira

Supervisor na empresa INFINIPLUS SOCIEDADE UNIPessoal LDA

Engenheiro Tiago Manuel Ferreira Oliveira

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Infiniplus pela oportunidade de fazer parte desta equipa. Durante os meses que me acolheu, deu-me a conhecer um ambiente empresarial que me permitiu crescer pessoal e profissionalmente.

Gostaria também de agradecer a todos os colaboradores sem exceção, que desde o primeiro dia me receberam com grande simpatia e pela disponibilidade que sempre demonstraram em ajudar-me nas mais diversas situações.

Queria agradecer aos meus orientadores. Ao Eng.º Tiago Oliveira pelos conhecimentos transmitidos e auxílio durante todos os trabalhos realizados e ao Prof. Doutor João Malça pela paciência e disponibilidade prestada, não só durante o estágio e elaboração do relatório, como também ao longo do meu percurso académico no ISEC.

Por último, gostaria de agradecer à minha família, amigos e à minha namorada que sempre me apoiaram não só nesta etapa final, mas ao longo destes últimos cinco anos e em especial aos meus pais e irmãs pelos valores que me inculcaram, por me incentivarem a nunca baixar os braços e por me permitirem, apesar das dificuldades, continuar a estudar e a lutar por um futuro mais promissor.

RESUMO

Este trabalho surgiu no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica – Projeto, Manutenção e Instalação de Sistemas Térmicos, tendo o aluno optado pela realização de um estágio curricular na empresa Infiniplus, com o objetivo geral de aprofundar conhecimentos ao nível da gestão de consumos intensivos de energia no setor industrial. Neste contexto, a componente central do estágio iniciou-se com a realização de uma Auditoria Energética a uma empresa dedicada ao branqueamento, descasque e outros tratamentos de arroz, de forma a determinar oportunidades de melhoria em termos de eficiência energética.

Numa etapa inicial foi feito um levantamento dos consumos da empresa ao longo do ano de 2020, seguindo-se uma desagregação dos vários tipos de energia pelas diferentes secções da fábrica, e quando possível, pelos vários equipamentos. Desta auditoria surgiram duas propostas que visavam a racionalização dos consumos de energia elétrica na empresa. Com um investimento inicial de 15.462,91 € seria possível reduzir cerca de 28,6 tep no consumo de energia e 62,6 toneladas nas emissões carbónicas, o equivalente a uma poupança anual de 12.603,84 €.

Neste relatório, são ainda retratados outros trabalhos desenvolvidos durante o estágio na empresa Infiniplus, nomeadamente assistências técnicas, incluindo manutenção de sistemas térmicos, diversos acompanhamentos de obra e instalação de sistemas fotovoltaicos. Foram ainda desenvolvidas outras tarefas inerentes à atividade da empresa, como por exemplo, orçamentação, gestão de stock e comunicação com clientes e fornecedores.

Palavras-Chave: Eficiência Energética, indústria alimentar, energia elétrica, tep, tCO₂, instalações AVAC, manutenção.

ABSTRACT

This work was developed in the context of the Master of Mechanical Engineering - Design, Maintenance and Thermal Systems Installation, where the student chose to do an internship at the company Infiniplus, with the goal of deepen his understanding in the management of intensive energy consumption in the industrial sector. Therefore, an Energy Audit was performed to a company dedicated to the Bleaching, Husking, and other treatments of rice to determine opportunities for improving energy efficiency.

Thus, a survey of the company's consumption was made throughout the year 2020, followed by a breakdown of the various types of energy by the different sections of the plant, and by the various equipment when possible.

This audit resulted in two proposals aimed at rationalizing the company's electricity consumption. With an initial investment of €15.462,91 it would be possible to reduce energy consumption by 28,6 tep and carbon emissions by 62,6 tons, equivalent to an annual saving of €12.603,84.

Finally, additional work developed during the internship at Infiniplus is described, namely technical assistance including maintenance of thermal systems, several construction monitoring and installation of photovoltaic systems. Other tasks inherent to the company's activity were also developed, such as budgeting, stock management and communication with customers and suppliers.

Keywords: Energetic efficiency, food industry, electric energy, tep, tCO₂, HVAC installation, maintenance.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE QUADROS	vi
ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento e Motivação.....	1
1.2. Contributos do trabalho	1
1.3. A empresa Infiniplus.....	1
1.4. Estrutura do relatório de estágio	3
2. ENQUADRAMENTO	4
2.1. A Indústria Alimentar na Europa e em Portugal	5
2.2. A Indústria do arroz em Portugal.....	7
2.3. Enquadramento legislativo	9
3. AUDITORIA ENERGÉTICA	11
3.1. Descrição Técnica	11
3.1.1 Receção do arroz.....	12
3.1.2 Descasque.....	12
3.1.3 Branqueamento.....	13
3.1.4 Polimento	13
3.1.5 Separação da trinca	14
3.1.6 Separação por cor	14
3.1.7 Armazenamento e embalamento.....	15
3.2. Análise Energética	16
3.2.1. Caraterização energética da instalação	16
3.2.2. Repartição dos consumos de energia e respetivo custo.....	20
3.2.3. Indicadores energéticos.....	22
3.2.4. Indicadores energéticos e custos específicos por fonte de energia	24
3.2.5. Desenvolvimento dos indicadores de consumo e produção.....	25
3.3. Oportunidades de melhoria.....	27
3.3.1. Redução das fugas de ar comprimido.....	27
3.3.2. Substituição da iluminação	32
3.3.3. Custo da iluminação	34

3.3.4.	Solução Proposta	35
4.	Outras atividades desenvolvidas	36
4.1.	Instalações AVAC	36
4.2.	Orçamentação	44
4.3.	Manutenção de Equipamentos AVAC e AQS.....	44
4.3.1.	Manutenção a sistemas solares térmicos.....	44
4.3.2.	Manutenção de ventiladores	45
4.3.3.	Limpeza de filtros e baterias.....	45
4.3.4.	Substituição do atuador em uma UTA	46
4.3.5.	Substituição de componentes hidráulicos	47
4.3.6.	Instalação de sistemas de ar condicionado.....	47
4.3.7.	Instalação de sistemas fotovoltaicos.....	48
5.	CONCLUSÃO.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Logótipo Infiniplus	2
Figura 2 - Futuras instalações da Infiniplus.....	3
Figura 3 - (a) Distribuição das empresas do setor da alimentação em Portugal por tipo de produto em 2019. (b) Volume de negócios por tipo de produto em 2019(MEESI, 2021).	5
Figura 4 - Distribuição das empresas do setor da alimentação e bebidas pelo território nacional em 2019(MEESI, 2021).	6
Figura 5 - Evolução do consumo total de energia final por tipo de fonte energética nos setores de alimentação e bebidas em Portuga (DGEG, 2020)	6
Figura 6 - Fluxograma geral da empresa auditada	11
Figura 7 – (a) descascador de arroz (SATAKE, 2022a) b) separador paddy (FOTMA, 2022)	12
Figura 8 – Branqueador de arroz (Buhler, 2022a).....	13
Figura 9 Polimento (SCHULE, 2022)	13
Figura 10 - “Planchister” para separação da trinca do arroz (SATAKE, 2022b).....	14
Figura 11 - Classificador ótico para separação de contaminantes presentes no arroz (Buhler, 2022b).....	15
Figura 12 – Embaladora de arroz (JVC, 2022).....	15
Figura 13 - Analisador de energia	20
Figura 14 – Medições no quadro elétrico	21
Figura 15 - Unidade de tratamento de ar	37
Figura 16 - Recuperador de fluxos cruzados	38
Figura 17 - Chiller	39
Figura 18 - Bomba de calor	40
Figura 19 - Ventiloinvector.....	41
Figura 20 - Monosplit.....	41
Figura 21 – Ventiladores	42
Figura 22 - Fases do ciclo de vida de um equipamento e respetivos tipos de manutenção associados (Pitéu, 2011).	43
Figura 23 - Manutenção de um sistema solar térmico.....	45
Figura 24 - Substituição de correia danificada	45
Figura 25 - Limpeza e desinfeção dos filtros e baterias de sistemas de ar condicionado	46
Figura 26 - Ligações elétricas do atuador substituído numa UTA.	47
Figura 27 -Substituição de junta antivibrática do circuito de água fria de uma UTA.	47
Figura 28 - Preparação dos trabalhos para instalação de uma cassete de 4 vias	48
Figura 29 - Instalação Fotovoltaica	48

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Desagregação do consumo de energia primária no descasque, branqueamento e outros tratamentos do arroz. (SGCIE et al., 2018)	7
Quadro 2 - Medidas de eficiência energética que podem ser aplicados na indústria do arroz (adaptado de (SGCIE et al., 2018))	9
Quadro 3 - Levantamento da iluminação existente	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Emissões, consumos e custos totais anuais de energia.....	16
Tabela 2 - Repartição mensal e custo de eletricidade.....	17
Tabela 3 - Distribuição mensal de custo, energia e potência elétrica.....	18
Tabela 4 - Repartição mensal do consumo e custo do gasóleo.	20
Tabela 5 - Consumo específico Global.....	22
Tabela 6 - Intensidade energética global	23
Tabela 7 - Intensidade carbónica global	24
Tabela 8 - Indicadores energéticos por fonte de energia	24
Tabela 9 - Características da central de ar comprimido 1	28
Tabela 10 - Características da central de ar comprimido 2	28
Tabela 11 -Determinação do caudal de fugas (m ³ /min) com base na pressão do ar comprimido e no diâmetro do orifício por onde se verifica a fuga.....	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo de Energia final por setor em Portugal no ano de 2019 (Observatório Da Energia et al., 2021).....	4
Gráfico 2 – Distribuição de consumos de energia primária e emissões de CO ₂ (adaptado de (SGCIE et al., 2018)).....	8
Gráfico 3 - Distribuição percentual das emissões, consumo e custos de energia.....	17
Gráfico 4 - Evolução no consumo mensal de energia por período de fornecimento.....	18
Gráfico 5 - Repartição de energia por período de fornecimento durante o ano de referência..	19
Gráfico 6 - Consumos de energia e potência, durante o ano de referência.	19
Gráfico 7 - Consumo de Energia VS Produção (base tep)	25
Gráfico 8 - Reta de regressão linear, Energia Consumida VS Produção (base tep).....	26
Gráfico 9 - Consumo Específico VS Produção (base tep).....	27
Gráfico 10 - Perfil de consumo da central 1 de ar comprimido	29
Gráfico 11 - Perfil de consumo da central 2 de ar comprimido	30

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
tep	Tonelada equivalente de petróleo
tCO ₂ e	Tonelada de CO ₂ equivalente
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
Lda.	Sociedade limitada
CAE	Código de Atividade Económica
PRI	Período de Retorno do Investimento
RGCE	Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ADENE	Agência para a Energia
PME	Pequenas e Médias Empresas
UE	União Europeia
FER	Fontes de Energia Renováveis
CE	Consumo específico
IE	Intensidade Energética
IC	Intensidade Carbónica
AQS	Água Quente Sanitária
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
PREN	Plano Nacional de Racionalização de Energia

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e Motivação

A utilização eficiente numa base energética estrategicamente adequada é essencial para a competitividade económica num país. Em países como Portugal, onde os valores de intensidade carbónica são elevados, e onde existe uma grande dependência na importação de energia primária, as variações no preço do petróleo condicionam fortemente a competitividade das empresas e como consequência o equilíbrio da economia externa (Magueijo et al., 2008). Deste modo, é necessário que as empresas tomem medidas que permitam a racionalização eficiente dos consumos energéticos, não só através da otimização de processos existentes, como também a aquisição de uma cultura comportamental energeticamente eficiente.

A Infiniplus, empresa onde foi desenvolvido o estágio, é uma pequena e média empresa fundada em 2011, sediada em Paredes e que desenvolve a sua atividade no âmbito de Engenharia e técnicas afins, sendo que as suas principais atividades são a instalação e manutenção de sistemas térmicos, projetos AVAC e planos de manutenção preventiva. Para além das atividades mencionadas, a Infiniplus executa auditorias energéticas no âmbito do SGCIE, o que possibilitou a realização do presente trabalho.

1.2. Contributos do trabalho

O objetivo principal do trabalho desenvolvido consistiu na determinação de oportunidades de melhoria de eficiência energética numa empresa produtora de arroz. Para tal, a etapa inicial da auditoria consistiu num pequeno estudo das etapas do processo produtivo, seguindo-se de um levantamento de todos os consumos energéticos. Após a sua análise, foi possível apresentar medidas capazes de reduzir o consumo de energia elétrica na empresa em questão.

Uma das medidas propostas permitirá uma redução de 20,21 tep no consumo energético e 44,17 tCO₂e. Esta proposta passa pela eliminação de fugas de ar comprimido na instalação resultando numa poupança expectável de 10.385,27 €/ano. Com um investimento inicial de 3.120,00 €, é possível obter o retorno de investimento em menos de 1 ano.

A segunda medida passa pela substituição da iluminação existente por outra mais eficiente. A implementação desta medida já não permitirá uma redução tão significativa, no entanto, será ainda possível uma redução de 5,5 tep no consumo energético e 12,11 tCO₂e. O investimento inicial de implementação será de 12.342,91 € e permitirá uma poupança de 2.846,66 €/ano, sendo o período de retorno do investimento superior a 3 anos.

1.3. A empresa Infiniplus

A Infiniplus, com sede social em Paredes e escritório em Gueifães, foi fundada em janeiro de 2011. Apesar de ser uma empresa jovem no mercado, tem vindo a marcar posição nas várias áreas de negócio a que se dedica.

Enquadrada no setor de Engenharia e técnicas afins, a Infiniplus tem como principais atividades a instalação e manutenção de sistemas térmicos, projetos AVAC e planos de manutenção preventiva. Para além, das atividades mencionadas, a Infiniplus executa também auditorias energéticas no âmbito do SGCIE e certificação energética RECS, entre outros serviços de consultoria energética.



Figura 1 - Logótipo Infiniplus

De modo a dar cumprimento a todos os requisitos legais afetos ao desenvolvimento das suas atividades, a Infiniplus possui um conjunto de certificações, nomeadamente:

- Certificação Certif: Certificação do serviço de instalação, reparação, manutenção ou assistência técnica e desmantelamento de equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor que contenham gases fluorados com efeito de estufa.
- Certificação INCI: certificação que permite a habilitação para a construção de instalações elétricas, aquecimento, ventilação, ar condicionado, refrigeração, instalações mecânicas e eletromecânicas ambas classe 1. (Alvará nº71685)

Nome	Infiniplus Sociedade Unipessoal LDA
Morada	Rua de Terramonte, nº 781
Código postal	4470-122
Cidade	Maia
NIF	509736360
Capital Social	5.000€
Contacto	220 135 793
Nº de colaboradores	11

Quadro 1 - Informação adicional Infiniplus

Tal como mencionado anteriormente a empresa tem vindo a marcar posição na sua área de negócio. Como tal, de modo a dar resposta ao aumento significativo nas requisições dos seus serviços e garantir as condições de trabalho dos seus colaboradores, a Infiniplus sentiu a necessidade de aumentar as suas instalações. Na Figura 2 apresenta-se a fachada principal das futuras instalações da empresa.



Figura 2 - Futuras instalações da Infiniplus.

1.4. Estrutura do relatório de estágio

O presente relatório encontra-se dividido em cinco capítulos.

No capítulo 1 apresenta-se o enquadramento e motivação do estágio e os principais contributos do mesmo. Faz-se ainda uma breve introdução à empresa que acolheu o estágio e descreve-se o modo como o presente relatório se encontra estruturado.

No capítulo 2 descreve-se de forma genérica a situação energética do setor industrial e, em particular, do setor alimentar, incluindo a indústria do arroz. Neste capítulo é ainda feita uma breve referência à legislação atinente ao Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia.

No capítulo 3 é feita uma breve descrição do processo produtivo da instalação auditada sendo de seguida relatadas as particularidades da mesma no que diz respeito às quantidades produzidas, consumo energético e emissões carbónicas. Neste mesmo capítulo apresenta-se a desagregação energética pelos principais consumidores bem como as oportunidades de melhoria identificadas durante a auditoria.

No capítulo 4 são expostos alguns conceitos ligados à área do AVAC de forma a contextualizar os restantes trabalhos realizados pelo aluno durante o estágio, nomeadamente orçamentação, assistências técnicas, instalação de sistemas fotovoltaicos e trabalhos de obra.

No capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado no âmbito do estágio.

2. ENQUADRAMENTO

A energia é um elemento fundamental no desenvolvimento da sociedade. O modo como é feita a sua utilização é um dos maiores problemas do nosso dia a dia, não só pela escassez previsível dos recursos energéticos fósseis, mas também pelas suas implicações na saúde humana e no ambiente (Tanaka, 2008). O aumento dos consumos energéticos que se tem verificado ao longo dos últimos anos está fortemente relacionado com os padrões de desenvolvimento sócio económicos que se verificam no nosso planeta (Wilkinson et al., 2007).

Embora a nível mundial o setor industrial seja o maior consumidor de energia, a nível europeu, e em particular no caso português, esta realidade é um pouco diferente (Palm e Thollander, 2010). Ainda assim o peso da indústria apresenta uma grande importância, tal como pode ser visto no gráfico. 1, que representa a percentagem de consumo final por setor em Portugal no ano de 2019.

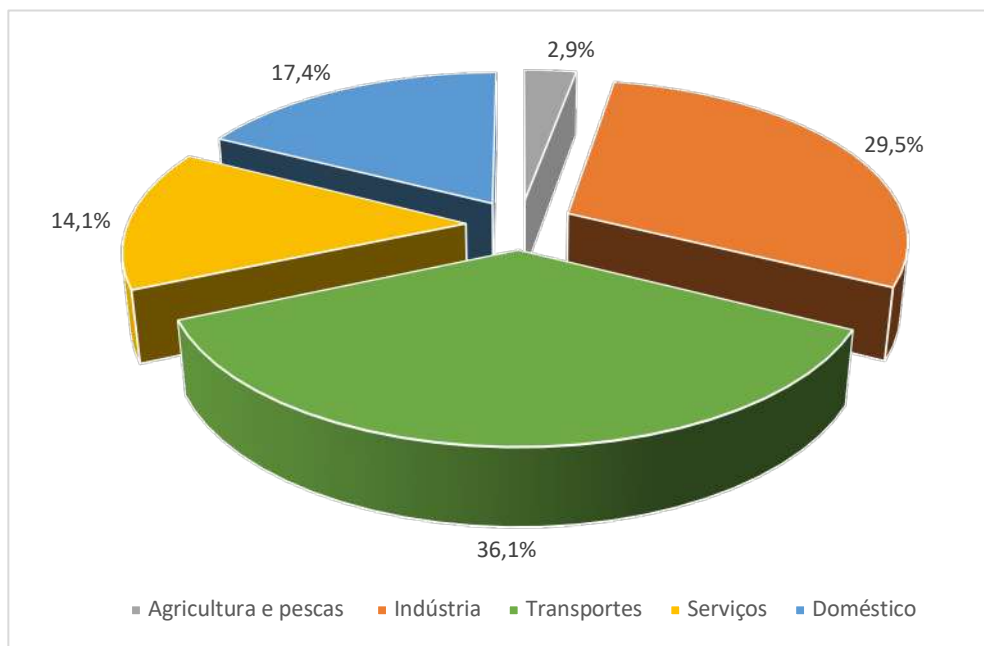


Gráfico 1 - Consumo de energia final por setor em Portugal no ano de 2019 (Observatório Da Energia et al., 2021)

A indústria é um dos setores económicos onde os esforços são mais notáveis no que toca a melhorar a eficiência energética, chegando mesmo a ser o setor que mais resultados práticos tem atingido nos últimos anos (Magueijo et al., 2008).

O setor industrial divide-se em dois grandes subsectores, a indústria extrativa e a indústria transformadora. A indústria transformadora é caracterizada por, através de vários processos, desenvolver um conjunto de atividades de transformação de matérias-primas provenientes de outros setores económicos, em novos produtos, como é o caso da indústria alimentar. A execução destes processos implica elevados consumos energéticos, sendo cada tipo de energia utilizado consoante as necessidades dos processos produtivos.

2.1. A Indústria Alimentar na Europa e em Portugal

Na Europa, a indústria alimentar corresponde ao maior setor de transformação em termos de volume de negócios e empregabilidade, atingindo um volume de negócios anual de 1,192 biliões de euros e empregando cerca de 4,72 milhões de pessoas, o que representa, respetivamente 13,80% e 15,10% dos valores referentes ao sector de transformação em 2016. Este sector envolve cerca de 294 mil empresas, a maioria pequenas e médias empresas, que no seu conjunto contribuem para 47,5% do volume de negócios e 60,8% da empregabilidade de todo este sector (FoodDrinkEurope, 2019).

Nos últimos anos o setor tem vindo a sofrer uma grande evolução, adaptando os produtos ao gosto e necessidades do consumidor e ao mesmo tempo processando-os de forma mais saudável e sustentável, apresentando características inovadoras de modo a torná-los mais competitivos.

Na Figura 3, pode verificar-se ainda que a indústria alimentar em Portugal apresentou em 2019 um volume de negócios de 13.994 M€, representando cerca de 14 % do total da faturação do setor da indústria transformadora, tornando-se no maior setor da indústria transformadora do mercado português nesse ano. A indústria encontra-se dividida em 9.566 empresas, das quais 6.195 se dedicam à fabricação de produtos à base de farinha. Na figura 3, pode se verificar ainda que a padaria representa apenas 14 % da faturação total do setor. O abate de animais e a preparação e conservação de carne e peixe apresenta uma faturação de 4.359 M€, sendo a principal atividade do setor, no que toca ao volume de negócios, seguido da preparação e transformação de frutos, hortícolas e cereais com uma faturação de 2.635 M€.

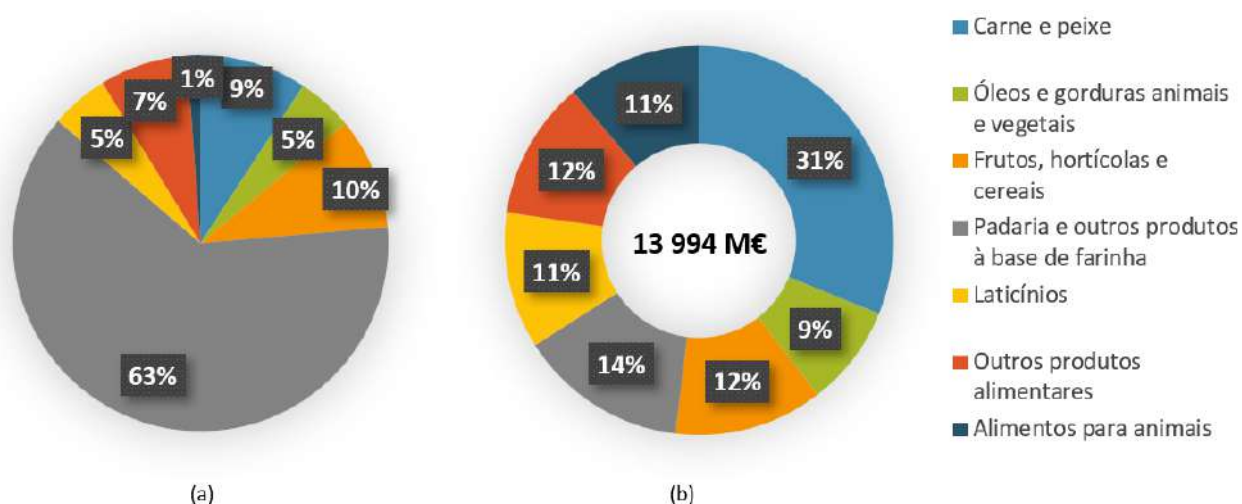


Figura 3 - (a) Distribuição das empresas do setor da alimentação em Portugal por tipo de produto em 2019. (b) Volume de negócios por tipo de produto em 2019 (MEESI, 2021).

Da análise da figura 4 conclui-se que é nas regiões Norte e Centro do país que se concentram a maior parte das empresas do setor, com 32 e 30 %, respetivamente. Segue-se a região de Lisboa e Vale do Tejo com 15 % das empresas e a região do Alentejo com 13 %.

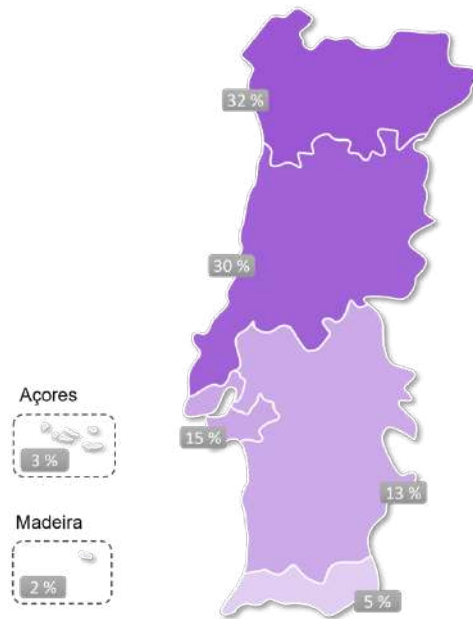


Figura 4 - Distribuição das empresas do setor da alimentação e bebidas pelo território nacional em 2019(MEESI, 2021).

O setor da Indústria da Alimentação e Bebidas foi em 2020 o quarto principal consumidor de energia final da Indústria Transformadora em Portugal, com um consumo de cerca de 464 mil tep, representando cerca de 11 % do consumo de energia total. Como podemos observar através da Figura 5, o consumo total de energia neste setor sofreu uma queda acentuada entre 2010 e 2012. Esta queda deve-se sobretudo à redução do consumo de biomassa. O consumo proveniente de produtos petrolíferos tem vindo gradualmente a diminuir, devido à sua substituição por gás natural e, em menor escala pela eletricidade. Atualmente a energia proveniente de produtos petrolíferos representa cerca de 10% do consumo total, o gás natural 35% e a eletricidade 37% (DGEG, 2020)

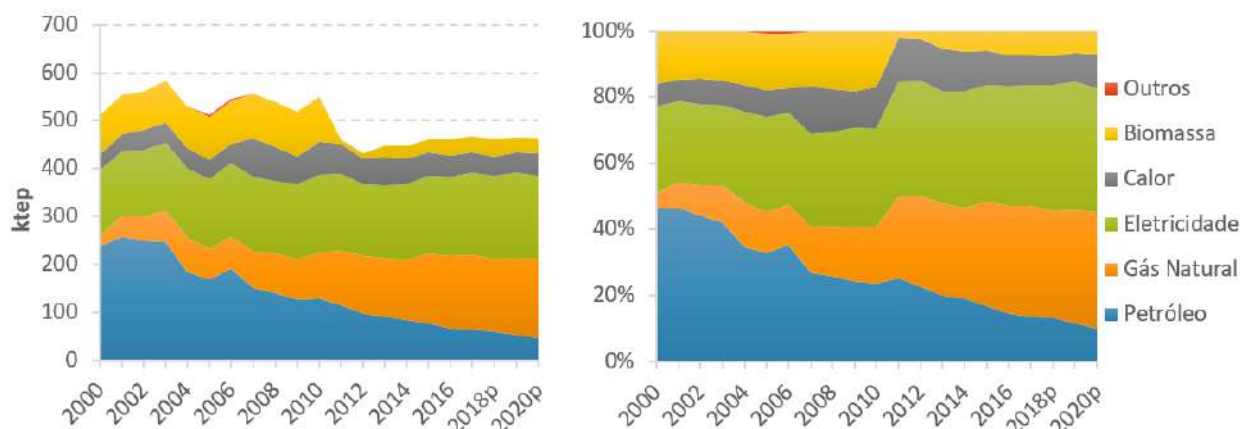


Figura 5 - Evolução do consumo total de energia final por tipo de fonte energética nos setores de alimentação e bebidas em Portugal (DGEG, 2020)

2.2. A Indústria do arroz em Portugal

Em 2016, a indústria do arroz em Portugal, cujo subsetor apresenta a Classificação de Atividade Económica (CAE) 10612 – Descasque, branqueamento e outros tratamentos do arroz tinha em atividade 12 unidades de produção que geraram um valor de vendas superior a 140 milhões de euros. Esta indústria tem como mercado principal o mercado nacional que absorve quase 73% do valor das vendas. No que toca ao mercado exportador, 59% das vendas dizem respeito ao mercado da União Europeia. Este subsetor de atividade em termos de vendas de produtos representa 1,3% do valor total das vendas do setor da indústria alimentar (SGCIE et al., 2018).

Para o setor industrial, a fatura energética constitui um peso significativo nos custos de funcionamento das empresas e, deste modo, a eficiência energética é uma das áreas que pode levar à efetiva redução de custos (SET, 2016).

Nos vários processos desenvolvidos neste tipo de indústria são utilizadas várias formas de energia, desde eletricidade, combustíveis fósseis e, em alguns casos, mas em menor quantidade, energia proveniente de fontes renováveis. A sua distribuição está dependente do tipo de processo utilizado, do tipo de equipamento e da sua eficiência. No Quadro 2, encontra-se discriminadas as formas de energia utilizadas na indústria do arroz, bem como a sua representatividade em termos de energia primária.

Forma de Energia	Representatividade	Utilidade
Energia elétrica	87,0%	Força motriz em vários equipamentos dos processos produtivos, iluminação, ar comprimido, sistemas de bombagem, sistemas de ventilação
Gás Natural	4,8%	Produção de ar quente (secadores)
Gasóleo	6,4%	Produção de vapor, produção de ar quente (secadores), frota automóvel e de transportes, movimentação interna
GPL	1,7%	Produção de ar quente (secadores)
Gasolina	0,2%	Frota automóvel

Quadro 2 - Desagregação do consumo de energia primária no descasque, branqueamento e outros tratamentos do arroz. (SGCIE et al., 2018)

No Gráfico 2 apresenta-se a distribuição de energia primária e de emissões de CO₂ associadas a cada forma de energia.

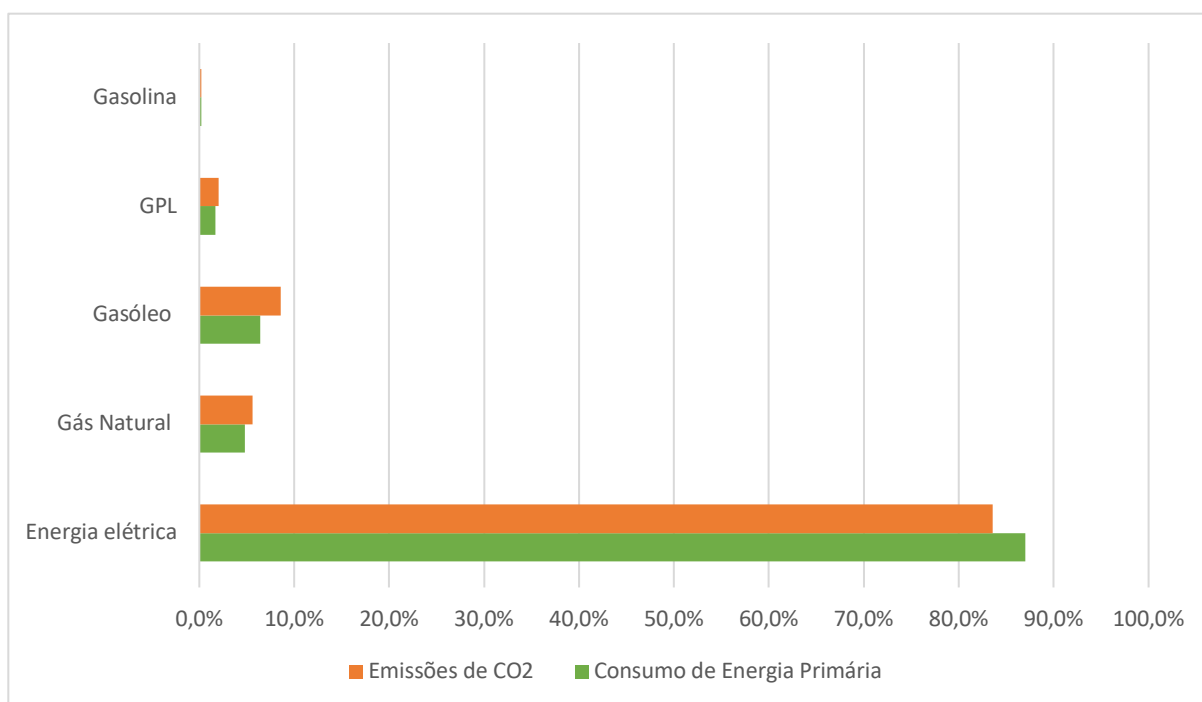


Gráfico 2 – Distribuição de consumos de energia primária e emissões de CO₂ (adaptado de SGCIE et al., 2018)

Do Gráfico 2 constata-se que a energia elétrica é a componente energética com maior predominância na estrutura de consumos deste tipo de instalações, representando 87% do total de consumo de energia primária. O gráfico referente às emissões equivalentes de CO₂ segue praticamente a mesma tendência do gráfico de consumo de energia.

No Quadro 2 é apresentado uma pequena amostra de um vasto conjunto de propostas de melhoria de eficiência energética que podem ser utilizadas na indústria do arroz e as respetivas estimativas de poupança em termos energéticos.

Medidas	Forma de Energia	Poupança [%]	PRI ¹ Médio [ano]
Instalação de variadores eletrônicos de velocidade em motores elétricos	Energia elétrica	29,9	2,2
Substituição de motores elétricos convencionais por motores de alto rendimento	Energia elétrica	14,9	2,5
Instalação de sistemas fotovoltaicos	Energia elétrica	17,7	4,9
Substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas com tecnologia LED	Energia elétrica	7,6	2,7
Substituição de lâmpadas fluorescentes do tipo T8 com balastros ferromagnéticos por lâmpadas T5 com balastros eletrônicos	Energia elétrica	3,4	4,4
Eliminação de fugas de ar comprimido	Energia elétrica	8,4	0,2

Quadro 3 - Medidas de eficiência energética que podem ser aplicados na indústria do arroz (adaptado de (SGCIE et al., 2018))

2.3. Enquadramento legislativo

A par do que acontece no mundo, a Europa e os seus estados-membros apostam na criação de iniciativas de forma a adotar práticas mais sustentáveis. Em 2010, foi lançada a estratégia Europa 2020 que tem como objetivo a criação de condições que permitam um crescimento inteligente e sustentável. Relativamente à temática clima e sustentabilidade foram propostas três metas a atingir até ao final de 2020, sendo elas:

- Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 20% (ou em 30% caso se reúnam as condições necessárias) relativamente aos níveis registados em 1990;
- Obter 20% da energia a partir de fontes renováveis;
- Aumentar em 20% a eficiência energética.

¹ PRI – Período de Retorno do Investimento

No seguimento desta iniciativa, Portugal adotou o plano europeu relativo à eficiência energética, criando um fundo de eficiência energética e a revisão do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (Cravo, 2015). Dentro do conjunto de implicações legais em termos energéticos para as empresas do subsector descasque, branqueamento e outros tratamentos do arroz em Portugal, são de destacar:

- **Decreto-lei nº 71/2008**

Este decreto-lei estabelece o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia (SGCIE) por empresas e instalações consumidoras de energia e revoga o antigo sistema RGCE (Regulamento de Gestão de Consumo de Energia) criado pelo decreto-lei 58/82, de 26 de fevereiro. O SGCIE tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia (ADENE, 2019).

- **Decreto-lei 68-A/2015**

Neste decreto-lei destaca-se artigo 12º que estabelece que as empresas que não sejam PME devem realizar auditorias, independentes e rentáveis, com uma periodicidade de 4 anos. Uma auditoria é considerada rentável quando são identificadas melhorias de eficiência energética cujo custo de implementação e custo da própria auditoria, seja inferior ao valor das economias resultantes num período de quatro anos. Caso a auditoria não seja rentável neste período, a empresa poderá repeti-la apenas num período de oito anos (ADENE, 2019).

Mais recentemente, a União Europeia (UE) definiu novos objetivos para serem atingidos em 2030, com vista a alcançar a neutralidade carbónica em 2050, que corresponde a um balanço próximo de zero entre emissões por atividade humana e remoção dessas emissões pelos diversos sumidouros. Cada Estado Membro teve de definir um plano nacional de energia e clima com os objetivos 2030 e respetivas estratégias. Portugal tem por objetivo em 2030 que 47% do consumo final bruto de energia tenha por base Fontes de Energia Renováveis (FER), com uma contribuição de 80% na produção de eletricidade (APA, 2018). Portugal tem também estabelecido para 2050 o objetivo de que 13,5% da produção de eletricidade seja proveniente de energia solar fotovoltaica centralizada e que 11,9% seja proveniente de energia solar fotovoltaica descentralizada (APA e Fundo Ambiental, 2019).

3. AUDITORIA ENERGÉTICA

Neste capítulo apresenta-se a auditoria energética que se efetuou a uma empresa do setor alimentar. Esta auditoria destina-se a satisfazer a legislação em vigor, nomeadamente o disposto no SGCIE, no despacho da DGEG de 18 de abril de 2016, portaria nº 111/2015 de 21 de abril, decreto lei nº 68A/2015 de 30 de abril, decreto lei nº 71/2008 de 15 de abril, lei nº 7/2013, portaria nº 519/2008 de 5 junho, despacho nº 17313/2008 de 26 de junho, despacho nº 17449/2008 de 27 de junho e decreto lei nº 319/209 de 3 de novembro. Inicialmente será feita uma breve descrição do processo produtivo da instalação, seguindo-se a análise dos consumos energéticos globais no ano de 2020 e a determinação dos respetivos indicadores energéticos. Posteriormente apresenta-se a desagregação dos consumos dos vários tipos de energia pelos principais consumidores e por último faz-se referência às medidas de eficiência energética identificadas durante a auditoria. Salienta-se finalmente que, por motivos de confidencialidade, serão omitidos neste relatório o nome e a localização da instalação auditada.

3.1. Descrição Técnica

A Figura 8 apresenta um fluxograma geral com as principais etapas do processo produtivo da empresa auditada. Estas diversas etapas são descritas sucintamente nas secções seguintes.

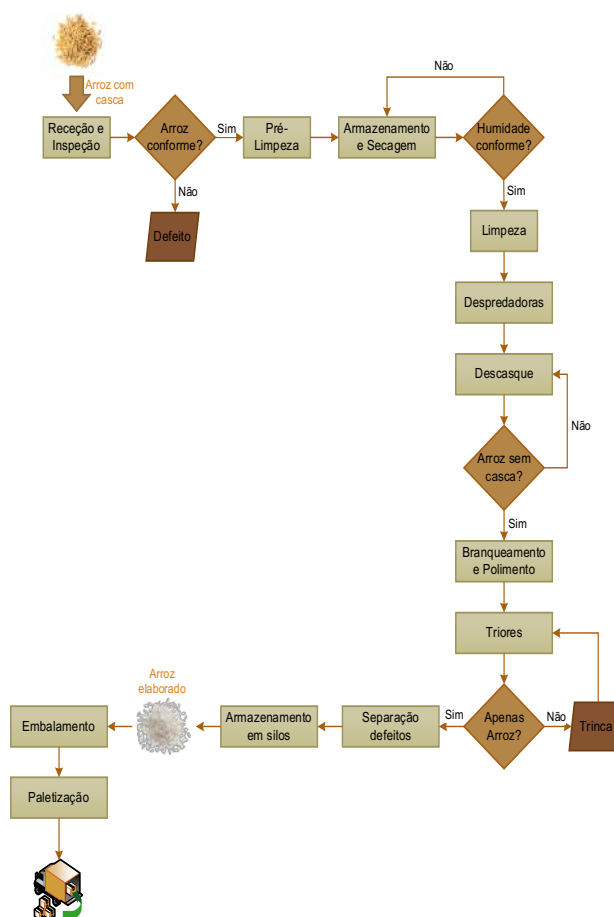


Figura 6 - Fluxograma geral da empresa auditada

3.1.1 Receção do arroz

O arroz chega às instalações, previamente seco, a granel em camiões. No laboratório retira-se uma amostra representativa e analisa-se. Caso o arroz esteja conforme, segue para uma etapa de pré-limpeza, onde passa por um conjunto de peneiros nos quais, mediante vibração e crivagem, se eliminam restos de casca, impurezas e matérias estranhas, que dificultam o processo de secagem. Através de um magneto são ainda retidas as partículas metálicas. Nesta etapa é muito importante verificar a humidade do arroz, que deve estar entre 12 e 13%, e a quantidade de grãos quebrados a qual, deprecia de forma significativa o valor comercial do produto.

3.1.2 Descasque

Concluídas as fases anteriores, segue-se o descasque, realizado por equipamentos descascadores que removem a casca do arroz. Estes equipamentos utilizam rolos de borracha que giram a diferentes rotações e em sentidos opostos. O arroz passa através de um pequeno espaço existente entre os referidos rolos, sofrendo um movimento de torção que faz com que a casca se separe do grão. São então removidas as glumas e glumelas, obtendo-se arroz descascado, casca e farelo. Como nem todo o arroz é descascado neste processo, a mistura (de arroz descascado e não descascado) passa posteriormente no separador paddy, onde por diferença de densidade e variação da inclinação da mesma, se efetua a sua separação. O arroz em casca volta à etapa anterior e o arroz descascado, também conhecido por arroz em película, continua para a etapa seguinte.

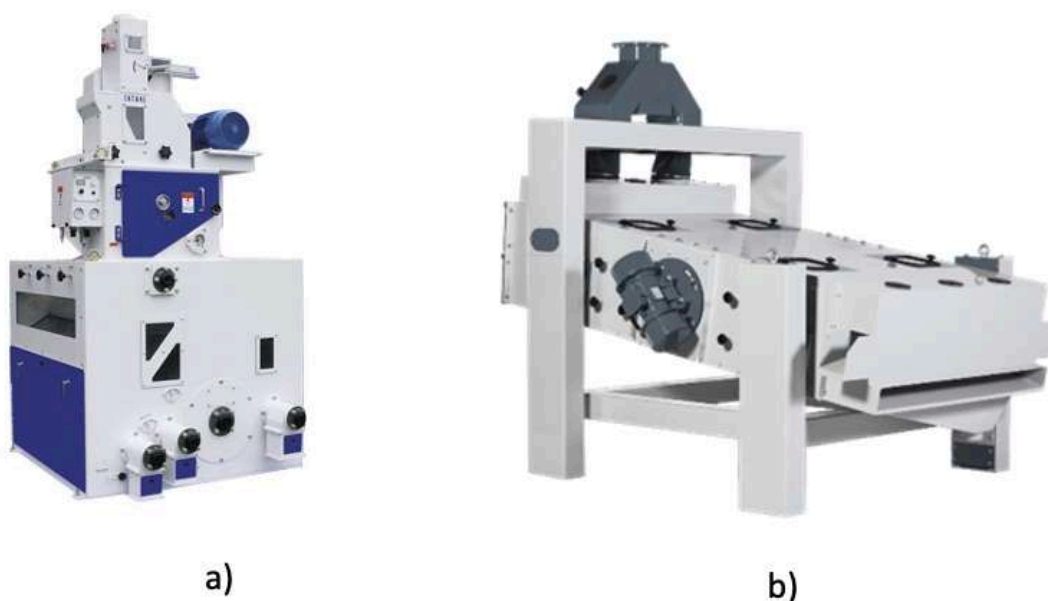


Figura 7 – (a) descascador de arroz (SATAKE, 2022a) b) separador paddy (FOTMA, 2022)

3.1.3 Branqueamento

Após o descasque, os grãos inteiros seguem para máquinas designadas por branqueadoras que retiram uma parte da camada escura do arroz chamada farelo. Estes equipamentos contêm um conjunto de pedras abrasivas que giram no interior de uma rede metálica onde o grão de arroz é desgastado, por meio de fricção.



Figura 8 – Branqueador de arroz (Buhler, 2022a)

3.1.4 Polimento

O polimento complementa o trabalho do branqueamento para a obtenção de uma melhor apresentação comercial dos grãos de arroz. Esta operação é realizada por máquinas polidoras que por meio de fricção suave contra redes de malha, mais finas do que as usadas nas branqueadoras, têm por objetivo eliminar as sêmeas ainda presentes.

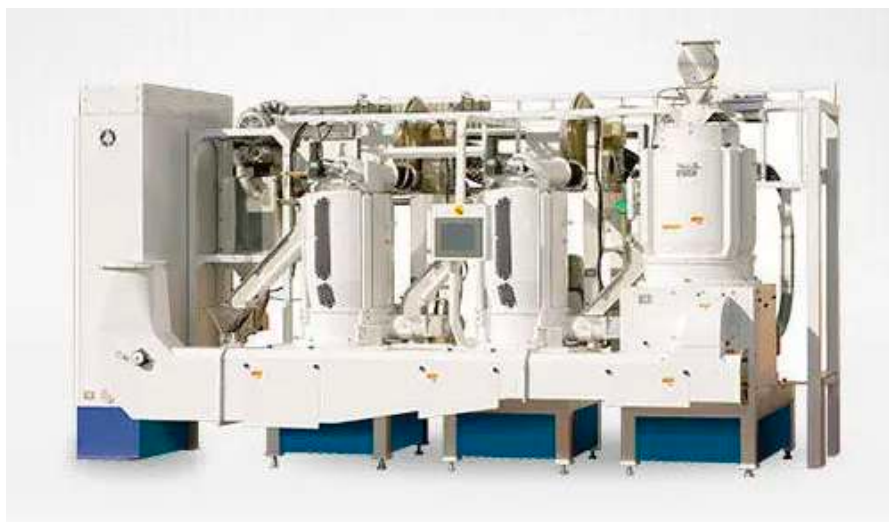


Figura 9 Polimento (SCHULE, 2022)

3.1.5 Separação da trinca

Quando o grão de arroz se parte nos processos de branqueamento e polimento transforma-se em trinca. A separação das trincas tem por objetivo a qualidade final pretendida do produto, pela existência da menor percentagem de grãos partidos. A separação entre trinca e arroz é efetuada por “planchisters”, as quais efetuam a separação por meio de alvéolos.



Figura 10 - “Planchister” para separação da trinca do arroz (SATAKE, 2022b)

3.1.6 Separação por cor

Após as etapas anteriores, o processamento do arroz passa ainda por classificadores óticos, que são equipamentos altamente eficientes na remoção e separação de contaminantes visíveis, tais como, grãos de arroz descoloridos, amarelos, cinzas, violetas, picados, farináceos, trincas e imaturos. Esta fase do processo melhora consideravelmente a aparência do produto.



Figura 11 - Classificador ótico para separação de contaminantes presentes no arroz (Buhler, 2022b)

3.1.7 Armazenamento e embalagem

No final de linha da produção segue-se o armazenamento em silos de aço inox sendo que o arroz não deve estar muito tempo armazenado de modo a evitar a sua deterioração. Por fim, o arroz proveniente do armazenamento é encaminhado para os depósitos das máquinas de embalar onde as embalagens são formadas, enchidas e fechadas, sendo posteriormente enviados para a paletização, terminando o processo nos armazéns de produto acabado e pronto para expedição.



Figura 12 – Embaladora de arroz (JVC, 2022)

3.2. Análise Energética

Em 2020 foram gastos cerca de 392 mil euros em energia na empresa auditada. O peso significativo deste valor vem reforçar a importância de uma gestão energeticamente eficiente. Nesse mesmo ano foram consumidos cerca de 693,5 tep de energia e emitidos 1.554,3 tCO₂e. Deste modo, ao abrigo do decreto-lei 68-A/2015, esta é considerada uma empresa consumidora intensiva de energia, estando por isso sujeita a auditorias periódicas.

Para poder aplicar medidas que permitam otimizar os gastos energéticos e que se reflitam numa diminuição da fatura dos mesmos, é necessário fazer um estudo da evolução dos consumos e da produção ao longo do ano. Será assim possível a avaliação da relação existente entre estes parâmetros e ainda a identificação das etapas de produção e/ou equipamentos com consumos intensivos de energia.

3.2.1. Caracterização energética da instalação

Na unidade industrial foram consumidas duas formas de energia: energia elétrica para a geração de força motriz, climatização, eletrónica e iluminação e gasóleo para a frota e para o empilhador. Para os consumos energéticos a seguir apresentados, a conversão para tonelada equivalente de petróleo (tep) das várias formas de energia foi feita tendo por base o despacho nº 17313/2008, de 26 de junho.

Na tabela e gráficos seguintes estão representados os valores de consumo e custo por fonte de energia referentes ao ano 2020. Do total de energia consumida 85,3% corresponde a energia elétrica e os restantes 14,7% correspondem a gasóleo.

Tabela 1- Emissões, consumos e custos totais anuais de energia

CONSUMOS TOTAIS ANUAIS - GLOBAL									
Fonte	Quantidade	Energia			GEE		Custo		
		GJ	tep	%(sobre tep)	tCO ₂ e	%	Euro	%	
Electricidade (kWh)	3.029.209	10905,152	651,3	93,9%	1.423,7	91,6%	334.714,57	85,3%	
Gasóleo (litros)	48.893	1767,751	42,2	6,1%	130,8	8,4%	57.650,23	14,7%	
Total	-	12672,904	693,5	100%	1.554,5	100%	392.364,80	100%	

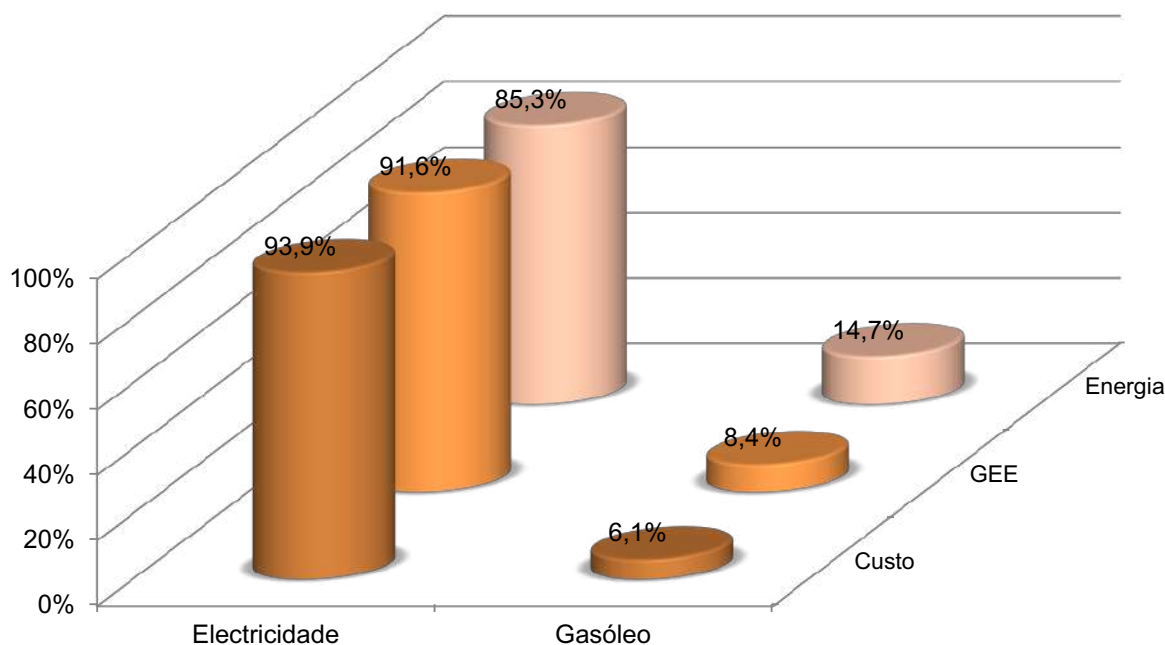


Gráfico 3 - Distribuição percentual das emissões, consumo e custos de energia.

Nos pontos seguintes são apresentados os consumos totais da empresa repartidos mensalmente por fonte de energia. Os valores foram obtidos através de dados fornecidos pela empresa.

Eletricidade

A unidade industrial no ano de referência teve um contrato com a Endesa Serviço Universal em média tensão tetra-horária semanal c/ feriados com uma potência instalada de 1830 kVA. A alimentação é feita pela rede de distribuição, que para o efeito dispõe de um posto de transformação onde se encontra instalado o sistema de contagem de energia elétrica.

Tabela 2 - Repartição mensal e custo de eletricidade

ELECTRICIDADE					
Mês	Energia			GEE tCO ₂ e	Custo Euro
	kWh	GJ	tep		
Janeiro	298.011	1072,840	64,1	140,1	32.112,95
Fevereiro	288.623	1039,043	62,1	135,7	31.437,62
Março	320.007	1152,025	68,8	150,4	34.727,78
Abril	266.959	961,052	57,4	125,5	29.213,77
Maio	306.560	1103,616	65,9	144,1	33.424,52
Junho	239.744	863,078	51,5	112,7	26.911,26
Julho	246.025	885,690	52,9	115,6	27.671,51
Agosto	170.532	613,915	36,7	80,2	19.984,60
Setembro	275.978	993,521	59,3	129,7	30.820,44
Outubro	233.330	839,988	50,2	109,7	26.722,66
Novembro	209.946	755,806	45,1	98,7	22.623,29
Dezembro	173.494	624,578	37,3	81,5	19.064,17
Total	3.029.209	10905,152	651,3	1.423,7	334.714,57

Aos consumos elétricos estão também associados os diferentes custos para os vários ciclos horários. Uma boa gestão de produção no sentido de tentar evitar um maior consumo de eletricidade nas horas de ponta e nas horas de cheia, em que os custos de eletricidade são mais elevados, pode resultar em reduções significativas na fatura de eletricidade. Pelos dados fornecidos pela empresa foi possível verificar que as horas de cheia foram aquelas com um maior consumo de eletricidade, representando cerca de 52,7% do consumo total de energia elétrica. A tabela 3 e os gráficos 4 a 6 seguintes apresentam a análise de consumos totais de energia elétrica, verificados no ano de referência (2020).

Tabela 3 - Distribuição mensal de custo, energia e potência elétrica.

Mês	Energia Activa (kWh)					Potência (kW)		Reactiva (kVAr)			Custo	
	Horas de Ponta	Horas de Cheias	Horas de Vazio	Horas de S. Vazio	Total	Horas de Ponta	Contratada	Consumida	Fornecida	Custo (s/ IVA) Euro	Total (s/ IVA) Euro	
	Janeiro	59.952	145.823	42.878	49.358	298.011	545,02	956,00	5.649,50	2,00	93,18	32.112,95
Fevereiro	62.168	145.396	38.339	42.720	288.623	592,08	956,00	4.296,20	3,00	124,39	31.437,62	
Março	61.428	167.762	41.262	49.555	320.007	614,28	956,00	4.718,40	8,00	104,23	34.727,78	
Abril	32.313	150.439	42.683	41.524	266.959	566,89	956,00	5.073,80	4,00	131,63	29.213,77	
Mai	39.865	185.799	37.124	43.772	306.560	604,02	956,00	5.355,10	3,00	114,74	33.424,52	
Junho	33.693	139.805	29.967	36.279	239.744	561,55	956,00	5.610,20	7,00	187,97	26.911,26	
Julho	38.791	129.620	34.730	42.884	246.025	587,74	956,00	5.388,70	8,00	126,63	27.671,51	
Agosto	30.583	78.757	27.722	33.470	170.532	463,38	956,00	8.290,90	0,00	281,89	19.984,60	
Setembro	39.640	158.695	36.339	41.304	275.978	660,67	956,00	1.360,80	8,00	85,08	30.820,44	
Outubro	44.308	114.846	34.372	39.804	233.330	615,39	956,00	1.333,60	5,00	70,24	26.722,66	
Novembro	40.238	96.853	34.149	38.706	209.946	383,22	956,00	1.659,60	7,00	68,50	22.623,29	
Dezembro	31.856	83.634	27.780	30.224	173.494	318,56	948,00	2.753,40	5,00	141,59	19.064,17	
Total	514.835	1.597.429	427.345	489.600	3.029.209	-	-	51.490,20	60,00	1.530,07	334.714,57	

Da análise da tabela 3, verifica-se que durante o ano de referência, a instalação teve encargos significativos com a energia reativa especialmente na recebida nas horas fora de vazio. É então aconselhável proceder ao reforço e/ou reescalonamento das baterias de condensadores.

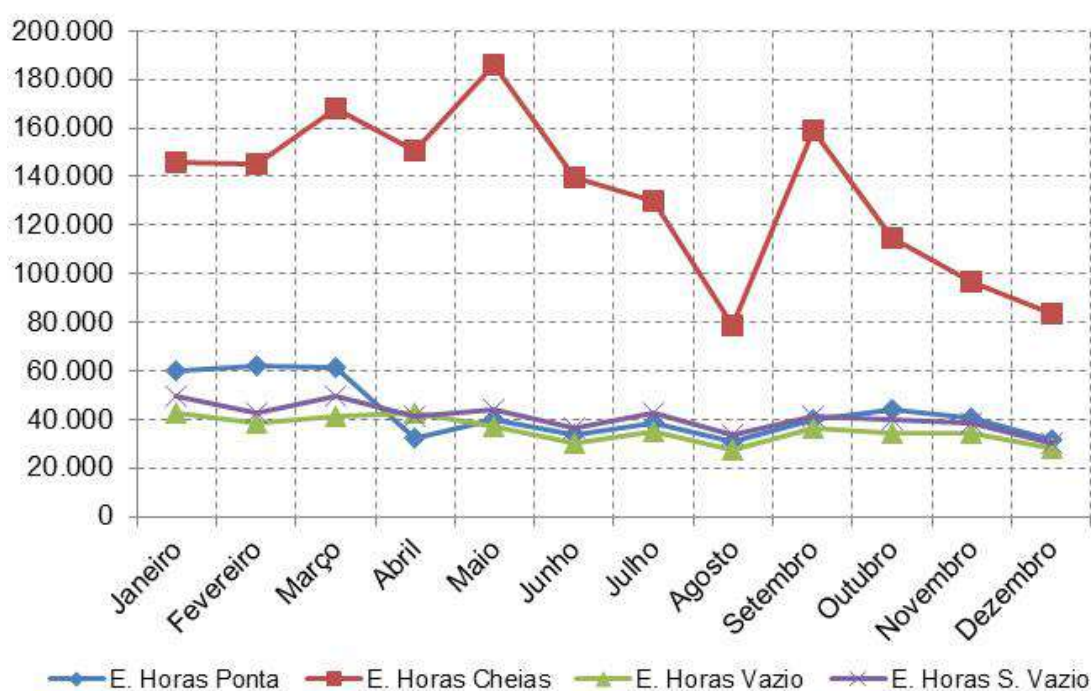


Gráfico 4 - Evolução no consumo mensal de energia por período de fornecimento.

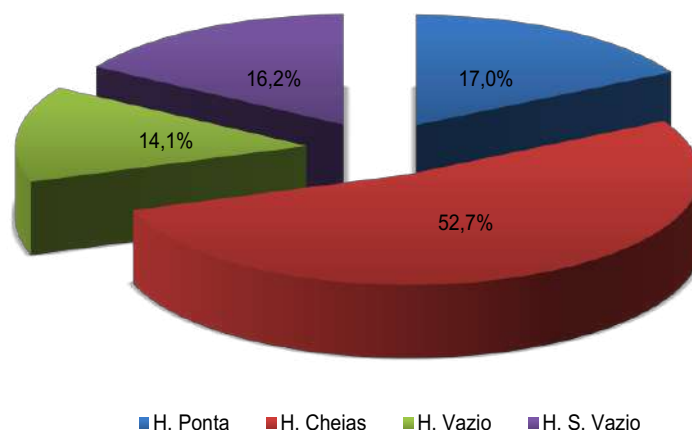


Gráfico 5 - Repartição de energia por período de fornecimento durante o ano de referência

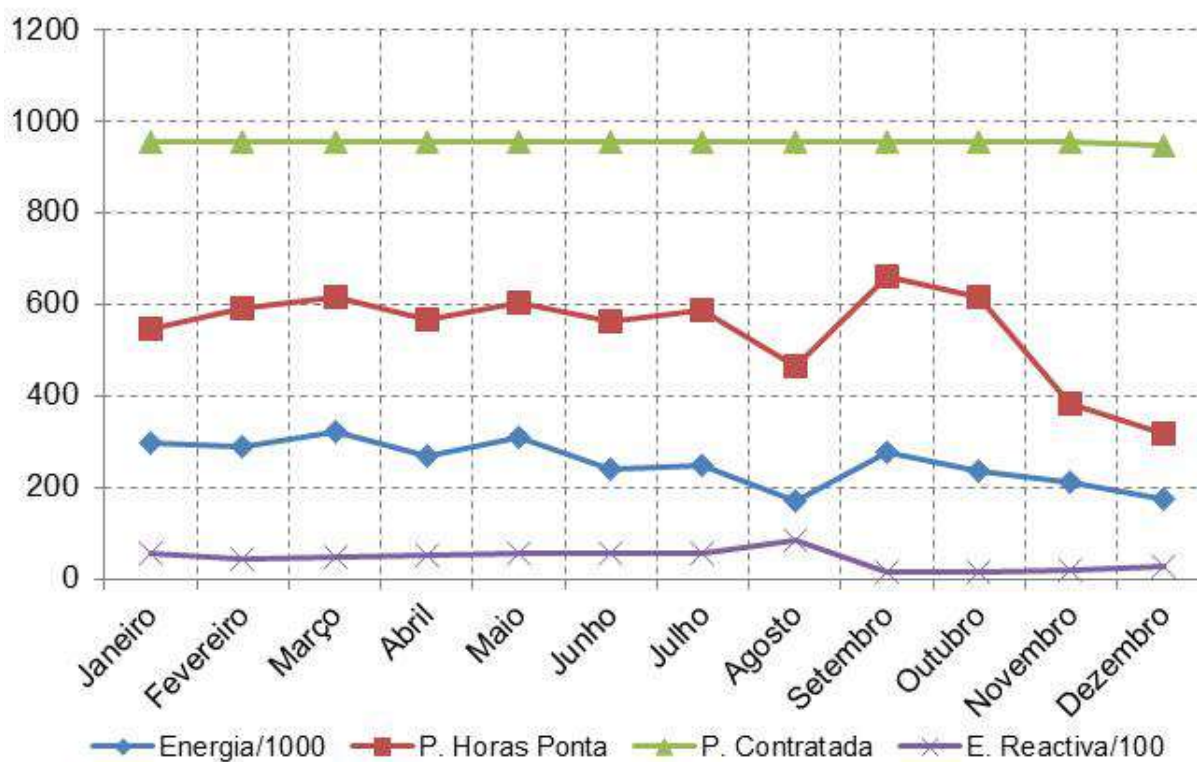


Gráfico 6 - Consumos de energia e potência, durante o ano de referência.

Como se pode verificar, durante todo o ano de referência a potência contratada manteve-se nos 956 kW, tendo sido reduzida em dezembro para 948 kW. A potência máxima em horas de ponta foi de 660,67 kW.

Gasóleo

Como já foi referido anteriormente, o gasóleo é a fonte de energia com menor peso na fatura energética. Na tabela 4 são apresentados o consumo, as emissões e o custo mensal desta forma de energia

Tabela 4 - Repartição mensal do consumo e custo do gasóleo e respetivas emissões.

GASÓLEO							
Mês	Quantidade		Energia		GEE tCO ₂ e	Custo Euro	
	litros	ton	GJ	tep			
Janeiro	4.063	3,392	146,887	3,5	10,9	4.768,81	
Fevereiro	4.112	3,434	148,688	3,6	11,0	4.845,51	
Março	4.323	3,610	156,298	3,7	11,6	5.191,84	
Abril	3.445	2,877	124,565	3,0	9,2	4.121,42	
Mai	3.767	3,146	136,214	3,3	10,1	4.428,29	
Junho	4.367	3,646	157,878	3,8	11,7	4.986,13	
Julho	4.269	3,565	154,346	3,7	11,4	4.900,63	
Agosto	3.658	3,054	132,244	3,2	9,8	4.381,75	
Setembro	3.679	3,072	133,013	3,2	9,8	4.458,83	
Outubro	5.212	4,352	188,441	4,5	13,9	6.252,67	
Novembro	3.175	2,651	114,782	2,7	8,5	3.737,98	
Dezembro	4.823	4,028	174,395	4,2	12,9	5.576,39	
Total	48.893	40,826	1767,751	42,2	130,8	57.650,23	

3.2.2. Repartição dos consumos de energia e respetivo custo

Recorrendo a analisadores de energia, foi possível medir os consumos de vários equipamentos produtivos e sistemas auxiliares de produção, nomeadamente, sistemas de produção de ar comprimido e aspiração. Com base nas medições efetuadas e tendo em conta as horas de funcionamento dos respetivos equipamentos em 2020, foi possível estimar o consumo de energia imputável aos respetivos serviços.



Figura 13 - Analisador de energia

As medições elétricas foram efetuadas com recurso a analisadores de energia da marca *Circutor*. Estes equipamentos permitem efetuar registos de valores instantâneos médios e máximos em períodos programados e obter dados relativos a diferentes parâmetros elétricos, nomeadamente, tensões, correntes, fatores de potência, potências ativas, reativas e aparentes, consumos por fase e entre fases, entre outros.



Figura 14 – Medições no quadro elétrico

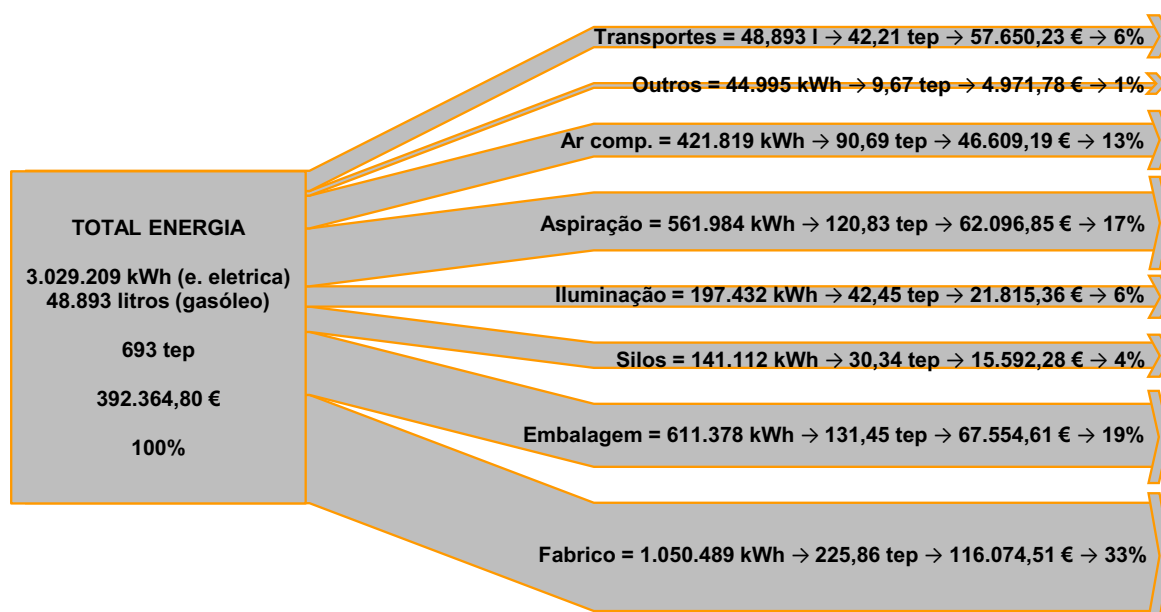


Diagrama 1 - Distribuição da energia na instalação

3.2.3. Indicadores energéticos

Nesta secção, são apresentadas as evoluções mensais dos vários indicadores energéticos que se usaram para caracterizar a instalação industrial, isto é, o Consumo específico (CE), a Intensidade Energética (IE) e a Intensidade Carbónica (IC):

- **Consumo específico:** Representa o quociente entre a quantidade de energia consumida e o volume de produção, kgep/ton (quilograma equivalente de petróleo / unidade de produção).
- **Intensidade energética:** Representa o quociente entre a quantidade de energia consumida e o valor acrescentado bruto da instalação, kgep/euro (quilograma equivalente de petróleo / unidade monetária);
- **Intensidade carbónica:** Representa o quociente entre a quantidade de gases de efeito de estufa (GEE) e a quantidade de energia consumida, tCO₂e/tep (tonelada de dióxido de carbono equivalente / tonelada equivalente de petróleo).

Consumo específico global

Este indicador é determinado com base na produção global e na energia consumida no ano de referência (2020).

Tabela 5 - Consumo específico global

CONSUMO ESPECIFICO					
Mês	Electricidade kgep	Gasóleo kgep	Total Energia kgep	Produção ton	CE kgep/ton
Janeiro	64.072,4	3.507,6	67.580,0	2.147,768	31,47
Fevereiro	62.053,9	3.550,7	65.604,6	1.818,621	36,07
Março	68.801,5	3.732,4	72.533,9	2.395,744	30,28
Abril	57.396,2	2.974,6	60.370,8	2.250,348	26,83
Maio	65.910,4	3.252,8	69.163,2	2.770,285	24,97
Junho	51.545,0	3.770,1	55.315,1	2.023,233	27,34
Julho	52.895,4	3.685,8	56.581,2	1.962,985	28,82
Agosto	36.664,4	3.158,0	39.822,4	1.364,972	29,17
Setembro	59.335,3	3.176,3	62.511,6	2.797,189	22,35
Outubro	50.166,0	4.500,0	54.665,9	2.102,519	26,00
Novembro	45.138,4	2.741,0	47.879,4	1.711,202	27,98
Dezembro	37.301,2	4.164,5	41.465,7	1.548,223	26,78
Total	651.279,9	42.213,7	693.493,7	24.893,089	27,86

O consumo específico global da instalação no ano de 2020 foi de 27,86 kgep/ton. O mês de fevereiro apresenta um desvio de 29% em relação ao valor global e o mês de setembro apresenta

um desvio de -18%. Este indicador varia ao longo dos meses do ano acompanhando a variação da produção. Este resultado está relacionado com o ciclo produtivo do arroz em Portugal.

Intensidade energética global

Este indicador é determinado com base no valor acrescentado bruto e na energia consumida no ano de referência (2020).

Tabela 6 - Intensidade energética global

INTENSIDADE ENERGÉTICA					
Mês	Electricidade kgep	Gasóleo kgep	Total Energia kgep	VAB Euro	IE kgep/Euro
Janeiro	64.072,4	3.507,6	67.580,0	-74.719,34	-0,90
Fevereiro	62.053,9	3.550,7	65.604,6	376.482,02	0,17
Março	68.801,5	3.732,4	72.533,9	337.142,12	0,22
Abril	57.396,2	2.974,6	60.370,8	339.716,68	0,18
Maio	65.910,4	3.252,8	69.163,2	-243.911,10	-0,28
Junho	51.545,0	3.770,1	55.315,1	279.853,39	0,20
Julho	52.895,4	3.685,8	56.581,2	-253.413,77	-0,22
Agosto	36.664,4	3.158,0	39.822,4	348.479,76	0,11
Setembro	59.335,3	3.176,3	62.511,6	1.771.201,89	0,04
Outubro	50.166,0	4.500,0	54.665,9	451.193,83	0,12
Novembro	45.138,4	2.741,0	47.879,4	-1.267.180,93	-0,04
Dezembro	37.301,2	4.164,5	41.465,7	421.085,17	0,10
Total	651.279,9	42.213,7	693.493,7	2.485.929,72	0,28

Intensidade carbónica global

Este indicador é determinado com base nas emissões de gases de efeito estufa e na energia consumida no ano de referência (2020).

Tabela 7 - Intensidade carbónica global

INTENSIDADE CARBÓNICA					
Mês	Electricidade	Gasóleo	GEE	Total Energia	IC
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tep	
Janeiro	140,1	10,9	150,9	67,6	2,23
Fevereiro	135,7	11,0	146,7	65,6	2,24
Março	150,4	11,6	162,0	72,5	2,23
Abril	125,5	9,2	134,7	60,4	2,23
Maio	144,1	10,1	154,2	69,2	2,23
Junho	112,7	11,7	124,4	55,3	2,25
Julho	115,6	11,4	127,1	56,6	2,25
Agosto	80,2	9,8	89,9	39,8	2,26
Setembro	129,7	9,8	139,6	62,5	2,23
Outubro	109,7	13,9	123,6	54,7	2,26
Novembro	98,7	8,5	107,2	47,9	2,24
Dezembro	81,5	12,9	94,4	41,5	2,28
Total	1.423,7	130,8	1.554,5	693,5	2,24

A intensidade carbónica global da instalação no ano de 2020 foi de 2,24 tCO₂e/tep. Dos valores apresentados na tabela anterior, verifica-se que este indicador se mantém constante ao longo dos vários meses do ano.

3.2.4. Indicadores energéticos e custos específicos por fonte de energia

Na tabela 8 apresentam-se os vários indicadores e custos específicos anuais globais por forma de energia verificados no ano de referência (2020).

Tabela 8 - Indicadores energéticos por fonte de energia

GLOBAL						
Fonte	Consumo Especifico			Intensidade Energética kgep/Euro	Intensidade Carbonica tCO ₂ e/tep	Custo específico €/ton
	Quantidade	GJ/ton	kgep/ton			
Electricidade	122 (kWh/ton)	0,438	0,038	0,262	2,19	13,45
Gasóleo	2 (litros/ton)	0,071	0,002	0,017	3,10	2,32
Total	-	0,509	0,040	0,279	2,24	15,76

Como era espectável, verifica-se que a maior incidência dos custos energéticos por tonelada de produto está na eletricidade com 13,45 euro/ton.

3.2.5. Desenvolvimento dos indicadores de consumo e produção

Nesta secção será apresentado o consumo mensal de energia vs. produção, a variação do consumo específico em função da produção e finalmente a reta de regressão linear da produção e do consumo de energia da instalação industrial. Os gráficos apresentados descrevem a evolução do consumo de energia, consumo específico e produção ao longo do ano de referência.

3.2.6. Consumo de energia vs. produção

O gráfico seguinte ilustra a evolução do consumo de energia anual da instalação em função da produção, verificando-se que o consumo de energia é maior quanto maior for a produção.

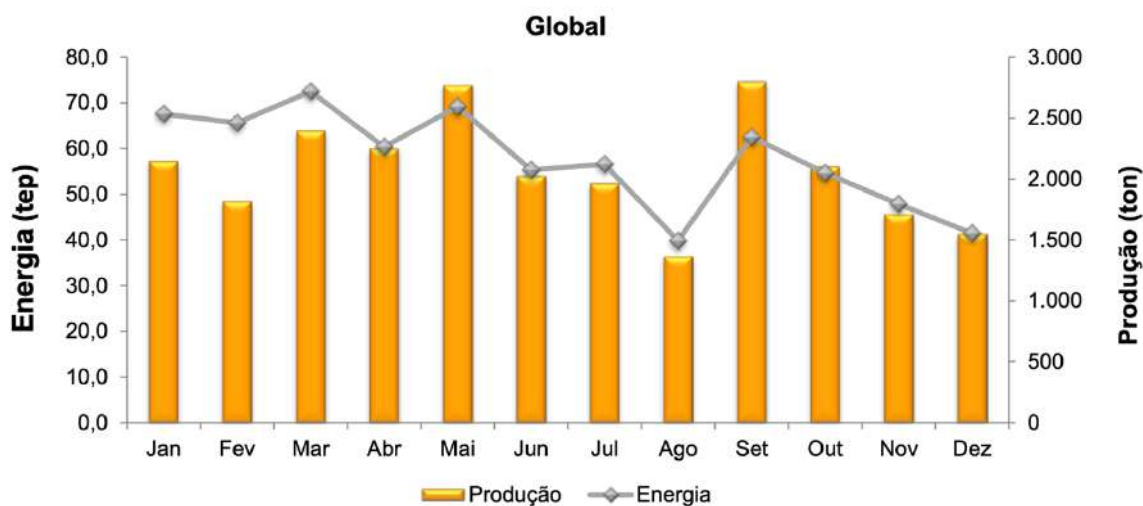


Gráfico 7 - Consumo de energia vs. produção (base tep)

A reta de regressão linear ($Y = c + m \cdot X$) indica a relação entre o consumo de energia e a produção, assim podemos identificar os vários elementos da equação do seguinte modo; Y representa o consumo de energia, X representa a produção, m representa a quantidade de energia necessária para processar uma unidade de produção adicional e C a interceção com o eixo das ordenadas, isto é, a energia consumida mesmo que a produção seja nula.

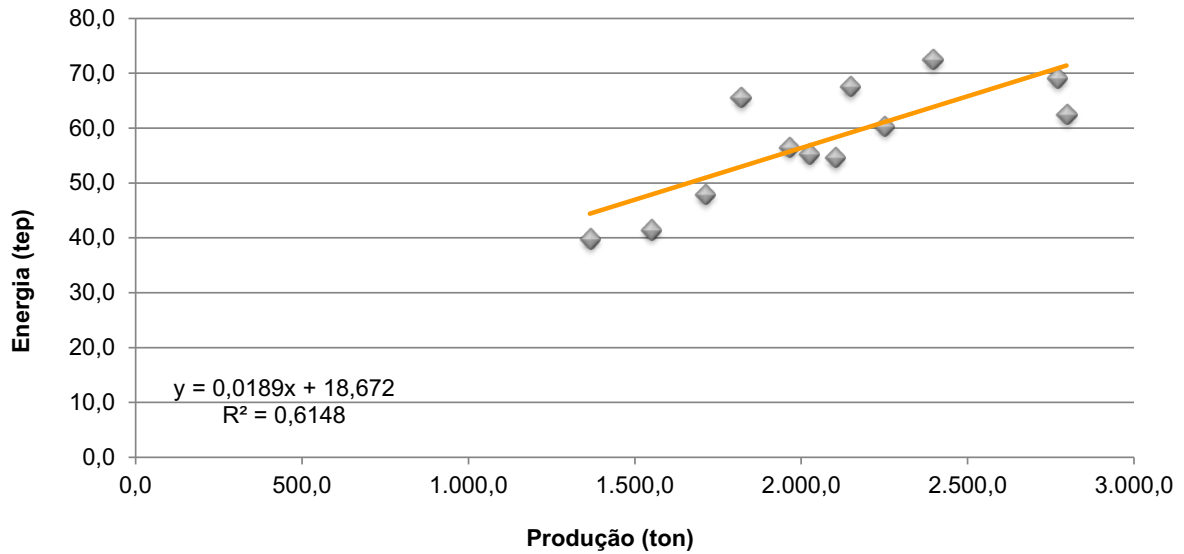


Gráfico 8 - Reta de regressão linear, consumo de energia vs. produção (base tep)

Podemos assim calcular a proporção de energia que não contribui para a produção, através do quociente entre a energia não relacionada com a produção e a média mensal de consumo de energia. Então:

$$\text{Energia não afeta à produção (\%)} = \frac{C}{C + m \cdot X} \times 100$$

Aplicando a expressão anterior à realidade da instalação industrial e sendo:

- X = Produção média anual = 2.074,4 ton;
- C = Intersecção com as ordenadas = 18,672 tep;
- m = energia por unidade produzida = 0,0189 tep/ton;

Obtém-se assim,

$$\text{Energia não afeta à produção} = 32,3 \%$$

Este valor indica a energia utilizada que não está relacionada com a produção. Este valor não espelha apenas ineficiências no processo tais como máquinas ligadas sem produzir, rendimento dos equipamentos, fugas na linha de ar comprimido, etc.. Espelha também todos os consumos que, apesar de não contribuírem diretamente para a produção, são imprescindíveis para o funcionamento da instalação industrial. Nesses consumos podemos incluir a iluminação, os equipamentos informáticos, a climatização, a logística, a extração/ventilação, entre outros.

Consumo Específico vs. Produção

Ao contrário do consumo de energia, verifica-se que o consumo específico é menor quanto maior for a produção.

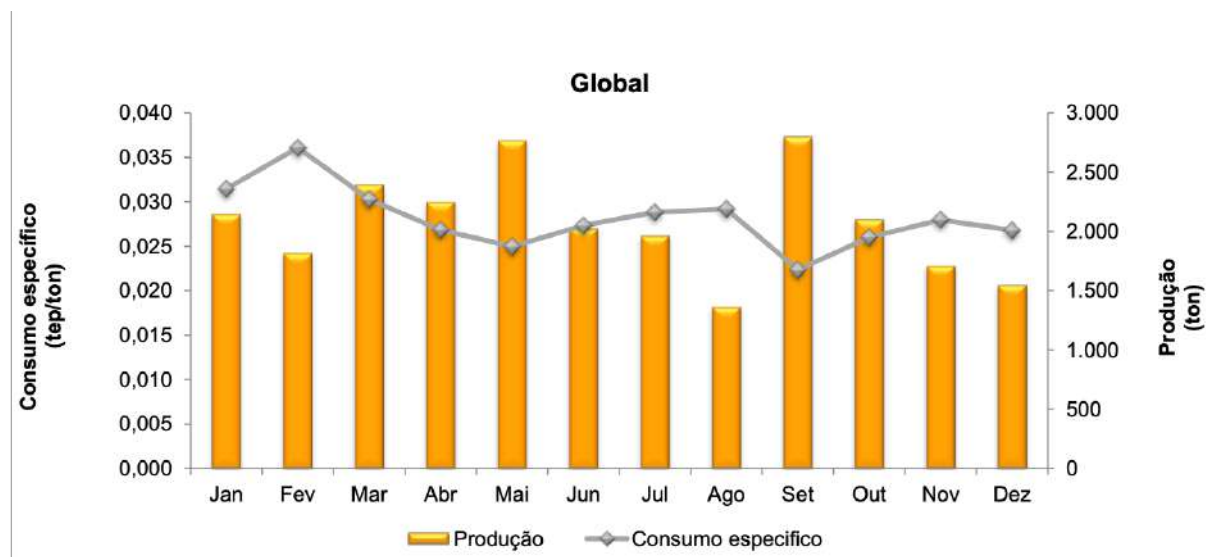


Gráfico 9 - Consumo Específico VS Produção (base tep)

3.3. Oportunidades de melhoria

Tal como mencionado anteriormente, após o levantamento inicial efetuado aos principais consumidores de energia, foram identificadas duas oportunidades de melhoria que resultarão em economias significativas nos consumos e custos da instalação, nomeadamente:

- Identificação e eliminação das fugas de ar comprimido;
- Alteração da iluminação existente por iluminação LED.

Em seguida serão apresentadas com maior detalhe as oportunidades identificadas.

3.3.1. Redução das fugas de ar comprimido

Os sistemas de ar comprimido são comumente utilizados nas instalações industriais e são uma forma versátil, flexível e segura de transmitir energia. Estes sistemas são dos principais consumidores de energia elétrica na indústria europeia, sendo responsáveis por mais de 10% do consumo de eletricidade deste setor. Em Portugal o consumo associado aos sistemas de ar comprimido na indústria ronda os 2,8 TWh/ano. (ADENE, 2016)

O potencial global de economia de energia associado a um sistema de ar comprimido é significativo e ronda em média os 30% ainda que cada medida possa conduzir a economias distintas e variáveis de instalação para instalação (ADENE, 2016) Assim, a otimização energética destes sistemas deverá passar por intervenções nos seus principais constituintes, nomeadamente: produção e tratamento de ar comprimido, redes de distribuição e dispositivos

de utilização final. Em seguida apresentam-se algumas das medidas a considerar para aumentar a eficiência dos sistemas de produção de ar comprimido:

- Otimização da utilização do sistema: ajuste dos controlos e regulação da pressão e desativação quando não utilizado;
- Otimização do nível de pressão do ar comprimido do sistema em função dos dispositivos de utilização final;
- Redução da temperatura do ar de admissão, mantendo uma ótima filtragem na tomada de ar;
- Otimização das mudanças de filtro;
- Utilização de variadores eletrónicos de velocidade;
- Substituição de compressores sobredimensionados;
- Redução das fugas de ar comprimido.

A instalação em análise possui duas centrais de ar comprimido: uma no edifício junto ao moinho e outro no edifício dos silos. Apresentam-se de seguida as principais características de ambas as centrais.

Tabela 9 - Características da central de ar comprimido 1

Central de ar comprimido 1			
Equipamento	Compressor	Depósito	Secador
Marca	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco
Modelo	GA75 VSD	Vertical	FD450
Potência (kW)	75	-	5
Depósito (L/s)	212	-	
Capacidade (L)	-	1 000	
Pressão de serviço (bar)	9,5	9,5	26,0
Pressão máxima (bar)	13	10	
Regime	VEV	-	

Tabela 10 - Características da central de ar comprimido 2

Central de ar comprimido 2	
Equipamento	Compressor
Marca	Atlas Copco
Modelo	GA22 FF
Potência (kW)	28
Depósito (L/s)	54
Capacidade (L)	-
Pressão de serviço (bar)	9,5
Pressão máxima (bar)	13
Regime	carga-vazio

Tendo em conta a importância destes equipamentos no processo produtivo, foram efetuadas medições elétricas a cada uma das centrais cujos resultados são apresentados nos gráficos 10 e 11.

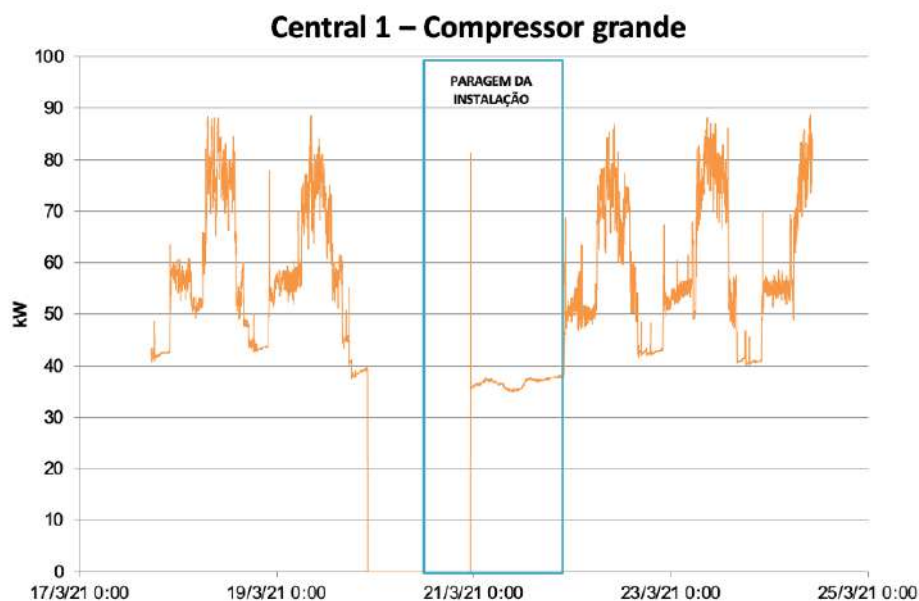


Gráfico 10 - Perfil de consumo da central 1 de ar comprimido

A medição à central de ar comprimido 1 foi efetuada entre os dias 17/03/2021 e 25/03/2021. De salientar que foi tido o cuidado de incluir o período de paragem da instalação de modo a verificar a existência de fugas e validar a percentagem das mesmas no seu consumo total.

Assim, pela análise do diagrama de carga anteriormente apresentado, obtiveram-se as seguintes conclusões:

- Potência elétrica máxima e média durante o período de laboração foram de 88,4 e 59,2 kW, respetivamente;
- Durante o período de paragem da instalação (sábado dia 20/03 a partir das 23 horas e domingo dia 21/03 até às 22:00) verificou-se uma potência média e máxima de 36,8 e 39,3 kW, respetivamente. Tendo em conta que durante este período não se encontrava nenhum equipamento com necessidade de ar comprimido em laboração, conclui-se que o funcionamento do compressor se deve à necessidade de compensar a pressão de ar como resultado da existência de fugas ao longo da linha e/ou acessórios.

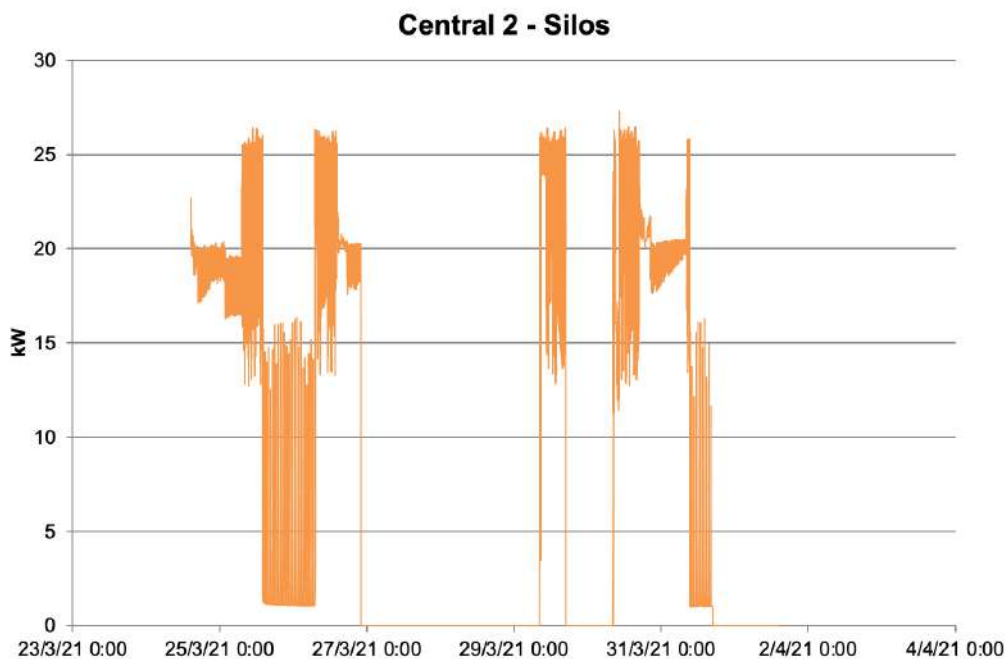


Gráfico 11 - Perfil de consumo da central 2 de ar comprimido

A medição elétrica à central de ar comprimido 2 foi efetuada entre os dias 23/03/2021 e 04/04/2021. Pelo perfil elétrico anteriormente apresentado verificou-se que a potência elétrica média e máxima da central de ar comprimido 2 foi de 19,2 e 26,4 kW, respetivamente. Não se verificou a existência de fugas nesta central. No Anexo A apresentam-se as restantes medições realizadas ao longo da auditoria.

Assim, tendo em conta os resultados das medições elétricas anteriormente apresentados, e atendendo a que as fugas de ar comprimido representam 32,3% do consumo da central de ar comprimido 1, foi proposto, como medida de eficiência energética, a redução das fugas existentes. A percentagem de fugas pode ser calculada através do quociente entre a equação (1) e (2).

$$\text{Consumo}_{\text{central 1(laboração normal)}} = P_{\text{média}}(\text{medida durante a semana})(kW) \times H_{\text{funcionamneto}} \left(\frac{h}{\text{ano}} \right) \quad (1)$$

$$\text{Consumo}_{\text{central 1(sem laboração)}} = P_{\text{média}}(\text{medida durante fim de semana})(kW) \times H_{\text{funcionamneto}} \left(\frac{h}{\text{ano}} \right) \quad (2)$$

$$\% \text{ fugas} = \frac{\text{Consumo}_{\text{central 1 (sem laboração)}}}{\text{Consumo}_{\text{central 1 (laboração normal)}}} = \frac{136.173}{421.819} = 32\%$$

De acordo com os dados de referência da indústria, as fugas deverão representar em média apenas 10% do consumo de ar comprimido total. Assim, considerando uma redução de 32% para 10% de fugas, será possível obter uma economia de 93.988 kWh/ano, o equivalente a 20,21 tep e 44,17 tCO₂, sendo necessário para o efeito um investimento inicial de 3.120 €.

É importante que, em instalações com consumos significativos de ar comprimido, sejam implementados programas regulares de verificação e eliminação de fugas de ar comprimido. Hoje em dia é relativamente simples a localização de fugas mesmo em ambientes ruidosos, recorrendo a equipamentos que detetam o ponto exato com recurso a aparelhos de ultrassons e sem a necessidade de interromper a laboração.

Após esta verificação, e identificando exatamente quais os pontos de fuga, será possível a determinação do seu diâmetro e, conseqüentemente, os caudais de ar desperdiçados nestes pontos, o que permitirá recalcular a quantidade de fugas tendo em conta os valores de referência da Tabela 11.

Tabela 11 -Determinação do caudal de fugas (m^3/min) com base na pressão do ar comprimido e no diâmetro do orifício por onde se verifica a fuga.(ADENE, 2016)

D(mm)	Pressão Absoluta (bar)												
	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar	12 bar	15 bar	20 bar	30 bar
0,1	0,00027	0,00036	0,00045	0,00054	0,00054	0,00072	0,00081	0,0009	0,00099	0,00117	0,00144	0,00188	0,00279
0,2	0,00109	0,00145	0,00181	0,00217	0,00252	0,00288	0,00324	0,0036	0,00396	0,00468	0,00575	0,00755	0,0111
0,3	0,00245	0,00326	0,00406	0,00487	0,00568	0,00649	0,0073	0,008105	0,00891	0,0105	0,013	0,017	0,0251
0,5	0,00681	0,00905	0,0113	0,0135	0,0158	0,018	0,0203	0,02255	0,0248	0,0292	0,036	0,0472	0,0696
1	0,0272	0,0362	0,0452	0,0541	0,0631	0,0721	0,0811	0,09005	0,099	0,117	0,144	0,188	0,279
1,5	0,0613	0,0815	0,102	0,122	0,142	0,162	0,183	0,203	0,223	0,263	0,323	0,425	0,627
2	0,109	0,145	0,181	0,217	0,252	0,288	0,324	0,36	0,396	0,468	0,575	0,755	1,11
3	0,245	0,326	0,406	0,487	0,568	0,649	0,73	0,8105	0,891	1,05	1,3	1,7	2,51
4	0,436	0,579	0,723	0,865	1,01	1,15	1,3	1,4425	1,585	1,87	2,3	3,02	4,45
5	0,681	0,905	1,13	1,35	1,58	1,8	2,03	2,255	2,48	2,93	3,6	4,72	6,96
6	0,981	1,304	1,63	1,95	2,27	2,6	2,92	3,245	3,57	4,22	5,18	6,8	10
8	1,75	2,32	2,89	3,46	4,04	4,62	5,19	5,765	6,34	7,5	9,2	12,1	17,8
10	2,72	3,62	4,52	5,41	6,31	7,21	8,11	9,005	9,9	11,7	14,4	18,8	27,9
12	3,92	5,22	6,5	7,78	9,09	10,4	11,68	12,99	14,3	16,9	20,7	27,2	40,1
15	6,13	8,15	10,2	12,2	14,2	16,2	18,25	20,275	22,3	26,3	32,3	42,5	62,7
20	10,9	14,5	18,1	21,7	25,2	28,8	32,4	36	39,6	46,8	57,5	75,5	111
25	17	22,6	28,2	33,8	39,5	45	50,7	56,3	61,9	73,1	90	118	
30	24,5	32,6	40,6	48,7	56,8	64,9	73	81,05	89,1	105	130		
35	33,4	44,4	55,3	66,3	77,3	88,3	99,3	110,15	121	144			
40	43,6	57,9	72,3	86,5	101	115	130	144,5	159				
45	55,2	73,3	91,3	110	128	146							
50	68,1	90,5	113	135									
55	82,4	109,5	136										
60	98,1	130,4											

Recomendações adicionais para a gestão e racionalização dos consumos de energia nas centrais de ar comprimido:

- Após minimização das fugas, deve verificar-se a possibilidade de redução da pressão de serviço do compressor da central 1. Estima-se que por cada bar de redução na pressão será possível diminuir o consumo elétrico do compressor entre 8-10%;
- Deve proceder-se à instalação de redutores nos troços de rede que trabalham a menor pressão e bicos redutores e silenciadores nas pistolas de limpeza;
- Deve proceder-se à instalação de cortes automáticos na alimentação das máquinas de modo a cessar a alimentação quando estes não se encontram em funcionamento;

- Deve proceder-se ao arejamento das centrais de ar comprimido. Por cada °C de redução na temperatura do ar admitido aos compressores é possível obter uma redução de 0,5% no consumo de energia elétrica dos mesmos.

3.3.2. Substituição da iluminação

Apesar de na maior parte das indústrias, a contribuição da iluminação nos consumos energéticos globais não ser representativa (2 a 10%), face a outros setores com consumos mais prementes, a sua otimização continua a ser de elevada importância na medida em que estes equipamentos estão presentes em qualquer instalação e apresentam um consumo constante ao longo do ano (ISQ, 2019).

Em alguns casos os sistemas de iluminação instalados estão ultrapassados tanto ao nível de equipamentos instalados como das tecnologias utilizadas. Com o desenvolvimento das tecnologias de iluminação e com a implementação de sistemas de controlo é possível reduzir até um terço os custos associados à sua utilização em comparação com os sistemas de iluminação tradicionais.

Das medidas de eficiência energética que podem ser implementadas neste tipo de sistemas destacam-se:

- Utilização de equipamentos mais eficientes (lâmpadas, luminárias e acessórios);
- Maximização do uso de iluminação natural;
- Utilização de sistemas de controlo de iluminação localizados;
- Pintar as paredes e telas com cores mais claras.

Durante a auditoria foi feito um levantamento de todas as luminárias instaladas na unidade fabril. Este levantamento permitiu uma familiarização com as distintas áreas da unidade fabril de forma a poder propor a solução mais indicada às suas necessidades. Do levantamento verificou-se que a instalação possuía maioritariamente luminárias do tipo fluorescente tubular de 1,5 metros com balastro ferromagnético e vapor de mercúrio (Quadro 4).

Iluminação				
	Quantidade	Tipo	Potência (W)	Balastro
Oficina Elect.	7	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
	2		18	Ferromagnético
Embalagem	28	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
	6		36	Ferromagnético
Silos Branco	32	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
	20		36	Ferromagnético
	15		18	Ferromagnético
Tulhas	18	Fluorescentes, T8	36	Ferromagnético
Lab./ Recep.	48	Fluorescentes, T8	18	Ferromagnético
Moinho RC	28	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
Moinho 1º	40	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
Moinho 2º	36	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
Sala Controle	16	Fluorescentes, T8	18	Ferromagnético
Vestiários	6	Fluorescentes, T8	36	Ferromagnético
Refeitório	6	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
Escritório RC	48	Fluorescentes, T8	36	Ferromagnético
Entrada	4	Fluorescentes, T8	36	Ferromagnético
Sala Reunião 1	8	Fluorescentes, T8	36	Ferromagnético
Sala Reunião 2	8	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
Sala Reunião 3	12	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
Escritório Sala 1	32	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
	2		36	Ferromagnético
	2		18	Ferromagnético
Escritório (Dr Costa)	8	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
Escritório Sala 2	26	Fluorescentes, T8	58	Ferromagnético
	8		36	Ferromagnético
Corredor 1º	8	Fluorescentes, T8	18	Ferromagnético
Escritório (Sr. Jaime)	8	Fluorescentes, T8	18	Ferromagnético
Escritório (Sr. Mario)	8	Fluorescentes, T8	18	Ferromagnético
Escritório 3	8	Fluorescentes, T8	18	Ferromagnético
	4		58	Ferromagnético
Escritório (Helena)	8	Fluorescentes, T8	18	Ferromagnético
Armazem Bigs	20	Vapor Mercúrio	400	Reactância
Armazem Expedição	23	Vapor Mercúrio	400	Reactância
Embalagem	18	Vapor Mercúrio	250	Reactância
Armazem fardos	6	Vapor Mercúrio	250	Reactância
Moinho 3º	3	Vapor Mercúrio	250	Reactância
Exterior	32	Vapor Mercúrio	150	Reactância

Quadro 4 - Levantamento da iluminação existente

3.3.3. Custo da iluminação

No cálculo do custo com a iluminação artificial em cada zona distinta da unidade produtiva, recorreu-se aos dados recolhidos e medições efetuadas: levantamento das luminárias instaladas, média anual de horas de funcionamento, custo médio estimado da tecnologia instalada, potência por fonte de iluminação e custo médio do kWh. O custo da iluminação artificial atual obtém-se através da soma de duas parcelas: custo energético e custo de exploração.

Para o cálculo do custo energético é necessário determinar a energia consumida em cada área, tendo em conta a solução de iluminação existente. A energia, consumida anualmente, é calculada através da equação (3).

$$Consumo_{energético} \left[\frac{kWh}{ano} \right] = \frac{N^{\circ}_{luminárias} \times P_{luminária} [W] \times H_{funcionamento} \left[\frac{h}{ano} \right]}{1000} \quad (3)$$

O custo da energia consumida obtém-se pela equação (4).

$$Custo_{energético} \left[\frac{€}{ano} \right] = Consumo_{energético} \left[\frac{kWh}{ano} \right] \times Custo_{médio kWh} \left[\frac{€}{kWh} \right] \quad (4)$$

O custo de exploração, neste caso, reflete apenas o custo de manutenção da fonte de iluminação. A substituição das lâmpadas e balastros representa um investimento monetário apenas na aquisição do equipamento, uma vez que, a equipa de manutenção da unidade industrial pode assegurar a substituição destes equipamentos, não sendo necessário recorrer a mão-de-obra externa. O cálculo do custo de exploração pode ser obtido através da equação (5).

$$Custo_{exploração} \left[\frac{€}{ano} \right] = N^{\circ}_{luminárias} \times \frac{H_{funcionamento} \left[\frac{h}{ano} \right]}{Vida Útil_{luminária} [h]} \times Custo_{luminária} [€] \quad (5)$$

Por fim, o cálculo do custo da iluminação pode ser obtido somando as duas parcelas como apresentado na equação (6).

$$Custo_{iluminação} \left[\frac{€}{ano} \right] = Custo_{energético} \left[\frac{€}{ano} \right] + Custo_{exploração} \left[\frac{€}{ano} \right] \quad (6)$$

3.3.4. Solução Proposta

As lâmpadas LED são mais eficientes que as fluorescentes, ou seja, gastam menos energia para produzir o mesmo fluxo luminoso. Além disso, apresentam um tempo de vida 4 vezes superior, podendo no final da sua utilização ser colocadas no lixo comum ajudando assim a preservar o meio ambiente.

Estima-se que com esta medida seja possível reduzir 25 581 kWh/ano o equivalente a 5,5 tep e 12,11 tCO₂ sendo necessário um investimento de 12.342,91€.

Recomendações adicionais para a gestão e racionalização dos consumos de energia nos sistemas de iluminação:

- Limpeza periódica das armaduras, podendo conduzir a um aumento da eficiência de 10-30%;
- Aproveitamento da iluminação natural das instalações fabris, através da limpeza dos translúcidos da instalação;
- Instalação de sistemas de gestão de iluminação, instalação de sensores em zonas diariamente pouco movimentadas, como por exemplo nos armazéns e na central de vapor. Os sensores mais aconselháveis são os de presença, que acionam quando sentem a presença de um indivíduo no local, e os de intensidade luminosa que acionam quando o nível de iluminação é inferior ao estabelecido;
- Análise dos circuitos de distribuição, estudando eventualmente uma redistribuição dos mesmos, tendo em vista a sectorização estratégica, que permita que cada circuito proporcione uma distribuição homogénea de luz em toda a superfície da sala em causa.

4. Outras atividades desenvolvidas

Durante o estágio na empresa Infiniplus, foram desenvolvidas diversas atividades para além da auditoria energética apresentada no capítulo 3 que contribuíram para a aquisição de novos conhecimentos, bem como para o desenvolvimento de novas competências.

Numa primeira fase o aluno iniciou-se pela orçamentação, comunicação com os clientes e elaboração de documentos tais como guias de transporte, faturas e notas de encomenda de material. Esta fase permitiu ao aluno adquirir conhecimentos a nível dos equipamentos nas áreas de AVAC e AQS. Permitiu também conhecer empresas que laboram na mesma área de negócio, reunir contactos de futuros fornecedores e ficar a par dos preços dos materiais e dos equipamentos nas várias áreas de climatização.

Numa segunda fase o aluno passou a acompanhar uma equipa de manutenção AVAC, o que lhe permitiu um contato direto com os equipamentos e identificar as principais avarias e quais as suas causas. Em alguns casos, foi possível perceber como proceder à resolução dessas avarias. Posteriormente ao sentir-se mais capaz e autónomo, o aluno passou a executar planos de manutenção e a coordenar as equipas técnicas para as respetivas intervenções.

Já num período de transição, adveio a fase de algumas idas a obras para acompanhamento ou ajuste das instalações terminadas, como forma de se relacionar com o ambiente prático e clarificar conceitos a ter em conta quando se for projetar uma instalação.

Numa terceira e última fase, foi concedida uma maior liberdade ao aluno para resolver por si os problemas que iam surgindo no decorrer das obras, exigindo-se-lhe um maior sentido de responsabilidade. Ficou a seu cargo também a negociação e respetiva adjudicação dos equipamentos e materiais a instalar.

Na secção seguinte apresentam-se, de forma breve, alguns conceitos e características principais dos equipamentos e acessórios comumente encontrados nas instalações AVAC de cuja manutenção a empresa Infiniplus é responsável.

4.1. Instalações AVAC

A empresa na qual o aluno realizou o estágio atua maioritariamente no projeto, manutenção e instalação de sistemas AVAC. Como tal, existem alguns conceitos que estiveram presentes no decorrer do estágio curricular e que são aqui revisitados.

AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) pode ser entendido como o conjunto de sistemas mecânicos projetados para proporcionar conforto térmico e qualidade de ar num espaço interior. AVAC implica o controlo de um ambiente atmosférico com vista a satisfazer determinados padrões para os seres humanos e animais, ou garantir as condições ideais e necessárias para processos industriais ou científicos. Este processo requer que várias características como a temperatura, humidade relativa, pressão, caudal, qualidade do ar, entre outras sejam monitorizadas e controladas dentro de determinados padrões. A forma como se utiliza um edifício/espaço é muito variável, pelo que as instalações de AVAC devem ser pensadas para satisfazer exigências gerais ou específicas que advêm do tipo de espaço a

climatizar. Em geral, quanto mais exigentes os parâmetros e variações admissíveis, mais dispendioso será instalar e operar as instalações técnicas.

4.1.1. Principais equipamentos utilizados

Uma instalação AVAC pode ir de uma instalação simples a uma instalação mais complexa. Estes tipos de instalações são compostas pelos mais diversos equipamentos e não prescindem de certos materiais para que possam ter um correto funcionamento e desempenho. De seguida são apresentados de uma forma breve os equipamentos mais utilizados na área do AVAC e que se encontravam presentes em muitas das instalações visitadas durante o estágio, bem como nos projetos AVAC com que a Infiniplus lida diariamente.

Unidade de tratamento de ar

As unidades de tratamento de ar (UTA), destinam-se ao tratamento do ar através da renovação, filtração, aquecimento, arrefecimento, controlo de caudais, humidificação e desumidificação do ar. O ar, após passar por todos os processos de tratamento, é direcionado para os espaços a climatizar. Dentro das unidades de tratamento de ar, é possível fazer uma divisão quanto à percentagem de ar novo utilizado: unidades de tratamento de ar que utilizam ar novo e parte do ar proveniente do interior do edifício (UTAs); unidades de tratamento de ar que utilizam 100% de ar novo, recolhendo todo o ar do exterior e inserindo-o no interior do edifício (UTANs.)

Estes equipamentos são constituídos por módulos de ventilação, filtração, baterias de aquecimento e de arrefecimento (as baterias podem ser a água, expansão direta ou elétricas) e, no caso de ser uma UTA, possuem ainda módulo de mistura. Devido à sua versatilidade, estes equipamentos podem possuir várias configurações que facilmente podem ser adaptadas às necessidades do espaço a climatizar.



Figura 15 - Unidade de tratamento de ar

Recuperadores de Fluxos Cruzados

Também conhecidos por recuperadores de calor, são equipamentos utilizados para aproveitar a carga térmica proveniente do interior do edifício. Os dois ventiladores existentes no seu interior são responsáveis pela insuflação do ar novo e pela extração do ar viciado. O ar viciado ao passar no permutador do recuperador transfere parte do seu calor para o ar novo que assim será insuflado a uma temperatura mais próxima da do interior do local a climatizar. Estes equipamentos contêm ainda filtros de ar, normalmente cassetes metálicas com manta filtrante do tipo G4 na zona de insuflação.



Figura 16 - Recuperador de fluxos cruzados

Rooftops

As rooftops são unidades de tratamento de ar compactas e incluem o seu próprio dispositivo autónomo de aquecimento ou arrefecimento do ar, num sistema de fluido frigorígeno - ar (AVAC, 2018).

Estes tipos de equipamentos são conhecidos por desempenhar as mesmas funções que uma unidade de tratamento de ar, no entanto são equipamentos menos versáteis quando comparados às mesmas pois não são modulares, não sendo possível acrescentar ou modificar elementos.



Caldeiras

Uma caldeira é uma máquina térmica geradora de calor do tipo combustão interna. O calor é aproveitado para o aquecimento da água e para a produção de vapor. A água que sai das caldeiras em AVAC geralmente vai circular pelas UTA's, ou pelas próprias unidades terminais, aquecendo o ar e regressando a uma temperatura inferior (AVAC, 2018). Uma das grandes vantagens das caldeiras é a sua versatilidade quanto ao tipo de combustível utilizado para a sua alimentação (gasóleo de aquecimento, gás natural, GPL, lenha, pellets, entre outros). As caldeiras podem ser do tipo chão ou mural. O tipo mural inclui as caldeiras de condensação, onde há um aproveitamento do calor residual nos gases de combustão para pré-aquecer a água, reduzindo assim o consumo e conseqüentemente a emissão de gases poluentes, aumentando o rendimento da caldeira, e as caldeiras convencionais, em que o calor dos gases de combustão não é aproveitado, sendo simplesmente libertado para a atmosfera.

Chiller

Os chillers são unidades de grande porte e elevada eficiência normalmente utilizadas para a produção de água gelada. A água produzida é utilizada com o objetivo de arrefecer o ar conforme as necessidades da instalação. É considerado um sistema de expansão indireta, pois ocorre transferência de calor em mais de que um meio até se chegar ao local a climatizar (AVAC, 2018).

Para a produção de água gelada, o calor retirado da água deve ser rejeitado para outro meio, existindo chillers de condensação a água e condensação a ar. Nos chillers de condensação a água, o calor é rejeitado para a água, sendo necessário um sistema de apoio, normalmente uma torre de arrefecimento. Nos chillers de condensação a ar, o calor é rejeitado para o ar exterior.



Figura 17 - Chiller

Bomba de Calor

Uma bomba de calor é uma máquina térmica, utilizada com o intuito de elevar a temperatura de um espaço confinado a temperaturas superiores às do meio envolvente. Para isso, este equipamento rege-se pelo ciclo de compressão de vapor. Este ciclo é composto por quatro etapas, expansão, evaporação, compressão e condensação. Recorre às mudanças de fase, líquido-gasoso e gasoso-líquido do fluido frigorigéneo efetuando um circuito com vista a realizar as permutas de calor no evaporador e no condensado (AVAC, 2018).



Figura 18 - Bomba de calor

Ventiloconvector

Estes equipamentos permitem a circulação de fluidos térmicos secundários, nomeadamente água quente ou fria. Recorrem à ventilação forçada para fazer circular o ar por uma bateria de água permitindo a injeção ou remoção de calor (AVAC, 2018).



Figura 19 - Ventiloconvector

Sistemas Mono-split e Multi-split

Estes sistemas de climatização são utilizados para climatizar ambientes, sendo compostos por uma unidade interior e outra exterior. As unidades interiores podem variar entre o tipo mural, cassete, teto, chão ou conduta. Esta solução é ideal para aquecer ou arrefecer uma única divisão.

São considerados sistemas de expansão direta, em que o calor é transferido diretamente por circulação do fluido refrigerante para evaporadores.



Figura 20 - Monosplit

VRV

Semelhante ao sistema multi-split, mas que se destaca pela possibilidade de ligação de um maior número unidades interiores a uma única unidade exterior. Este tipo de sistema faz o ajuste do caudal do fluido frigorífero para cada unidade interior e, em alguns casos permitem o aquecimento e arrefecimento simultâneos.



Ventiladores

Os ventiladores, presentes em grande parte dos equipamentos anteriormente referidos, são frequentemente utilizados para impulsionar ou extrair o ar através de uma rede de condutas. Existe uma grande variedade de ventiladores, podendo ser classificados consoante a sua função. Destacam-se os ventiladores axiais também designados por in-line, centrífugos e de desenfumagem.



Figura 21 – Ventiladores

4.1.1. Manutenção de equipamentos AVAC

A Infiniplus é também uma empresa dedicada e especializada em manutenção de instalações AVAC. Nestas instalações, devido à grande diversidade de equipamentos onde é necessário manter condições adequadas de funcionamento, a manutenção implica uma multiplicidade de tarefas., tendo várias sido desempenhadas durante o decorrer do estágio.

Segundo a norma portuguesa NP EN 13306:2007, manutenção define-se como “a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”. Surge assim nesta definição, também o conceito de ciclo de vida, sendo este definido como o “intervalo de tempo que se inicia com a conceção e termina com a sua eliminação”

Atualmente a manutenção engloba ainda atividades que visam responder a exigências legais, certificação, segurança e sustentabilidade ambiental e social. No caso específico de um edifício de serviços é esperado que a manutenção permita o cumprimento das disposições legais relativamente à qualidade do ar, gestão energética, condições de higiene e segurança no local de trabalho, além de assegurar a máxima disponibilidade de sistemas e equipamentos (Coimbra, 2015)

De acordo com a Figura 6, no período inicial de vida útil de um equipamento (curva próxima do ponto A), é essencial apostar numa manutenção preventiva adequada, para garantir que eventuais avarias ocorram de forma casual e de acordo com uma taxa de avaria constante. A última fase da curva, fase em que o equipamento começa a perder a maioria das suas características, corresponde a um aumento exponencial da taxa de avarias num determinado período de tempo, que resulta da degradação e desgaste dos componentes que constituem o equipamento (Coimbra, 2015).

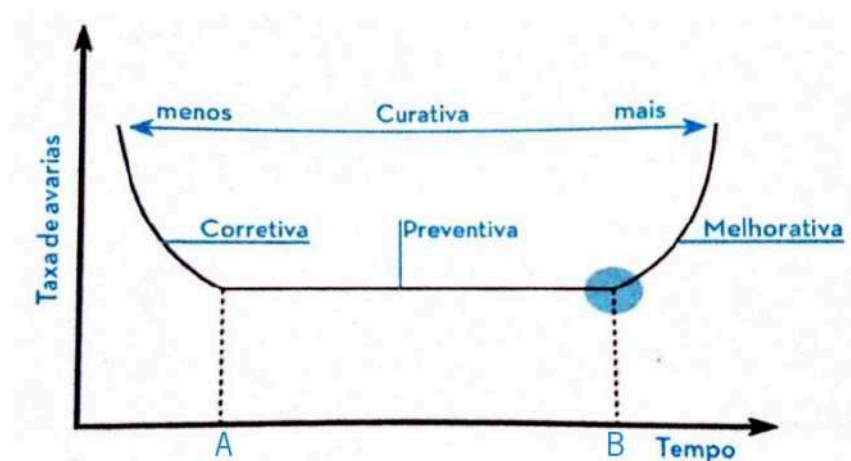


Figura 22 - Fases do ciclo de vida de um equipamento e respetivos tipos de manutenção associados (Pitéu, 2011).

Os objetivos da manutenção definem-se como, “metas fixadas e aceites para as atividades de manutenção. Estas metas poderão incluir, por exemplo, a disponibilidade, os custos, a qualidade do produto, a preservação do ambiente, a segurança”. Associada a esta definição surge a de estratégia da manutenção, “método de gestão utilizado para atingir os objetivos da manutenção”. Assim, de uma forma breve, os objetivos da manutenção concentram-se em:

- Certificar que os equipamentos trabalham de uma forma segura;
- Assegurar a disponibilidade do equipamento ao nível pretendido;
- Reduzir ao mínimo os custos diretos e indiretos de avarias;
- Reduzir stock's de peças de substituição;
- Retirar máximo de rendimento do equipamento.

4.2. Orçamentação

Durante o estágio, o aluno elaborou diversos orçamentos, nomeadamente:

- Pré-instalações de ar condicionado;
- Instalação de ar condicionado (monosplit e multi-split);
- Instalação de sistemas fotovoltaicos;
- Instalação de bombas de calor para produção de AQS e climatização;
- Manutenção preventiva e corretiva de equipamentos AVAC.

Nesta etapa é necessário ter muita atenção, pois esta tarefa tem bastantes pormenores e requer elevada atenção a nível dos valores dados, porque por vezes tem de se ter em linha de conta vários fatores num único item. Quando se está a orçamentar não basta apenas olhar ao custo do equipamento ou do material em si, é necessário olhar também para todos os outros custos inerentes à sua aplicação em obra, como por exemplo as deslocações.

4.3. Manutenção de Equipamentos AVAC e AQS

Durante o estágio foram várias as manutenções a equipamentos AVAC realizadas, apresentando-se nesta secção algumas das manutenções em que o aluno participou.

4.3.1. Manutenção a sistemas solares térmicos

O aluno acompanhou a equipa técnica numa intervenção de manutenção a um sistema solar térmico, assimilando os diversos trabalhos que devem ser executados numa intervenção deste tipo, principalmente a limpeza dos painéis, verificação do nível do glicol e respetivo ph sem esquecer a verificação do estado de conservação do ânodo de proteção. Caso seja necessário deve limpar-se o circuito primário e proceder-se à mudança da água juntamente com o líquido anticongelante.

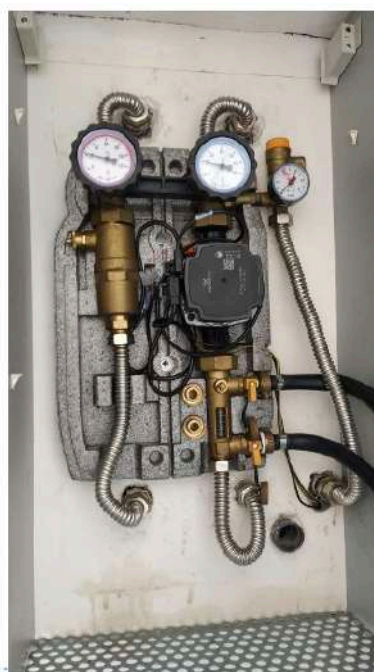


Figura 23 - Manutenção de um sistema solar térmico

4.3.2. Manutenção de ventiladores

Muitas das vezes, o desalinhamento entre a polia do motor e a polia do ventilador ou o mau tensionamento da correia são causas suficientes para que os ventiladores não funcionem de maneira correta. Nesta situação o aluno ao realizar a manutenção dos ventiladores verificou que alguns deles apresentavam as correias rompidas/gastas. Posto isto, procedeu-se à troca das correias.

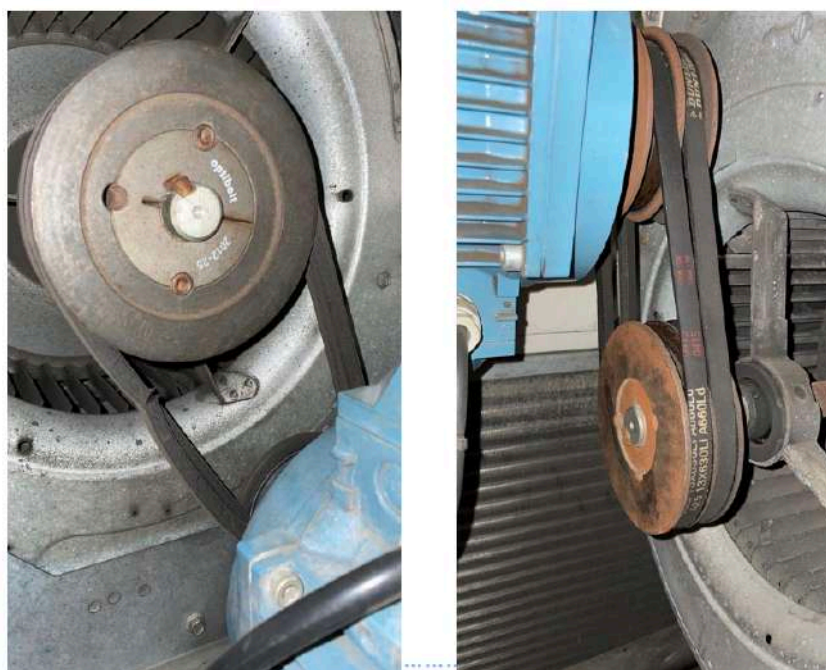


Figura 24 - Substituição de correia danificada

4.3.3. Limpeza de filtros e baterias

A manutenção dos sistemas de ar condicionado é muitas das vezes negligenciada pelos utilizadores. A sua manutenção é fundamental para promover a saúde, a segurança e o bem-estar de todos aqueles que usufruem do equipamento.

Nesta situação, o aluno procedeu à remoção de poeiras acumuladas nas grelhas e nos filtros, pois estas podem afetar o fluxo de ar do equipamento. Procedeu-se também à higienização das serpentinas e das alhetas, de forma a evitar a proliferação de fungos e bactérias.



Figura 25 - Limpeza e desinfeção dos filtros e baterias de sistemas de ar condicionado

4.3.4. Substituição do atuador em uma UTA

Numa instalação foi detetado que a válvula do circuito de água fria da unidade de tratamento de ar (UTA) não abria quando esta era acionada pela GTC (Gestão Técnica Centralizada). A equipa técnica quando se deslocou ao local reparou que o atuador existente estava queimado e que era necessário proceder á sua troca. O aluno após receber essa informação, tratou da orçamentação e respetivo envio da proposta. Após adjudicação por parte do cliente e respetiva receção do material por parte do fornecedor o aluno, dirigiu-se ao local com a equipa técnica para a respetiva instalação.

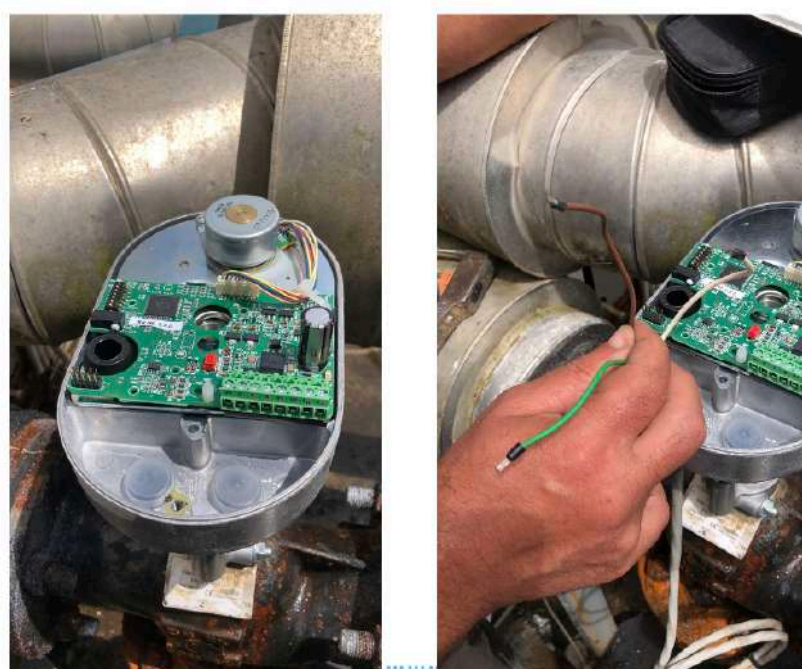


Figura 26 - Ligações elétricas do atuador substituído numa UTA.

4.3.5. Substituição de componentes hidráulicos

Durante as manutenções realizadas, constataram-se alguns componentes hidráulicos danificados sendo necessário proceder à sua troca. O aluno, após receber essa informação por parte da equipa técnica que se encontrava a efetuar a manutenção, procedeu à orçamentação e envio da proposta. Após adjudicação por parte do cliente e respetiva receção do material por parte do fornecedor, o aluno acompanhou a equipa técnica para a respetiva instalação.



Figura 27 -Substituição de junta antivibrática do circuito de água fria de uma UTA.

4.3.6. Instalação de sistemas de ar condicionado

No decorrer do estágio foram vários os trabalhos relacionados com a instalação de sistemas de ar condicionado, tendo o aluno acompanhado frequentemente todo o processo, desde a visita inicial à obra para poder dar cotação para a aquisição do equipamento e respetiva instalação até ao arranque do equipamento. Em alguns casos, o técnico responsável de gases fluorados teve que proceder à carga adicional de fluido frigorigéneo devido ao comprimento da tubagem de cobre ser maior do que o prescrito pelo fabricante.



Figura 28 - Preparação dos trabalhos para instalação de uma cassete de 4 vias

4.3.7. Instalação de sistemas fotovoltaicos

Nesta última secção é apresentada uma instalação fotovoltaica, tendo o aluno participado na montagem do inversor e na passagem de cabos juntamente com a equipa técnica.

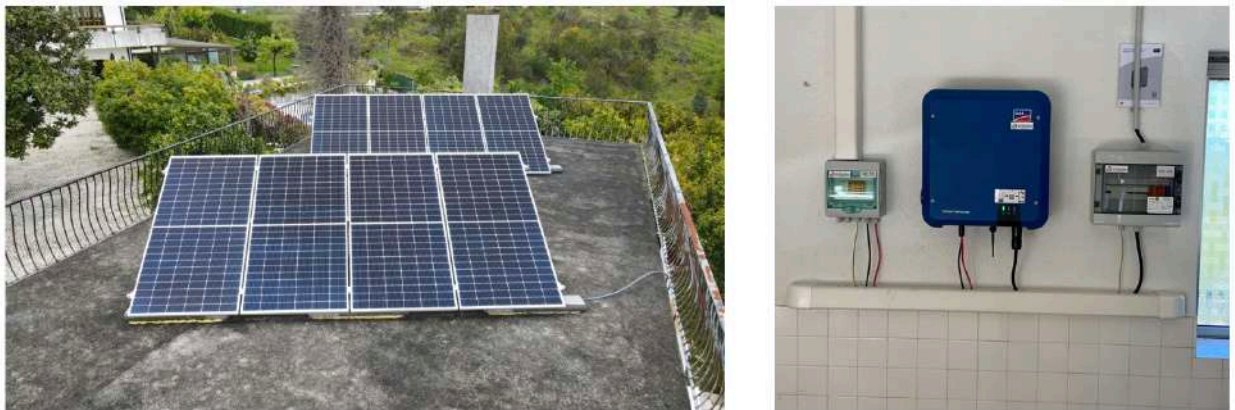


Figura 29 - Instalação Fotovoltaica

5. CONCLUSÃO

A oportunidade de desenvolvimento do estágio curricular na empresa Infiniplus, foi uma mais-valia para o crescimento profissional e pessoal do aluno, na medida em que permitiu ao mesmo a introdução num contexto empresarial e laboral. Com o decorrer do estágio foi possível aprofundar um conjunto de competências na área de engenharia mecânica, nomeadamente no que diz respeito a auditorias energéticas em instalações industriais consumidoras intensivas de energia e manutenção e instalação de sistemas AVAC.

Além disso, permitiu igualmente desenvolver capacidades a nível de comunicação com clientes, fornecedores e entidades reguladoras, capacidade ao nível de gestão de equipas e recursos e capacidade de resolução de problemas.

Numa primeira fase do estágio o aluno acompanhou as equipas técnicas de modo a poder familiarizar-se com o funcionamento da empresa e tipos de trabalhos desenvolvidos bem como os elementos constituintes da equipa técnica. Após ter assistido a várias assistências e acompanhamentos de obras, o aluno adquiriu conhecimentos ao nível de equipamentos e processos de execução o que lhe integrou o setor de orçamentação. Posteriormente o aluno passou igualmente a executar planos de manutenção e a coordenar as equipas técnicas para as respetivas intervenções.

Numa fase de transição surgiram as idas a obras para acompanhamento ou ajuste das instalações terminadas, como forma de se relacionar com o ambiente prático e clarificar conceitos a ter em conta quando se for projetar uma instalação. Nessa mesma fase o aluno passou a acompanhar o técnico responsável pelas auditorias energéticas.

No âmbito deste relatório, decidiu-se apresentar alguns conceitos da área do AVAC de forma a contextualizar a maioria dos trabalhos realizados pelo aluno durante o estágio, no entanto optou-se por dar mais ênfase aos resultados obtidos durante a auditoria energética.

A auditoria energética aqui descrita foi realizada a uma empresa do setor alimentar com um consumo energético no ano de 2020 equivalente a 693,5 tep divididos por energia elétrica (85,3%) e gásóleo (14,7%). Após análise das várias etapas do seu processo produtivo e desagregação dos consumos energéticos pelos principais consumidores foram identificadas duas medidas de racionalização que consistiram em:

- Medida 1 – Eliminação de fugas de ar comprimido: Pela medição elétrica efetuada ao compressor da central 1 de ar comprimido, verificou-se que 32% do seu consumo estaria associado a fugas de ar ao longo da linha e acessórios. Reduzindo este valor para 10% (valor de referência máximo admissível na indústria) será possível obter uma redução de 93.988 kWh/ano, ou seja, diminuir 20,21 tep e 44,17 tCO₂ sendo necessário um investimento inicial de 3.120 €.
- Medida 2 – Substituição da iluminação: Após o levantamento efetuado no terreno verificou-se que a iluminação existente na instalação era maioritariamente do tipo fluorescente tubular e vapor de mercúrio. Optando pela alteração destas luminárias por

lâmpadas Led, será possível uma redução de 5,5 tep e 12,11 tCO₂ com um investimento de apenas 12.342,91 €.

Com a implementação destas duas medidas a instalação conseguirá atingir os objetivos mínimos de eficiência energética, ou seja, conseguirá uma redução de 4% do consumo específico de energia e intensidade energética no período de vigência do Plano de Racionalização de Energia (PREn).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE. (2016). *Manual de eficiência energética em sistemas de ar comprimido*.
- ADENE. (2019). *Enquadramento e Objectivos*. SGCIE. <https://sgcie.pt/sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia/o-regulamento/enquadramento-e-objectivos/>
- APA. (2018). *Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC)*. APA - Agência Portuguesa Do Ambiente. <https://apambiente.pt/clima/plano-nacional-de-energia-e-clima-pnec>
- APA, & Fundo Ambiental. (2019). *ROTEIRO PARA A NEUTRALIDADE CARBÓNICA 2050 (RNC2050)*.
- AVAC, C. (2018). *António José Da Anunciada Santos*. www.booki.pt
- Buhler. (2022a). *Máquina de branqueamento de casca de arroz - TopWhite™ BSPB - Bühler Group*. <https://www.directindustry.com/pt/prod/buehler-group/product-68538-1620716.html>
- Buhler. (2022b). *SORTEX A ColorVision InGaAs I Seleccionadora Óptica I Grupo Bühler*. https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/pt/products/sortex_a_colorvisi-onopticalsorter.html
- Coimbra, D. (2015). *A importância da manutenção preventiva e corretiva na gestão de energia em grandes edifícios de serviços*.
- Cravo, D. N. (2015). *Eficiência energética na indústria: auditoria energética e análise de propostas de melhoria*. [Tese de Mestrado]. Escola Superior de Tecnologia e Gestão.
- DGEG. (2020). *Balanços Energéticos Nacionais*. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/balancos-energeticos/balancos-energeticos-nacionais/>
- FoodDrinkEurope. (2019). *Data & trends.: EU food & drink industry*.
- FOTMA. (2022). *Paddy Separator from China, Paddy Separator Manufacturer & Supplier - Complete Rice Mill, Rice Milling Machines, Rice Processing Equipment*. <https://www.chinaricemill.com/paddy-separator.html>
- ISQ. (2019). *Manual de auditorias energéticas na indústria*.
- JVC. (2022). *Empacotadora Automática e Multicabeçote*. <https://www.jcvmaq.com.br/produtos/empacotadoras/empacotadora-jc-e160>
- Magueijo, V., Fernandes, M. C., Matos, H. A., Nunes, C. P., & Calau, J. P. (2008). *Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria portuguesa: um enquadramento tecnológico sucinto.: Plano nacional de ação para a eficiência energética*.
- MEESI. (2021). *Portal de Eficiência Energética*. <https://meesi.pt/medidas-setor/alimentacao-e-bebidas/consumo-de-energia>
- Observatório Da Energia, DGEG, & ADENE. (2021). *Energia em Números*.
- Palm, J., & Thollander, P. (2010). An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency. *Applied Energy*, 87(10), 3255–3261. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.04.019>
- Pitéu, J. J. D. P. A. A. R. M. N. P. F. H. E. L. A. de M. D. (2011). *Manutenção de Edifícios Manutenção das Instalações Técnicas de um Grande Edifício*.
- SATAKE. (2022a). *Descascador de arroz com casca - HR10FH - SATAKE - automático / vertical / vibratório*. <https://www.directindustry.com/pt/prod/satake/product-211643-2195061.html>
- SATAKE. (2022b). *Máquinas Industriais*. <https://www.satake.com.br/maquinas/>
- SCHULE. (2022). *Polidora de arroz - F. H. SCHULE Muehlenbau*. <https://www.directindustry.com/pt/prod/f-h-schule-muehlenbau/product-37592-1878499.html>
- SET. (2016). *Time for energy efficiency in textile SMEs*.
- SGCIE, DGEG, ADENE, Portugal Energia, & República Portuguesa - Ambiente e Transição Energética. (2018). *Descasque, branqueamento e outros tratamentos do arroz*.

Tanaka, K. (2008). Assessing measures of energy efficiency performance and their application in industry. *Internacional Energy Agency*.

Wilkinson, P., Smith, K. R., Beevers, S., Tonne, C., & Oreszczyn, T. (2007). Energy, energy efficiency, and the built environment. *Lancet*, 370, 1175–1187.
<https://doi.org/10.1016/S0140>

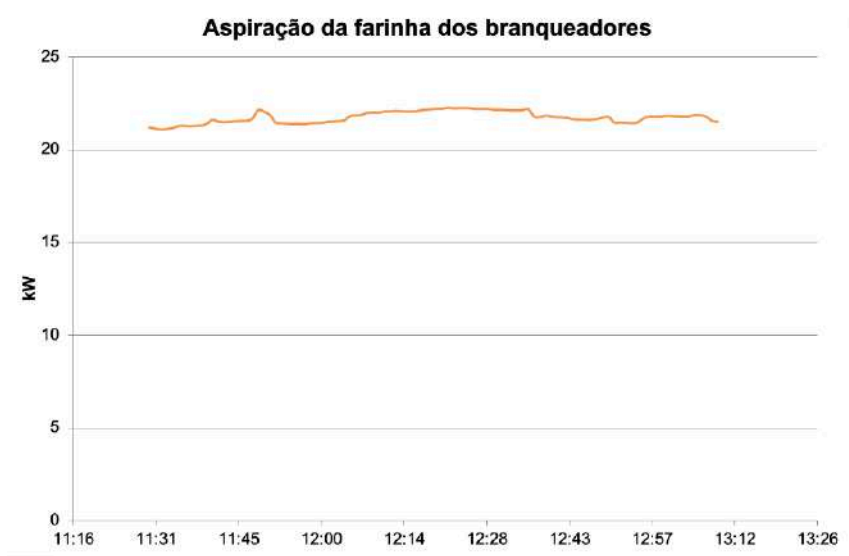
ANEXOS

Anexo A – REGISTO DE MEDIÇÕES

Este anexo inclui os diagramas de carga obtidos durante a auditoria.

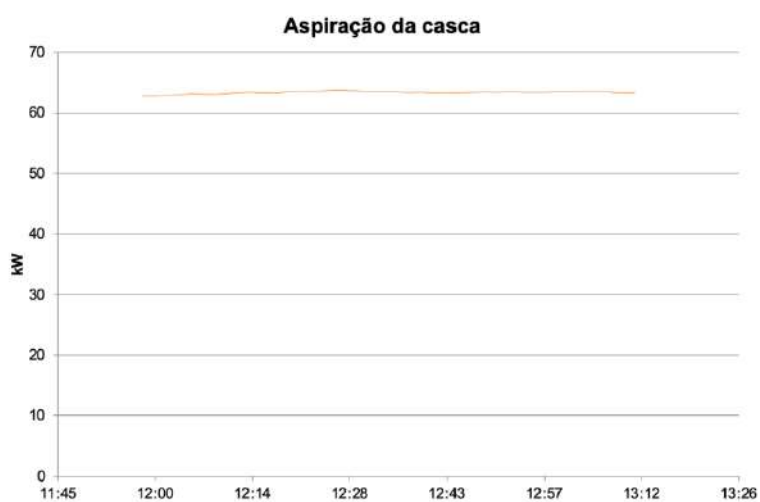
Anexo A.1 – Diagramas de carga

- Aspiração da farinha dos branqueadores



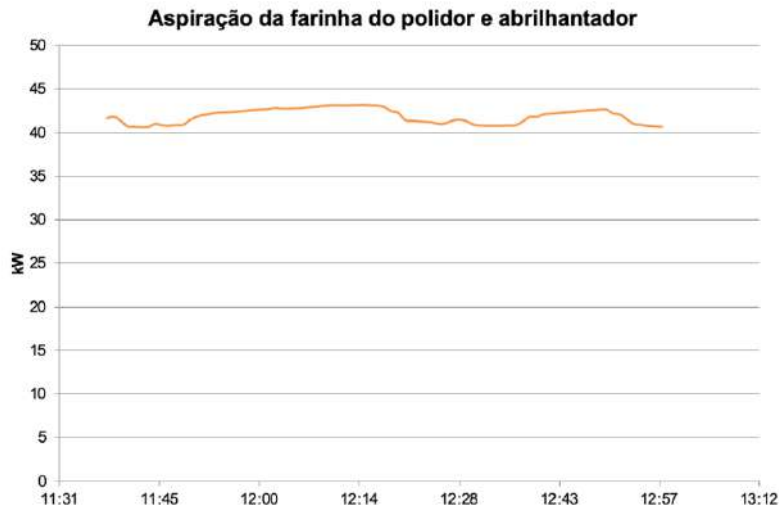
	Máxima	Média	
Potência:	22,25	21,74	kW
Energia Activa:	22,37	11,40	kWh
Energia Aparente:	27,36	13,86	kVAh
Energia Capacitiva:	0,00	0,00	kVAh
Energia Indutiva:	15,73	7,89	kVAh
	Médio	Mínimo	
Cos φ:	0,817	0,803	

- Aspiração da casca



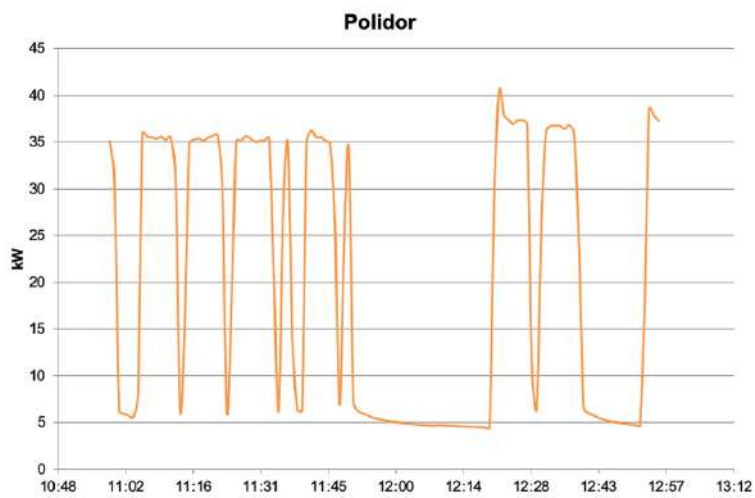
	Máxima	Média	
Potência:	63,66	63,31	kW
Energia Activa:	65,18	33,49	kWh
Energia Aparente:	76,02	39,13	kVAh
Energia Capacitiva:	0,00	0,00	kVAh
Energia Indutiva:	39,02	20,16	kVAh
	Médio	Mínimo	
Cos φ:	0,857	0,849	

- Aspiração da farinha do polidor e abrlhantador



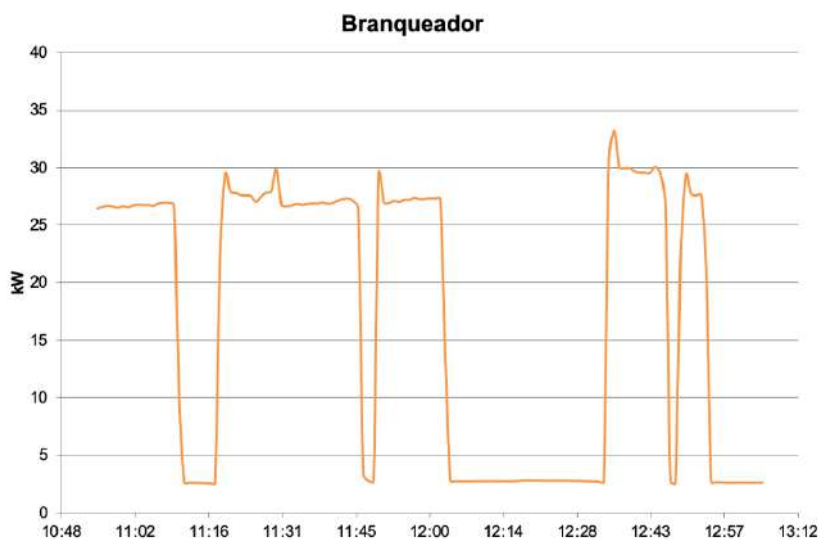
	Máxima	Média	
Potência:	43,21	41,91	kW
Energia Activa:	42,76	21,82	kWh
Energia Aparente:	56,64	28,98	kVAh
Energia Capacitiva:	0,00	0,00	kVArh
Energia Indutiva:	37,03	19,01	kVArh
	Médio	Mínimo	
Cos ϕ :	0,755	0,737	

- Polidor



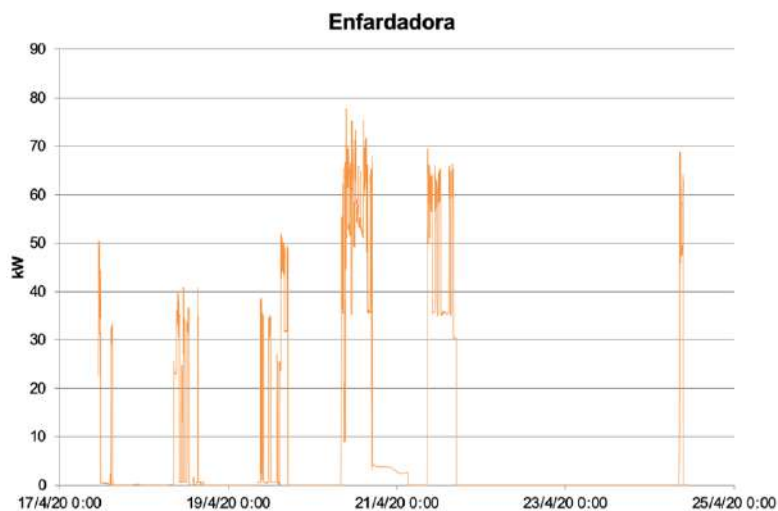
	Máxima	Média	
Potência:	36,23	23,86	kW
Energia Activa:	23,98	13,46	kWh
Energia Aparente:	37,47	19,85	kVAh
Energia Capacitiva:	0,00	0,00	kVArh
Energia Indutiva:	26,89	13,75	kVArh
	Médio	Mínimo	
Cos ϕ :	0,586	0,204	

- Branqueador



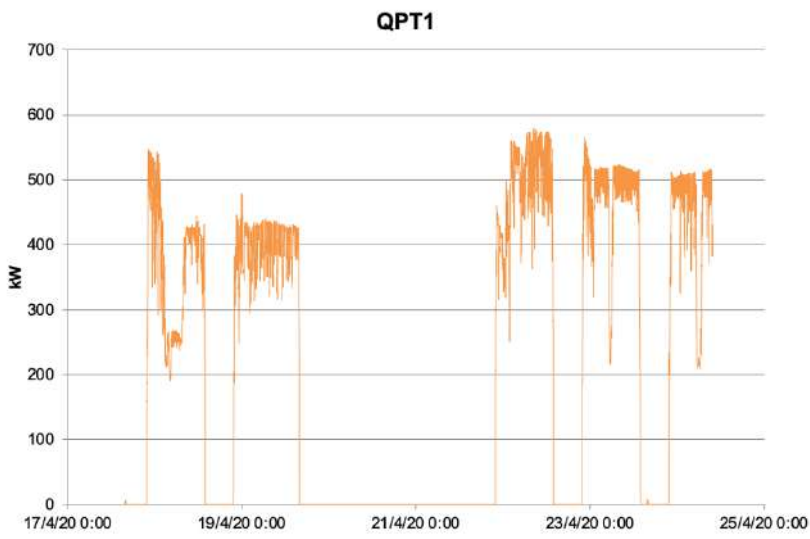
	Máxima	Média	
Potência:	29,83	22,74	kW
Energia Activa:	23,19	11,75	kWh
Energia Aparente:	31,61	16,01	kVAh
Energia Capacitiva:	0,00	0,00	kVAh
Energia Indutiva:	19,87	10,04	kVAh
	Médio	Mínimo	
Cos ϕ :	0,691	0,136	

- Enfardadora



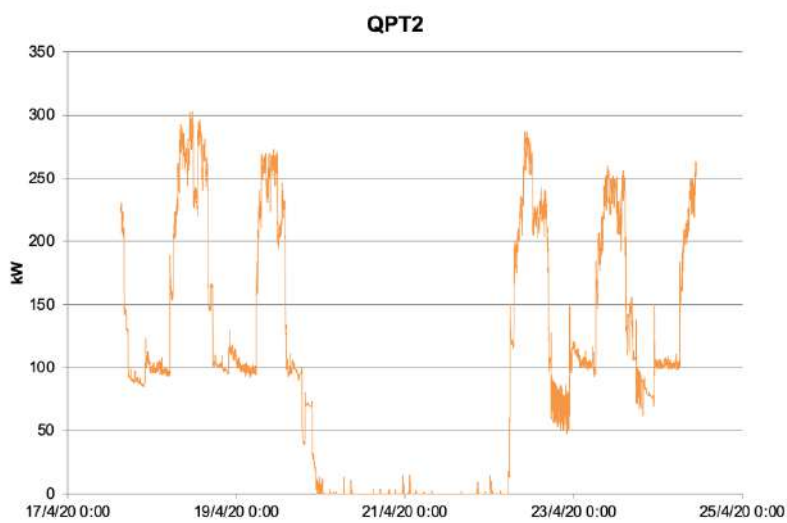
	Máxima	Média	
Potência:	50,52	3,42	kW
Energia Activa:	80,70	32,59	kWh
Energia Aparente:	128,97	55,45	kVAh
Energia Capacitiva:	0,00	0,00	kVAh
Energia Indutiva:	98,43	43,79	kVAh
	Médio	Mínimo	
Cos ϕ :	0,337	0,000	

- QPT1



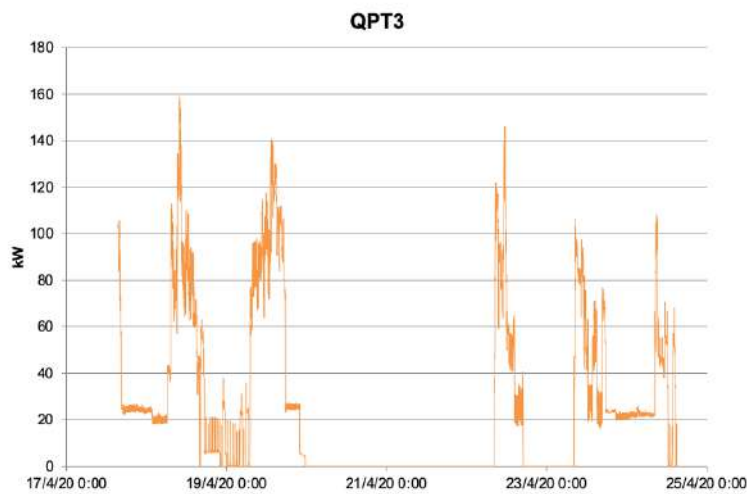
	Máxima	Média	
Potência:	547,04	242,07	kW
Energia Activa:	5810,49	2338,36	kWh
Energia Aparente:	8056,18	3236,91	kVAh
Energia Capacitiva:	0,00	0,00	kVAh
Energia Indutiva:	5540,94	2219,69	kVAh
Cos φ:	0,711	0,000	

- QPT2



	Máxima	Média	
Potência:	303,12	167,71	kW
Energia Activa:	4028,21	1606,08	kWh
Energia Aparente:	4186,48	1682,36	kVAh
Energia Capacitiva:	26,98	19,96	kVAh
Energia Indutiva:	470,72	173,88	kVAh
Cos φ:	0,955	0,917	

- QPT3



	Máxima	Média	
Potência:	158,84	48,41	kW
Energia Activa:	1148,29	446,99	kWh
Energia Aparente:	1227,02	483,05	kVAh
Energia Capacitiva:	122,95	78,28	kVArh
Energia Indutiva:	204,97	49,91	kVArh
	Médio	Mínimo	
Cos φ:	0,915	0,752	