



ESTUDO E ANALISE DE PROPOSTAS DE MELHORIA DE EFICIENCIA ENERGETICA NO SETOR INDUSTRIAL

DAVID MIGUEL FERREIRA BARBOSA

novembro de 2022

ESTUDO E ANÁLISE DE PROPOSTAS DE MELHORIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL

David Miguel Ferreira Barbosa



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2022

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE –
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: David Miguel Ferreira Barbosa, Nº 1191143, 1191143@isep.ipp.pt

Orientação científica: Luís Filipe Caeiro Castanheira, lcc@isep.ipp.pt

Empresa: Frilixa, Lda

Supervisão: Sandra Baptista, sandrabaptista@frilixa.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2022

Agradecimentos

De forma geral quero demonstrar o meu agradecimento e reconhecimento a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.

Em seguida quero agradecer profundamente ao meu orientador, Eng.º Luís Castanheira, pelo professor, orientador e exemplo que é, pela confiança, críticas, palavras de incentivo e toda a orientação e acompanhamento ao longo da realização do projeto que foram essenciais na aprendizagem das competências necessárias para o trabalho desenvolvido.

À Eng. Sandra Baptista, quero agradecer pelos conhecimentos transmitidos, pelo acompanhamento e pela disponibilidade demonstrada que foram fundamentais para a realização do projeto e para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À Frixila, Lda, respetiva administração e todos os colaboradores, pela oportunidade de realização deste trabalho de projeto, pelas condições proporcionadas com a disponibilização de todos os recursos necessários no decurso do mesmo.

Agradeço, finalmente, à minha família e a todos os que sempre estiveram comigo, por todo o apoio incondicional.

Por fim, mas não menos importante quero agradecer aos meus amigos por me acompanharam e proporcionaram momentos inesquecíveis durante o percurso académico, por me ajudarem nos momentos mais difíceis, por estarem sempre ao meu lado.

Resumo

O presente trabalho tem como motivação base o estudo de medidas de eficiência energética no setor industrial, mais precisamente na empresa Frilixa, Lda.

As empresas consumidoras intensivas de energia são uma realidade cada vez mais presente. O consumo elevado de energia leva as empresas a procurar soluções que permitam aumentar a eficiência energética dos seus processos produtivos, de modo a promover a economia de energia e a redução de custos. Esta problemática é a motivação base para a realização do presente estudo.

Este projeto de mestrado realizado na Frilixa, tem como objetivos: i) o estudo do processo da Frilixa, ii) análise dos consumos energéticos, iii) o estudo de medidas para eficiência energética. Fez-se a caracterização das instalações, do processo e dos consumos energéticos da empresa. Seguiu-se a análise da eficiência energética e procedeu-se à identificação de oportunidades e o delineamento de um plano para a eficiência energética na Frilixa.

Após uma pesquisa por soluções eficientes possíveis de aplicar à indústria, foi proposto um plano de medidas direcionadas para melhorar a eficiência das atividades e sistemas consumidores de energia. Concluiu-se que a empresa poderá beneficiar de uma significativa redução de gasto de energia primária com a implementação destas medidas.

Palavras-Chave

Auditoria Energética, Energia, Gestão de Energia, Medidas de Eficiência Energética,

Abstract

The main goal of the present work is the study of energy efficiency measures in the industrial sector, more precisely in the company Frilixa, Lda.

At the present the intensive energy consumption companies are increasing. The high energy consumption takes the companies to find solutions that allows to increase energy efficiency in their productive process, to promote the energy savings and to decrease the costs. That problematic motivates the development of the present study.

This project performed in Frilixa, has as objectives: i) study the Frilixa process, ii) analyse energy consumption, iii) study energy efficiency measures. The company's facilities, process and energy consumption were characterized. The analysis of energy efficiency followed and opportunities were identified and a plan for energy efficiency in Frilixa was outlined.

After a research on management measures and efficient technologies that could be applicable to industry, a plan of targeted measures has been proposed to improve activities efficiency and energy consuming systems. It was concluded that the company may benefit from a significant reduction of primary energy spent through implementation of these measures.

Keywords

Energy, Energy audit, Energy Efficiency Measure, Energy Performance,

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO.....	III
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
SIGLAS E ACRÓNIMOS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2.OBJETIVOS	4
1.3.CALENDARIZAÇÃO	5
1.4.ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	6
2. ESTADO DE ARTE	7
2.1.GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	8
2.2.AUDITORIA ENERGÉTICA.....	10
2.3.MEDIDAS TRANSVERSAIS À INDÚSTRIA	14
3. ESTUDO DE CASO.....	23
3.1.DESCRICÃO DO CASO DE ESTUDO	23
3.2.CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	33
3.3.PROPOSTA E AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	40
4. CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

Índice de Figuras

Figura 1 Evolução do Consumo de Energia Elétrica de 1994 a 2017 em kWh (3)	3
Figura 2 Sistema de gestão dos consumidores intensivos de energia (4)	10
Figura 3 Procedimento para a realização de uma auditoria energética na indústria (9)	14
Figura 4 Instalações da fábrica da Frilixa, em Macieira da Lixa	24
Figura 5 Exemplos do tipos de iluminação existentes na Frilixa	27
Figura 6 Exemplos de equipamentos existentes na Frilixa	30
Figura 7 Evolução Mensal do Consumo de Energia Elétrica de 2019 a 2021	35
Figura 8 Consumo de Energia Ativa de 2019 em percentagem	36
Figura 9 Consumo de Energia Ativa em 2020 em percentagem	37
Figura 10 Consumo de Energia Ativa em 2021 em percentagem	38
Figura 11 Desagregação do consumo de energia por utilização	40
Figura 12 – Triângulo de potências e ângulo φ	50
Figura 13 – Representação esquemática do consumo de energia reativa indutiva e correção local com banco de condensadores (20)	50
Figura 14 – Imagem dos artigos 47º, 48º e 49º do Regulamento Tarifário do Setor da ERSE (2021)(23)	53
Figura 15 – Tarifas de acesso às redes para clientes em Média Tensão para 2021 (fonte: ERSE)(23)	53

Figura 16 - Excerto da fatura de energia elétrica para o mês de outubro de 2021 (redes)	
54	
Figura 17 – Exemplo de perfil de carga de um compressor com controlo carga/vazio	
(24) 60	
Figura 18 Gráfico comparativo entre as várias classes de eficiência dos motores elétricos (24)	62
Figura 19 Vista aérea do edifício da Frilixa	65
Figura 20 Potência média diária (kW) por dia da semana	68
Figura 21 Fluxos energia ativa dos sistema FV (MWh/ano)	70
Figura 22 Preço médio aritmetico da energia elétrica fornecida à Rede Elétrica de Serviço Público em Portugal, em 2021 (38)	72
Figura 23 Preço médio aritmetico da energia elétrica fornecida à Rede Elétrica de Serviço Público em Portugal, em 2022 (38)	73

Índice de Tabelas

Tabela 1 Medidas de Eficiência Energética (12)	15
Tabela 2 Descrição Organizacional da Frilixa	26
Tabela 3 Distribuição do tipo de iluminação na zona de estudo	27
Tabela 4 Perfil de utilização das luminárias de sábado a domingo	28
Tabela 5 Perfil de utilização das luminárias de segunda a sexta	29
Tabela 6 Equipamentos a analisar	31
Tabela 7 Perfil de utilização dos equipamentos	32
Tabela 8 Consumo de Energia Ativa de 2019-2021	34
Tabela 9 Evolução Mensal do Consumo de Energia Ativa de 2019	35
Tabela 10 Evolução Mensal do Consumo de Energia Ativa de 2020	36
Tabela 11 Evolução Mensal do Consumo de Energia Ativa de 2021	37
Tabela 12 Fator de conversão de energia elétrica em termos de energia primária	39
Tabela 13 Potência e Energia anual consumida	43
Tabela 14 Energia anual consumida, custo da energia consumida e respetiva poupança anual	44
Tabela 15 Análise financeira da proposta de substituição de lâmpadas (€)	45
Tabela 16 Características do detetor de presença e movimento escolhido	47
Tabela 17 Comparação do consumo anual de energia elétrica atual com detetores de movimento e presença	48
Tabela 18 Energia anual consumida, custo e respetiva poupança anual com detetores de movimento e presença	48

Tabela 19 Análise financeira da proposta de adoção de detetores de movimento com detetores de movimento e presença (€)	49
Tabela 20 Análise financeira da proposta de adoção de bateria de condensadores (€)	56
Tabela 21 Potência por período	67
Tabela 22 Simulação para 100/150/200kWp com inclinação 5° e azimute 25° Sul	69
Tabela 23 Simulação para 100/150/200kWp com inclinação 36° e azimute 0° Sul	69
Tabela 24 Resultados económicos	73

Siglas e Acrónimos

AE	–	Auditoria Energética
AEEC	–	Acordo de Racionalização Consumos de Energia
CEE	–	Consumo Específico de Energia
CEMEP	–	Comité Europeu de Fabricantes de Máquinas Elétricas e de equipamentos e sistemas de Eletrónica de Potência
CIE	–	Consumidoras Intensivas de Energia
DGEG	–	Direção Geral de Energia e Geologia
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços de Energia
LEE	–	Eficiência Energética
FV	–	Fotovoltaicos
IC	–	Intensidades Carbónicas
IE	–	<i>International Efficiency</i>
IEC	–	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEE	–	Índice de Eficiência Energética
kWh	–	Quilowatt-hora
LED	–	<i>Light Emitting Diode</i>
MT	–	Média Tensão
OMIE	–	Operador do Mercado Ibérico

PNAEE	–	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	–	Plano Nacional de Ação sobre Energias Renováveis
PREn	–	Planos de Racionalização dos Consumos de Energia
PRS	–	Período de Retorno Simples
RESP	–	Rede Elétrica de Serviço Público
RGCE	–	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
SAC	–	Sistema de Ar Comprimido
SGCIE	–	Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia
TEP	–	Toneladas Equivalentes por Petróleo
UE	–	<i>European Minimum Energy Performance Standard</i>
MEPS		
Wh	–	Watt-hora

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Este projeto surgiu do desejo de realizar um trabalho no âmbito da gestão de eficiência energética devido à crescente necessidade de reduzir consumos energéticos com o objetivo de reduzir, também, a poluição ambiental.

Neste estudo são utilizados dados provenientes da realização de auditorias energéticas para a indústria, de forma a estudar soluções de recuperação de energia térmica viáveis do ponto de vista técnico-económico, que conduzam ao aumento da eficiência energética e à redução da fatura energética do caso em estudo.

O avanço nas tecnologias disponíveis e a melhoria da qualidade de vida das populações têm estimulado uma crescente utilização de energia. Assim, é determinante que se faça uma gestão responsável da energia, quer isto dizer, consumir menos em cada produto ou serviço utilizado, sem alterar o estilo de vida ou sem abdicar do conforto. E desta forma se define o conceito de eficiência energética.

A gestão da energia é necessária para permitir traçar diretrizes que conduzam à redução dos desperdícios energéticos que ocorrem não só devido às limitações dos processos tecnológicos, mas também por descuido dos consumidores e outras deficiências inerentes à

falta de manutenção dos equipamentos (1). O processo de medição das formas de energia envolvidas num dado processo fabril permitirá obter uma visão global da situação energética desse mesmo processo. Ao identificar e caracterizar os principais consumidores de energia numa indústria, ou processo, torna-se possível estudar medidas que possam conduzir a uma maior eficiência energética, assim como, a uma redução do consumo específico de energia e conseqüentemente diminuir o custo de produção (1).

O Setor Industrial apresenta um elevado potencial de implementação de medidas de eficiência energética, dado o largo consumo de energia que este representa no consumo global. As medidas de maior impacto a indústria portuguesa são as seguintes:

- Sistemas acionados por motores elétricos;
- Produção de calor e frio;
- Iluminação;
- Eficiência do processo industrial/outros (2).

O desenvolvimento económico prevaiente nas últimas décadas, caracterizou-se pela utilização intensiva de energia produzida a partir de recursos fósseis. Como se pode verificar na

Figura 1 Evolução do Consumo de Energia Elétrica de 1994 a 2017 em kWh (3)

, o consumo energético aumentou drasticamente, em Portugal, ao longo dos últimos 20 anos (3). Este fator deve-se à má utilização da energia que por sinal conduz a um desperdício das fontes de energia primária, implicando um consumo desnecessário e evitável de combustíveis, provocando impactos no meio ambiente, tais como alterações climáticas.

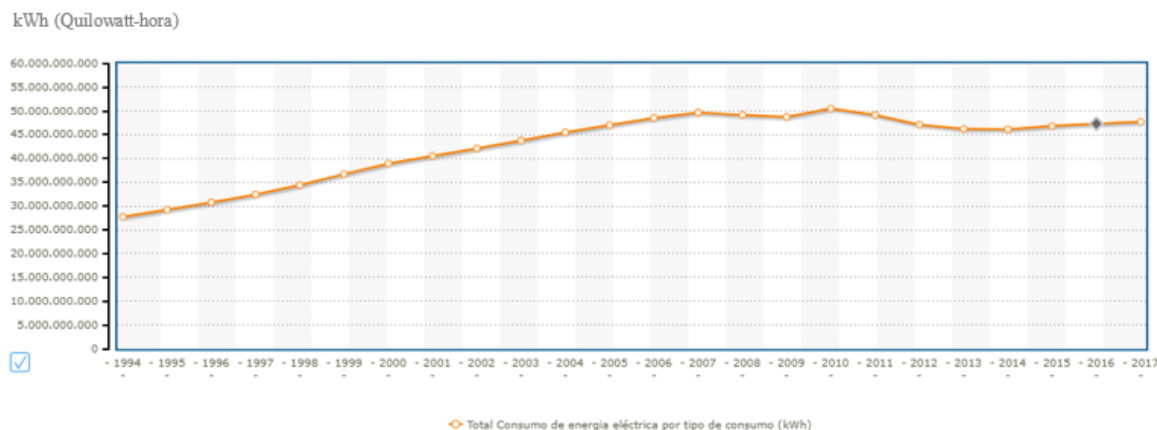


Figura 1 Evolução do Consumo de Energia Elétrica de 1994 a 2017 em kWh (3)

A nível nacional, a legislação estabelece a obrigatoriedade das empresas quanto à criação de planos de eficiência energética e de diversificação dos consumos de energia, quanto ao cumprimento dos valores de consumo energético intensivo definidos, quanto à redução de gases com efeito de estufa, sem comprometer a competitividade das empresas nem a qualidade de vida dos cidadãos. No âmbito da política energética nacional – assente na racionalidade económica e na sustentabilidade - foram igualmente desenvolvidos os seguintes programas e planos que incentivam a aposta na eficiência energética e na utilização de energias renováveis (4):

- PNAEE 2016 - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o ano 2016
- PNAER 2013-2020- Plano Nacional de Ação sobre Energias Renováveis para 2013-2020
- ECO.AP - Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública

A principal medida do PNAEE, criada pelo governo português para o setor industrial, foi o Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) aplicável às instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE) (com consumos superiores a 500 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por ano), que revoga o antigo Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE). O SGCIE tem como objetivo promover a eficiência energética das instalações de CIE. No SGCIE também consta a realização de auditorias energéticas obrigatórias e periódicas, com a finalidade de obter a caracterização energética

dos equipamentos e sistemas da instalação CIE, e a identificação de medidas para a elaboração de um Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn).

As auditorias surgiram no final dos anos 70 nos Estados Unidos da América, onde as indústrias as adotaram como método de gestão para identificar antecipadamente os problemas causados nas suas operações. Na Europa, em 1985, a Holanda foi o primeiro país onde as empresas passaram a adotar as auditorias na gestão ambiental. Em 1992, no Reino Unido, foi criada a primeira legislação que incluía o recurso a auditorias, dando-se algo semelhante também em França (5). Em 1995, a Comunidade Económica Europeia integrou o Sistema de Gestão e Auditoria Ambiental, uma iniciativa voluntária, que tinha como objetivo melhorar a performance ambiental das empresas. Sendo, as auditorias energéticas, uma ferramenta estratégica faz sentido recorrer às mesmas para que se possa elaborar um planeamento energético numa empresa.

1.2. OBJETIVOS

O presente projeto tem como principal objetivo o estudo de um conjunto de medidas que visem a melhoria da Eficiência Energética no edifício da empresa Frilixa, assim como o impacto da sua implementação e para isso é preciso:

- Informar quanto à importância da eficiência energética e as suas vantagens;
- Identificar desperdícios energéticos na indústria e apresentar propostas de melhoria de forma a implementar soluções que garantam poupança de energia;
- Encontrar soluções técnicas e economicamente viáveis de modo a promover a eficiência energética na indústria;
- Expor e analisar os benefícios das referidas medidas na redução dos custos financeiros inerentes ao uso dos recursos energéticos;
- Apresentar meios de reaproveitamento de efluentes energéticos no sector tecnológico.

Ao longo do trabalho e de acordo com as suas diferentes fases os objetivos seguem a seguinte ordem cronológica:

1. Avaliação do desempenho energético do edifício alvo de estudo;

2. Recolha de informação dos consumos energéticos e respetiva utilização dos espaços e equipamentos;
3. Avaliação do consumo energético desagregado;
4. Proposta e análise tecno-económica de medidas de Eficiência Energética.

1.3. CALENDARIZAÇÃO

Assim, e de maneira a serem atingidos os objetivos anteriormente enumerados, será necessário elaborar uma metodologia que prevê:

- Realização da recolha de toda a informação necessária, nomeadamente a referente às características dos equipamentos existentes com consumo energético associado, bem como os seus perfis de utilização;
- Levantamento do conjunto de faturas de eletricidade de um período referente a um ano;
- Apresentação de um leque de soluções de otimização de melhoria da Eficiência Energética a aplicar no edifício, em vista a uma redução do consumo final de energia elétrica, bem como a implementação de um sistema de produção de energia renovável, mais precisamente um sistema de painéis fotovoltaicos (FV) a instalar na cobertura do edifício;
- Estudo da relação entre os custos da implementação e manutenção das medidas de Eficiência Energética e os benefícios inerentes à diminuição dos encargos energéticos.

O presente trabalho teve como duração 9 meses, dos quais 4 foram ocupados com visitas à entidade, onde se realizou o levantamento dos equipamentos, onde se reuniu a informação necessária à elaboração do que estava definido. Finda a informação recolhida, juntamente com toda a pesquisa bibliográfica realizada foi feita, nos restantes 5 meses, a análise dos dados e estimado propostas de melhoria, bem como a organização do trabalho.

De uma maneira mais sucinta, as tarefas realizadas têm a seguinte ordem cronológica:

1. Análise e verificação se a empresa era abrangida pelo SGCIE;
2. Estudo do impacto das auditorias energéticas na produtividade industrial de forma geral;
3. Realização do estudo da implementação do sistema FV para autoconsumo da Frilixa;

4. Estudo das medidas a implementar na Frilixa.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este relatório encontra-se dividido por seis capítulos.

No Capítulo 1 é feita a introdução ao tema e a contextualização do trabalho sobre o panorama energético em Portugal, assim como uma breve introdução do SGCIE. Para além disso, são apresentados os objetivos e a calendarização do trabalho realizado.

No Capítulo 2 é abordada a gestão de energia, em que consiste e a definição de um programa de gestão de energia. Assim como, no ponto 2.2, a definição de auditoria energética e a sua metodologia. Ainda se aborda, no ponto 2.3, medidas transversais à indústria.

No Capítulo 3 é descrito o caso de estudo, onde se detalha a ocupação e utilização da entidade, onde contém o levantamento dos sistemas de iluminação e dos equipamentos de maior relevância para o tema.

No Capítulo Error! Reference source not found. é feita uma caracterização e desagregação do consumo energético da entidade entre os anos 2019 a 2021.

O Capítulo Error! Reference source not found. são discutidas as medidas de eficiência energética a implementar, bem como os seus cálculos. É, ainda, realizado uma simulação de um projeto fotovoltaico a implementar na Frilixa.

No Capítulo Error! Reference source not found. é reservado para as conclusões obtidas durante a realização de todas as análises.

Por último, são identificadas as referências bibliográficas. A parte final do documento é destinada aos anexos.

2. ESTADO DE ARTE

O avanço nas tecnologias disponíveis e a melhoria da qualidade de vida das populações têm estimulado uma crescente utilização de energia. É imperativo que se faça uma utilização responsável da energia, quer isto dizer, consumir menos em cada produto ou serviço utilizado, sem alterar o estilo de vida ou sem abdicar do conforto.

O grande consumo energético da indústria e o enorme potencial para a sua redução, fazem com que a aposta em eficiência energética seja cada vez mais importante. Para além das vantagens óbvias, associadas à redução dos custos e à melhoria da segurança energética, existem outras de cariz económico e ambiental. Assim, na indústria nacional é cada vez mais necessária uma atitude ativa perante a eficiência energética dos equipamentos e processos, de modo a verificar a adequabilidade técnico-económica e implementação de novas soluções tecnológicas.

O setor da indústria, constitui um dos sectores com maiores consumos energéticos e com forte dependência de recursos energéticos não renováveis. O consumo energético do sector da indústria representa cerca de 30% do consumo final de energia do País (6). Assim, a vontade de diminuir e conter custos, sem negligenciar o processo produtivo (tanto em qualidade, como em quantidade), verifica-se a necessidade de intervir nas instalações. Sendo, as auditorias energéticas, uma ferramenta estratégica para que se possa elaborar um planeamento energético numa empresa, são a elas se recorre. As auditorias surgiram no final dos anos 70, nos Estados Unidos da América (EUA), onde as indústrias as adotaram como método de gestão para identificar antecipadamente os problemas causados nas suas operações.

O presente capítulo é dedicado à identificação dos processos utilizados que consomem mais energia, apresentando medidas de eficiência energética na indústria que se classificam em:

i) medidas transversais, e ii) medidas específicas de cada setor da indústria transformadora. As medidas transversais à indústria que englobam sistemas acionados por motores elétricos, produção de calor e frio, iluminação e eficiência do processo industrial/outros. São ainda apresentadas propostas de melhoria de eficiência energética, de forma a identificar medidas técnico-econômicas viáveis.

Neste capítulo é dada uma definição do que são auditorias energéticas e é especificada a metodologia normalmente utilizada para as realizar.

2.1. GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Perante o problema do consumo intensivo de energia das indústrias, houve a necessidade de adotar medidas capazes de racionalizar estes gastos e minimizar os prejuízos associados, tornando-as mais eficientes e sustentáveis.

A gestão de energia é a estratégia de atender a demanda de energia quando e onde for necessária. Isso pode ser alcançado ajustando e otimizando a energia usando sistemas e procedimentos de modo a reduzir os requisitos de energia por unidade de produção, mantendo constante ou reduzindo os custos totais de produção da produção desses sistemas. Os objetivos da gestão de energia passam por minimizar os custos / desperdícios de energia sem afetar a produção e a qualidade e minimizar os efeitos ambientais (7).

Identificar e conhecer as necessidades e consumos energéticos associados a todas as atividades numa unidade industrial, como em qualquer estrutura, permite uma gestão mais eficiente (8). A eficiência energética industrial implica a otimização de todos os sistemas e atividades que, de forma direta ou indireta, dependem do recurso à energia. A sua aplicação potencia a redução dos desperdícios energéticos e a minimização das despesas, sem que isso afete negativamente os níveis de produtividade, serviços e conforto. A gestão da energia, por sua vez, controla as iniciativas de promoção da eficiência energética, inclui o acompanhamento, a medição, a verificação e a correção dos fluxos de energia de uma instalação.

Um bom programa de gestão de energia, abrangente a qualquer área de atividade, deve compreender as seguintes etapas:

- Levantamento e análise de dados históricos;
- Auditoria energética (AE);
- Planejamento de medidas de eficiência energética;
- Implementação e controle (7).

Atualmente, a gestão de energia nas indústrias transformadoras é regulamentada pelo SGCIE. O SGCIE aplica-se às instalações CIE que no ano civil imediatamente anterior tenham tido um consumo energético igual ou superior a 500 toneladas equivalentes de petróleo (500 tep/ano) (6). Este sistema prevê que as empresas consumidoras intensivas de energia realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, que se elaborem e executem PREn, estabelecendo acordos de racionalização desses consumos com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) que, contemplem objetivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores. O PREn deve estabelecer metas relativas às intensidades energética (IE) e carbónica (IC), e ao consumo específico de energia (CEE), incluindo, obrigatoriamente, medidas que visem a racionalização dos consumos (6)(9).

O processo de controlo por parte do SGCIE, desde a fase de inscrição das indústrias no portal da SGCIE até à fase de avaliação do cumprimento da legislação em vigor, está representado resumidamente na **Figura 2**.

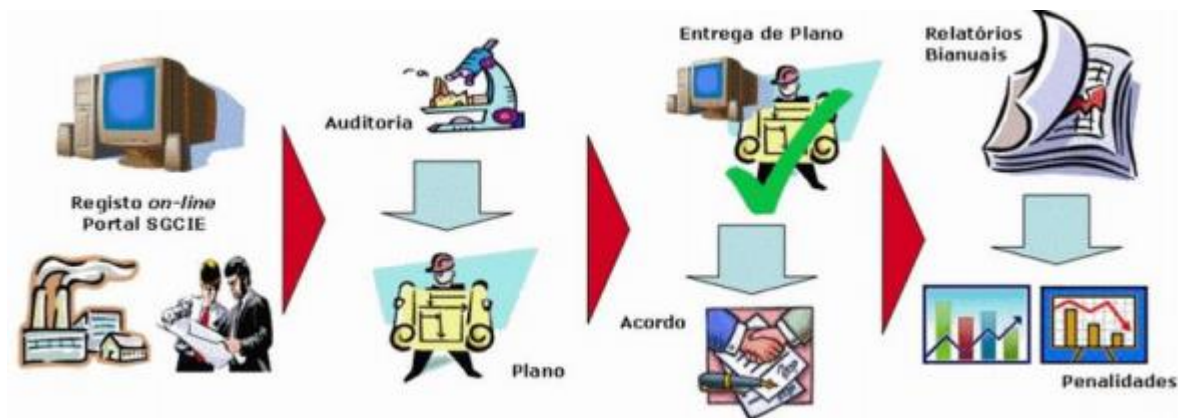


Figura 2 Sistema de gestão dos consumidores intensivos de energia (4)

De acordo com a legislação em vigor, as instalações com um consumo intensivo de energia têm a obrigatoriedade de:

- Procederem ao seu registo online no portal SGCIE, no prazo de quatro meses após o final do ano em que a instalação entrou em funcionamento.
- Realizarem uma AE num período de quatro meses após o registo online no portal SGCIE. A AE deve ser conduzida por técnicos ou entidades devidamente habilitadas para a elaboração de auditorias energéticas e credenciados pela DGEG.
- Apresentarem à ADENE o PREn (realizado com base na AE) nos quatros meses seguintes após a realização da AE. Se a ADENE considerar que o PREn está devidamente instruído submete-o à aprovação da Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG). Após a aprovação por parte da DGEG, o PREn passa a denominar-se “Acordo de Racionalização Consumos de Energia (ARCE)”.

2.2. AUDITORIA ENERGÉTICA

Uma AE consiste num processo de verificação sistemático e documentado, consiste num estudo detalhado e exaustivo de todos os processos produtivos relacionados com o uso da energia, que recolhe elementos necessários à identificação dos principais equipamentos consumidores de energia.

A execução de um plano de gestão de energia requer o estudo prévio da situação atual da instalação em causa. Nesse sentido, a AE surge como um instrumento fundamental na caracterização e quantificação dos consumos de energia, na análise da eficiência dos

equipamentos, e na contabilização dos desperdícios existentes. A AE é a chave para a tomada de decisões na área de gestão de energia. Ajuda qualquer organização a analisar o seu uso de energia e descobrir áreas onde o uso de energia pode ser reduzido e desperdícios podem ocorrer. A AE é, portanto, uma abordagem confiável e sistemática no setor industrial.

A AE tem por objetivo a caracterização energética dos diferentes equipamentos e sistemas existentes numa instalação CIE e a identificação das medidas com viabilidade técnico-económica possíveis de implementar, de modo a aumentar a eficiência energética e/ou a reduzir a fatura energética associadas às atividades da instalação (2). A AE incidirá sobre a conceção e o estado das instalações, devendo ser recolhidos os elementos necessários à elaboração do plano de racionalização do consumo de energia, bem como à subsequente verificação do cumprimento deste (2).

2.2.1. METODOLOGIA

A realização de uma AE requer uma metodologia bem definida, de forma a fazer cumprir todos os objetivos que dela advém. Desse modo, a auditoria deve seguir a seguinte metodologia:

1. Preparação e Recolha de Informação:
 - 1.1. Observação geral do funcionamento da empresa;
 - 1.2. Definição de uma matriz de atuação;
2. Trabalho de Campo:
 - 2.1. Estudo do processo produtivo;
 - 2.2. Recolha e análise da informação energética global: quantidades de produção, custos e consumos energéticos totais;
 - 2.3. Medições e registos dos consumos por setor ou equipamento;
3. Tratamento da Informação:
 - 3.1. Identificação dos principais consumidores de energia;
 - 3.2. Estabelecimento de relações entre o gasto energético e a produção;
 - 3.3. Identificação das potenciais economias de energia;
4. Relatório Final (10).

É ponto 1, Preparação e Recolha de Informação, que se definem os objetivos da AE. De acordo com a pesquisa feita (5)(9)(11), esta é a fase de preparação da auditoria onde se procede a uma visita prévia às instalações, é efetuado um questionário de modo a adquirir informações que possam ser úteis ao auditor e recolher os dados históricos da empresa, nomeadamente faturas energéticas. É feita a descrição dos processos de fabrico, regimes de funcionamento e descrição das instalações incluindo a sua planta de maneira a dotar o auditor de conhecimentos mínimos que lhe permitam entender a interligação entre os gastos energéticos e os processos, possibilitando a deteção de potenciais economias de energia numa eventual reorganização do processo produtivo (5).

Passando para o segundo ponto, ponto 2, designado por Trabalho de Campo, pode-se dizer que esta etapa consiste na análise das condições de utilização da energia na instalação a auditar. Procede-se à recolha de toda a informação energética possível e útil, começando por fazer medições, instalando um equipamento de registo em funcionamento, de forma a monitorizar e armazenar todos os dados necessários aos cálculos das várias perdas energéticas (5)(11). Estas consistem nos diferentes problemas de qualidade de energia. Seguidamente efetua-se a análise de todas as operações e equipamentos mais consumidores de energia e recolhem-se todos os elementos necessários para a elaboração de um balanço global da instalação (11).

Enquanto que no ponto 3, Tratamento de Informação, consiste na organização e análise rigorosa de toda a informação recolhida nas duas primeiras fases, de modo a encontrar as melhores soluções e medidas para aumentar a eficiência energética da empresa (5). No final desta fase deverão estar disponíveis alguns elementos fundamentais, tais como os consumos de energia final e global da instalação e consumos de energia por equipamentos significativos. Também deverão ser descritas medidas e os investimentos necessários para obter potenciais economias, identificando custos estimados e a avaliação da viabilidade económica dos mesmos (9). Para tal poderá recorrer-se a estudos de mercado, baseados nas especificações dos sistemas e equipamentos. Poderão ainda ser apresentadas soluções organizacionais para a implementação de um sistema permanente de gestão de energia.

Esta etapa, de Tratamento de Informação, é considerada a mais importante das quatro, dado que trata a informação recolhida nas duas primeiras e sem ela, seria impossível realizar a quarta fase da AE (5).

Por último, após ter-se realizado os pontos anteriores (1, 2 e 3), chega-se à parte final da auditoria onde é elaborado um relatório final que deverá ser entregue ao gestor da empresa auditada. De acordo com (5), este relatório final consiste numa apresentação organizada e coerente de todos os elementos recolhidos e analisados onde estão contidos os objetivos e enquadramento da auditoria, a identificação da instalação, a contabilidade energética, as medições e levantamento de dados efetuados, os resultados obtidos e a formulação de recomendações.

Um exemplo de uma proposta possível de um procedimento para a realização de uma AE no setor industrial, é ilustrada na **Figura 3**, no entanto dependendo do tipo de indústria algumas etapas podem mudar (9).

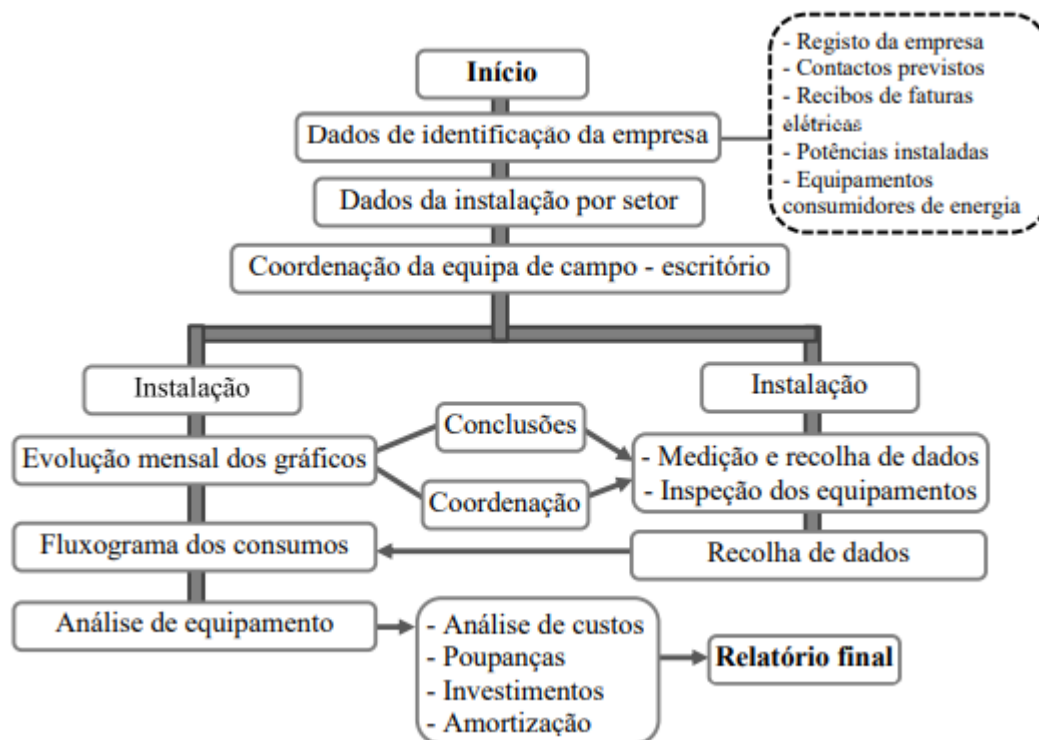


Figura 3 Procedimento para a realização de uma auditoria energética na indústria (9)

2.3. MEDIDAS TRANSVERSAIS À INDÚSTRIA

As Medidas Transversais são as que podem ser aplicadas à generalidade das indústrias existentes em Portugal (6). As medidas deste tipo são as que proporcionam maior efeito no aumento da eficiência energética, sendo este o sector que mais contribui para a economia portuguesa e, como tal, é importante que os principais responsáveis pelo sector industrial possuam dados sucintos sobre a importância e o potencial impacto técnico-económico destas várias medidas (6).

As medidas de melhoria são propostas tendo em conta os sistemas responsáveis pela maior fração do consumo de energia e, geralmente, não são propostas de forma independente, pois a sinergia entre medidas é vantajosa.

Através dos resultados obtidos na AE, são estabelecidas metas anuais de redução dos consumos e definidas as ações conducentes ao bom aproveitamento da energia utilizada na

organização (10). Algumas medidas de Eficiência Energética, como algo tão simples quanto apagar a luz de um espaço desocupado, são de senso comum. No entanto, existe um outro conjunto de medidas que advêm da evolução tecnológica. Neste subcapítulo serão abordadas medidas de modo a perceber-se como é que a utilização da energia de uma maneira mais eficiente e racional poderá contribuir para uma maior eficiência global de energia.

Estas podem advir de alterações na eficiência de sistemas, processos ou equipamentos, ou pela adoção de práticas de gestão energética e mudança de comportamentos, sempre selecionadas e estudadas de acordo com o tipo de atividade industrial em questão.

A **Tabela 1 Medidas de Eficiência Energética** (12) apresenta as medidas transversais aplicáveis à generalidade das indústrias (12).

Tabela 1 Medidas de Eficiência Energética (12)

Medidas transversais à indústria	Medidas aplicadas
Sistemas acionados por motores elétricos	<ul style="list-style-type: none"> • Motores elétricos; • Sistema de bombagem; • Sistema de ventilação; • Sistema de compressão de ar.
Produção de calor e frio	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeração; • Sistemas de combustão; • Recuperação de calor; • Frio industrial.
Iluminação	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminação solar; • Lâmpadas; • Sistemas de controlo de iluminação; • Integração de iluminação nos sistemas de climatização.
Energia Renovável	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de eletricidade por energia solar;
Eficiência do processo industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorização e controlo; • Tratamento de efluentes; • Integração de processos; • Manutenção de equipamentos; • Isolamentos térmicos; • Transportes; • Formação e sensibilização de recursos humanos; • Redução de energia reativa.

2.3.1. SISTEMAS ACIONADOS POR MOTORES ELÉTRICOS

2.3.1.1. Motores Elétricos

Os sistemas acionados por motores elétricos são de longe as cargas mais importantes na indústria. Estes são responsáveis pelo consumo de cerca de 70% de eletricidade na indústria, e por cerca de 30% do consumo elétrico global do país (2). Este tipo de sistemas envolvem medidas de substituição de equipamentos de tecnologias por vezes obsoletas por equipamentos mais eficientes do ponto de vista energético, instalação de variadores eletrônicos de velocidade que permitem uma economia de energia e ainda várias medidas de operação e manutenção de sistemas de ar comprimido (4).

Como qualquer máquina, o motor elétrico, responsável pela conversão de energia elétrica em mecânica, apresenta perdas. Um motor elétrico consegue converter 85% da energia elétrica em energia mecânica, perdendo cerca de 15% de energia no processo de conversão (9). O rendimento (ou eficiência) é definido como sendo a razão entre a potência de saída (ao nível do veio de saída do acionamento) e a potência elétrica absorvida à entrada (13). Deste modo, ao adquirir um motor elétrico deve-se dar preferência a um motor de alta eficiência. Embora geralmente sejam mais dispendiosos, em termos de custo inicial, os equipamentos mais eficientes consomem menos energia, conduzindo a custos de funcionamento mais reduzidos e apresentando outras vantagens adicionais (13).

Neste âmbito, de todos os tipos de motores, os motores elétricos são os mais utilizados, pois combinam as vantagens da utilização de energia elétrica com a sua construção simples e uma grande versatilidade de adaptação às mais diversas cargas (13)(12). Os motores elétricos são utilizados numa vasta gama de aplicações, principalmente na movimentação de fluídos em bombas, compressores e ventiladores, entre outros.

Na Europa a classificação dos motores de corrente alternada de baixa tensão, foi estabelecida em 1998 com o acordo voluntário dos principais fabricantes de motores europeus. De uma forma resumida, o acordo estabelecido entre a Comissão Europeia (CE) e o Comité Europeu de Fabricantes de Máquinas Elétricas e de equipamentos e sistemas de Eletrónica de Potência (CEMEP) definia que os motores de 1,1 a 90 kW de potência nominal, 50 ou 60 Hz, com 2

e 4 pólos magnéticos, seriam classificados de acordo com os valores dos respectivos rendimentos (13)(2).

As classes de rendimento estabelecidas foram as seguintes:

- EFF1: Motores de elevado rendimento;
- EFF2: Motores de rendimento melhorado;
- EFF3: Motores de rendimento normal (sem qualquer requisito especial) (13)(2).

Através do organismo UE MEPS (*European Minimum Energy Performance Standard*), a União Europeia definiu um novo regime obrigatório para os níveis mínimos de eficiência dos motores elétricos que sejam introduzidos no mercado europeu. O organismo UE MEPS baseia-se em duas normas criadas pelo IEC (*International Electrotechnical Commission*) (13):

- Norma CEI/EN 60034-2-1:2014 – Edição 2.0 - Disponível desde setembro de 2007, alterada em 2014, introduz novas regras relativas aos métodos de teste que devem ser usados na determinação das perdas e da eficiência dos motores elétricos.
- Norma CEI/EN 60034-30-1:2014 – Edição 1.0 - Disponível desde outubro de 2008 e alterada em 2014, especifica as classes de eficiência que devem ser adotadas.

A norma CEI/EN 60034-2-1:2007 define duas formas de determinar a eficiência dos motores elétricos, o método direto e os métodos indiretos. A norma especifica os seguintes parâmetros para determinar a eficiência pelo método indireto:

- Temperatura de referência;
- Três opções para determinar as perdas adicionais em carga: medição, estimativas e cálculo matemático (13).

A norma CEI/EN 60034-30:2008, elaborada para uniformizar o sistema de classificação do rendimento a nível internacional, define as seguintes classes IE (*International Efficiency*):

- IE5 - Rendimento Ultra Premium;
- IE4 - Rendimento Super Premium;
- IE3 - Rendimento Premium (equivalente ao NEMA Premium);
- IE2 - Alto Rendimento (equivalente ao EFF1 do CEMEP/CE e ao NEMA EPAct);

- IE1 - Rendimento Standard (equivalente ao EFF2 do CEMEP/CE);
- IE0 - Sem classificação (equivalente ao EFF3 do CEMEP/CE, são os motores de rendimento inferior aos IE1) (2).

2.3.2. PRODUÇÃO DE CALOR E FRIO

Relativamente à produção de calor e frio as medidas de eficiência energética aplicadas passam muitas vezes por uma manutenção adequada dos equipamentos e recuperação energética de calor rejeitado.

2.3.2.1. Frio industrial

A maior parte da refrigeração industrial é efetuada através de sistemas de refrigeração por compressão. A melhoria da eficiência energética de um sistema de refrigeração pode ser feita através da implementação de estratégias de otimização e controlo dos sistemas já existentes, que podem levar a um aumento de 30% da sua eficiência (12).

2.3.3. ILUMINAÇÃO

A luz é um elemento importante e indispensável à vida. A necessidade de iluminação, seja em edifícios de comércio e serviços ou em residências, é recorrente, sendo imperativo racionalizar o consumo de energia associado. A qualidade da iluminação deve ser sempre suficientemente elevada para garantir um desempenho visual suficiente para as tarefas em causa. Se as condições visuais adequadas para a realização do trabalho não forem garantidas, condicionar-se-á o bem-estar dos colaboradores, reduzindo a produtividade e podendo levar a erros e acidentes.

Atualmente existe uma enorme variedade de soluções disponíveis para as mais diversas aplicações. Assim, considerando os sistemas de iluminação, é possível diminuir o consumo energético fornecido para iluminação, instalando equipamentos que proporcionem a iluminação suficiente e recomendada ao desempenho das atividades. De acordo com (9) e (12), de forma a poder obter-se condições ótimas dos locais de trabalho a nível de iluminação deve ter-se em consideração os seguintes aspetos:

- Dar prioridade à iluminação natural;
- Dimensionar corretamente os níveis de iluminação necessários para os diferentes postos de trabalho;
- Escolher o tipo de iluminação mais adequado para cada local de trabalho;
- Utilizar, sempre que possível, equipamentos de elevado rendimento;
- Utilização de sistemas de controlo e comando automático em instalações de iluminação;
- Tentar utilizar, sempre que possível, luminárias que possam ser integradas com o ar condicionado;
- Estabelecer e executar um plano de manutenção e limpeza regulares das instalações.

No que se refere aos sistemas de iluminação, recorre-se muitas vezes a estudos luminotécnicos, substituição de luminárias e sistemas de monitorização. Tal como foi dito anteriormente, é importante estudar-se caso a caso as necessidades de iluminação de cada espaço, uma vez que nem todos estes carecem da mesma luminosidade ou do mesmo período de utilização.

2.3.3.1. Lâmpadas

Existem vários tipos de lâmpadas que podem apresentar diferentes rendimentos ou eficiências luminosas. Cada solução de iluminação existente foi desenvolvida com um propósito e uma utilização específica. A quantificação da luz emitida relacionada com a quantidade de energia elétrica absorvida é denominada de lumens por watt.

É de notar ainda que as lâmpadas convencionais incandescentes apenas aproveitam para iluminação cerca de 5% de energia elétrica que consomem, sendo os restantes 95% transformados em calor, sem aplicação luminosa (14). Deste modo, uma medida de Eficiência Energética que poderá, futuramente, ser proposta passa pela substituição da iluminação atual, sempre que for satisfatório, para uma mais eficiente, nomeadamente fluorescentes de tecnologia *Light-Emitting Diode* (LED). A principal vantagem da iluminação LED passa pela obtenção dos mesmos níveis de fluxo luminoso com uma potência elétrica consideravelmente mais baixa (14). Assim, sempre que se verificar um período de funcionamento contínuo superior a duas horas as lâmpadas mais indicadas para

a iluminação interior de edifícios são as lâmpadas fluorescentes tubulares, podendo ser também utilizadas as lâmpadas fluorescentes compactas (12).

Relativamente à utilização da iluminação na indústria as lâmpadas mais recomendadas são as de descarga, mais especificamente as lâmpadas de vapor de sódio. Contudo para a iluminação exterior deverão ser utilizadas lâmpadas de iodetos metálicos ou vapor de sódio a alta pressão, uma vez que para a mesma potência nominal esta fornece um fluxo luminoso superior às lâmpadas de vapor de mercúrio (12).

2.3.3.2. Sistemas de Controlo de Iluminação

Atualmente é importante que os sistemas de iluminação possuam um sistema de controlo automático, desta forma é possível diminuir o consumo energético. Num processo industrial, a zona fabril deve estar dividida em vários setores de iluminação independentes para que seja possível desligar a iluminação que não seja necessária.

Os sistemas de controlo, dependendo do tipo de lâmpada, permitem que o local seja iluminado apenas com a quantidade necessária de modo a reduzir o consumo de energia. Existem vários tipos de lâmpadas que permitem a utilização de sistemas de controlo, no entanto lâmpadas do tipo fluorescentes tubulares com balastro normal, por exemplo, não o permitem (9).

Outro dos sistemas de controlo de iluminação, já mencionado anteriormente, que permite reduzir os consumos energéticos é a instalação de sensores de presença. Estes, contudo, só funcionam eficientemente se forem bem dimensionados e se as lâmpadas sobre as quais irão atuar forem incandescentes ou de halogéneo (12). A este tipo de sensores pode ser adicionado um temporizador, o que normalmente é utilizado em iluminação exterior, nomeadamente em períodos de iluminação deficiente

2.3.4. ENERGIA RENOVÁVEL

2.3.4.1. PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE POR ENERGIA SOLAR

Uma das fontes de energia alternativa aos combustíveis fósseis é a energia solar. Os sistemas FV aproveitam a energia solar, convertendo diretamente a radiação solar em eletricidade, através do efeito fotoelétrico (15). O efeito FV consiste na transformação de energia solar em energia elétrica, ou seja, na transformação de energia que proporcionam os fótons (partículas de luz) incidentes sobre os materiais semicondutores, em eletricidade (15).

A implementação de um sistema solar FV é uma medida que visa a incorporação de energia proveniente de fontes renováveis no edifício que irá ser vantajosa não só do ponto de vista ambiental como do consumidor. Este último poderá beneficiar da energia para autoconsumo de modo que seja suprida parte do consumo de energia elétrica do edifício, que terá como consequência imediata a redução da fatura de eletricidade.

A energia solar ocupa uma posição de destaque no mercado das energias renováveis. Cada consumidor pode produzir energia no próprio local, a partir de uma fonte limpa, podendo ainda vender o excedente de produção à rede.

2.3.5. EFICIÊNCIA DO PROCESSO INDUSTRIAL

O processo de monitorização e controlo é extremamente importante uma vez que o custo de implementação destas medidas é relativamente baixo. Para tal a empresa necessita de adotar alguns procedimentos de forma a determinar as suas necessidades específicas. Este processo requer que os equipamentos da empresa sejam monitorizados e controlados constantemente de forma a detetar o funcionamento adequado ao processo que está a desenvolver e/ou os desperdícios de energia que neles existam (9)(12).

2.3.5.1. Monitorização e Controlo

A gestão da energia consumida é uma tarefa que engloba várias medidas, tais como o planeamento, a monitorização e a implementação de estratégias de controlo otimizadas (12). O processo de monitorização e controlo é extremamente importante uma vez que o custo de

implementação destas medidas é relativamente baixo, principalmente se comparados com as possíveis melhorias de poupança energética, produtividade e qualidade dos produtos.

Este processo requer que os equipamentos da empresa sejam monitorizados e controlados constantemente de forma a detetar os desperdícios de energia que neles existam. Este processo pode ser feito com recurso aos históricos de consumo, relatórios semanais, mensais e comparativos, análise de tendências, simulação e análise de faturas, vigilância em tempo real, análise de qualidade de energia.

2.3.5.2. Manutenção dos Equipamentos

É essencial que seja efetuada uma manutenção dos equipamentos, e se necessário recorrer à sua reparação, para que se mantenham eficientes. Os serviços de gestão de energia permitem que sejam detetadas situações de anomalias, através da medição de consumos (de eletricidade, água, gás ou outros tipos de combustíveis) (9). A manutenção dos equipamentos vai permitir uma otimização da eficiência energética da empresa (12).

3. ESTUDO DE CASO

3.1. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Neste capítulo faz-se a apresentação da empresa e do seu processo produtivo, onde é caracterizada a informação recolhida no levantamento energético.

Neste caso de estudo, não foram analisados todos os equipamentos consumidores de energia, foram estudados apenas equipamentos existentes na zona de produção, e criados perfis de utilização dos mesmos de acordo com o verificado nos dias de visita à entidade. Sendo os equipamentos e luminárias na zona de produção os consumidores de energia mais relevantes, optou-se por estudar apenas soluções mais eficientes para os mesmos. Posto isto, os equipamentos referentes à climatização não foram quantificados e analisados uma vez que só existem no piso superior, na zona administrativa e a inexistência de dados históricos de consumo torna bastante difícil conhecer os consumos destes equipamentos, cujo funcionamento depende de vários fatores e condições do ar ambiente, mas também de comportamento humano.

Este levantamento permite aclimatar com os equipamentos existentes na unidade fabril de forma a encontrar/compreender as soluções a adotar e as necessidades de cada espaço da zona de produção, bem como do seu impacto na faturação elétrica.

3.1.1. EMPRESA

Fundada em 1988, a Frilixa é uma empresa que se dedica à conceção, produção e comercialização de equipamentos de refrigeração para as mais diversas áreas de negócio. Localizada na Lixa, do concelho de Felgueiras, conta com 55 trabalhadores e com uma área de implantação, aproximadamente, de 5.590 metros². Na **Figura 4** é possível ver a fachada

do edifício. Esta unidade industrial consome apenas um tipo de energia, sendo ela energia elétrica.

Esta unidade fabril não está abrangida pelo SGCIE, uma vez que não atingiu os 500 tep/ano tal como vai ser possível verificar mais abaixo.



Figura 4 Instalações da fábrica da Frilixa, em Macieira da Lixa

3.1.2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES / METODOLOGIA

No decorrer da elaboração do trabalho, após reunir a informação relevante, foi feita a AE à entidade com objetivo de conhecer as principais etapas de produção e alguns dos seus requisitos, permitindo conhecer as formas de energia envolvidas.

A primeira fase centrou-se na recolha de informação. Foi feito um levantamento em termos energéticos das várias formas de energia consumidas e das necessidades energéticas específicas de cada utilização.

Neste levantamento:

- Identificou-se os principais consumidores de energia;
- Definiu-se os regimes de funcionamento da fábrica;
- Efetuou-se o levantamento das horas de funcionamento, bem como, as características técnicas dos equipamentos existentes na fábrica.

Numa segunda fase procedeu-se à análise dos registos históricos dos consumos da energia elétrica. Esta análise serve para percebermos o impacto dos equipamentos analisados têm no consumo elétrico. Esta desagregação de consumos permitiu avaliar os pesos relativos das formas de energia consumidas, possibilitando a identificação de estratégias de atuação no sentido de solucionar rapidamente, e com sucesso, as situações mais críticas.

Numa terceira fase, e com o objetivo de diminuir a fatura energética da empresa, identificou-se e fez-se uma análise financeira de equipamentos de maior eficiência energética a substituir e/ou implementar, tendo em vista a racionalização dos consumos energéticos da fábrica.

3.1.3. OCUPAÇÃO E RESPECTIVA UTILIZAÇÃO DOS ESPAÇOS

O edifício em estudo é composto por dois pisos, abrangendo vários setores de trabalho. No primeiro andar apenas funcionam o setor administrativo e de desenho. Já no rés-do-chão trabalham o setor da transformação de chapa, serralharia, elétrico, montagem de linha e embalagem. Durante o ano de referência (2021) a entidade operou de segunda-feira a sexta-feira, nos seguintes períodos:

- Setor de Produção: – das 8h às 17h30
- Setor Administrativo – das 9h00 às 18h30

Para o presente caso de estudo é relevante saber-se que o horário indicado anteriormente, é o horário de trabalho, pelo que certos funcionários da zona de produção podem chegar antes e sair depois das horas indicadas. A razão de tal deve-se à troca de roupa, guardar os seus acessórios, etc. De modo que, por exemplo, o perfil de utilização de luminárias possa não corresponder exatamente a este horário.

Nos anos 2019/2020/2021 ocorreram as seguintes paragens anuais: em 2020, devido ao surto Covid-19, a empresa viu-se obrigada a estar encerrada no mês de março e, para férias, uma semana no período de Natal. Em 2019 e 2021 ocorreram duas semanas no mês de agosto para férias. Estes períodos foram aproveitados para manutenção.

A Frilixa é composta por 9 secções produtivas e por 9 departamentos de apoio à produção, tal como se pode verificar na **Tabela 2**. E, de forma a permitir uma identificação dos

equipamentos existentes na unidade fabril, nos pontos seguintes é possível analisar o levantamento dos equipamentos de maior relevo de forma a compreender as soluções a adotar e as necessidades de cada espaço.

Tabela 2 Descrição Organizacional da Frilixa

Unidade Produtiva	
Secções Produtivas	<ul style="list-style-type: none"> • Transformação de chapa • Serralharia • Soldagem • Injeção de poliuretano • Elétrico • Manipulação de gases • Montagem • Testes • Embalagem
Departamento de Apoio à Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade • Ambiente, higiene e segurança • Gestão de stocks • Recursos humanos • Controlo de gestão • Administrativo e financeiro • Comercial • Desenho • Informática

3.1.4. ILUMINAÇÃO

Existem vários tipos de lâmpadas que podem apresentar diferentes rendimentos ou eficiências luminosas. Nas zonas do edifício em estudo, identificou-se diferentes tipos de iluminação, nomeadamente: fluorescentes tubulares T8, vapor de mercúrio e halogénea. Não existindo qualquer tipo de sensor e/ou controlo automático, o funcionamento do sistema de iluminação é feito exclusivamente através dos circuitos nos quadros elétricos.



Figura 5 Exemplos do tipos de iluminação existentes na Frilixa

Tabela 3 Distribuição do tipo de iluminação na zona de estudo

Lâmpada	Potência (kW)	Quantidade
Fluorescentes tubulares T8	0,036	112
Vapor de mercúrio de alta pressão	0,250	32
Halogénea (Projetor)	0,5	4

É criado, nas **Tabela 4**

Tabela 5, um perfil de utilização das luminárias em estudo. Este perfil será necessário para, mais à frente, conseguir-se obter uma estimativa de qual será o valor de poupança com a substituição das mesmas, e conseqüentemente do tempo de retorno expectável do investimento.

Tabela 4 Perfil de utilização das luminárias de sábado a domingo

PERFIS DE UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO – SÁBADO/DOMINGO

	Luminária 1	Luminária 2	Luminária 3
00:00 – 01:00	Desligado	Desligado	Ligado
01:00 – 02:00	Desligado	Desligado	Ligado
02:00 – 03:00	Desligado	Desligado	Desligado
03:00 – 04:00	Desligado	Desligado	Desligado
04:00 – 05:00	Desligado	Desligado	Desligado
05:00 – 06:00	Desligado	Desligado	Desligado
06:00 – 07:00	Desligado	Desligado	Desligado
07:00 – 08:00	Desligado	Desligado	Desligado
08:00 – 09:00	Desligado	Desligado	Desligado
09:00 – 10:00	Desligado	Desligado	Desligado
10:00 – 11:00	Desligado	Desligado	Desligado
11:00 – 12:00	Desligado	Desligado	Desligado
12:00 – 13:00	Desligado	Desligado	Desligado
13:00 – 14:00	Desligado	Desligado	Desligado
14:00 – 15:00	Desligado	Desligado	Desligado
15:00 – 16:00	Desligado	Desligado	Desligado
16:00 – 17:00	Desligado	Desligado	Desligado
17:00 – 18:00	Desligado	Desligado	Desligado
18:00 – 19:00	Desligado	Desligado	Desligado
19:00 – 20:00	Desligado	Desligado	Desligado
20:00 – 21:00	Desligado	Desligado	Ligado
21:00 – 22:00	Desligado	Desligado	Ligado
22:00 – 23:00	Desligado	Desligado	Ligado
23:00 – 24:00	Desligado	Desligado	Ligado

Tabela 5 Perfil de utilização das luminárias de segunda a sexta

PERFIS DE UTILIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO – SEGUNDA A SEXTA			
	Luminária 1	Luminária 2	Luminária 3
00:00 – 01:00	Desligado	Desligado	Ligado
01:00 – 02:00	Desligado	Desligado	Ligado
02:00 – 03:00	Desligado	Desligado	Desligado
03:00 – 04:00	Desligado	Desligado	Desligado
04:00 – 05:00	Desligado	Desligado	Desligado
05:00 – 06:00	Desligado	Desligado	Desligado
06:00 – 07:00	Desligado	Desligado	Desligado
07:00 – 08:00	Ligado	Ligado	Desligado
08:00 – 09:00	Ligado	Ligado	Desligado
09:00 – 10:00	Ligado	Ligado	Desligado
10:00 – 11:00	Ligado	Ligado	Desligado
11:00 – 12:00	Ligado	Ligado	Desligado
12:00 – 13:00	Ligado	Ligado	Desligado
13:00 – 14:00	Desligado	Desligado	Desligado
14:00 – 15:00	Ligado	Ligado	Desligado
15:00 – 16:00	Ligado	Ligado	Desligado
16:00 – 17:00	Ligado	Ligado	Desligado
17:00 – 18:00	Ligado	Ligado	Desligado
18:00 – 19:00	Desligado	Desligado	Desligado
19:00 – 20:00	Desligado	Desligado	Desligado
20:00 – 21:00	Desligado	Desligado	Ligado
21:00 – 22:00	Desligado	Desligado	Ligado
22:00 – 23:00	Desligado	Desligado	Ligado
23:00 – 24:00	Desligado	Desligado	Ligado

3.1.5. EQUIPAMENTOS

Relativamente aos equipamentos consideram-se equipamentos industriais, como máquina quinadeiras, prensas, máquinas de injeção, compressores da rede de ar comprimido, etc.

Grande porção das indústrias utiliza sistemas de compressão de ar, uma vez que a compressão de ar é uma forma polivalente de produção de transmissão de energia. A eficiência energética em sistemas de compressão de ar deverá englobar: a produção e tratamento do ar comprimido, as suas redes de distribuição, os dispositivos de utilização final e o projeto e operação do sistema em geral. Contudo, apenas será analisado o impacto da eliminação de fugas e uma análise direta da substituição de compressores mais eficientes.

A Frilixa dispõe de uma central de ar comprimido, composta por dois compressores, que alimenta toda a linha de montagem de produtos da fábrica.

No seguimento de se perceber quais os equipamentos que merecem maior atenção, no que diz respeito à quantidade de energia consumida e eventuais problemas de qualidade de energia, procedeu-se ao levantamento dos mesmos de acordo com as informações presentes nas chapas de características dos motores elétricos das máquinas. Na **Tabela 6** é possível visualizar os equipamentos consumidores de energia, a analisar neste caso de estudo, assim como a respetiva potência e quantidades. Como referido anteriormente, foram analisados apenas os equipamentos de maior consumo de energia e utilização, outros, como rádios, telemóveis em carga, lancheiras elétricas, dos funcionários, não foram contabilizados e analisados por não se conseguir criar um perfil dos mesmos. Contudo, alguns equipamentos de trabalho também não foram integrados no estudo por serem utilizados muito pontualmente, não havendo qualquer tipo de registo assim como de estimativa de utilização de modo a traçar o seu perfil.



Figura 6 Exemplos de equipamentos existentes na Frilixa

Tabela 6 Equipamentos a analisar

Equipamento	Potência (kW)	Quantidade
Balancé CPE-65	7,5	1
Guilhotina GHO 0630	11	1
Corta Cantos Versa-204	0,55	1
Quinadeira QH 600	7,5	1
Quinadeira QHX 6330	8	1
Quinadeira Macfrom	7	1
Prensa Orma	4	1
Prensa Manni	4,5	1
Prensa Olipal	4	1
Máquina Injeção Poliuretano Cannon	10	1
Máquina Injeção Poliuretano Cosmec	8,9	1
Máquina de Soldadura Alarc 4+4	3,5	1
Prensa Italpress S-4F	4	1
Puncionadora Trumph Traumatic	52	1
Equipamento auxiliar Trumph Traumatic	30,4	1
Compressor	30	2
Motor Yaskawa	0,8	2

Tal como nas luminárias, é traçado um perfil de utilização dos equipamentos em estudo, presente na **Tabela 7**, para, mais à frente, conseguir-se obter uma estimativa de qual será o valor de poupança com a implementação de medidas de eficiência energética nestes equipamentos, e consequentemente do tempo de retorno expectável do investimento.

Tabela 7 Perfil de utilização dos equipamentos

Descrição	Número de unidades semelhantes e com perfil de utilização semelhante	Potência em Utilização (kW)	Potência em Standby (kW)	Perfil de Funcionamento (% de hora)
Balancé CPE-65	1	7,5	2,4	45
Guilhotina GHO 0630	1	11	2,7	50
Corta Cantos Versa-204	1	0,55	0,2	30
Quinadeira QH 600	1	7,5	2,4	65
Quinadeira QHX 6330	1	8	2,6	70
Quinadeira Macfrom	1	7	2,3	40
Prensa Orma	1	4	2	60
Prensa Manni	1	4,5	2,1	60
Prensa Olipal	1	4	2	60
Máquina Injeção Poliuretano Cannon	1	10	3,5	40
Máquina Injeção Poliuretano Cosmec	1	8,9	3,5	40
Máquina de Soldadura Alarc 4+4	1	3,5	1	70
Prensa Italpress S-4F	1	4	2	60
Puncionadora Trumph Traumatic	1	52	12,3	60
Equipamento auxiliar Trumph Traumatic	1	30,4	7	60
Compressor	2	30	6,9	85
Motor Yaskawa	2	0,8	0	10

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

3.2.1. CONSUMO ENERGÉTICO

É sabido que, devido aos elementos construtivos da envolvente do edifício, a transmissão de calor por condução através da mesma causa perdas de calor no período de inverno, assim como ganhos de calor indesejáveis através dos mesmos elementos, no período de verão. Esses efeitos resultam em alterações do comportamento térmico dos edifícios, o que irá ter peso nos consumos energéticos que ocorrem no seu interior. Neste tópico é realizada uma AE global das instalações, não englobando qualquer análise térmica do edifício.

É através desta, AE, que será possível formar e recomendar medidas de eficiência energética para o edifício. Assim, foi feita uma desagregação de consumos para uma compreensão mais detalhada do uso de eletricidade. Uma vez que não se estudou todos os equipamentos consumidores de energia da entidade, fez-se apenas a desagregação dos equipamentos em estudo. De modo a efetuar uma análise ao perfil de consumos recorreu-se às faturas de eletricidade dos últimos três anos, ou seja, de 2019 até 2021. As faturas de eletricidade utilizam como unidade de energia o kWh. Seguidamente será apresentada uma pequena explicação para se proceder à leitura das faturas.

Ao observar-se uma fatura é possível obter informação imediata sobre a tarifa do contrato, ciclo semanal e a potência requisitada, instalada e contratada. A tarifa do contrato corresponde à faixa de tensão elétrica instalada. A potência requisitada define-se pelo valor da potência que a rede a montante deve ter capacidade de alimentar e para a qual a ligação deve ser construída. Esta potência, para MT, não pode ser inferior a 75% da soma da potência nominal dos transformadores (5). A potência instalada é o somatório das potências nominais dos transformadores instalados no posto de transformação. Enquanto, a potência contratada

define o valor instantâneo máximo de potência elétrica que uma instalação de consumo pode receber.

A energia ativa, aquela que produz trabalho, é a energia que é transferida entre fonte e a carga de modo que esta possa funcionar corretamente. A sua unidade de medida é o Wh. Para a energia ativa, existe um ciclo semanal opcional para MT em Portugal Continental, constituído por quatro períodos horários: horas de ponta, cheias, vazio normal e de super vazio. As horas de ponta correspondem ao espaço de tempo de maior trabalho e onde se aplica o preço de energia mais elevado. As horas cheias dizem respeito a um período de atividade mais reduzida que o anterior e apresentam um custo energético intermédio. As horas em vazio normal e de super vazio dizem respeito ao momento mais reduzido, ou até mesmo nulo, de funcionamento, sendo aqui o preço de energia o mais baixo.

Através da aquisição e tratamento das faturas foi possível obter o gráfico presente na **Figura 7**, onde se pode comparar o total de consumo de energia elétrica faturado no ano 2019, 2020 e 2021. Da análise das faturas elétricas dos últimos 3 anos, é possível verificar uma informação mais detalhada através da **Tabela 8**.

Tabela 8 Consumo de Energia Ativa de 2019-2021

MÊS	ENERGIA ATIVA 2019 - 2021 (KWH)		
	2019	2020	2021
JANEIRO	35.682	32.421	31.661
FEVEREIRO	37.266	38.313	30.707
MARÇO	34.685	28.318	31.447
ABRIL	34.198	3.663	46.781
MAIO	34.537	18.195	40.894
JUNHO	33.308	22.049	32.153
JULHO	38.419	37.781	36.117
AGOSTO	24.823	33.391	22.154
SETEMBRO	29.825	21.010	37.318
OUTUBRO	38.271	34.555	29.174
NOVEMBRO	34.656	35.097	34.407
DEZEMBRO	25.411	24.686	23.281
TOTAL	401.081	329.479	396.094

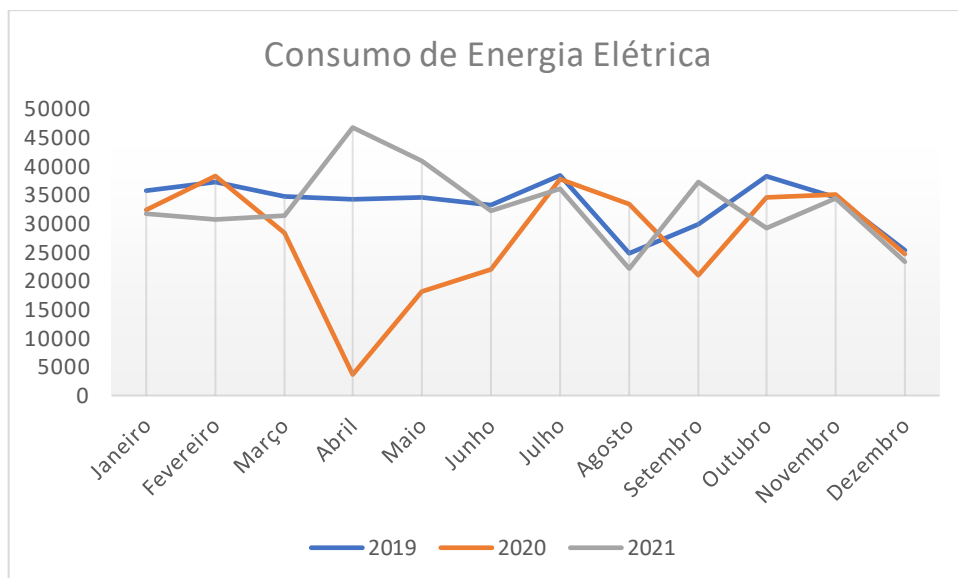


Figura 7 Evolução Mensal do Consumo de Energia Elétrica de 2019 a 2021

O consumo da energia ativa dos anos 2019, 2020 e 2021 encontram-se, respectivamente, nas tabelas seguintes.

Tabela 9 Evolução Mensal do Consumo de Energia Ativa de 2019

MÊS	ENERGIA ATIVA EM 2019 (KWH)				
	Ponta	Cheia	Vazio	Super vazio	Total (kWh)
JANEIRO	7.514	21.065	4.453	2.650	35.682
FEVEREIRO	7.269	23.360	4.058	2.579	37.266
MARÇO	8.072	19.313	4.603	2.697	34.685
ABRIL	7.319	19.764	4.123	2.992	34.198
MAIO	7.587	20.265	4.140	2.545	34.537
JUNHO	7.265	19.601	4.082	2.360	33.308
JULHO	8.462	23.210	4.061	2.686	38.419
AGOSTO	5.481	14.612	2.808	1.922	24.823
SETEMBRO	6.371	17.136	3.935	2.383	29.825
OUTUBRO	8.793	22.683	4.035	2.760	38.271
NOVEMBRO	8.244	20.812	3.303	2.297	34.656
DEZEMBRO	5.928	14.428	2.928	2.127	25.411
TOTAL (KWH)	88.305	23.6249	46.529	29.998	401.081

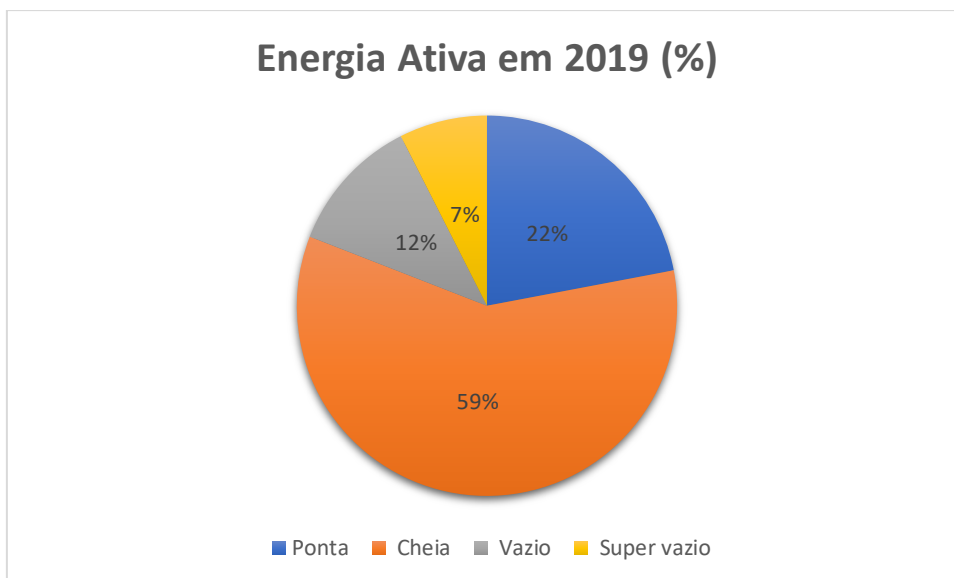


Figura 8 Consumo de Energia Ativa de 2019 em percentagem

Tabela 10 Evolução Mensal do Consumo de Energia Ativa de 2020

MÊS	ENERGIA ATIVA EM 2020 (KWH)				Total (kWh)
	Ponta	Cheia	Vazio	Super vazio	
JANEIRO	8.089	19.428	2.884	2.020	32.421
FEVEREIRO	9.598	22.726	3.517	2.472	38.313
MARÇO	7.465	17.420	1.895	1.538	28.318
ABRIL	1.888	1.818	744	513	3.663
MAIO	4.612	10.437	1.989	1.157	18.195
JUNHO	5.417	13.617	1.819	1.196	22.049
JULHO	7.856	23.683	4.028	2.214	37.781
AGOSTO	6.880	20.122	4.236	2.153	33.391
SETEMBRO	5.629	12.622	1.596	1.163	21.010
OUTUBRO	8.207	21.534	2.805	2.009	34.555
NOVEMBRO	8.527	21.181	3.228	2.161	35.097
DEZEMBRO	5.879	13.712	3.160	1.935	24.686
TOTAL (KWH)	78.747	198.300	31.901	20.531	32.9479

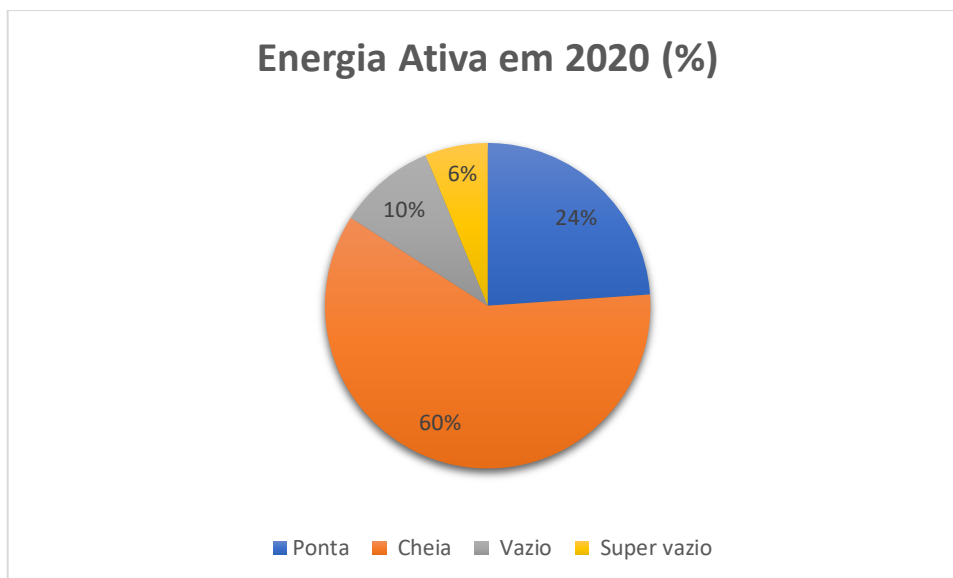


Figura 9 Consumo de Energia Ativa em 2020 em percentagem

Tabela 11 Evolução Mensal do Consumo de Energia Ativa de 2021

MÊS	ENERGIA ATIVA EM 2021 (KWH)				Total
	Ponta	Cheia	Vazio	Super vazio	
JANEIRO	8.145	18.275	3.149	2.092	31.661
FEVEREIRO	7.984	17.854	2.891	1.978	30.707
MARÇO	7.856	18.502	2.968	2.121	31.447
ABRIL	10.390	27.747	5.650	2.994	46.781
MAIO	8.762	25.802	3.950	2.380	40.894
JUNHO	7.030	19.099	3.931	2.093	32.153
JULHO	7.546	22.160	4.002	2.409	36.117
AGOSTO	4.557	13.613	2.418	1.566	22.154
SETEMBRO	8.138	22.637	3.972	2.571	37.318
OUTUBRO	6.547	16.994	3.732	1.901	29.174
NOVEMBRO	5.689	22.912	3.718	2.088	34.407
DEZEMBRO	3.651	14.046	3.549	2.035	23.281
TOTAL	86.295	239.641	43.930	26.228	396.094

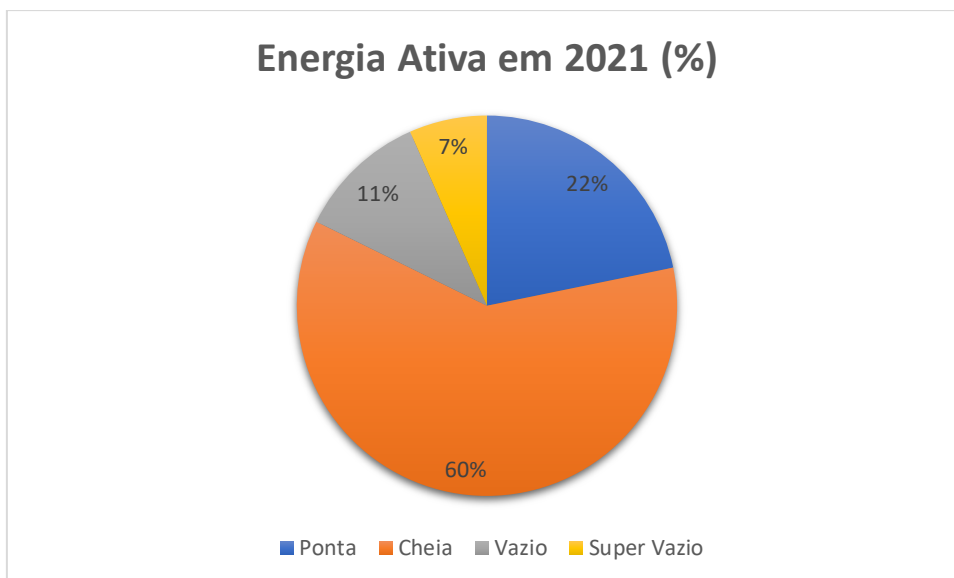


Figura 10 Consumo de Energia Ativa em 2021 em percentagem

Pela análise da **Figura 9**, é possível constatar que no ano de 2020, o consumo no mês de abril de 2020 é consideravelmente baixo, esse acontecimento deve-se ao facto da empresa ter estado fechada devido à situação pandémica que se viveu e que se vive ainda nos dias de hoje. Ainda na mesma **Figura 9** é notória a pausa para férias em agosto assim como as oscilações anuais nos três anos, um dos fatores deve à carga de produção, ou seja, consoante as encomendas, por natureza, o ritmo de trabalho vai variando. Analisando as **Figura 9****Figura 10****Figura 11**, é possível verificar que o período horário em que a empresa consome mais eletricidade é, sem dúvida, no período das cheias, o que é normal e grande porção da indústria de pequena e média dimensão, com um turno principal de funcionamento.

Ainda na análise das figuras mencionadas anteriormente pode-se verificar que, mesmo sendo a mais pequena, existe uma percentagem de energia consumida nos períodos de super vazio, sendo que não existe produção nesses períodos, pode ser um indício de que existe perdas de energia e/ou consumos parasitas. Essas perdas podem ser recuperadas pelo fator de potência, podendo ser uma solução para responder a essas perdas, é estudada uma bateria de condensadores mais à frente.

Conhecendo agora os dados obtidos na **Tabela 11**, onde estão os valores do consumo de energia elétrica dos meses do ano de 2021, somados dão um valor de 396.094 kWh. De modo a sabermos se esta instalação, Frilixa, está abrangida pelo SGCIE é necessário converter para tep/ano. O ano de referência do PReN é 2021. Ora, após feito a conversão de acordo com a **Tabela 12**, cujo resultado é de 85,2 tep/ano, consultando o Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de abril, alterado pela Lei n.º 7/2013 de 22 de janeiro e pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril, que regulamenta o SGCIE (16), concluímos que a instalação não está abrangida pelo SGCIE pelo que a empresa não é obrigada a realizar uma AE.

Na **Tabela 12**, são apresentados os valores de conversão de energia elétrica tonalada equivalente de petróleo (tep), considerando o rendimento elétrico nacional igual a 0,4 segundo o despacho n.º 17313/2008 (17).

Tabela 12 Fator de conversão de energia elétrica em termos de energia primária

Fonte de energia	kWh	Tep	kgCO _{2e} /kWh
Energia elétrica	1	2,15x10 ⁻⁶	0,47

3.2.2. DESAGREGAÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO

Com base na informação anteriormente indicada, e recorrendo a folhas de cálculo do Microsoft Excel, foi possível fazer uma desagregação de consumos. O método de cálculo utilizado corresponde à potência nominal (kW) multiplicado pelo fator de carga e horas de utilização/ano, de acordo com os perfis de utilização das luminárias e equipamentos, criados nas **Tabela 4**, **Tabela 5** e **Tabela 7 Perfil de utilização dos equipamentos**. Os elementos recolhidos são considerados para um cenário de referência simulado, os quais foram comparados com os consumos indicados nas faturas de energia fornecidas.

Então, para perceber de que modo está distribuído os consumos energéticos e de que maneira se pode atuar e propor medidas de eficiência energética com o objetivo final de ser realizada uma poupança eficiente de energia no futuro, é apresentada de seguida uma desagregação

dos consumos de energia elétrica, em unidade percentual, referentes à iluminação e equipamentos da zona de produção da Frilixa.

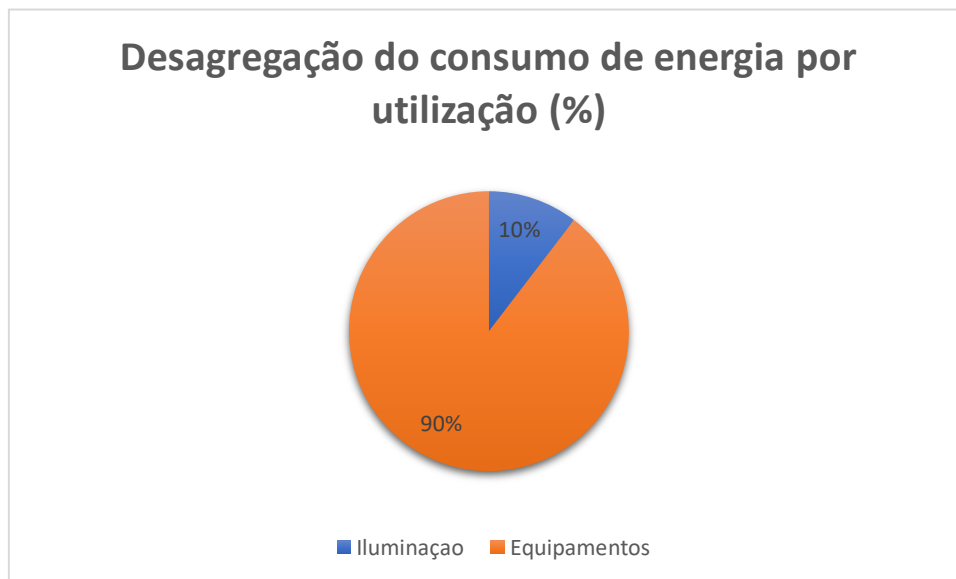


Figura 11 Desagregação do consumo de energia por utilização

Através da **Figura 11** é possível obter algumas conclusões quanto aos elementos do edifício que mais contribuem a nível de consumo elétrico na faturação, tendo por base apenas os equipamentos em estudo. Pelo gráfico da **Figura 11** circular verifica-se o esperado, a maior fatia de consumo elétrico é representada pelos equipamentos, com 90% e, a mais pequena, a iluminação com 10%.

No contexto do edifício em estudo, verifica-se que os valores estão de acordo com o esperado, uma vez que o número de equipamentos, bem como as suas potências, são bastante elevados.

3.3. PROPOSTA E AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Finda a recolha dos dados, torna-se necessário efetuar a sua análise, bem como tirar resultados da mesma. Estes visam melhorar a eficiência energética das instalações e reduzir os custos com energia, sem prejudicar o processo produtivo da Frilixa.

Para o aumento da eficiência energética do edifício alvo de estudo foram sugeridas algumas medidas que visam contribuir para uma redução do consumo de eletricidade, bem como dos custos referentes à utilização da mesma, tal como se pode verificar nos subcapítulos seguintes.

3.3.1. ILUMINAÇÃO

Em (18) é mencionado que iluminação artificial dos espaços é essencial para criar condições propícias às atividades neles desenvolvidas, condições necessárias para uma boa visibilidade dos seres humanos, sendo que é necessário que esta seja o mais eficiente e confortável possível. Não é, neste caso, o setor de energia com maior impacto no consumo de energia. Contudo, é necessário intervir para alcançar uma maior eficiência energética. Deste modo, o objetivo vai de encontro com a substituição de lâmpadas mais eficientes cujo respetivo investimento tenha retorno ao longo do tempo.

No entanto, a substituição das lâmpadas pode não ser a única medida neste setor. Os sistemas de iluminação automática trazem várias vantagens, nomeadamente a otimização dos períodos e áreas em funcionamento, e em alguns casos da própria intensidade da iluminação artificial, em consonância com a contribuição da luz natural. Em (5) é referido que o controlo das luzes é dinâmico, ilumina o ambiente sem desperdício, apenas quando necessário, normalmente quando escurece ou em caso de movimento.

Todo o sistema de iluminação automática possui um tempo maior de vida, já que se trata de equipamentos estudados, não exigindo tanta manutenção. De acordo com (5) as lâmpadas para além de terem um menor consumo também são de maior duração, apresentando resultados iguais ou melhores que as lâmpadas de maior consumo.

Com recurso às **Tabela 4****Tabela 5**, onde está determinado o perfil de utilização das luminárias em estudo e sabendo o número das mesmas presentes na Frilixa, **Tabela 3** **Distribuição do tipo de iluminação na zona de estudo**, é possível saber qual seria o valor de poupança atingido com a sua substituição, e consequentemente do tempo de retorno expectável do investimento.

3.3.2. SUBSTITUIÇÃO/CUSTO DA ILUMINAÇÃO

Atendendo à necessidade de encontrar soluções energeticamente eficientes adequadas aos espaços da Frilixa, efetuou-se uma pesquisa das soluções equivalentes no mercado atual.

Atualmente a tecnologia LED apresenta uma forte vantagem em termos de eficiência energética e é por tal a solução que tem vindo a ganhar maior predominância, mesmo em locais de pé direito mais elevado. Assim, e de acordo com (14), é possível ter lâmpadas com uma potência elétrica bastante inferior e com um tempo de vida útil muito superior, chegando a durar 25 vezes mais do que lâmpadas de halogéneo ou incandescentes. A mesma referência, (14), vai mais além, e menciona que a tecnologia LED permite converter 80% da eletricidade consumida em luz, ao contrário das outras duas tecnologias mais antigas, que desperdiçam essa mesma percentagem em calor.

Para efetuar o cálculo do custo da iluminação, de acordo com os parâmetros da bibliografia (14), recorreu-se aos dados recolhidos, 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.

Relativamente ao cálculo do custo energético efetuou-se, em primeiro lugar, o cálculo da energia consumida tendo em conta a solução de iluminação existente bem como da solução proposta. A energia, consumida anualmente, é calculada através da **Equação 1**.

Nas equações seguintes a variável "Energia" corresponde à energia elétrica consumida em Watt-hora (Wh), a variável "Potência" à potência em Watt (W) da luminária e "tempo" ao tempo de funcionamento de uma determinada luminária em hora, a variável "Custo" corresponde ao custo da energia consumida pelo equipamento em euros (€) e "tarifa" ao custo da eletricidade por unidade de energia em €/Wh.

Equação 1 Consumo energético

$$\text{Consumo energético} \left(\frac{kWh}{\text{ano}} \right) = N^{\circ} \text{ luminárias} \times \text{Potência} \left(\frac{W}{1000} \right) \times \text{Hfuncionamento} \left(\frac{h}{\text{ano}} \right)$$

Com auxílio dos dados recolhidos e recorrendo à **Equação 1**, foi possível preencher a **Tabela 13 Potência e Energia anual consumida**, onde nos revela a energia anual consumida pelo edifício em estudo.

Tabela 13 Potência e Energia anual consumida

Lâmpada	Potência (W)		Quantidade	Horas ⁽¹⁾	Dias ⁽²⁾	Energia anual consumida (kWh)	
	Atuais	LED				Atuais	LED
Fluorescentes tubulares T8	36	18	112	10	260	10.483,2	5.241,6
Vapor de mercúrio de alta pressão	250	100	32	10	260	20.800	8.320
Halogénea (Projetor)	500	150	4	6	365	4.380	1.314

⁽¹⁾ Horas de utilização das luminárias de acordo com as Tabelas 4 e 5.

⁽²⁾ Considerou-se 260 dias para as luminárias utilizadas apenas nos dias úteis e 365 para os projetores exteriores (halogénea).

Obtida assim a energia elétrica consumida, por ano, efetua-se o cálculo do seu custo. A **Equação 2** representa, o cálculo de uma das parcelas do custo da iluminação – o custo energético.

Equação 2 Custo energético

$$\text{Custo energético} \left(\frac{€}{\text{ano}} \right) = \text{Consumo energético} \left(\frac{kWh}{\text{ano}} \right) \times \text{Custo médio kWh} \left(\frac{€}{kWh} \right)$$

De seguida vamos ver, na **Tabela 14**, que a poupança prevista pela substituição de lâmpadas foi calculada pela diferença entre o custo do consumo de energia das lâmpadas atuais pelas propostas (LED). Para tal, considerou-se o valor de 0,13 €/kWh para o custo médio de energia elétrica, tendo como referência o valor mencionado nas faturas de energia elétrica

da Frilixa no ano de 2021. Com os dados mencionados anteriormente, custo da energia elétrica e poupança anual de energia elétrica em kWh, é possível saber-se o valor em euros, utilizando a **Equação 3**. Os resultados podem ser analisados na **Tabela 15**

Equação 3 Poupança em euros da energia (kWh)

$$Poupança_{anual} (\text{€}) = Custo_{médio} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \times Poupança_{anual} (\text{kWh})$$

Tabela 14 Energia anual consumida, custo da energia consumida e respetiva poupança anual

Lâmpada	Energia anual consumida (kWh)		Custo de energia anual consumida (€)		Poupança anual (kWh)	Poupança anual (€)
	Atuais	LED	Atuais	LED		
Fluorescentes tubulares T8	10.483,2	5.241,6	1.362,8	681,4	5.241,6	681,4
Vapor de mercúrio de alta pressão	20.800	8.320	2.704	1.081,6	12.480	1.622,4
Halogéneo (Projetor)	4.380	1.314	569,4	170,8	3.066	398,6
Poupança Total					20.787,6	2.702,4

Através da análise da **Tabela 14**, constata-se uma poupança equivalente a 41,7%, do consumo anual elétrico, em comparação com o mesmo perfil de utilização, com a iluminação atual de fluorescentes tubulares T8, vapor de mercúrio de alta pressão e halogéneo que se traduzem em consumos energéticos bastante inferiores aos atuais. Assim, constata-se que, com a medida proposta face à substituição da iluminação, prevê-se uma poupança anual estimada em 2.702,4€ na faturação da energia elétrica do consumo das luminárias em questão.

Contudo, é necessário saber qual o investimento para implementar essa medida de melhoria e qual o respetivo período de retorno. Ora, para chegarmos a esses resultados é imperativo

recorrer-se à **Equação 4** para saber qual o investimento e à **Equação 5** para obtermos o período de retorno.

Equação 4 Investimento Total

$$\text{Investimento total (€)} = \text{Preço unitário (€)} \times N.^{\circ} \text{ de unidades}$$

Equação 5 Período de Retorno Simples

$$\text{Período de Retorno Simples} = \frac{C}{P}$$

A **Equação 5** do Período de Retorno Simples (PRS) encontra-se em conformidade com o despacho n.º 15793-L/2013 onde C representa a totalidade dos custos de investimento e P a poupança anual resultante da aplicação da medida em estudo (19).

Tabela 15 Análise financeira da proposta de substituição de lâmpadas (€)

Análise financeira					
Lâmpada	Potência LED (W)	Quantidade	Preço unitário (€)	Investimento total (€)	PRS (anos)
Fluorescentes tubulares T8	18	112	7,5	840	1,2
Vapor de mercúrio de alta pressão	100	32	7,8	251,1	0,2
Halógeno (Projetor)	150	4	64	256	0,6
Total				1.347,1	0,5

Assim sendo, pela **Tabela 15**, conclui-se que a substituição das lâmpadas/projetores existentes atualmente na Frilixa por lâmpadas equivalentes de tecnologia LED, bem como de projetores LED para o exterior, seria uma boa medida para melhorar a eficiência energética, baixando o consumo de energia elétrica. O período de retorno desta proposta é de 0,5 anos, pelo que ao fim de desses meses a entidade em questão começaria a ter retorno do investimento feito pela mesma.

Os detalhes técnicos das luminárias/projetores considerados para o estudo encontram-se registados no anexo A, estes dados foram obtidos com recurso a catálogos, fichas técnicas de diversas marcas de iluminação.

3.3.3. SISTEMA DE CONTROLO DE ILUMINAÇÃO

Com o objetivo de garantir uma utilização ainda mais eficiente da iluminação é proposta a instalação de um sistema de controlo da mesma, onde o objetivo assegurar que a iluminação funcione apenas quando necessário e de acordo com as necessidades dos ocupantes.

Detetores de presença e movimento, interruptores horários ou temporizadores, são várias soluções existentes no mercado para o efeito. Neste caso, a solução proposta, sendo ela a mais adequada às instalações em estudo são os detetores de presença e movimento.

Após uma consulta ao mercado atual, o equipamento selecionado funciona através de um sensor de infravermelhos, isto é um sensor passivo de movimento que opera na faixa ótica da radiação térmica, respondendo ao calor irradiado entre o sensor e o objeto em movimento neste caso um ocupante do edifício.

Foi definido, de forma empírica, os espaços para a sua instalação, que são: zonas de circulação e armazém. Estes são os espaços onde faz mais sentido proceder a esta instalação por, tipicamente, terem a iluminação constantemente ativa, mesmo não sendo espaços de ocupação permanente. Sendo assim, as características mais relevantes do detetor escolhido são as evidenciadas na **Tabela 16**.

Tabela 16 Características do detetor de presença e movimento escolhido

Detetor de presença e movimento	
Potência LED (W)	Preço unitário (€)
Ângulo do sensor	360°
Alcance de visão	19m
Potência	200w
Ajuste de tempo	15s – 60min

O número de detetores necessários a instalar foi determinado com base numa análise das dimensões das zonas de circulação e zona de armazém, e respetivas luminárias existentes nesses circuitos. Inicialmente, pensou-se instalar nas instalações sanitárias, mas, não conseguindo criar um perfil de utilização das mesmas por parte dos funcionários, não foi possível. A proposta passa então por instalar 7 sensores pela totalidade das zonas de circulação e 3 na zona de armazenamento.

Sabendo o número de número de luminárias que os detetores de presença passariam a gerir, bem como o tempo estimado de ocupação nos locais mencionados, neste caso foi estimado de forma empírica, é possível determinar a energia consumida nesses espaços, recorrendo à simulação do consumo energético efetuada no subcapítulo anterior, **3.3.2**, nomeadamente, da **Tabela 13**. Assim, obtém-se uma estimativa de poupança do consumo elétrico em ambos espaços, com a aplicação de detetores de movimento e presença, podem-se verificar os resultados obtidos na **Tabela 14**.

Tabela 17 Comparação do consumo anual de energia elétrica atual com detetores de movimento e presença

Espaços	Lâmpada	Quantidade	Horas ⁽¹⁾	Dias ⁽²⁾	Consumo anual de energia	
					Energia atual consumida (kWh/ano) ⁽³⁾	Energia consumida com os detetores (kWh/ano)
Zonas de circulação	Vapor de mercúrio de alta pressão	6	8	260	3.900	3.120
	Fluorescentes tubulares T8	12	8	260	1.123,2	898,56
Armazém	Fluorescentes tubulares T8	12	6,5	260	1.123,2	730,1

⁽¹⁾ Horas de utilização das luminárias com recurso à utilização de detetores de movimento e presença.

⁽²⁾ Considerou-se 260 dias para as luminárias utilizadas apenas nos dias úteis.

⁽³⁾ Valores referentes à Tabela 13, com a utilização das luminárias a 100%.

Tabela 18 Energia anual consumida, custo e respetiva poupança anual com detetores de movimento e presença

Lâmpada	Energia atual consumida (kWh/ano) ⁽³⁾	Energia consumida com os detetores (kWh/ano)	Poupança anual (kWh)	Poupança anual (€)
Fluorescentes tubulares T8	3.900	3120	780	42,
Vapor de mercúrio de alta pressão	1.123,2	898,56	224,6	12,4
Halogéneo (Projector)	1.123,2	730,1	393,1	21,6
Poupança Total			1.397,7	76,9

Assim como no subcapítulo anteriormente, na proposta de substituição de lâmpadas, é igualmente relevante proceder à análise financeira da implementação do conjunto de 10 detetores de movimento e presença, bem como o período de retorno da aplicação desta medida de eficiência energética. Dessa forma, recorreu-se novamente às **Equação 3**

Poupança em euros da energia (kWh)Equação 4 eEquação 5 Período de Retorno Simples para concluirmos com os dados obtidos na Tabela 19.

Tabela 19 Análise financeira da proposta de adoção de detetores de movimento com detetores de movimento e presença (€)

Análise financeira			
Total de unidades	Preço unitário (€)	Investimento (€)	PRS (anos)
10	75,6	756	9,8

Analisando os resultados obtidos na **Tabela 19**, pode-se verificar que a medida em questão terá um período de retorno não muito atrativo, de 9,8 anos, após a sua implementação nos espaços referidos. Ao evitar que as luminárias nestes espaços estejam constantemente ligadas, os detetores de presença e movimento contribuem para uma poupança energética. Contudo, apenas a longo prazo é que faria sentido implementar esta medida.

Ainda se ponderou, junto da administração da entidade, realizar o estudo com equipamentos de qualidade inferior, pelo que o seu custo seria mais baixo, no entanto, apenas com um valor consideravelmente mais baixo é que o período de retorno chegaria perto de 5 anos, pelo que continuava a ser uma medida não muito benéfica para implementar. Os detalhes técnicos dos detetores considerados para o estudo encontram-se registados no Anexo B, estes dados foram obtidos com recurso a catálogos, fichas técnicas de diversas marcas dos equipamentos em questão.

3.3.4. COMPENSAÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Grande porção dos equipamentos industriais são, na sua maioria, motores elétricos de indução, transformadores, entre outros. O funcionamento de desses equipamentos é dependente de uma componente da energia elétrica, a energia reativa, que não realiza trabalho, mas é consumida com a finalidade de alimentar os seus circuitos eletromagnéticos (20), (10). O nível de energia reativa consumida pode ser avaliado através do fator de potência, $\cos \phi$, útil (10), (21), rácio entre a potência reativa e ativa.

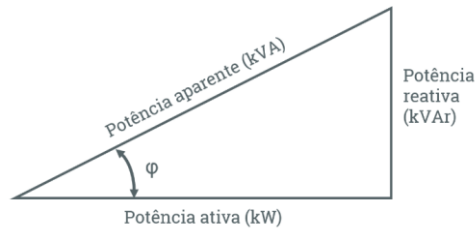


Figura 12 – Triângulo de potências e ângulo ϕ

A compensação do fator de potência, utilizando baterias de condensadores, é uma solução para evitar a absorção de energia reativa da rede, ou seja, produzi-la dentro da própria instalação (10). Para (20) o termo compensação do fator de potência, consiste em, localmente, “produzir” a potência reativa necessária ao funcionamento da mesma com um fator de potência “aceitável”. Na figura esquematiza-se esta ideia:

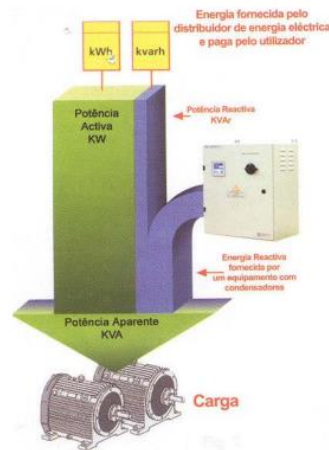


Figura 13 – Representação esquemática do consumo de energia reativa indutiva e correção local com banco de condensadores (20)

Para (22), ao corrigir o consumo excessivo de energia reativa haverá a disponibilização de carga no transformador e no circuito elétrico do local, conseqüentemente proporcionará disponibilidade para a instalação de novas cargas sem a necessidade de modificação nas instalações. De modo a simplificar, o autor exemplifica esse fato numericamente – o aumento do fator de potência de 0,8 para 0,92 numa instalação com potência ativa disponível inicialmente de 252 kW apresenta uma nova disponibilização de potência ativa igual a 38 kW.

Com efeito, a energia reativa, apesar de não produzir trabalho, gera perdas e ocupa capacidade de transporte/distribuição pelo simples facto de transitar nas redes. Desta forma, a Entidade Reguladora dos Serviços de Energia (ERSE) estabelece, através do Regulamento Tarifário, limites/regras de faturação da energia reativa indutiva, tal como se mostra abaixo, através das imagens dos artigos 47º, 48º e 49º do Regulamento Tarifário da ERSE (23):

Artigo 47.º

Energia reativa

- 1 - A energia reativa é objeto de faturação nas entregas dos operadores de rede de distribuição a clientes em MAT, AT, MT e BTE, bem como nas entregas do operador da rede de transporte ao operador da rede de distribuição.
- 2 - A faturação de energia reativa pelo operador de rede de transporte ou distribuição só tem lugar após decorridos 8 meses de consumo de energia elétrica, nas seguintes situações:
 - a) Instalações novas;
 - b) Quando solicitado pelo cliente, após uma variação da potência contratada da instalação de, pelo menos, 50%.
- 3 - Os pontos de entrega do operador da rede de distribuição em MT aos operadores de rede de distribuição em BT não são objeto de faturação de energia reativa.
- 4 - Os períodos de integração das entregas de energia reativa, para aplicação das regras de faturação são os seguintes:
 - a) Diário, para os pontos de entrega do operador da rede transporte ao operador da rede de distribuição, em Portugal continental;

- b) Diário, para os pontos de entrega a clientes em MAT, AT e MT em Portugal continental;
- c) Igual ao período de faturação, para os pontos de entrega a clientes em AT e MT nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira;
- d) Igual ao período de faturação, para os pontos de entrega a clientes em BTE.

5 - A faturação dos encargos de energia reativa relativos ao uso da rede de distribuição é efetuada de acordo com as regras aprovadas pela ERSE, na sequência de proposta conjunta dos operadores das redes de distribuição.

Artigo 48.º

Faturação de energia reativa indutiva nos pontos de entrega das redes de transporte e distribuição

1 - A energia reativa indutiva medida nas horas fora de vazio em cada período de integração que exceda 30% da energia ativa consumida no mesmo período é objeto de faturação.

2 - O preço aplicável à energia reativa indutiva medida nas horas fora de vazio é variável por escalões, em função da energia reativa indutiva medida em cada período de integração, em percentagem da energia ativa medida no mesmo período, considerando os seguintes valores da $\text{tg}\varphi$:

- a) Superior ou igual a 30% e inferior a 40%;
- b) Superior ou igual a 40% e inferior a 50%;
- c) Superior ou igual a 50%.

3 - O preço da energia reativa indutiva nas horas fora de vazio aplicável em cada escalão de energia reativa indutiva é obtido através da aplicação de um fator multiplicativo a um preço de referência de energia reativa indutiva.

4 - O preço da energia reativa indutiva nas horas fora de vazio em cada escalão, é aplicado à energia reativa a faturar no respetivo escalão.

5 - O preço de referência da energia reativa indutiva nas horas fora de vazio, bem como os fatores multiplicativos referidos no n.º 3 -, são aprovados anualmente pela ERSE.

Artigo 49.º

Faturação de energia reativa capacitiva nos pontos de entrega das redes de transporte e distribuição

- 1 - A energia reativa capacitiva medida em cada período de integração nas horas de vazio pode ser objeto de faturação.
- 2 - Os critérios seguidos pelos operadores de rede na faturação de energia reativa capacitiva em horas de vazio devem ser objetivos e tornados públicos na respetiva página na Internet ou através de outras formas de divulgação igualmente eficazes.

Figura 14 – Imagem dos artigos 47º, 48º e 49º do Regulamento Tarifário do Setor da ERSE (2021)(23)

Consultando as tarifas de acesso às redes publicadas também pela ERSE para 2021 verifica-se que o preço de referência da reativa indutiva e capacitiva é, respetivamente, de 0,0252 e 0,0189 €/kVArh:

TARIFA DE ACESSO ÀS REDES EM MT			PREÇOS	
Potência			(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
	Horas de ponta		5,447	0,1791
	Contratada		1,037	0,0341
Energia ativa			(EUR/kWh)	
Períodos I, IV	Horas de ponta		0,0550	
	Horas cheias		0,0397	
	Horas de vazio normal		0,0143	
	Horas de super vazio		0,0136	
Períodos II, III	Horas de ponta		0,0548	
	Horas cheias		0,0394	
	Horas de vazio normal		0,0142	
	Horas de super vazio		0,0137	
Energia reativa			(EUR/kvarh)	
	Indutiva		0,0252	
	Capacitiva		0,0189	

Figura 15 – Tarifas de acesso às redes para clientes em Média Tensão para 2021 (fonte: ERSE)(23)

Comparando com os valores da fatura da empresa para o mesmo período conclui-se que os fatores multiplicativos referidos no ponto 5 do artigo 48 são de 1/3, 1 e 3, respetivamente

para o primeiro escalão ($0,3 \leq \text{tg } \varphi < 0,4$), segundo escalão ($0,4 \leq \text{tg } \varphi < 0,5$) e terceiro escalão ($\text{tg } \varphi \geq 0,5$). Na figura abaixo mostra-se um excerto da fatura para o mês de outubro de 2021:

Redes						2.064,57 €
Redes Super Vazio (SV)	02/10/2021	01/11/2021	1.900,8490	0,013600 €	23%	25,85 €
Redes Vazio Normal (VN)	02/10/2021	01/11/2021	3.732,5870	0,014300 €	23%	53,38 €
Redes Ponta (P)	02/10/2021	01/11/2021	6.547,1610	0,055000 €	23%	360,09 €
Redes Cheia (C)	02/10/2021	01/11/2021	16.994,8550	0,039700 €	23%	674,70 €
Potência Contratada	02/10/2021	01/11/2021	186,0000	0,034100 €	31 23%	196,62 €
Potência Horas de Ponta	02/10/2021	01/11/2021	114,8625	0,179100 €	31 23%	637,73 €
Escalão 1 de En.React.cons.FV	02/10/2021	01/11/2021	2.301,0500	0,008316 €	23%	19,14 €
Escalão 2 de En.React.cons.FV	02/10/2021	01/11/2021	1.826,2300	0,025200 €	23%	46,02 €
Escalão 3 de En.React.cons.FV	02/10/2021	01/11/2021	435,1300	0,075600 €	23%	32,90 €
Reativa Fornecida no vazio (Vz)	02/10/2021	01/11/2021	960,0300	0,018900 €	23%	18,14 €

Figura 16 - Excerto da fatura de energia elétrica para o mês de outubro de 2021 (redes)

Ora, passando para o caso prático da empresa, o estudo da eliminação dos encargos com energia reativa indutiva deve ser feito com base nos dados de consumo diário, tendo em conta o referido no ponto 4, do artigo 47, do Regulamento Tarifário, e para os períodos de vazio (vazio e super vazio), no caso da capacitiva e fora do vazio (pontas e cheias) no caso da indutiva. Dessa forma, não bastam apenas os dados da fatura de energia elétrica (integração mensal) mas são necessários os dados da telecontagem (disponível para clientes de Média Tensão), e que permite acesso aos dados de consumo de energia elétrica ativa, reativa indutiva e capacitiva em intervalos de 15min, e desta forma calcular os valores no período de integração diário e diferenciado em termos de períodos de vazio (vazio e super vazio) e fora do vazio (pontas e cheias).

Infelizmente não possível aceder a estes dados pelo que será fará aqui um exercício teórico de simulação de uma situação que se pode aproximar da real. Assim, com os dados da fatura de outubro estimamos a potência média de energia ativa e reativa, a partir dos dados de consumo em produção (assumindo similar aos consumos em períodos de cheia e pontas), da potência média em horas de ponta (como indicador aproximado do consumo médio em produção) e das horas de funcionamento, tal como se apresenta abaixo:

Consumo em períodos fora do vazio (cheia e ponta): 23.542 kWh

Consumo médio em funcionamento \approx *Potência em horas de ponta* = 115kW

Equação 6 Horas aproximadas de funcionamento

$$\begin{aligned} \text{Horas aproximadas de funcionamento} &= \frac{\text{Consumo em periodos fora do vazio}}{\text{Potência média em funcionamento}} \\ &= \frac{23542}{115} = 205h \end{aligned}$$

O valor das horas médias de funcionamento é consistente com o horário de produção – um turno, das 8 às 17h, com 1h de paragem para almoço, e com funcionamento pontual aos sábados. Com o valor das horas de funcionamento é possível calcular a potência média da energia reativa que resultou em encargos:

Equação 7 Potência média reativa faturada

$$\text{Potência média reativa faturada} = \frac{\text{Consumo reativa fatura}}{\text{Horas de funcionamento}} = \frac{4.562}{205} = 22kVAr$$

Com o resultado anterior pode concluir-se que seria necessária uma bateria de condensadores com uma potência disponível de 22kVAr para eliminar a totalidade dos encargos com energia reativa.

A realidade pode ser distinta uma vez que a faturação diária pode ser incompatível com um cálculo médio e os pressupostos de simplificação adotados anteriormente.

Importa ainda referir que sendo a faturação feita por escalões com preços crescentes o impacto da correção nos encargos faz-se de forma muito rápida porque começa sempre por afetar o terceiro escalão, que é o de maior custo, e de seguida o segundo, sendo que no primeiro escalão o preço da energia reativa consumida é muito baixo.

Assim, mesmo sendo um exercício simplificado é de crer que a potência dimensionada seja eficaz na redução dos custos de reativa consumida da rede.

Uma nota ainda para o facto de se verificarem encargos com capacitiva, provavelmente ocorrendo em períodos de baixo consumo em que o controlo da bateria pode não ser tão eficaz. Bastará aqui a instalação de um relógio para eliminar a correção em períodos de vazio.

Desta forma, analisou-se as soluções atuais de baterias de condensadores existentes no mercado com base nestas características. Os detalhes técnicos do equipamento considerado para o estudo encontram-se registados no anexo C, estes dados foram obtidos com recurso a catálogos e fichas técnicas do equipamento.

Com o equipamento escolhido pode-se fazer a análise do investimento. Pelo que se recorre à **Tabela 20**. O investimento feito pelo consumidor, no equipamento de compensação, tem como contrapartida uma economia na fatura mensal de eletricidade. Para realizar a análise financeira recorreu-se ao somatório da energia reativa faturada no ano de 2021, de todos os escalões, que conta com um valor de, aproximadamente, 394 €.

Tabela 20 Análise financeira da proposta de adoção de bateria de condensadores (€)

Análise financeira					
Custo Energia Reativa (€) (2021)	Investimento (€)	Potencial de Economia Energética (%)	Redução Anual Energética (kVArh)	Redução Anual dos Custos (€)	PRS (anos)
394,4	832	100	22.584,2	394,4	2,1

De acordo com a **Tabela 20**, se for instalada uma bateria de condensadores de 25 kVAr, cujo custo é de 832 €, consegue-se evitar o pagamento da energia reativa, havendo o retorno do capital investido em 2,1 anos. Pelo que torna esta medida muito benéfica de implementação.

3.3.5. AR COMPRIMIDO

O ar comprimido é uma forma de energia que dá resposta a inúmeras solicitações na indústria, o que torna um sistema muito usual na generalidade da indústria. Para além disso, é uma forma de energia limpa, segura e fácil de manusear. Segundo (24), os sistemas de ar

comprimido (SAC) são dos principais consumidores de energia elétrica na indústria Europeia, sendo responsáveis por mais de 10% do consumo de eletricidade deste setor, face à data do artigo. Em Portugal, o consumo associado aos SAC na indústria é adjacente de 2,8 TWh/ano. Contudo, não é um sistema perfeito pelo que também tem pontos negativos. De acordo com (25) e (26), as fugas de ar não visíveis e sem odor são a causa da maior ineficiência no sistema. Razão que leva a ser considerado um sistema que, por norma, apresenta um consumo energético elevado.

Uma vez que a Frilixa utiliza o ar comprimido para o acionamento de ferramentas na linha de produção, o estudo de uma proposta para melhoria de eficiência energética para o presente tema será discutido de seguida.

3.3.5.1. ELIMINAÇÃO E CONTROLO DAS FUGAS DE AR

Conforme (24), 10 a 15 % do consumo de ar comprimido num SAC, em média, é devido às fugas, sendo que há instalações com valores bem superiores a estes (até 30-40%)

Eliminar as fugas audíveis poderá representar uma redução acentuada da quantidade de fugas no consumo do SAC, no entanto pode não ser suficiente, pelo que se deve tentar detetar as restantes fugas. Segundo (27) e (28), os detetores de ultrassons permitem detetar desde pequenas fugas (inaudíveis) até fugas de grande dimensão (audíveis), e realizar auditorias com as linhas de produção em funcionamento, uma vez que possuem a capacidade de criar filtros em determinadas gamas de som.

Tal como (29) exemplifica, sendo um compressor de carga/vazio, pode recorrer-se a um teste simples para estimar o consumo do compressor para fugas. Este método resume-se à colocação do compressor em funcionamento quando não existem consumos, ou seja, quando todos os dispositivos consumidores de ar comprimido ligados à produção estão desligados.

O tempo do compressor em carga representa assim o consumo de ar comprimido para alimentar as fugas. A multiplicação da percentagem de tempo em carga pela potência

nominal do motor (ou a potência absorvida, se tal for conhecido) permitem obter de forma expedita o consumo elétrico para fugas.

Equação 8 Consumo de fugas (kW)

$$\text{Consumo de fugas (kW)} = \% \text{ tempo em carga} \times \text{potência nominal compressor}$$

Outra forma de calcular as fugas de ar comprimido na rede assenta na variação da pressão na rede durante o período de tempo, conhecido que seja o volume da mesma. Para se obter o valor das fugas, basta contabilizar o tempo (t) que decorre entre a pressão de serviço máxima ($P_{m\acute{a}x}$) e o nível mínimo (P_{min}), onde corresponde à entrada do compressor em vazio e à entrada do compressor em carga, respetivamente. Ora, podemos ver um exemplo para valores estimados com base em informação obtida da empresa, de forma muito aproximada:

Equação 9 Estimativa de caudal de fugas

$$Q_f = \frac{V_r}{t} \times \left(\frac{P_{m\acute{a}x} - P_{min}}{P_{atm}} \right)$$

Onde:

$$P_{atm} = 1 \text{ bar}$$

$$P_{min} = 6,2 \text{ bar}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 7,0 \text{ bar}$$

$$t = 90 \text{seg} = 1,5 \text{min}$$

$$V_r = 3.000 \text{L} = 3 \text{m}^3$$

$$Q_f = \frac{3}{1,5} \times \left(\frac{7-6,2}{1} \right) = 1,6 \text{ m}^3/\text{min}$$

Para se calcular o custo pode-se calcular o custo do desperdício de ar comprimido recorrendo-se ao consumo específico (C_E) da instalação, com o tempo de funcionamento (t_f) e um custo de energia ($Custo_E$), como se pode verificar na **Equação 10 Custo de fugas**.

Equação 10 Custo de fugas

$$Custo_T = C_E \times Q_f \times t_f \times Custo_E$$

Onde:

$Custo_T$ = Custo total (€)

C_E = 6 kW/(m³/min) (com base na informação do fabricante)

Q_f = 1,6 m³/min

t_f = 2.160 h/ano (48 semanas/ano x 5 dias/semana x 9h/dia)

$Custo_E$ = 0,13 €/kWh (com base na fatura)

$$Custo_T = 6 \times 1,6 \times 2.160 \times 0,13 = 2.696€$$

De acordo com o exemplo, neste caso, as fugas significariam um custo de 2.696 €/ano.

Sugere-se assim uma campanha de reparação de fugas, e exames periódicos às mesmas, em períodos sem produção.

3.3.5.2. SUBSTITUIÇÃO/CUSTO DOS COMPRESSORES

É visto em (24), que por vezes as soluções inovadoras e energeticamente mais eficientes, podem apresentar custos iniciais mais elevados no investimento. No entanto, num curto período de tempo a diferença estará amortizada quando contabilizada a redução do valor da fatura energética.

Em (24) é referido que na maioria das instalações industriais as necessidades de ar comprimido variam ao longo do tempo, devendo o compressor adaptar-se ao perfil de consumo real. Nos compressores tipo carga/vazio, a produção de ar é regulada pela entrada em modo “carga” do motor até a pressão atingir o patamar máximo definido, entrando em seguida em modo “vazio”, período em que não há pressurização da rede de ar comprimido até a pressão atingir o limite inferior de set-point definido, entrando posteriormente em carga novamente, e assim sucessivamente, tal como se pode verificar na **Figura 17**. Este tipo de compressores apresenta uma eficiência energética baixa, sendo tanto mais reduzida quanto maior for o tempo de funcionamento em vazio. O consumo específico (kWh/m³) destes

equipamentos acaba por ser mais elevado em situações em que o tempo de funcionamento em vazio é superior. A economia energética associada à substituição de um compressor carga/vazio por outro com velocidade variável pode atingir valores na ordem dos 30%.

No caso em apreço surge como interessante a substituição do compressor atual por um modelo com variação de velocidade, de forma a ajustar a carga às necessidades de forma mais eficiente, e não realizar ciclos de carga/vazio, como foi observado.

Sugere-se que o dimensionamento seja feito numa situação após correção das fugas, de forma a evitar sobredimensionamento desnecessário.

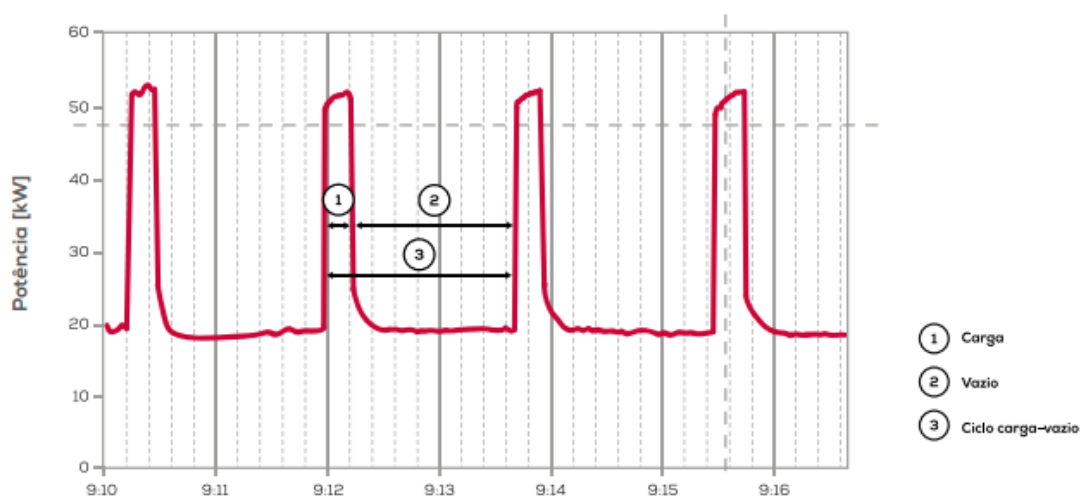


Figura 17 – Exemplo de perfil de carga de um compressor com controlo carga/vazio (24)

Não são conhecidas as horas de funcionamento em carga e vazio do compressor para calcular as poupanças do mesmo. Assumindo que o valor das horas em vazio é de 50% e o consumo em vazio é de 10kW (aproximação com base no exemplo acima), e assumindo ainda que o novo compressor irá eliminar totalmente a necessidade de ciclos de vazio, o cálculo das poupanças será o seguinte:

Equação 11 Poupança em €/ano

$$Poupança \left(\frac{Eur}{ano} \right) = Consumo \ vazio \times Horas \ em \ vazio \ (\%) \times \frac{Horas}{ano} \times \frac{\text{€}}{kWh}$$

$$Poupan\c{c}a \left(\frac{Eur}{ano} \right) = 10kW \times 50\% \times \frac{2.160h}{ano} \times \frac{0,13\text{€}}{kWh}$$

Aplicando a fórmula anterior resulta uma poupança de 1.404 €/ano.

De acordo com a pesquisa feita, o custo de um novo equipamento é adjacente dos 20.000€, pelo que o período de retorno simples, seguindo a **Equação 5**, com base nos custos de energia é elevado (14 anos).

3.3.6. SISTEMAS ACIONADOS POR MOTORES ELÉTRICOS

Neste subcapítulo é analisada a proposta de substituição de motores elétricos existentes nos equipamentos de produção por novos mais eficientes. Efetuou-se um levantamento das informações presentes nas chapas de características dos motores elétricos presentes na zona de produção. Nessas características é referida a potência em kW de cada um dos motores. Consoante (2), essa potência corresponde à potência útil que, por definição, é a potência mecânica disponível no eixo do motor em condições nominais. Ao mesmo tempo que a potência absorvida, corresponde à potência elétrica que o motor retira da rede para fornecer a potência útil no eixo.

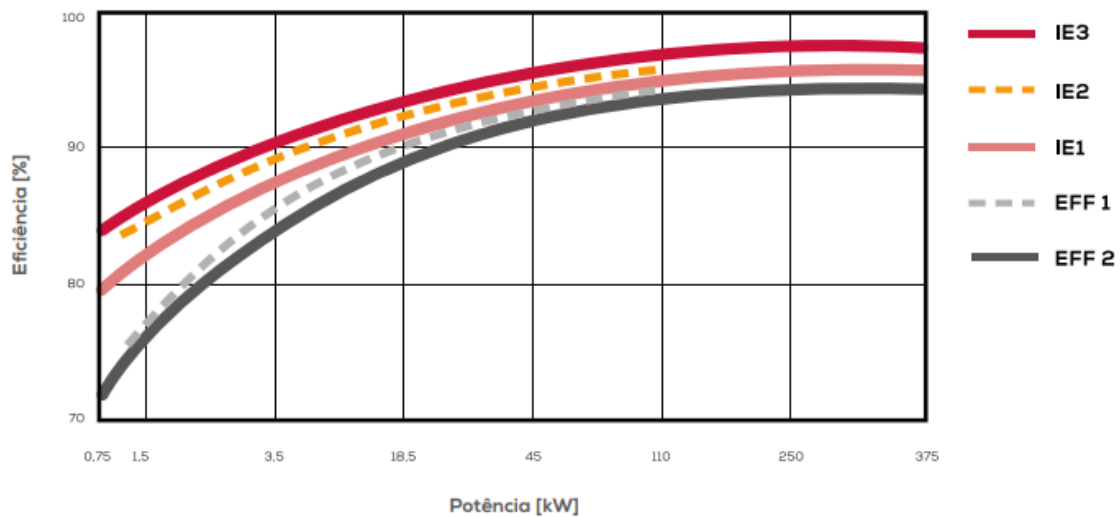


Figura 18 Gráfico comparativo entre as várias classes de eficiência dos motores elétricos (24)

Segundo (24) a análise da substituição dos motores convencionais por motores de alto rendimento deve ser iniciada nas situações em que os motores são mais antigos e que apresentem maior número de horas de funcionamento anual. Regra geral, assume-se que poderá ser economicamente viável a substituição de um motor que apresente um funcionamento anual superior a 2.000 horas, embora isso dependa muito das características e condições de funcionamento do mesmo (potência, percentagem de carga, idade, número de reparações/rebobinagens sofridas). Mesmo em situações de tempos de funcionamento inferiores, no caso de avarias de motores deve realizar-se um estudo simples de comparação entre os custos de investimento e economia de energia para dois casos: Reparação do motor existente versus aquisição de motor de alto rendimento novo.

Neste caso, será estudado o motor do ventilador de extração da Puncionadora Trhumph (30kW) sendo este um motor assíncrono de indução.

Ainda segundo (24) as poupanças podem ser determinadas da forma seguinte:

Equação 12 Poupança anual (€/ano)

$$Poupança \left(\frac{€}{ano} \right) = P_n \times CE \times N \frac{h}{ano} \times \left(\frac{1}{\eta_c} - \frac{1}{\eta_{AR}} \right) \times FC \times 100$$

Onde:

P_n = Potência nominal indicada na chapa de características (kW)

CE = Custo de energia elétrica (€/kWh)

N = Horas de funcionamento por ano

η_c = Eficiência do motor convencional (%)

η_{AR} = Eficiência do motor de alto rendimento (%)

FC = Fator de carga (quando este valor é desconhecido pode usar-se uma estimativa de 75%)

A determinação das economias energéticas pressupõe que se conheçam os rendimentos do motor existente e do novo, assim como o fator de carga atual.

O rendimento do motor novo em função do fator de carga será fácil de obter através da sua curva característica, fornecida pelo fabricante. Já para o motor existente será necessário conhecer a potência elétrica absorvida (através de medições elétricas) e a potência mecânica útil ou o rendimento. A maior dificuldade surge em determinar a potência útil do motor em funcionamento, sendo que o rendimento pode não ser conhecido (ausência de chapa) e/ou o motor já ter por exemplo sofrido operações de reparação/rebobinagem que em geral concorrem para a degradação do rendimento do mesmo: existem estudos laboratoriais que indicam que a reparação/rebobinagem dos motores conduz a reduções de 1 % a 4 % do seu rendimento(24).

Para o caso, na ausência de melhor informação, considera-se o seguinte:

Motor existente: 30kW potência nominal; 22,5kW potência absorvida (75% de fator de carga); rendimento de 88% (rendimento nominal de 90% com 2% de degradação).

Novo motor: 30kW potência nominal e 95% de rendimento (IE4).

Com os dados estabelecidos, podemos recorrer à **Equação 12** para saber qual a poupança anual com um motor de alto rendimento.

$$Poupanpa \left(\frac{\text{€}}{\text{ano}} \right) = 30kW \times \frac{0,13\text{€}}{kWh} \times 2160 \frac{h}{\text{ano}} \times \left(\frac{1}{0,88} - \frac{1}{0,95} \right) \times 0,75 = 529 \text{ €/ano}$$

Utilizando a **Equação 5** e tendo em conta que o custo de um motor novo é adjacente de 3.000 € (informação recolhida junto do vendedor do equipamento), o período de retorno simples é de 5,7 anos.

3.3.7. SIMULAÇÃO DE PROJETO FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO

Com a crescente necessidade de mitigar os efeitos climáticos e adaptar em conformidade o sistema energético, a aposta nas fontes renováveis é cada vez maior. A energia solar, cada vez mais comum como fonte renovável, é o nome dado à radiação proveniente do Sol. De acordo com (30) e (31), uma das vertentes mais importantes das energias renováveis, o aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é atualmente uma das alternativas energéticas mais promissoras.

Neste capítulo, no âmbito do estudo de influência das medidas de eficiência energética na indústria, foi realizada uma simulação de um projeto FV para autoconsumo na Frilixa. No contexto do presente tema, e com base em (32), o conceito de autoconsumo é definido como a quantidade de energia obtida através do sistema FV que é totalmente consumida no local, sendo o produtor o proprietário do sistema.

Este projeto, realizado numa perspetiva académica, serve como meio de consolidação de conhecimento adquirido durante o percurso académico e como via de proposta de medida de eficiência energética. Para isso, irá ser estudado, de seguida, a viabilidade energética e financeira.

Para a realização do mesmo foi necessário recorrer a algumas ferramentas especializadas no tema, como o Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). É uma ferramenta

online e gratuita, disponibilizada pela Comissão Europeia, que serve como calculadora para sistemas de energia solar fotovoltaica (33).

Recorreu-se também ao PVsyst, programa utilizado para recolher informações sobre o perfil da radiação anual no local (34) e, ainda, ao Googles Maps, através do qual se obteve a imagem aérea da fábrica;

3.3.7.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Já foi referido, anteriormente, o local e algumas características do edifício em estudo. Contudo, aqui é feita uma descrição mais detalhada.

O primeiro passo a ser executado é o de definir o local onde será instalado o sistema fotovoltaico. O edifício onde se pretende efetuar a instalação do recurso fotovoltaico está localizado no concelho da Lixa. O local a instalar os painéis FV mais adequado, face às instalações disponíveis, é no telhado da fábrica. A vista aérea da fábrica está representada na **Figura 19**.



Figura 19 Vista aérea do edifício da Frilixa

A zona envolvente é plana exceto nas traseiras do edifício, onde existe um desnível. A elevação no local é cerca de 410m (33). A fábrica tem uma altura de 8 metros e os vários telhados têm diferentes dimensões e inclinações, com um total, aproximadamente, de 5590 metros². É necessário realçar que o telhado do edifício mais à direita não pertence à unidade fabril em estudo.

3.3.7.2. LEGISLAÇÃO

O Decreto-Lei nº 153/2014 (35) refere que a potência de ligação da unidade de produção de autoconsumo tem de ser inferior à potência contratada na instalação de consumo, sendo que, face a 2021, a potência contratada é de 225,5 kW. A isto, junta-se o facto da potência da unidade de produção não pode ultrapassar duas vezes a potência de ligação a potência autorizada para instalação. De tal forma que a potência autorizada para instalação é, no máximo, 451 kW.

3.3.7.3. CONDIÇÕES IDEAIS DE INSTALAÇÃO

A orientação e inclinação dos painéis FV tem um papel fundamental na produção de eletricidade obtida, segundo (36) e (32). São um importante fator na maximização da produção de energia solar, assim, os módulos FV devem estar orientados de acordo com a sua localização geográfica (15). Com o auxílio do PVGIS (33) foi permitido saber qual a inclinação e orientação ótimas dos painéis FV a serem implementados na unidade fabril, de forma a rentabilizar ao máximo a irradiação solar e conseguirem produzir o máximo de eletricidade. Os valores ótimos, obtidos pelo PVGIS, são uma inclinação de 36°, com orientação a sul (33).

De qualquer forma, a prática atual busca uma otimização de custos no ciclo de vida e a redução do custo das estruturas passa quase sempre pela instalação em regime coplanar, o que minimiza o investimento (com os telhados existentes) com perdas de produção pouco significativas.

3.3.7.4. PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA

Através do PVsyst (33), obtiveram-se os dados relativos à produção de eletricidade a partir dos painéis FV. Considerou-se que os módulos FV eram de silício monocristalino de 440W e inversores de 40kW nominal.

Foram realizadas simulações para várias potências e em dois cenários de inclinação e orientação ótimas (segundo o programa para aquela localização, inclinação = 36°; azimute sul) e para as condições de instalação coplanar (inclinação = 5°; azimute -25°). Os relatórios deste estudo, disponibilizados pelo PVsyst, podem ser consultados no anexo D, E e F.

A partir dos dados de consumo mensal e da informação de um funcionamento de 1 turno por dia, e apenas pontualmente ao sábado, estimou-se o seguinte perfil médio de consumo para os dias da semana e de fim de semana:

Tabela 21 Potência por período

Período	Potência média (kW)
Produção	100
Almoço e períodos antes de arranque produção	50
Outros períodos durante a semana (sem produção)	20
Fim de semana (sem produção)	10

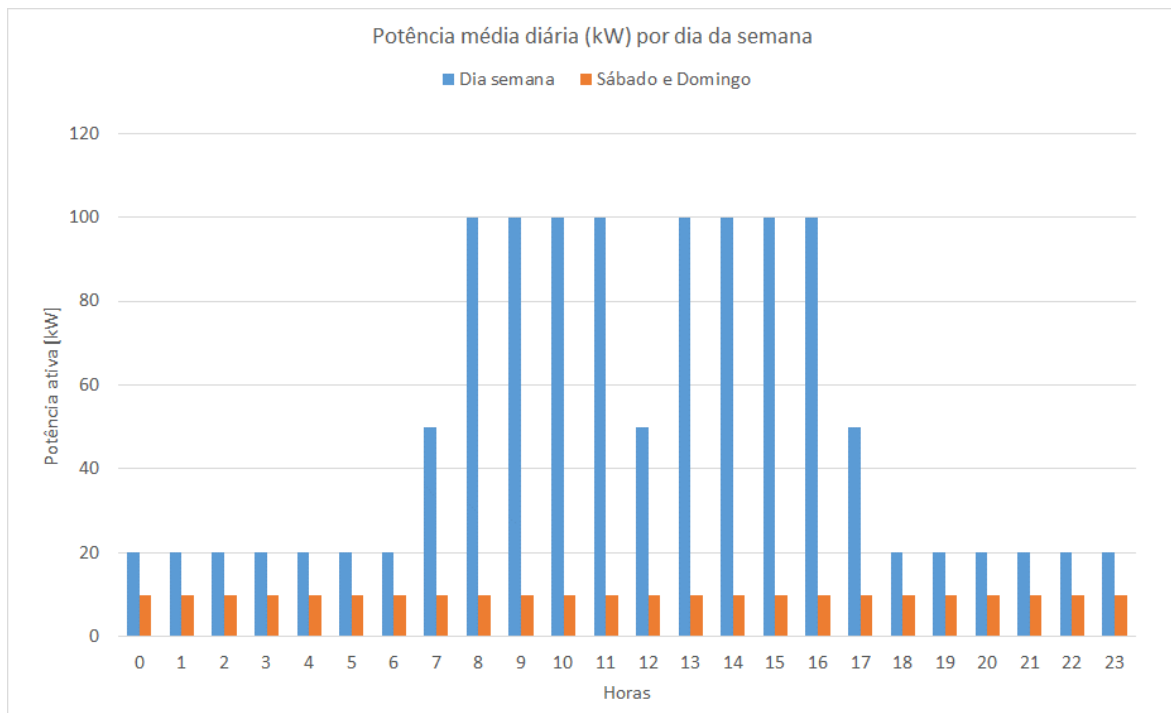


Figura 20 Potência média diária (kW) por dia da semana

O perfil de funcionamento foi criado de forma a ter uma aproximação acima de 90% dos valores reais de consumo atuais. O perfil anterior é representativo para todo o ano, sem considerar feriados ou períodos de férias.

Foram feitas simulações para 100kWp (em linha com o valor médio de consumo), 150kWp e 200kWp (próximo do valor máximo possível), e para as inclinações e orientações referidas anteriormente. Apesar de existir um elevado valor de energia injetada na rede ao fim de semana por não existir consumo, não foram feitos estudos com acumulação de energia nesses períodos.

Apresentam-se os resultados principais nas **Tabela 22** e **Tabela 23**, onde “EArray” corresponde a energia efetiva na saída da matriz, “E_User” corresponde à energia fornecida ao consumidor, “E_Solar” à energia proveniente do sol, “E_Grid” à energia injetada na rede e “E_EFrGrid” à energia da rede. Nas mesmas tabelas, é possível ver a percentagem da energia que é injetada na rede (diferença entre a energia injetada e energia efetiva na saída), ou seja, a percentagem

do produzido que é injetado na rede, e, na coluna à direita, é possível analisar a percentagem que a empresa consegue reduzir no seu consumo (diferença entre a energia proveniente do sol e a energia consumida).

Tabela 22 Simulação para 100/150/200kWp com inclinação 5° e azimute 25° Sul

	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EFrGrid MWh	% injeção	% redução de consumo
100kWp	142,0	340,8	107,1	32,4	233,7	23%	31%
150kWp	216,7	340,8	150,2	63,4	190,6	29%	44%
200kWp	285,2	340,8	173,44	107,64	167,33	38%	51%

Tabela 23 Simulação para 100/150/200kWp com inclinação 36° e azimute 0° Sul

	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EFrGrid MWh	% injeção	% redução de consumo
100kWp	161,9	340,8	118,6	40,4	222,2	25%	35%
150kWp	246,3	340,8	163,3	79,4	177,5	32%	48%
200kWp	324,39	340,8	183,3	136,3	157,47	42%	54%

A **Figura 21**, demonstra os resultados obtidos das três simulações com diferentes potências e para os cenários de inclinação e orientação ótimas e para as condições de instalação coplanar. A análise feita, mesmo não tendo sido possível analisar os valores da estrutura, considera-se que a diferença entre o cenário das condições ótimas e coplanares, para

autoconsumo, não justifica (diferença, aproximadamente, de 10Mwh) o investimento da estrutura.

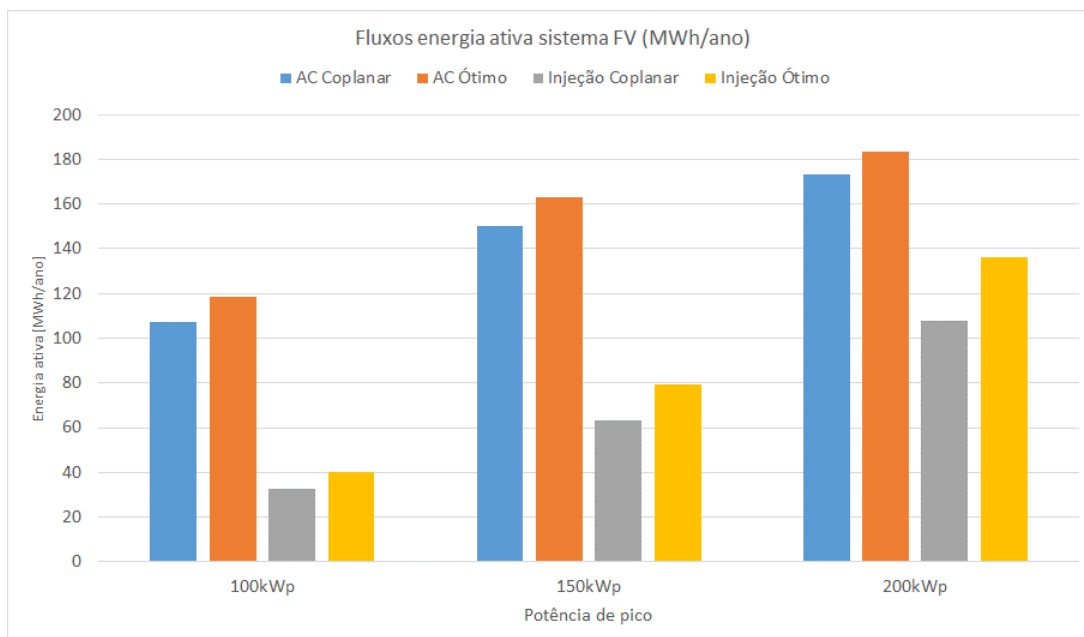


Figura 21 Fluxos energia ativa dos sistema FV (MWh/ano)

3.3.8. INVESTIMENTO E ANÁLISE DE RENTABILIDADE

Foram feitas consultas informais ao mercado para aferir do investimento necessário para o sistema acima. Para sistema coplanar os custos atuais situam-se entre 0,8 e 1,0 €/kWp. Estes valores representam um aumento significativo face a valores do início do ano, quando estes sistemas atingiram o mínimo da curva de amadurecimento tecnológico/redução de custos de produção. Essa curva foi invertida por vários fatores: constrangimentos logísticos na China, aumento dos custos de produção e da própria procura, etc.

Não foi possível obter informação de custo para o sistema com inclinação a 36° por não ser a prática das empresas instaladoras consultadas.

Para obtenção dos proveitos do sistema é necessário calcular o preço da energia elétrica evitada em autoconsumo e também, partindo do princípio que o sistema está autorizado a tal, a remuneração da energia excedente que injetada na rede.

Para o primeiro termo considerou-se, por simplificação, a média aritmética do custo de energia elétrica da fatura elétrica em 2021, de que resulta o valor de 130€/MWh. É uma simplificação face ao custeio correto que deveria ser feito com base no perfil de carga do consumo e da produção que pode ser considerada aceitável face às incertezas atuais em torno do custo de energia e a duração longa do projeto (25 anos).

Para a energia fornecida à rede deve seguir-se o estabelecido no Decreto-Lei n.º 76/2019(37):

Equação 13 Remuneração da energia elétrica fornecida à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) (37)

$$Rm(\text{índice } PREi, m) = E(\text{índice } PREi, m) \times Prm(\text{índice } MIBEL - PT, m) - Enc(\text{índice } PREi, m)$$

Onde:

$Rm(\text{índice } PREi, m)$ = A remuneração da energia elétrica fornecida à RESP pelo produtor i no mês « m », em (euro);

$E(\text{índice } PREi, m)$ = A energia elétrica fornecida à RESP pelo produtor i no mês « m », em kWh;

$Prm(\text{índice } MIBEL - PT, m)$ = A média aritmética simples dos preços horários de fecho do mercado diário, afetos à área portuguesa do Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), publicados pelo Operador do Mercado Ibérico, polo espanhol (OMIE), ajustada ao perfil de produção do produtor i , relativos ao mês « m », em (euro)/kWh;

$Enc(\text{índice } PREi, m)$ = Os encargos, nos termos definidos pela ERSE, suportados com a representação em mercado do produtor i , nomeadamente os desvios à programação, devido à participação na área portuguesa do MIBEL, a tarifa de acesso à rede e outros encargos, relativos ao mês « m », em (euro);

m = O mês a que se refere a contagem da energia elétrica fornecida à RESP pelo produtor
i.

Como se verifica a tarifa depende essencialmente dos valores do Operador do Mercado Ibérico (OMIE) em cada mês. Como se pode verificar nas **Figura 22** e **Figura 23**, os valores neste mercado tem estado em bastante acima dos dados históricos, como se pode verificar dos dados mensais para 2021 e 2022:

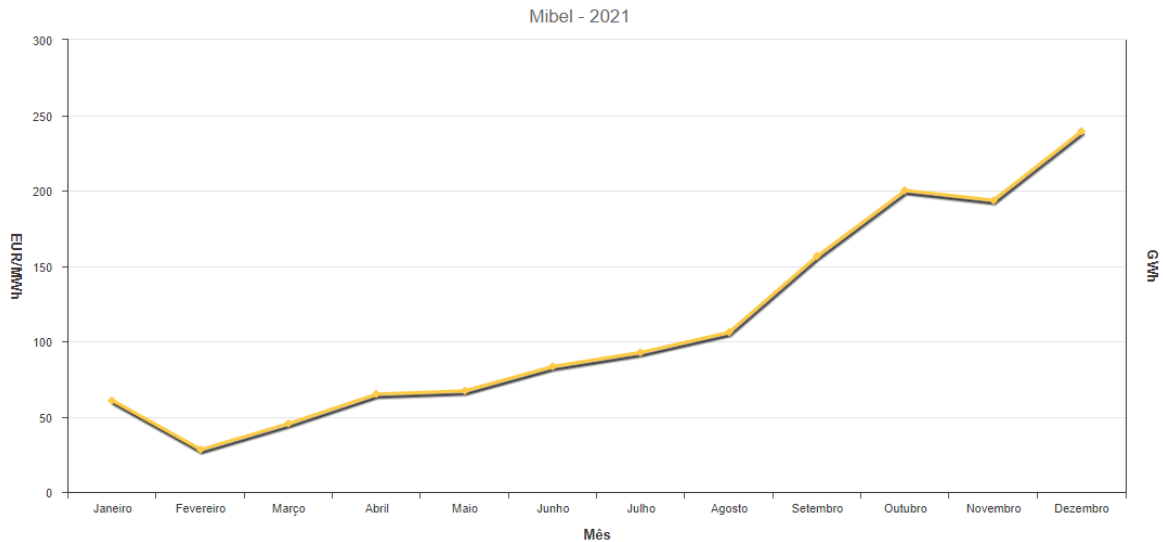


Figura 22 Preço médio aritmetico da energia elétrica fornecida à Rede Elétrica de Serviço Público em Portugal, em 2021 (38)

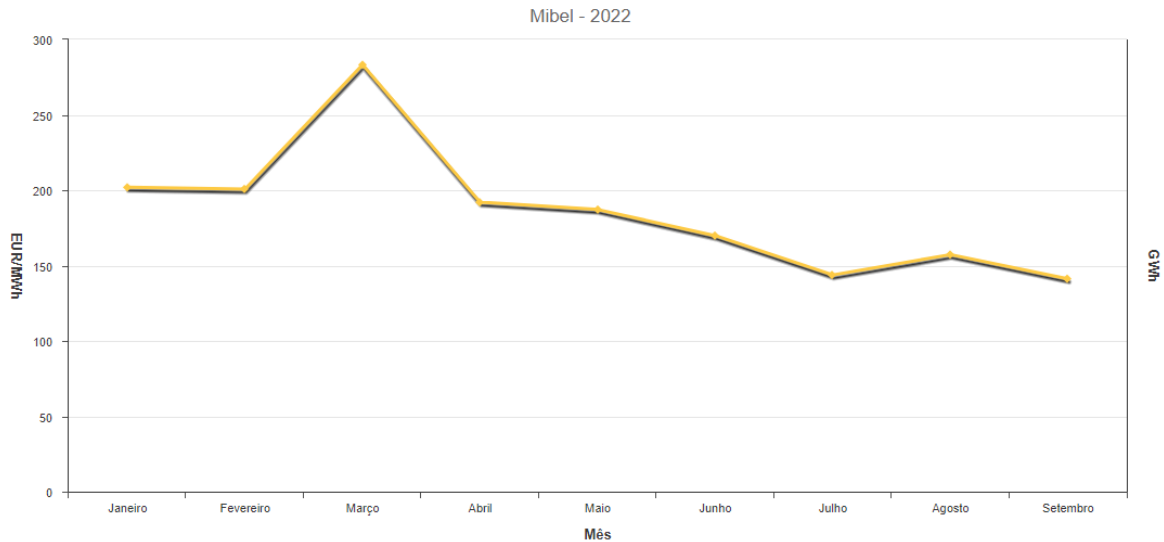


Figura 23 Preço médio aritmetico da energia elétrica fornecida à Rede Elétrica de Serviço Público em Portugal, em 2022 (38)

Os valores atuais do OMIE têm sido elevados, mas de forma conservadora irá considerar-se para a energia vendida à rede o valor de 50€/MWh. Com base na **Equação 3**, os resultados económicos são os seguintes:

Tabela 24 Resultados económicos

	AC Coplanar (€/ano)	AC Ótimo (€/ano)
100kWp	15.500	17.400
150kWp	22.700	25.200
200kWp	27.900	30.600

Equação 14 Período de Retorno

$$\text{Período de Retorno} = \frac{\left(kWp \times \left(\frac{\text{€}(0,8)}{kWp} \right) \right)}{\text{Resultados económicos}}$$

Para o sistema coplanar, onde não entram os custos das estruturas de suporte, no seguimento da **Equação 14**, face aos resultados económicos para a instalação de 100kWp, 150kWp e

200kWp, é possível obter um período de retorno de 5,1 anos, 5,3 anos e 5,7 anos, respetivamente. Mesmo sendo um período superior a 5 anos, considera-se uma medida apelativa face às necessidades da empresa em relação à energia elétrica.

4. CONCLUSÕES

Foram analisadas as características e condições de funcionamento dos equipamentos de conversão e utilização de energia, no setor de produção, e feita a desagregação de consumos dos mesmos. Onde foi demonstrado, na **Figura 11**, que o consumo elétrico mais intensivo, como era de esperar, ocorre a nível dos equipamentos, com uma quota de 90%, quando comparado com a iluminação, no setor de produção.

A viabilidade económica na substituição dos equipamentos, sejam lâmpadas, baterias de condensadores, motores elétricos ou outro equipamento, é analisada tendo em conta o valor do período de retorno calculado para cada equipamento. Considerou-se que nas situações em que o período de retorno seja inferior a 3 anos, é recomendado o investimento. Em situações com período de retorno superior a 3 e inferior a 5 anos, deve analisar-se a carga produtiva do equipamento, o tempo previsto até final de vida do mesmo e, em certos casos, o volume previsto de produção durante esse tempo. Caso o equipamento em questão ainda faça parte dos planos a longo prazo com carga laboral suficiente, o investimento deve ser ponderado. Nas restantes situações, o investimento não é recomendado.

No capítulo 5, *Error! Reference source not found.*, foram analisadas medidas de melhoria em vários setores onde são identificadas medidas de redução de consumo / custo de energia e calculado o período de retorno do investimento.

Uma das áreas onde existiu uma grande evolução foi o da iluminação. Dessa forma, foi estudado, no subcapítulo **3.3.1**, a substituição da iluminação existente para iluminação LED, bem como da adoção de sistema de controlo das mesmas. Aí, a substituição das lâmpadas e projetores representa um investimento monetário apenas na aquisição do equipamento, uma vez que, a equipa de manutenção da unidade industrial (Frilixa) pode assegurar a substituição deste material, não sendo necessário recorrer a mão-de-obra externa. De tal forma que nos

cálculos e respetivas análises financeiras dos investimentos da implementação das medidas de eficiência energética foi apenas contabilizado o custo do material.

A respeito de valores, no caso da substituição das lâmpadas/projetores existentes por outras de tecnologia LED, de forma geral, a poupança anual é de 2702,4€, equivalente a 41,7%. Com um período de retorno após 0,5, de acordo com o número médio de vida dos equipamentos, esta medida seria bastante benéfica. Já no caso do sistema de controlo de iluminação, após o estudo dos detetores de presença e movimento, de acordo com a análise financeira realizada, considera-se que não é uma medida muito benéfica uma vez que o período de retorno estimado é de 9,8 anos.

A compensação do fator de potência, utilizando baterias de condensadores, é uma solução para evitar a absorção de energia reativa da rede. Nesse sentido, foi realizado um exercício teórico que serve como exemplo para a eliminação dos encargos com energia reativa na empresa. Tal como mencionado no decorrer do presente trabalho, este estudo deve ser feito com base nos dados de consumo diário, não bastam apenas os dados da fatura de energia elétrica (integração mensal), são necessários os dados da telecontagem, aos quais não possível aceder. Utilizou-se a faturação do mês com maior gastos de energia reativa, outubro de 2021, para se estimar a potência média de energia ativa e reativa e assumir consumos em períodos de cheia e pontas semelhantes. A partir dos dados de consumo em produção e das horas de funcionamento foi possível estimar a potência necessária para a bateria de condensadores, 22kVar. A bateria ideal encontrada no mercado, de 25kVAr, tem um custo de 832€ pelo que, considerando que a eliminação total de energia reativa, a adoção desta medida tem um período de retorno de 2,1 anos, o que se considera uma medida favorável para implementar.

Enquanto o Introdução **Ar comprimido** é abordado subcapítulo **3.3.5**. Dentro deste tema foram feitos cálculos, de um exemplo para valores estimados com base em informação obtida da empresa, onde se estimou as fugas presentes no SAC e os respetivos custos, 2696 €/ano, bem como da substituição do compressor carga/vazio por um modelo com variação

de velocidade, de forma a ajustar a carga às necessidades de utilização da empresa e não realizar ciclos de carga/vazio.

Nos cálculos realizados, para substituição do equipamento, foram assumidos dados que vão ao encontro de um exemplo uma vez que não são conhecidas as horas de funcionamento em carga e vazio do compressor para calcular as poupanças do mesmo e tendo em consideração que o novo compressor irá eliminar totalmente. Ainda assim, o resultado obtido do período de retorno, face aos valores encontrados, é bastante elevado pelo que não se considera uma boa medida a implementar. Ao contrário da reparação de fugas, tendo estas um valor consideravelmente elevado, mesmo não se tendo realizado o estudo de custos da reparação, acredita-se que iria ser benéfico para a entidade executar uma campanha de reparação das mesmas.

No subcapítulo **3.3.6, Sistemas acionados por motores elétricos**, foi efetuado um estudo em específico para a substituição do motor de um dos equipamentos de maior peso face a potência (kW), o equipamento auxiliar da Puncionadora Triumph, sendo esta uma das máquinas com maior número de horas de utilização. Em termos de resultados, um período de retorno de 5,7 anos. Sendo um equipamento que faz parte dos planos a longo prazo e tendo um número de horas de utilização considerável, o investimento deve ser ponderado.

A autoprodução de energia é uma oportunidade para eficiência energética que envolve, normalmente, um custo inicial muito elevado. Foi realizado um estudo com várias simulações de potência, assim como dois cenários de inclinação e orientação ótimas (segundo o programa (PVsyst) para aquela localização, inclinação = 36°; azimute Sul) e para as condições de instalação coplanar (inclinação = 5°; azimute -25°). Contudo, apenas se calculou o período de retorno para o sistema coplanar, não entrando os custos das estruturas de suporte, e os resultados económicos obtidos consideram-se interessantes, obtendo um período de retorno de 5,1 anos, 5,3 anos e 5,7 anos, dependendo da potência a instalar. Sendo que, tal como analisado anteriormente, não se considera que haja um investimento nas estruturas para que haja um sistema com condições ótimas face à diferença dos resultados obtidos para o cenário de instalação coplanar. Esta medida considera-se interessante uma

vez que grande porção do consumo da empresa concentrar-se nas horas de ponta, o que torna favorável a instalação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo.

Referências Bibliográficas

1. Vieira MSM. Auditoria e Optimização Energética de uma Unidade Fabril [Internet]. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; 2009. [cited 2021 Apr 10]. Available from: <http://hdl.handle.net/10400.21/555>
2. Amado LFQ. Medidas de eficiência energética no setor industrial [Internet]. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; 2018. [cited 2021 Apr 10]. Available from: <http://hdl.handle.net/10400.26/25476>
3. Pordata B de D de PC-. Consumo de Energia Elétrica: Total e por Tipo de Consumo [Internet]. 2016. p. 1–3. [cited 2021 Apr 10]. Available from: <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+eléctrica+total+e+por+tipo+de+consumo-1124>
4. Sopas CE. Auditoria Energética e Aplicação de Medidas de Eficiência Energética a uma Instalação Industrial do Sector Farmacêutico [Internet]. Universidade Nova de Lisboa; 2015. [cited 2021 Apr 10]. Available from: <http://hdl.handle.net/10362/16775>
5. Rodrigues BDP. Auditoria Energética a Empresa Têxtil [Internet]. Universidade do Minho; 2017. [cited 2021 Apr 10]. Available from: <http://hdl.handle.net/1822/55246>
6. Energia A para a. Eficiência Energética na Indústria [Internet]. 2020. [cited 2021 Apr 18]. Available from: <https://www.adene.pt/industria/>
7. Abdelaziz EA, Saidur R, Mekhilef S. A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;15(1):150–68.
8. Santos J. M 2016. 2016;134. [cited 2021 May 18]. Available from: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/85141/2/139344.pdf%5Cnhttps://repositorio->

aberto.up.pt/handle/10216/85141?mode=full

9. Cravo DN. Eficiência Energética na Indústria: Auditoria Energética e Análise de Propostas de Melhoria [Internet]. Escola Superior de Tecnologia e Gestão; 2015. Available from: <http://hdl.handle.net/10400.8/1584>
10. Correia AC. Melhoria da Eficiência Energética numa Indústria de Tintas. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2015.
11. Renováveis PE-E. A Importância e as Fases de uma Auditoria Energética. [Internet]. 2012 [cited 2021 Jan 28]. Available from: <https://www.portal-energia.com/a-importancia-e-fases-de-uma-auditoria-energetica/>
12. Magueijo V. Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um Enquadramento Tecnológico Sucinto. 2008;1–100, [cited 2021 Apr 10].
13. Carvalho JAB de. Eficiência Energética em Equipamentos de Força-Motriz. 2016;5–15. [cited 2021 Apr 18]. Available from: <https://doi.org/10.26537/neutroaterra.v0i18.466>
14. Chouriço FF. Estudo de soluções de otimização para melhoria da eficiência energética do edifício Tec Labs [Internet]. Universidade de Lisboa; 2017. [cited 2021 Apr 18]. Available from: <http://hdl.handle.net/10451/30764>
15. Matos Da Silva TA. Projeto de um recurso solar fotovoltaico numa indústria têxtil [Internet]. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2017. [cited 2022 Apr 18]. Available from: <https://core.ac.uk/reader/143410680>
16. Inovação M da E e da. Decreto-Lei n.º 71/2008 | DRE [Internet]. [cited 2022 May 30]. Available from: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/71-2008-249821>
17. Geologia D-G de E e. Diário da República, 2.ª série-N.º 122-26 de Junho de 2008. 2008, [cited 2022 Apr 10].;

18. J. Fraytag, MF da Silva, NB Chagas R do P e MC. “Eficiência energética de sistemas de iluminação com base em diferentes condições visuais humanas” [Internet]. 2010 [cited 2022 May 21]. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5739986>
19. Direção-Geral de Energia e Geologia. Despacho n.º 15793-L/2013. Diário da República. 2013;234(88):35088, [cited 2022 Apr 10].
20. Neves J, Feup S. Compensação do fator do fator de potência. 2006 [cited 2022 May 18];
21. Silva ACR da. Correção do Fator de Potência em Sistemas Industriais. 2013 [cited 2022 May 22]; Available from: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/capitulo-4-2013-2s.pdf>
22. CODI C de D de EE-. Manual de Orientação aos Consumidores - Energia Reativa Excedente. 2004; Available from: [https://www.academia.edu/4809455/Manual de Orientação aos Consumidores Energia Reativa Excedente](https://www.academia.edu/4809455/Manual_de_Orientação_aos_Consumidores_Energia_Reativa_Excedente)
23. ERSE. Regulamento Tarifário. Setor Elétrico. Maio - 2020. 2020; Available from: https://www.erse.pt/media/bhnpuida/articulado-rt-se_consolidado.pdf
24. Adene. Manual de Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido. 2014 [cited 2022 Apr 18].;
25. Oliveira FPL. Análise de Eficiência dos Sistemas de Ar Comprimido em Unidades Industriais. 2018;159 [cited 2022 Jun 18].
26. Eurico D, Rodrigues A. Ana Gomes da Silva Otimização do Procedimento de Monitorização de Fugas e das Perdas de Carga do Sistema de Ar Comprimido. 2020;
27. Alexandre Borges Zappellini. Análise De Eficiência Energética Em Sistemas De Ar

- Comprimido. 2008;158.
28. Figueiredo JRT de. Gestão de uma Rede de Ar Comprimido. 2016; Available from: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113703271/Tese - Joana Tasso de Figueiredo - Fenix.pdf>
 29. De PF, Oliveira L, João D, Ferreira M, Nuno CM, Ferreira P, et al. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 2018. [cited 2022 Jun 18].;
 30. Nuno Patrício PAP. Sol nosso que nos dá energia [Internet]. Sol nosso que nos dá energia. 2017 [cited 2022 Apr 18]. Available from: https://www.rtp.pt/noticias/pais/sol-nosso-que-nos-das-energia_es999758
 31. Lusa A. APREN e APESF fundem-se para “desenvolver setor solar fotovoltaico” em Portugal – Observador [Internet]. Economia/Energia Solar. 2021 [cited 2022 Apr 18]. Available from: <https://observador.pt/2021/09/14/apren-e-apesf-fundem-se-para-desenvolver-setor-solar-fotovoltaico-em-portugal/>
 32. Rocha RM, De Ovelha V. Projeto, Dimensionamento e Instalação de Solução Fotovoltaica numa moradia offgrid [cited 2022 Apr 18].
 33. Europeia C. PVGIS Photovoltaic Geographical Information System [Internet]. [cited 2022 Jun 1]. Available from: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en
 34. Genebra U de. PVsyst – Logiciel Fotovoltaica [Internet]. [cited 2022 Jun 5]. Available from: <https://www.pvsyst.com/>
 35. Conselho de Ministros. Decreto-Lei n.º 153/2014 de de 20 de Outubro. Diário da República - I Série [Internet]. 2014;N.º 202:5298–311. Available from: <https://dre.pt/application/file/58428682>
 36. Proença EDRB. A energia solar fotovoltaica em Portugal. Instituto Superior Técnico,

Universidade Técnica de Lisboa [Internet]. 2007;88. [cited 2022 Apr 18]. Available from: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487931/Tese - A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal.pdf>

37. Assembleia da República. Lei n.º 76/2019- Determina a não utilização e não disponibilização de louça de plástico de utilização única nas atividades do setor de restauração e/ou bebidas e no comércio a retalho. 2013;5688–724 [cited 2022 Apr 22].
38. Mínimo, médio e máximo preço da cassação do mercado diário | OMIE [Internet]. [cited 2022 Oct 26]. Available from: <https://www.omie.es/pt/market-results/annual/daily-market/daily-prices?scope=annual&year=2021&system=9>

Anexo A. Luminária/projetor



Lâmpadas LED clássica



LED classic 100W E27 WW G120 FRNDRFSRT4

Com um design tradicional clássico, as lâmpadas LED de filamento clássicas combinam a forma familiar das lâmpadas incandescentes clássicas com as vantagens da tecnologia LED duradoura. Fornecem uma luz branca quente, bonita e decorativa, poupando cerca de 90% em custos de energia em comparação com as lâmpadas tradicionais.

Dados do produto

Informações gerais

Casquilho	E27 [E27]
Em conformidade com RoHS da UE	Sim
Vida útil nominal (Nom.)	15000 h
Ciclo de comutação	20000X
Tipo técnico	10.5-100W
Referência de medição de fluxo	Sphere

Dados técnicos de luminosidade

Código da cor	827 [CCT de 2700 K]
Fluxo luminoso (Nom.)	1521 lm
Designação da cor	Warm White (WW)
Temperatura de cor correlacionada (Nom.)	2700 K
Eficiência luminosa (nominal) (Nom.)	144,00 lm/W
Consistência da cor	<6
Índice de restituição cromática (Nom.)	80
LLMF no final da vida útil nominal (Nom.)	70 %

Dados elétricos e de funcionamento

Frequência de entrada	50 a 60 Hz
-----------------------	------------

Power (Rated) (Nom.)	10,5 W
Corrente de lâmpada (Nom.)	90 mA
Potência equivalente	100 W
Tempo de arranque (Nom.)	0,5 s
Tempo de aquecimento até 60% de luz (Nom.)	0,5 s
Fator de potência (Nom.)	0,52
Tensão (Nom.)	220-240 V

Temperatura

T-máxima na caixa (Nom.)	50 °C
--------------------------	-------

Controles e regulação

Regulável	false
-----------	-------

Dados mecânicos e de revestimento

Acabamento da lâmpada	Fosco
Forma da lâmpada	G120 [G 120 mm]

Aprovação e aplicação

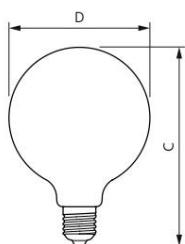
Classe de Eficiência Energética	D
---------------------------------	---

Lâmpadas LED clássica

Consumo de energia kWh/1000 h	11 kWh
Número de registo EPREL	400296
Dados do produto	
Código do produto completo	871869966514200
Nome de produto da encomenda	LED classic 100W E27 WW G120 FRNDRFSRT4
EAN/UPC – Produto	8718699665142

Código de encomenda	66514200
Numerador SAP – Quantidade por embalagem	1
Numerador – Embalagens por caixa exterior	4
Material SAP	929002067801
Copy Net Weight (Piece)	0,100 kg

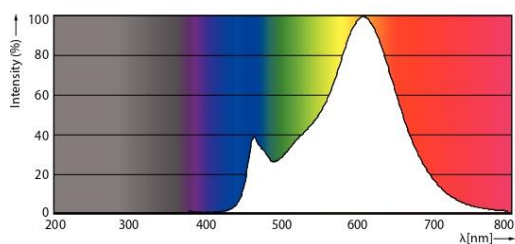
Desenho dimensional



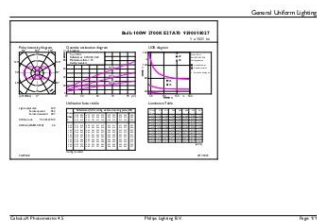
LED classic 100W E27 WW G120 FRNDRFSRT4

Product	D	C
LED classic 100W E27 WW G120 FRNDRFSRT4	125 mm	177 mm

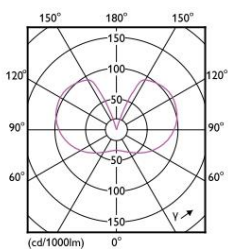
Dados fotométricos



LED classic E27 WW A60 SRT4



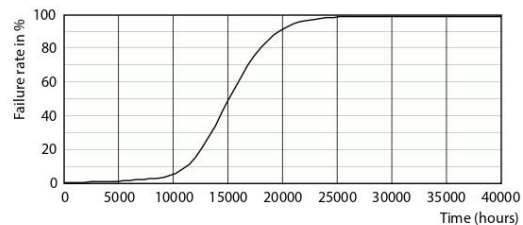
LEDbulb CLA 10,5W G120 E27 827 FR



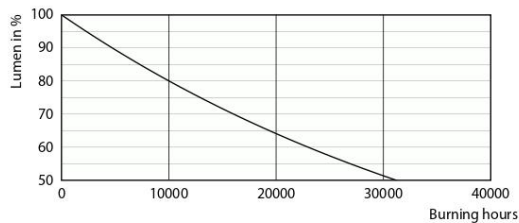
LEDbulb CLA G120 10,5W E27 827 FR

Lâmpadas LED clássica

Vida útil



Life Expectancy Diagram



Lumen Maintenance Diagram



© 2022 Signify Holding. Todos os direitos reservados. A Signify não fornece quaisquer representações ou garantia relativamente à exatidão ou integridade das informações aqui incluídas e não será responsável por qualquer ação com base nas mesmas. As informações apresentadas neste documento não se destinam a qualquer oferta comercial e não constituem parte de qualquer proposta ou contrato, salvo acordo em contrário com a Signify, Philips e o Emblema do Escudo da Philips são marcas comerciais registadas da Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com
2022, Julho 28 - Dados sujeitos a alteração



CorePro tubo LED EM/230V T8



CorePro LEDtube 1200mm HO 18W 840 T8

CorePro LEDtube é uma solução LED acessível adequada para a substituição de lâmpadas fluorescentes T8. O produto proporciona um efeito de iluminação natural para utilização em aplicações de iluminação geral, bem como uma poupança de energia imediata. Trata-se, portanto, de uma solução ecológica.

Avisos e Segurança

-

Dados do produto

Informações gerais	
Casquilho	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Em conformidade com RoHS da UE	Sim
Vida útil nominal (Nom.)	30000 h
Ciclo de comutação	200000X
Tipo técnico	LEDTECH-LOV
Referência de medição de fluxo	Sphere

Dados técnicos de luminosidade	
Código da cor	840 [CCT de 4000 K (841)]
Abertura de feixe (Nom.)	240 °
Fluxo luminoso (Nom.)	2000 lm
Designação da cor	Cool White (CW)
Temperatura de cor correlacionada (Nom.)	4000 K
Eficiência luminosa (nominal) (Nom.)	111 lm/W
Consistência da cor	<6
Índice de restituição cromática (Nom.)	80

LLMF no final da vida útil nominal (Nom.)	
LLMF no final da vida útil nominal (Nom.)	70 %

Dados elétricos e de funcionamento	
Frequência de entrada	50 a 60 Hz
Power (Rated) (Nom)	18 W
Corrente de lâmpada (Nom.)	90 mA
Tempo de arranque (Nom.)	0.5 s
Tempo de aquecimento até 60% de luz (Nom.)	0.5 s
Fator de potência (Nom.)	0.9
Tensão (Nom.)	220-240 V

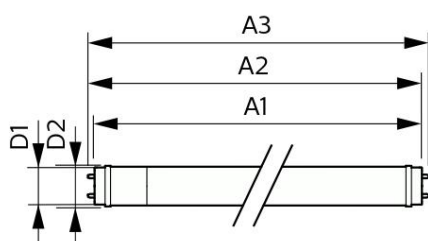
Temperatura	
Temperatura ambiente (Máx.)	45 °C
Temperatura ambiente (Min.)	-20 °C
Temperatura de armazenamento (Máx.)	65 °C
Temperatura de armazenamento (Min.)	-40 °C
T-máxima na caixa (Nom)	50 °C

CorePro tubo LED EM/230V T8

Controles e regulação	
Regulável	false
Dados mecânicos e de revestimento	
Acabamento da lâmpada	Fosco
Material da lâmpada	Glass
Comprimento do produto	1200 mm
Forma da lâmpada	Tubo, dupla extremidade
Aprovação e aplicação	
Classe de Eficiência Energética	E
Produto energeticamente eficiente	Sim
Marcas de aprovação	Conformidade com RoHS Marca CE Certificação KEMA Keur
Consumo de energia kWh/1000 h	18 kWh

Número de registo EPREL	1183854
Dados do produto	
Código do produto completo	871869680613500
Nome de produto da encomenda	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W 840
	T8
EAN/UPC - Produto	8718696806135
Código de encomenda	80613500
Numerador SAP - Quantidade por embalagem	1
Numerador - Embalagens por caixa exterior	10
Material SAP	929001874902
Copiar peso líquido (peça)	0,220 kg

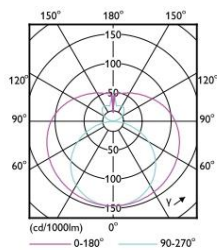
Desenho dimensional



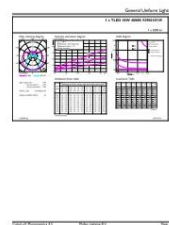
CorePro LEDtube 1200mm HO 18W 840 T8

Product	D1	D2	A1	A2	A3
CorePro LEDtube 1200mm HO 18W 840 T8					

Dados fotométricos



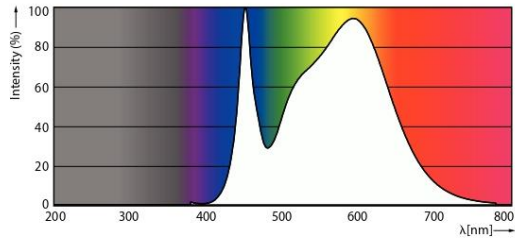
Light Distribution Diagram



General uniform lighting

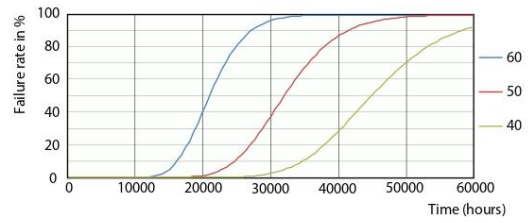
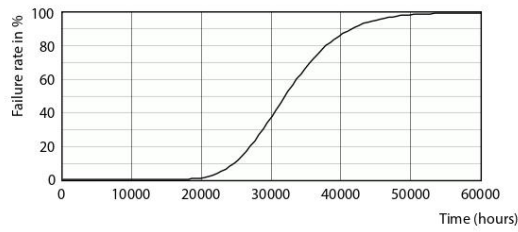
CorePro tubo LED EM/230V T8

Dados fotométricos



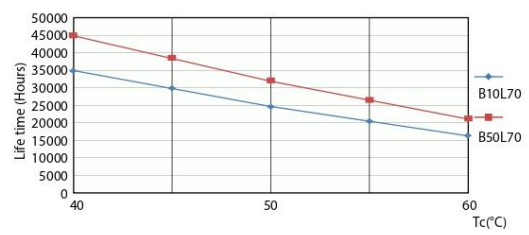
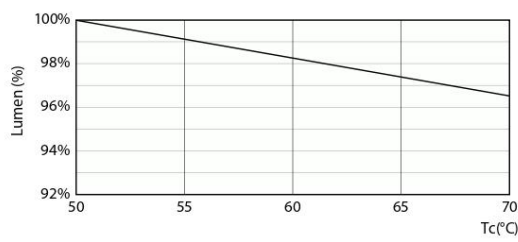
Spectral Power Distribution Colour

Vida útil



Life Expectancy Diagram

FailureRate

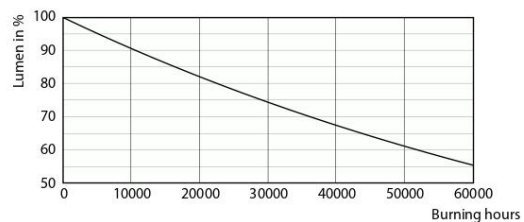


LumenVsTc

LifetimeVsTc

CorePro tubo LED EM/230V T8

Vida útil

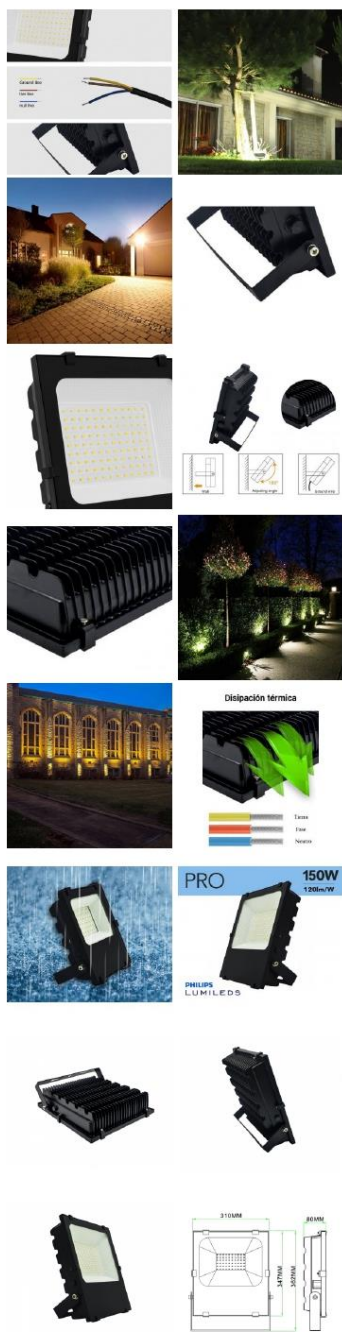


Lumen Maintenance Diagram



© 2022 Signify Holding. Todos os direitos reservados. A Signify não fornece quaisquer representações ou garantia relativamente à exatidão ou integridade das informações aqui incluídas e não será responsável por qualquer ação com base nas mesmas. As informações apresentadas neste documento não se destinam a qualquer oferta comercial e não constituem parte de qualquer proposta ou contrato, salvo acordo em contrário com a Signify, Philips e o Emblema do Escudo da Philips são marcas comerciais registadas da Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com
2022, Setembro 13 - Dados sujeitos a alteração



Foco projetor LED 150W Chip Philips IP65

Description:

Projetor LED 150W com suporte de parede ajustável integrado. Contém Chip Philips Lumileds 2835 de alta qualidade, com alta eficiência e brilho. Fluxo luminoso de 18.000 lumens. **Projetor LED** um início imediato sem cintilação. Ele emite uma luz brilhante e luminosa. É instalado especialmente para iluminação externa: jardins, fachadas, portas, paredes, cartazes, pérgulas, outdoors. Além disso, também é frequentemente usado para interiores de edifícios industriais e oficinas. Fabricado com carcaça metálica com acabamentos de alta qualidade. Suporte ajustável e difusor de vidro. Ângulo de abertura do feixe de luz 120°. Grau de proteção (IP65) para uso externo. Resistente à chuva, sujeira, etc. Voltagem 190-260V. Eficiência de luz de 120lm / W. Frequência 50-60Hz.

ESPECIFICACIONES

Referencia	B1852
Tonalidade	Branco frio
Kelvin (Kº)	6000
I03· Lúmens (Lm)	18000
Eficiência (Lm/w)	120
CRI	80-85
Ângulo de abertura (º)	120
UGR	Não
Tipo de LED	PHILIPS LUMILEDS 2835
Dimável	Não
Potência (W)	200
Tensão Nominal (V)	190-260V-AC
Frequência (Hz)	50 - 60
Driver	Interno

Sensor	Não
Orientável	Sim
Dimensões (mm) LxIxh	310x348x80
Material	Metal
Material difusor	Cristal
Uso Exterior	Sim
IP	IP65
Intervalo de temperatura	-20°C ~ +40°C
Frequência de uso	Intensivo
Vida útil (h)	30000
Classe de eficiência energética	A+
Certificados	CE
Certificados	ROHS
Garantia	Garantia legal de 3 anos

Montagem	Superfície
D	5
Uso Recomendado	Jardim

DESCRIPCIÓN COMPLETA

Projetor LED exterior de 150W PRO IP65

O projetor LED para exterior de 150 W incorpora chips LED Philips 2835 da Lumileds de alta eficiência e brilho que fornecem ao **holofote LED** um início imediato sem cintilação. O projetor emite uma luz forte e brilhante. É utilizado principalmente na iluminação de fachadas, portas, paredes, outdoors, jardins e lotes. Também é frequentemente usado em interiores em edifícios industriais e oficinas, bem como em outdoors.

PRO

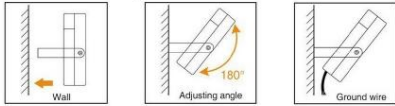
150W
120lm/W



PHILIPS
LUMILEDS

Projetor de exterior LED 150W com chip LED PHILIPS LUMILEDS 2835 de alto desempenho garantindo um início imediato sem piscar. Luz brilhante e intensa com alta eficiência de luz de 120lm/W. Índice de reprodução de cores ideal de CRI 80. Driver interno. Intensidade de luz de 18.000 lumens.

O projetor LED PRO ajustável de 150 W é projetado com um chassi de ferro fundido especializado, para alta dissipação de calor, em um acabamento preto de alta qualidade. Difusor e corpo em vidro transparente pensado para projetos profissionais que requerem grande luminosidade.



A família PRO de projetores LED garante alta luminosidade com alta dissipação de calor. Além disso, estão totalmente protegidos contra água e sujeira. Nosso Refletor LED respeita totalmente o meio ambiente, pois não contém mercúrio ou qualquer outra substância tóxica ou nociva. Praticamente não emite calor. Sem radiação ultra violeta ou infravermelha. Grau de proteção IP65 para colocar o projetor LED em ambientes externos, sendo resistente à chuva e umidade. Além disso, com nossos projetores de alta eficiência você obterá economia de energia de até 90%, amortizando a instalação em um curto espaço de tempo.

Disipación térmica



Anexo B. Detetor de movimentos – BL4



FICHA DE CARACTERÍSTICAS

Detetor de movimentos para instalação no teto - 1-canal

BL4



Branco mate, semelhante
RAL9010 Referência
93288

Informação do Produto

- Detetor de movimento de teto para aplicações interiores com alcance de deteção de 360°
- Para instalação em tetos falsos
- Um canal para comandar a iluminação
- Possibilidade de comando manual através de botão de pressão
- Fácil parametrização via controle remoto (opcional)
- Funções básicas para aplicações económicas
- Com parametrização de fábrica para funcionamento imediato
- Disponíveis acessórios para montagem de superfície e encastrada em caixa de aparelhagem
- Ajustes de fábrica: Elevada sensibilidade, tempo de espera 3 min., limite de acendimento 500 lux
- **Exemplos de aplicação:**
Halls de entrada, corredores/halls, casas de banho, Sala de equipamentos, pequenos escritórios, Escritórios em Open space, salas de conferências

Dados Técnicos

Tensão:	110 - 240 V AC 50 / 60 Hz
Dimensões:	Ø 104,5 x 84 mm
Alimentação:	aprox. 0,3 W
Área de deteção:	horizontal 360° (Montagem no tecto)
Alcance:	máx. Ø 19 m transversal máx. Ø 6,4 m em direção a

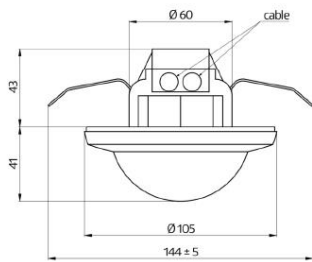
	máx. Ø 5 m atividade sentada
Superfície monitorizada (aproximação tangencial):	280 m ² / 2,5 m Altura de montagem
Altura de montagem min./máx./recomendada:	2 m / 5 m / 2,5 m
Grau de proteção / Classe de Isolamento:	IP20 / Classe II
Resistência ao choque:	IK04
Temperatura ambiente:	-25 °C até +50 °C
Involucro:	Polycarbonato resistente aos raios UV
Ligações e cabos:	0,5 - 2,5 mm ² para fios rígidos
Potência:	1000 W, cos φ = 1 500 VA, cos φ = 0,5 200 W LED
Tipo de contato:	1x Micro contato, Contato NA
Temporização de funcionamento:	15 s - 60 min
Valor limite de acendimento:	10 - 2000 Lux

Dados para encomenda

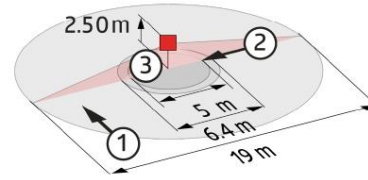
Descrição	Cor	Referência	Número EAN
BL4-FC	Branco mate, semelhante RAL9010	93288	4007529932887
10 x BL4-FC	Branco mate, semelhante RAL9010	93247	4007529932474

Acessórios

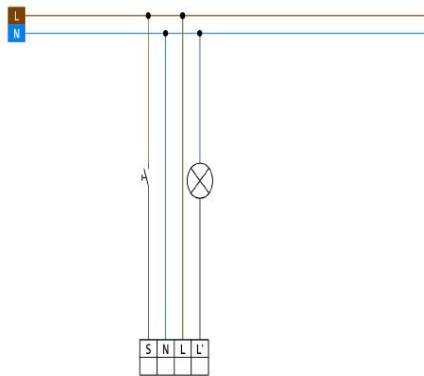
Descrição	Cor	Referência	Número EAN
IR-BL	-	93055	4007529930555
Ø 200 x 90 mm	Branco	92199	4007529921997
Kit RC supressor de arco elétrico	Branco	10880	4007529108800
Mini kit RC supressor de arco elétrico	Preto	10882	4007529108824
Kit de montagem BL4-SM	Branco	93183	4007529931835
Kit de montagem BL4-FM	Branco	93194	4007529931941



Dimensions 93288



Range diagramm



Wiring diagrams

Anexo C. Bateria de condensadores – Reativa Plus



R⁺1

MODELOS TIPO 1 // TYPE 1 MODELS



Modelo	Potência [kVar]/440 V 50 Hz	Tensão nominal [V]	In [A]	Escalões [kVar]/440 V	Nº Combinações	Armário Dim A x L x P [mm]	Regulador Tipo	Corte Geral [A]	Cabo* [mm²]
Model	Power [kVar]/440 V 50Hz	Rated Voltage [V]	Rated Current In [A]	Power banks [kVar]/440 V	Switching steps	Cabinet Dim h x w x d mm	Regulator Type	Main Switch [A]	Cable* [mm²]
R+1/25-440/VAR6	25	440	32,8	5/10/10	5	600 x 450 x 250	Master Control VAR 6	Disj. 3x63	16
R+1/30-440/VAR6	30	440	39,4	7,5/7,5/15	4	600 x 450 x 250	Master Control VAR 6	Disj. 3x63	16
R+1/37-440/VAR6	37,5	440	49,2	7,5/15/15	5	600 x 450 x 250	Master Control VAR 6	Disj. 3x63	16
R+1/40-440/VAR6	40	440	52,5	5/5/10/20	4	600 x 450 x 250	Master Control VAR 6	Disj. 3x63	16

*Os valores apresentados são meramente indicativos. Shown values are indicative.

Anexo D. Simulação FV para 100kWp



PVsyst V7.2.20
 VCO, Simulation date:
 16/10/22 17:50
 with v7.2.20

Project: Frilixa
 Variant: New simulation variant

Project summary

Geographical Site Caramos Portugal	Situation Latitude 41.34 °N Longitude -8.16 °W Altitude 406 m Time zone UTC	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Caramos PVGIS api TMY		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 5 / -25 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Daily profile weekly modulation Average 937 kWh/Day
System information		
PV Array Nb. of modules 224 units Pnom total 98.6 kWp	Inverters Nb. of units 2 units Pnom total 80.0 kWac Pnom ratio 1.232	

Results summary

Produced Energy 139.5 MWh/year	Specific production 1416 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 86.20 %
Used Energy 342.2 MWh/year		Solar Fraction SF 31.78 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7



Project: Frilixa

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.20

VC0, Simulation date:
16/10/22 17:50
with v7.2.20

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		Sheds configuration	Models used
Orientation		No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane			Diffuse Imported
Tilt/Azimuth	5 / -25 °		Circumsolar separate
Horizon		Near Shadings	User's needs
Free Horizon		No Shadings	Daily profile
			weekly modulation
			Average 937 kWh/Day

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Mono 440 Wp Twin 144 half-cells	Model	SUN2000-40KTL-US
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	440 Wp	Unit Nom. Power	40.0 kWac
Number of PV modules	224 units	Number of inverters	2 units
Nominal (STC)	98.6 kWp	Total power	80.0 kWac
Modules	14 Strings x 16 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>45°C)	44.0 kWac
Pmpp	89.5 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.23
U mpp	600 V		
I mpp	149 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	99 kWp	Total power	80 kWac
Total	224 modules	Number of inverters	2 units
Module area	498 m ²	Pnom ratio	1.23
Cell area	445 m ²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	67 mΩ	Loss Fraction	-0.4 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



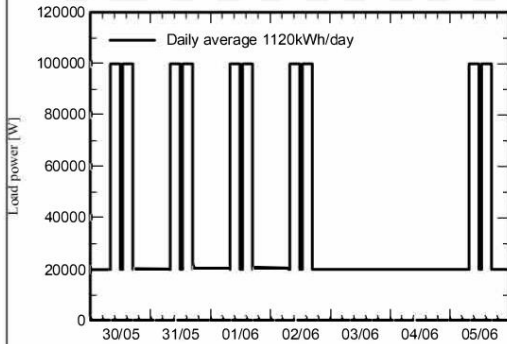
PVsyst V7.2.20
 VCO, Simulation date:
 16/10/22 17:50
 with v7.2.20

Detailed User's needs

Daily profile, weekly modulation, average = 937 kWh/day

Working Days	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	20.0	100.0	100.0	100.0	100.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Week-End	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	

Working Days





PVsyst V7.2.20

VC0, Simulation date:
16/10/22 17:50
with v7.2.20

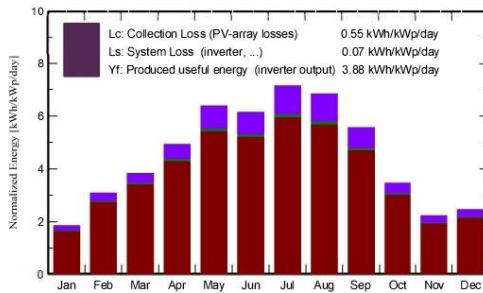
Main results

System Production

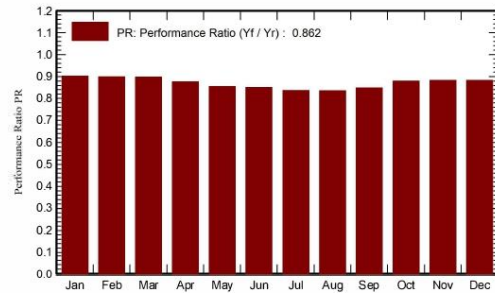
Produced Energy 139.5 MWh/year
Used Energy 342.2 MWh/year

Specific production 1416 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 86.20 %
Solar Fraction SF 31.78 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

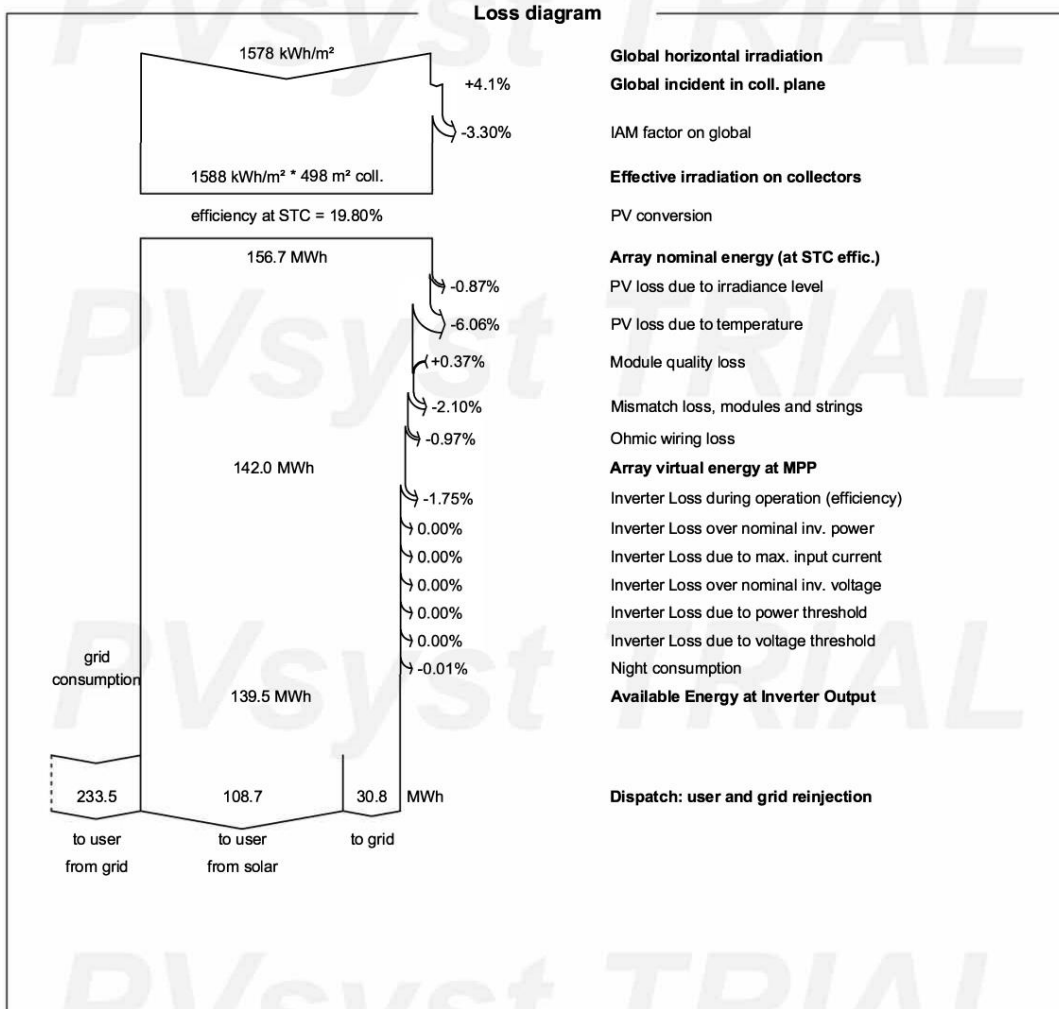
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EFrGrid MWh
January	52.4	27.75	6.46	57.6	54.2	5.21	29.60	4.29	0.835	25.31
February	78.9	29.00	6.02	86.2	82.0	7.77	26.24	5.96	1.678	20.28
March	112.9	52.79	7.94	118.6	114.3	10.68	28.96	8.12	2.386	20.84
April	143.5	61.01	11.73	147.5	143.3	12.97	27.84	9.97	2.777	17.87
May	195.0	68.71	15.38	197.5	192.7	16.96	29.60	12.82	3.836	16.78
June	183.1	78.46	18.55	184.3	179.8	15.75	27.84	11.97	3.499	15.87
July	219.6	66.06	20.61	221.6	216.6	18.60	28.96	13.87	4.390	15.09
August	206.7	52.19	21.05	211.9	207.1	17.76	29.60	13.26	4.172	16.34
September	159.8	46.04	18.61	166.8	161.6	14.21	27.20	10.58	3.384	16.62
October	99.7	40.93	13.28	107.3	102.9	9.46	29.60	7.59	1.716	22.01
November	60.3	28.50	11.31	66.7	62.9	5.91	28.48	4.73	1.077	23.75
December	66.2	23.10	7.75	76.1	70.5	6.72	28.32	5.60	1.017	22.72
Year	1578.0	574.54	13.26	1642.0	1587.8	142.01	342.24	108.75	30.766	233.49

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



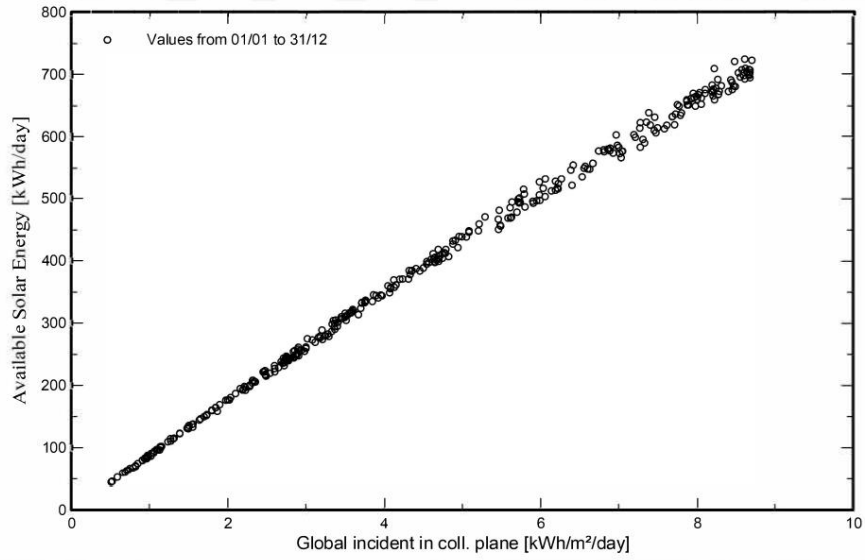
PVsyst V7.2.20
VC0, Simulation date:
16/10/22 17:50
with v7.2.20



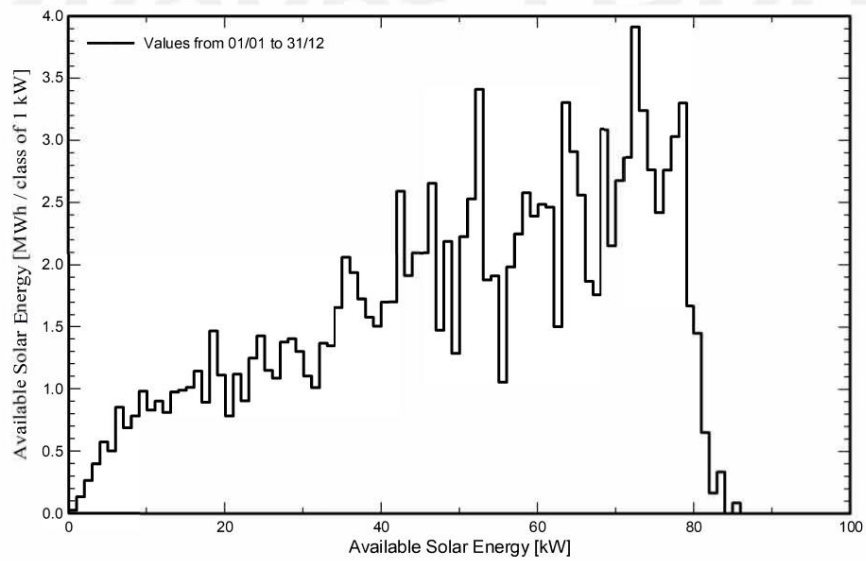


PVsyst V7.2.20
VC0, Simulation date:
16/10/22 17:50
with v7.2.20

Special graphs
Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



Anexo E. Simulação FV para 150kWp



PVsyst V7.2.20
 VC0, Simulation date:
 16/10/22 18:10
 with v7.2.20

Project: Frilixa

Variant: New simulation variant_150kW

Project summary

Geographical Site Caramos Portugal	Situation Latitude 41.34 °N Longitude -8.16 °W Altitude 406 m Time zone UTC	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Caramos PVGIS api TMY		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	User's needs Daily profile weekly modulation Average 933 kWh/Day
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 5 / -25 °	Near Shadings No Shadings	
System information PV Array Nb. of modules 342 units Pnom total 150 kWp	Inverters Nb. of units 3 units Pnom total 120 kWac Pnom ratio 1.254	

Results summary

Produced Energy 213.6 MWh/year	Specific production 1419 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 86.44 %
Used Energy 340.8 MWh/year		Solar Fraction SF 44.08 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7



Project: Frilixa

Variant: New simulation variant_150kW

PVsyst V7.2.20

VC0, Simulation date:
16/10/22 18:10
with v7.2.20

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		Sheds configuration	Models used
Orientation		No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane			Diffuse Imported
Tilt/Azimuth	5 / -25 °		Circumsolar separate
Horizon		Near Shadings	User's needs
Free Horizon		No Shadings	Daily profile
			weekly modulation
			Average 933 kWh/Day

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Mono 440 Wp Twin 144 half-cells	Model	SUN2000-40KTL-US
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	440 Wp	Unit Nom. Power	40.0 kWac
Number of PV modules	342 units	Number of inverters	3 units
Nominal (STC)	150 kWp	Total power	120 kWac
Modules	19 Strings x 18 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>45°C)	44.0 kWac
Pmpp	137 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.25
U mpp	675 V		
I mpp	203 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	150 kWp	Total power	120 kWac
Total	342 modules	Number of inverters	3 units
Module area	761 m ²	Pnom ratio	1.25
Cell area	680 m ²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	56 mΩ	Loss Fraction	-0.4 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



Project: Frilixa

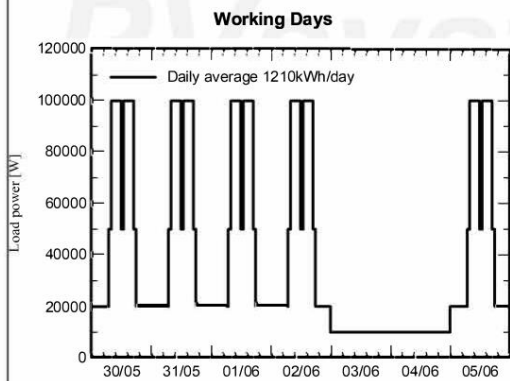
Variant: New simulation variant_150kW

PVsyst V7.2.20
VC0, Simulation date:
16/10/22 18:10
with v7.2.20

Detailed User's needs

Daily profile, weekly modulation, average = 933 kWh/day

Working Days	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	kW
Week-End	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	kW





Project: Frilixa

Variant: New simulation variant_150kW

PVsyst V7.2.20

VC0, Simulation date:
16/10/22 18:10
with v7.2.20

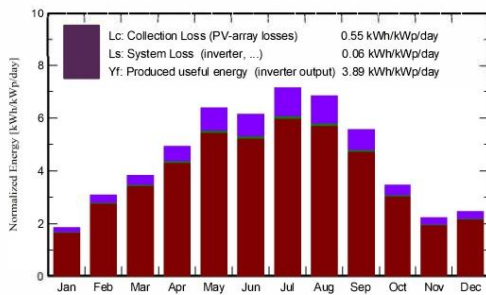
Main results

System Production

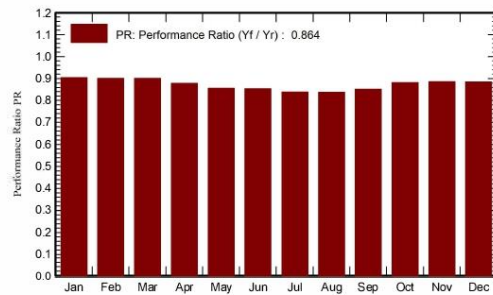
Produced Energy 213.6 MWh/year
Used Energy 340.8 MWh/year

Specific production 1419 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 86.44 %
Solar Fraction SF 44.08 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
January	52.4	27.75	6.46	57.6	54.2	7.95	29.75	5.89	1.951	23.86
February	78.9	29.00	6.02	86.2	82.0	11.86	26.12	8.20	3.497	17.92
March	112.9	52.79	7.94	118.6	114.3	16.31	28.78	11.12	4.968	17.66
April	143.5	61.01	11.73	147.5	143.3	19.80	27.57	13.65	5.867	13.92
May	195.0	68.71	15.38	197.5	192.7	25.84	29.75	17.63	7.823	12.12
June	183.1	78.46	18.55	184.3	179.8	24.04	27.57	16.50	7.181	11.07
July	219.6	66.06	20.61	221.6	216.6	28.39	28.78	19.08	8.879	9.70
August	206.7	52.19	21.05	211.9	207.1	27.12	29.75	18.49	8.211	11.26
September	159.8	46.04	18.61	166.8	161.6	21.70	26.60	14.63	6.756	11.97
October	99.7	40.93	13.28	107.3	102.9	14.45	29.75	10.73	3.518	19.02
November	60.3	28.50	11.31	66.7	62.9	9.02	28.54	6.55	2.342	21.99
December	66.2	23.10	7.75	76.1	70.5	10.26	27.81	7.73	2.403	20.08
Year	1578.0	574.54	13.26	1642.0	1587.8	216.73	340.77	150.20	63.395	190.57

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid

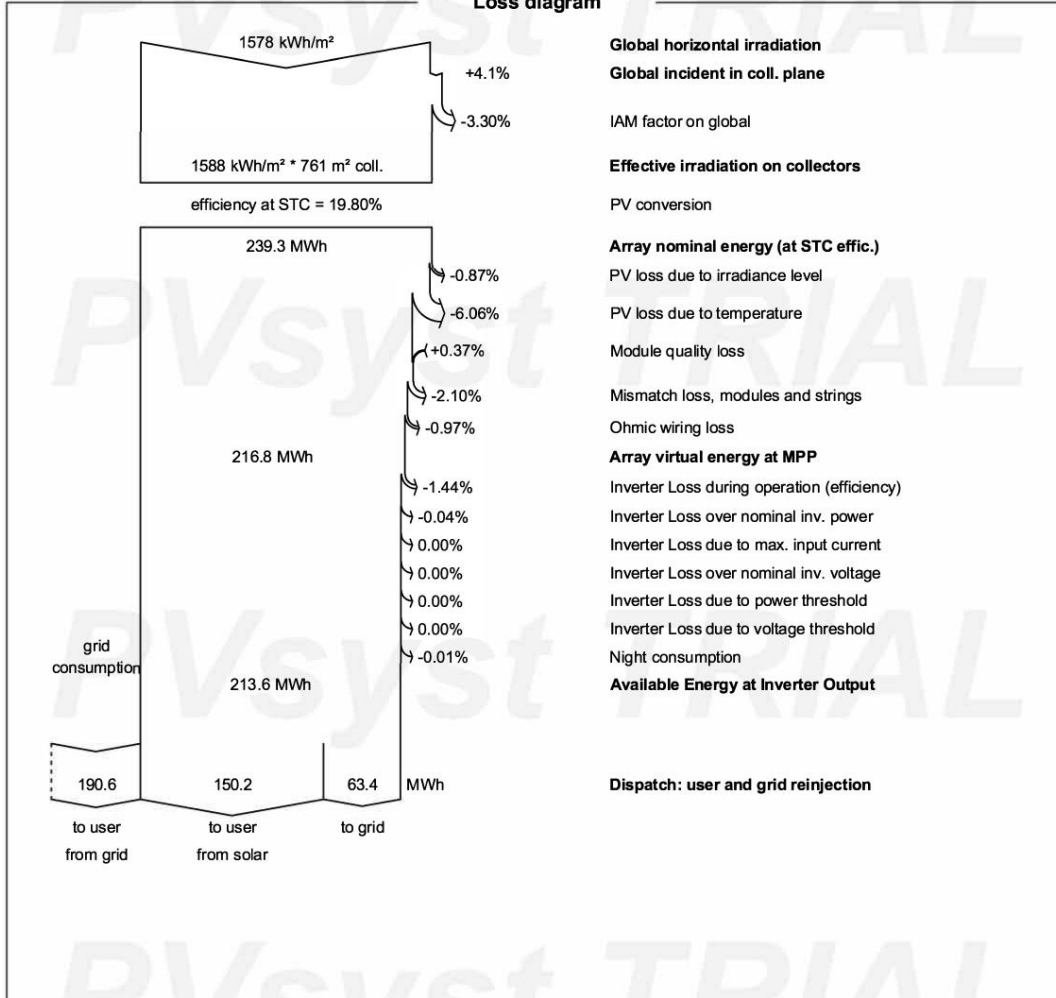


PVsyst V7.2.20
VCO, Simulation date:
16/10/22 18:10
with v7.2.20

Project: Frilixa

Variant: New simulation variant_150kW

Loss diagram

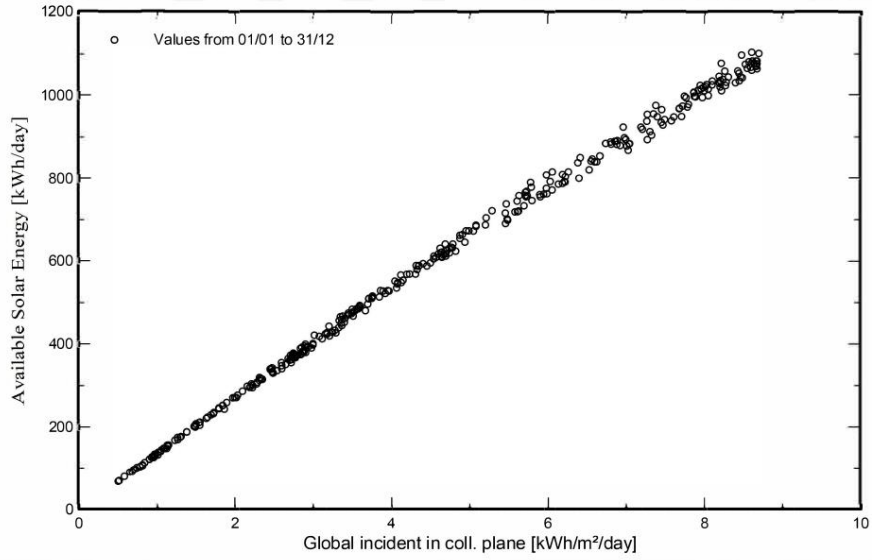




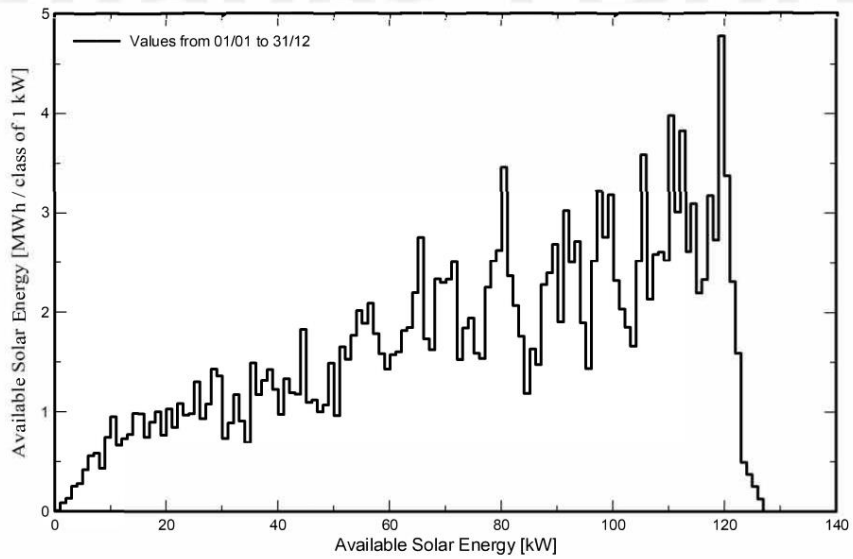
PVsyst V7.2.20
VC0, Simulation date:
16/10/22 18:10
with v7.2.20

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



Anexo F. Simulação FV para 200kWp



PVsyst V7.2.20
 VCO, Simulation date:
 16/10/22 18:34
 with v7.2.20

Project: Frilixa

Variant: New simulation variant_200kW

Project summary

Geographical Site Caramos Portugal	Situation Latitude 41.34 °N Longitude -8.16 °W Altitude 406 m Time zone UTC	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Caramos PVGIS api TMY		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 5 / -25 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Daily profile weekly modulation Average 933 kWh/Day
System information PV Array Nb. of modules 450 units Pnom total 198 kWp	Inverters Nb. of units 4 units Pnom total 160 kWac Pnom ratio 1.238	

Results summary

Produced Energy 281.1 MWh/year	Specific production 1420 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 86.45 %
Used Energy 340.8 MWh/year		Solar Fraction SF 50.90 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7



Project: Frilixa

Variant: New simulation variant_200kW

PVsyst V7.2.20

VC0, Simulation date:
16/10/22 18:34
with v7.2.20

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	5 / -25 °	Models used	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Imported
		Circumsolar	separate
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		No Shadings	
User's needs			
Daily profile			
weekly modulation			
Average			933 kWh/Day

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Mono 440 Wp Twin 144 half-cells (Original PVsyst database)	Model	SUN2000-40KTL-US (Original PVsyst database)
Unit Nom. Power	440 Wp	Unit Nom. Power	40.0 kWac
Number of PV modules	450 units	Number of inverters	4 units
Nominal (STC)	198 kWp	Total power	160 kWac
Modules	25 Strings x 18 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>45°C)	44.0 kWac
Pmpp	180 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.24
U mpp	675 V	Total inverter power	
I mpp	267 A	Total power	160 kWac
Total PV power		Number of inverters	4 units
Nominal (STC)	198 kWp	Pnom ratio	1.24
Total	450 modules		
Module area	1001 m ²		
Cell area	894 m ²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	42 mΩ	Loss Fraction	-0.4 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



PVsyst V7.2.20

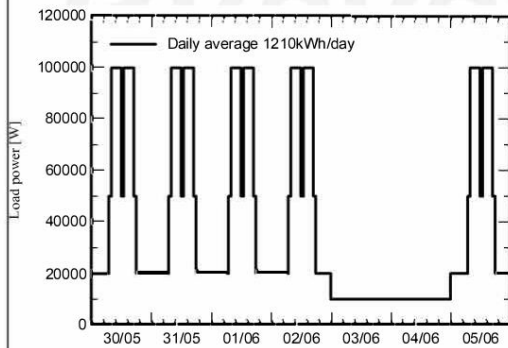
VC0, Simulation date:
16/10/22 18:34
with v7.2.20

Detailed User's needs

Daily profile, weekly modulation, average = 933 kWh/day

Working Days	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Week-End	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	kW
	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	

Working Days





Project: Frilixa

Variant: New simulation variant_200kW

PVsyst V7.2.20

VC0, Simulation date:
16/10/22 18:34
with v7.2.20

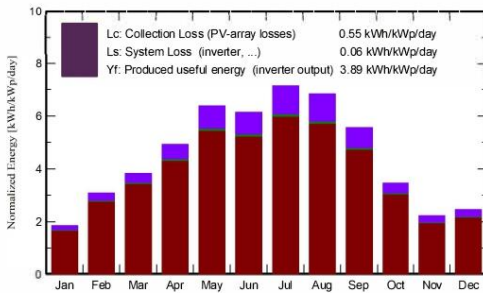
Main results

System Production

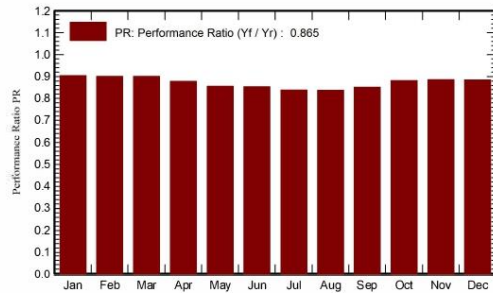
Produced Energy 281.1 MWh/year
Used Energy 340.8 MWh/year

Specific production 1420 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 86.45 %
Solar Fraction SF 50.90 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

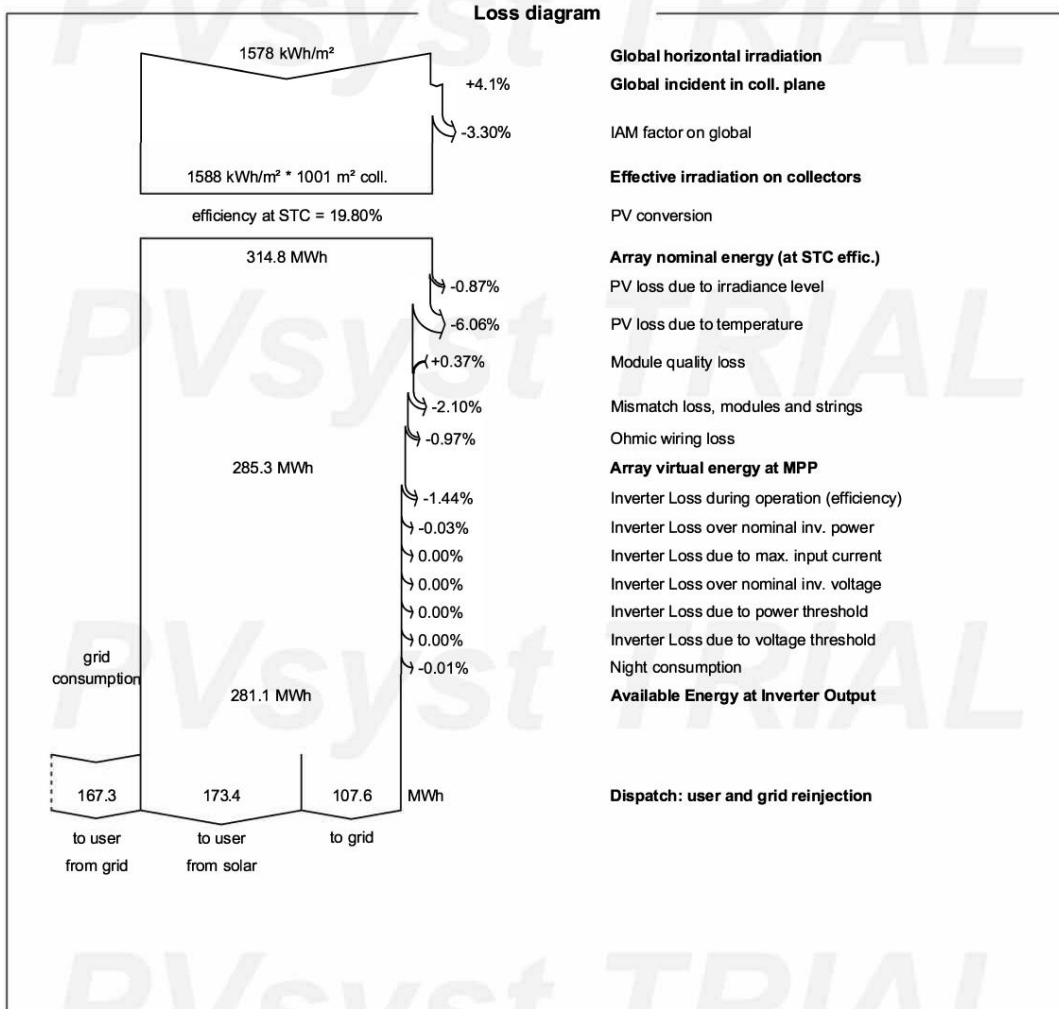
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EFrGrid MWh
January	52.4	27.75	6.46	57.6	54.2	10.47	29.75	7.36	2.95	22.39
February	78.9	29.00	6.02	86.2	82.0	15.60	26.12	10.00	5.39	16.12
March	112.9	52.79	7.94	118.6	114.3	21.46	28.78	13.29	7.88	15.49
April	143.5	61.01	11.73	147.5	143.3	26.05	27.57	15.70	9.98	11.87
May	195.0	68.71	15.38	197.5	192.7	34.02	29.75	19.67	13.85	10.08
June	183.1	78.46	18.55	184.3	179.8	31.63	27.57	18.52	12.65	9.05
July	219.6	66.06	20.61	221.6	216.6	37.36	28.78	20.82	15.97	7.96
August	206.7	52.19	21.05	211.9	207.1	35.68	29.75	20.41	14.72	9.34
September	159.8	46.04	18.61	166.8	161.6	28.55	26.60	16.76	11.38	9.84
October	99.7	40.93	13.28	107.3	102.9	19.01	29.75	13.10	5.65	16.65
November	60.3	28.50	11.31	66.7	62.9	11.86	28.54	8.18	3.52	20.36
December	66.2	23.10	7.75	76.1	70.5	13.50	27.81	9.63	3.70	18.18
Year	1578.0	574.54	13.26	1642.0	1587.8	285.20	340.77	173.44	107.64	167.33

Legends

- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_User Energy supplied to the user
- E_Solar Energy from the sun
- E_Grid Energy injected into grid
- EFrGrid Energy from the grid



PVsyst V7.2.20
VC0, Simulation date:
16/10/22 18:34
with v7.2.20



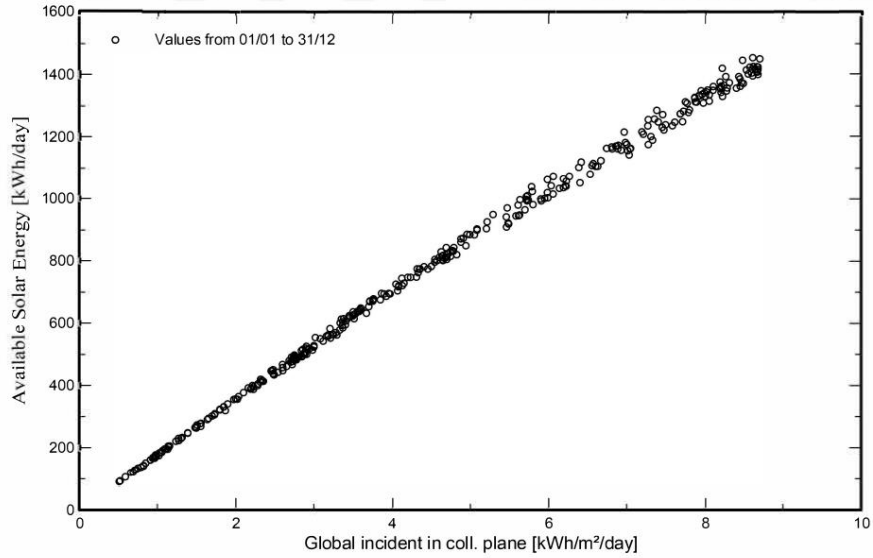


PVsyst V7.2.20

VC0, Simulation date:
16/10/22 18:34
with v7.2.20

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

