



**Universidade de  
Aveiro  
2018**

Departamento de Ambiente e Ordenamento

**Bernardo Rufino de  
Almeida Leitão Neto**

**Comparação de Indicadores Económico-  
Financeiros na Atratividade em Investimentos de  
Eficiência Energética e Energias Renováveis**





**Bernardo Rufino de  
Almeida Leitão Neto**

**Comparação de Indicadores Económico-  
Financeiros na Atratividade em Investimentos de  
Eficiência Energética e Energias Renováveis**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica da Doutora Mara Teresa da Silva Madaleno, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro e sob a coorientação científica da Doutora Marta Alexandra da Costa Ferreira Dias, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

## **o júri**

presidente

Prof. Doutor Luís António da Cruz Tarelho

Professor associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

vogal (orientador)

Prof<sup>a</sup>. Doutora Mara Teresa da Silva Madaleno

Professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

vogal (arguente)

Prof. Doutor Nuno Miguel dos Santos Carvalho Figueiredo

Investigador doutorado na iniciativa Energia para a Sustentabilidade e no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra

## **agradecimentos**

Quero agradecer à Prof<sup>ª</sup>. Mara Madaleno e à Prof<sup>ª</sup>. Marta Ferreira Dias pelo apoio prestado na realização deste trabalho. Deixo também uma palavra de agradecimento ao Prof. Miguel Oliveira pelo aconselhamento que me deu durante o decorrer do estágio no programa Galp 21.

Um obrigado sincero ao Eng. Ricardo Gomes e ao Eng. Ricardo Cruz por me acolherem na Granorte. Agradeço também à Sr<sup>ª</sup>. Ana Maria e a todos os elementos da Associação de Desenvolvimento, Progresso e Vida da Tocha por me deixarem participar no projeto “Eficiência Energética Solidária”.

**palavras-chave**

Investimento, Atratividade, Avaliação Económico-Financeira, Eficiência Energética, Energias Renováveis

**resumo**

Os projetos de eficiência energética e de energias renováveis carecem de uma avaliação económica e financeira, que demonstre a viabilidade de os mesmos serem executados. Os investidores necessitam de indicadores económicos que traduzam de forma clara e comparável a viabilidade do projeto.

O objetivo deste trabalho consistiu em comparar projetos de eficiência energética e energias renováveis entre duas organizações com missões distintas. Por um lado, temos uma indústria (Granorte) que tem o objetivo de ser economicamente competitiva. Por outro lado, temos uma instituição particular de solidariedade social (ADPVT) que visa responder às necessidades da sociedade. Ao longo de 6 meses (de fevereiro a agosto de 2018), o aluno recolheu dados de ambas as organizações para a finalidade deste estudo comparativo.

Em suma, os projetos são avaliados com base em indicadores económico-financeiros, tais como o Valor Atual Líquido, a Taxa Interna de Retorno e o Período de Retorno do Investimento.

Conclui-se que todos os projetos de eficiência energética podem ser transversais às duas organizações (e.g iluminação). A indústria tem uma capacidade financeira maior do que a IPSS, isso é notável através do investimento no projeto C. O projeto D da ADPVT não é recomendável a sua execução tendo em conta o período de retorno do investimento.

**keywords**

Investment, Attractiveness, Economic and Financial Feasibility, Energy Efficiency, Renewable Energy

**Abstract**

Energy efficiency and renewable energy projects require an economic and financial assessment to show their viability. Investors need economic indicators that clearly and comparably translate the project viability. The present work has the objective of comparing different projects in two organizations with different missions. In one hand, we have an industry, which aims to be economically competitive. On the other hand, we have a social solidarity private institution (IPSS) that aims to answer to the social needs of our society.

The present work was developed in a six months period, from February to August 2018.

In short, projects were evaluated based on economic and financial indicators, such as the Net Present Value, the Internal Rate of Return and the Return of the Investment (Payback Period).

In conclusion, energy efficiency projects can be the same type in both organizations (e.g lightning systems). The industry company has a large financial capability to apply funds to these projects than social institution. Project C is the example. Project D from ADPVT isn't recommended for execution taking into account the return of investment.





# Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objetivos Propostos.....	4
1.2.	Estrutura da Dissertação.....	4
1.3.	Motivação.....	6
2.	Revisão Bibliográfica – Gestão e avaliação de projetos.....	7
2.1.	Introdução ao tema de gestão de projetos.....	7
2.2.	Estado-da-arte no desenvolvimento de projetos.....	8
2.3.	Gestão de projetos de eficiência energética e energias renováveis.....	9
2.4.	Avaliação de projetos de eficiência energética e energias renováveis.....	10
2.4.1.	A valorização do dinheiro ao longo do tempo.....	11
2.4.2.	A análise custo-benefício.....	12
2.4.3.	O rácio custo-benefício ou índice de rentabilidade.....	13
2.4.4.	O valor atual líquido (VAL).....	14
2.4.4.1.	W.A.C.C.....	16
2.4.4.2.	Custo com capitais próprios.....	17
2.4.4.3.	Custo com capitais alheios.....	18
2.4.4.4.	Taxa de imposto.....	19
2.4.5.	A taxa interna de retorno (TIR).....	20
2.4.6.	O planeamento por menor custo.....	20
2.4.7.	O período de retorno simples e descontado.....	21
2.4.8.	A análise de sensibilidade.....	22
2.4.9.	A análise de risco e incertezas.....	24
2.4.10.	A análise multicritérios.....	25
3.	A eficiência energética e a sua aplicabilidade às indústrias e IPSS.....	27
3.1.	Introdução à eficiência energética.....	27
3.2.	A aplicabilidade da eficiência energética à indústria portuguesa.....	29
3.3.	Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria.....	35
3.4.	A aplicabilidade da eficiência energética nas IPSS.....	42
3.5.	Medidas de eficiência energética aplicáveis nas IPSS.....	44
4.	As energias renováveis e a sua aplicabilidade à indústria e IPSS.....	51
4.1.	Introdução às energias renováveis.....	51

4.2.	Investimento em energias renováveis .....	52
4.3.	A indústria e as energias renováveis.....	54
4.4.	As IPSS e as energias renováveis .....	56
5.	Estudo de caso “Avaliação de investimentos em medidas de eficiência energética numa indústria em Portugal”.....	57
5.1.	Projeto luminotécnico – Iluminação LED nos armazéns nº6 – nº12.....	58
5.2.	Renovação do banco de condensadores.....	66
5.3.	Instalação de motores elétricos de alto rendimento e variadores eletrónicos de velocidade.....	69
6.	Estudo de caso “Avaliação de investimentos em medidas de eficiência e energias renováveis aplicáveis a IPSS” .....	73
6.1.	Projeto de Iluminação LED no espaço de acesso público da ADPVT .....	74
6.2.	Sistema solar térmico para aquecimento de AQS. ....	75
7.	Comparação económica e financeira entre os projetos avaliados.....	81
7.1.	Avaliação dos projetos da GRANORTE .....	85
7.2.	Avaliação de projetos da ADPVT.....	86
8.	Conclusões e considerações finais.....	99
	Bibliografia.....	103
	Anexos.....	111
I.	Tabela “Setores industriais e processos produtivos passíveis de usar energia solar térmica” .....	111
II.	Tabelas de referência com valores recomendados de iluminância.....	112
III.	Distribuição dos pontos de luz com tecnologia LED. ....	113
IV.	Resultados luminotécnicos para os armazéns nº6 – nº12.....	115
V.	Tabela com as taxas de IRC.....	117
VI.	Índice Harmonizado de preços no consumidor para Portugal.....	118
VII.	Variação do VAL dos projetos com base em múltiplas taxas de WACC.....	119

## Índice de figuras

Figura 1 – Etapas fundamentais no desenvolvimento de um projeto, adaptado de (PMI, 2013, p.43) .....	7
Figura 2 – As três grandes áreas fundamentais da Sustentabilidade ( <a href="http://experiengroup.com/ebook/download-developmental-psychology-childhood-and-adolescence-seventh-edition-2006.php">http://experiengroup.com/ebook/download-developmental-psychology-childhood-and-adolescence-seventh-edition-2006.php</a> ) .....	11
Figura 3 – Imagem gráfica de uma análise de sensibilidade a um projeto (Crundwell, 2008, p.279) .....	23
Figura 4 – Diagrama de sensibilidade do tipo “Tornado” (Crundwell, 2008, p.280) .....	24
Figura 5 – Indicadores de Eficiência Energética de acordo com o nível de agregação de dados (Siebert et al, 2014, p.6) .....	28
Figura 6 – Demonstração processual do SGCIE ( <a href="http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/PublishingImages/enquadramento_v2.jpg">http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/PublishingImages/enquadramento_v2.jpg</a> ) .....	32
Figura 7 – Controlo carga/vazio vs Controlo por variação de velocidade (ADENE, 2016, p.44) .....	37
Figura 8 – Equipamentos necessários para corrigir o fator de potência numa instalação elétrica de BT ( <a href="http://www.qenergia.pt/content/index.php?action=detailfo&amp;rec=229">http://www.qenergia.pt/content/index.php?action=detailfo&amp;rec=229</a> ) .....	39
Figura 9 – Esquema dos componentes eletrónicos de um VEV (Saidur et al, 2012, p.546) .....	41
Figura 10 – Variação de velocidade de um motor de indução através de PWM (Srinagar, 2016, p.4) .....	41
Figura 11 – Exemplo de um Certificado Energético ( <a href="https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios/consumidores/">https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios/consumidores/</a> ) .....	44
Figura 12 – Exemplo de uma etiqueta energética de uma janela eficiente ( <a href="https://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/CLASSE+-Janelas.aspx">https://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/CLASSE+-Janelas.aspx</a> ) .....	46
Figura 13 – Instalação sistema aquecimento central com caldeira de <i>pellets</i> ( <a href="http://www.fundicalor.com/biobronpi1.htm">http://www.fundicalor.com/biobronpi1.htm</a> ) .....	49
Figura 14 – Sistema fotovoltaico implementado numa indústria ( <a href="http://www.sunenergy.pt/autoconsumo-upac/#59">http://www.sunenergy.pt/autoconsumo-upac/#59</a> ) .....	54
Figura 15 - El NASR Pharmaceutical Chemicals, Egypt. Installed capacity: 1.33 MWth. (From Fichtner Solar GmbH, 2005 Germany. With permission.) ( <a href="http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2005-03/images/01_4.jpg">http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2005-03/images/01_4.jpg</a> ) .....	55
Figura 16 – Complexo industrial de Cacia, The Navigator Company ( <a href="http://engenharia-quimica.blogspot.pt/2017/09/sobre-nova-linha-de-producao-de-papel.html">http://engenharia-quimica.blogspot.pt/2017/09/sobre-nova-linha-de-producao-de-papel.html</a> ) .....	55
Figura 17 – Sistema solar termodinâmico instalado numa IPSS ( <a href="http://www.energie.pt/en/all-news/item/420-sanitary-hot-water-ipss">http://www.energie.pt/en/all-news/item/420-sanitary-hot-water-ipss</a> ) .....	56
Figura 18 – Fotografia com características de base dos condensadores instalados na Granorte. (Elaboração própria) .....	67
Figura 19 – Esquema de princípio de compensação de energia reativa de forma centralizada ( <a href="https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/compensacao-do-factor">https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/compensacao-do-factor</a> ) .....	69
Figura 20 – Fotografia aérea do edifício principal da ADPVT ( <a href="https://progressoevida.pt/">https://progressoevida.pt/</a> ) .....	75
Figura 21 – Distribuição de pontos de luz nos armazéns nº6, nº7 e nº8. ....	113

Figura 22 – Distribuição dos pontos de luz nos armazéns nº9, nº10 e nº11. (Elaboração própria) .....	113
Figura 23 – Distribuição dos pontos de luz no armazém nº12. (Elaboração própria).....	114
Figura 24 – Resultado final obtido para os armazéns nº6 – nº8 (Elaboração própria).....	115
Figura 25 – Espaço de trabalho com valor de iluminância adequado (100 –200 lux) (Elaboração própria) .....	115
Figura 26 – Resultado final obtido para os armazéns nº9 – nº11 (Elaboração própria).....	116
Figura 27 – Página WEB do Banco de Portugal, Índice Harmonizado de preços no consumidor para Portugal (Fonte: <a href="https://www.bportugal.pt/page/projecoes-economicas">https://www.bportugal.pt/page/projecoes-economicas</a> ).....	118

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Comparação entre "Cash Flows" VS "Lucros" adaptado de: (Owens, 2002).....	15
Tabela 2 – Medidas de eficiência energética em implementação pelo PPEC 17/18.....	43
Tabela 3 – Comparação entre combustíveis para aquecimento (adaptado de: Tarelho, 2017) .....	49
Tabela 4 – Descrição sumária das medidas de eficiência energética.....	57
Tabela 5 – Distribuição inicial das luminárias nos armazéns.....	58
Tabela 6 – Consumo diário de energia elétrica por via da iluminação artificial.....	59
Tabela 7 – Distribuição final de luminárias LED nos armazéns nº6 – nº12.....	60
Tabela 8 – Consumo de energia elétrica com recurso apenas tecnologia LED.....	61
Tabela 9 – Poupança energética obtida com a implementação da medida estrutural de eficiência energética.....	62
Tabela 10 – Orçamento para compra das luminárias industriais do tipo LED.....	63
Tabela 11 – Cálculo do consumo anual por período sazonal.....	64
Tabela 12 – Continuação da tabela 11, cálculo do retorno simples do investimento.....	65
Tabela 13 – Descrição dos motores elétricos de alto rendimento.....	70
Tabela 14 – Dados económicos sobre o investimento em MAR e VEV's.....	71
Tabela 15 – Projetos de eficiência energética e energias renováveis na ADPVT .....	74
Tabela 16 – Proposta de substituição do sistema de iluminação exterior.....	74
Tabela 17 – Resumo do potencial económico do projeto solar térmico.....	76
Tabela 18 – Classificação ponderada (%) da análise técnica dos SST propostos.....	77
Tabela 19 – Resultados finais das propostas apresentadas já com atribuição do subsídio.....	78
Tabela 20 – Tabela resumo dos projetos de eficiência energética e energias renováveis para avaliação.....	81
Tabela 21 - Comparação entre projetos de investimento da <i>Granorte</i> .....	85
Tabela 22 – Comparação entre projetos de investimento da ADPVT.....	86
Tabela 23 – Comparação entre os projetos avaliados.....	87
Tabela 24 – Variabilidade do VAL dos projetos A, B e C com base na ocorrência dos CF's.....	91
Tabela 25 – Variabilidade do VAL dos projetos D e E com base na ocorrência dos CF's.....	92
Tabela 26 – Atualização da tabela 18 com os fatores supracitados.....	93
Tabela 27 – Atualização da tabela 19 com os fatores (Inflação, Manutenção, Degradação).....	94
Tabela 28 – Processos produtivos passíveis de usar energia solar térmica.....	111
Tabela 29 – Gama de iluminância segundo ISO/CIE 8995-1.....	112
Tabela 30 – Valores recomendados de iluminância segundo EN 12464-1.....	112



## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1</b> – Evolução do consumo mundial de energia primária para o período 1991 até 2016 em Mtoe ...	1
<b>Gráfico 2</b> – Uso de energia nos países membros da IEA e outras economias com e sem poupanças energéticas devido às melhorias na eficiência dos sistemas energéticos, por setor e no período de 2000 a 2017.....	3
<b>Gráfico 3</b> – Percentagem de CFO’s que usam com mais frequência as seguintes técnicas de avaliação de projetos.....	25
<b>Gráfico 4</b> – Dependência energética da UE a 28.....	31
<b>Gráfico 5</b> – Variabilidade na compensação de potência reativa indutiva durante um dia .....	68
<b>Gráfico 6</b> – Influência do WACC no VAL do projeto A .....	88
<b>Gráfico 7</b> – Influência do WACC no VAL do projeto B .....	89
<b>Gráfico 8</b> – Influência do WACC no VAL do projeto C .....	89
<b>Gráfico 9</b> – Influência do WACC no VAL do projeto D .....	90
<b>Gráfico 10</b> – Influência do WACC no VAL do projeto E .....	90
<b>Gráfico 11</b> – Projeto A, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF’s.....	95
<b>Gráfico 12</b> – Projeto B, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF’s.....	95
<b>Gráfico 13</b> – Projeto C, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF’s .....	96
<b>Gráfico 14</b> – Projeto D, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF’s .....	96
<b>Gráfico 15</b> – Projeto E, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF’s .....	97





## Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
ADPVT	Associação de Desenvolvimento, Progresso e Vida da Tocha
ANFAJE	Associação Nacional de Fabricantes de Janelas Eficientes
AMCB	Associação de Municípios da Cova da Beira
ARCE	Acordo de Racionalização de Consumos de Energia
AREAC	Agência Regional de Energia e Ambiente do Centro
AQS	Águas Quentes Sanitárias
BSC	<i>Balanced Scorecard</i> (Indicadores de Desempenho Balanceados)
BT	Baixa Tensão
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i> (Modelo de Precificação de Ativos Financeiros)
CE	Consumo específico
CF	<i>Cash Flow</i> (Fluxo de dinheiro)
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i> (Dinâmica de Flúidos Computacional)
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DPB	<i>Discounted Payback</i> (Período de retorno do capital descontado)
UE	União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FCF	<i>Free Cash Flow</i> (Fluxo de Caixa Livre)
GEE	Gases com Efeito de Estufa
HP	<i>Hewlett-Packard</i>
HSST	Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho
IBM	<i>International Business Machines</i>
IC	Intensidade carbónica
IE	Intensidade energética
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agência Internacional de Energia)
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> (Comissão Eletrotécnica Internacional)
IEE	Indicadores de Eficiência Energética
IPSS	Instituição Particular de Solidariedade Social

<b>IR</b>	Índice de Rentabilidade
<b>IRC</b>	Imposto sobre os Rendimentos Coletivos
<b>LED</b>	<i>Light Emitting Diode</i> (Díodo Emissor de Luz)
<b>MAR</b>	Motores de Alto Rendimento
<b>MPAF</b>	Modelo de Precificação de Ativos Financeiros
<b>OT</b>	Obrigação do Tesouro
<b>PBP</b>	<i>Payback Period</i> (Período de Retorno do Investimento)
<b>PCI</b>	Poder Calorífico Inferior
<b>PI</b>	<i>Profitability Index</i> (�ndice de rentabilidade)
<b>PME</b>	Pequenas e Médias Empresas
<b>PMI</b>	<i>Project Management Institute</i> (Instituto de Gestão de Projetos)
<b>PNAEE</b>	Plano Nacional de A�o para a Eficiência Energética
<b>PRC</b>	Pr�mio de Risco de Crédito
<b>PRM</b>	Pr�mio de Risco de Mercado
<b>PWM</b>	<i>Pulse Width Modulation</i> (Modula�o por Pulsos)
<b>RCB</b>	Rácio Custo-benefício
<b>SAC</b>	Sistemas de Ar Comprimido
<b>SCE</b>	Sistema de Certifica�o Energética dos Edifícios
<b>SEEP</b>	Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos
<b>SGCIE</b>	Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia
<b>SGE</b>	Sistema de Gestão de Energia
<b>SPB</b>	<i>Simple Payback</i> (Retorno Simples do Investimento)
<b>TIR</b>	Taxa Interna de Retorno
<b>VAL</b>	Valor Atual Líquido
<b>VEV</b>	Variadores Eletr�nicos de Velocidade
<b>VSAP</b>	Lâmpadas de Vapor de Sódio
<b>WACC</b>	<i>Weighted Average Cost of Capital</i> (Custo Médio Ponderado de Capital)

## Nomenclatura

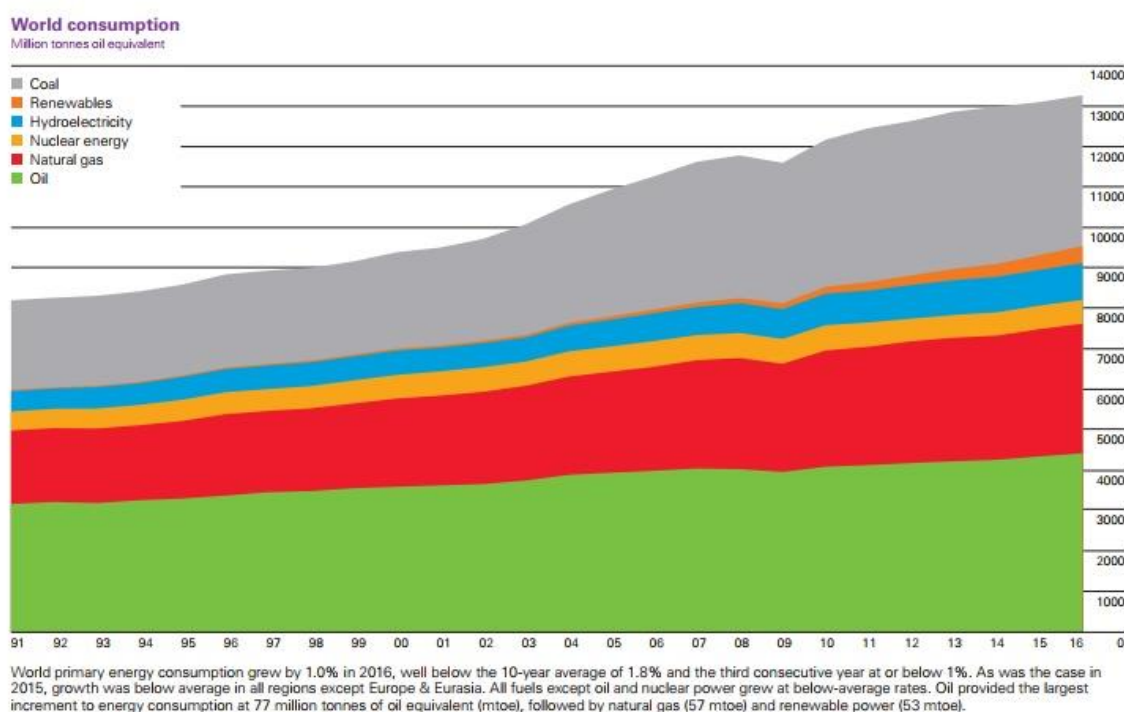
Mtoe	Megatonelada equivalente de petróleo
EJ	Exajoule
J/l	Joule/litro
kWh/m <sup>3</sup>	Quilowatt.hora/metro cúbico
\$ (USD)	Dólar (Estados Unidos da América)
W/m <sup>2</sup> .°C	Watt/metro quadrado por grau Celsius
MJ/kg	Megajoule/quilograma
kg/m <sup>3</sup>	Quilograma/metro cúbico (ao cubo)
€/kg	Euro/quilograma
€/l	Euro/litro
Lx	Lux



# 1. Introdução

A energia é definida segundo o Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa como “A capacidade de produzir trabalho” (Porto Editora, 2003-2017). O Humano e a sua sociedade moderna dependem de energia para realizar as suas atividades económicas, sociais e ambientais. Esta dependência assenta atualmente, em grande parte, na exploração de recursos com origem fóssil, nomeadamente o carvão, o petróleo bruto e o gás natural. Pode constatar-se este facto analisando o gráfico 1, em que se verifica um crescimento no consumo de energia na forma primária para o período de 1991 até 2016.

**Gráfico 1 – Evolução do consumo mundial de energia primária para o período 1991 até 2016 em Mtoe.**



**Fonte: BP Statistical Review of World Energy June 2017, pág.10.**

O crescimento do consumo de energia primária, no mundo, na última década, foi em média de 1,8% por ano. Contudo, nos últimos três anos (2014-2016), a média anual ficou abaixo de 1% (British Petroleum, 2017). Este paradigma tem vários fatores externos para a sua explicação, desde da flutuação dos preços nos mercados mundiais do petróleo à retração no consumo por parte de países no continente Europeu, contrabalançando a tendência crescente no consumo de energia de países como a China e a Índia. Segundo a Agência Internacional de Energia, doravante apenas IEA, no seu relatório “**World Energy**

**Outlook 2017**” destacou quatro tendências primordiais para o ano de 2017, nomeadamente:

1. **O crescimento acentuado em projetos de energias renováveis é suportado pelo rápido declínio nos custos de aquisição destes sistemas de energia.** Destaque para os sistemas solares fotovoltaicos, que só no ano de 2016 foram a forma de geração de energia elétrica com mais capacidade instalada em todo o mundo. Desde do ano de 2010 até ao presente, os custos em novos projetos de sistemas fotovoltaicos caíram em 70%, os projetos de energia eólica em 25% e os custos na compra de baterias em 20% (IEA, 2017).
2. **Tendência crescente na eletrificação da energia.** No ano de 2016 atingiu-se a paridade entre a energia consumida por via elétrica e o consumo de produtos petrolíferos (IEA, 2017).
3. **A China, país com o maior consumo mundial de energia, verifica um crescimento nos serviços orientados para a economia da energia e um mix energético mais diverso e menos poluidor** (IEA, 2017).
4. **A resiliência dos gases de xisto e areias betuminosas nos Estados Unidos da América.** Cimentação da sua posição líder mundial na produção de petróleo e gás, mesmo a preços considerados baixos face ao mercado global (IEA, 2017).

O crescimento das energias renováveis no mix mundial de energia significa que existem mais investidores interessados em apostar neste tipo de sistemas energéticos denominados de sustentáveis. Estes, na operação, ou não emitem gases com efeito de estufa (doravante apenas GEE) ou são neutros, considerando o ciclo do carbono. Neste contexto, a IEA afirma que as energias renováveis captam atualmente dois terços do investimento global em centrais elétricas. A competitividade que oferecem as energias renováveis é já, em vários países, a solução de menor custo em investimentos de geração de energia elétrica.

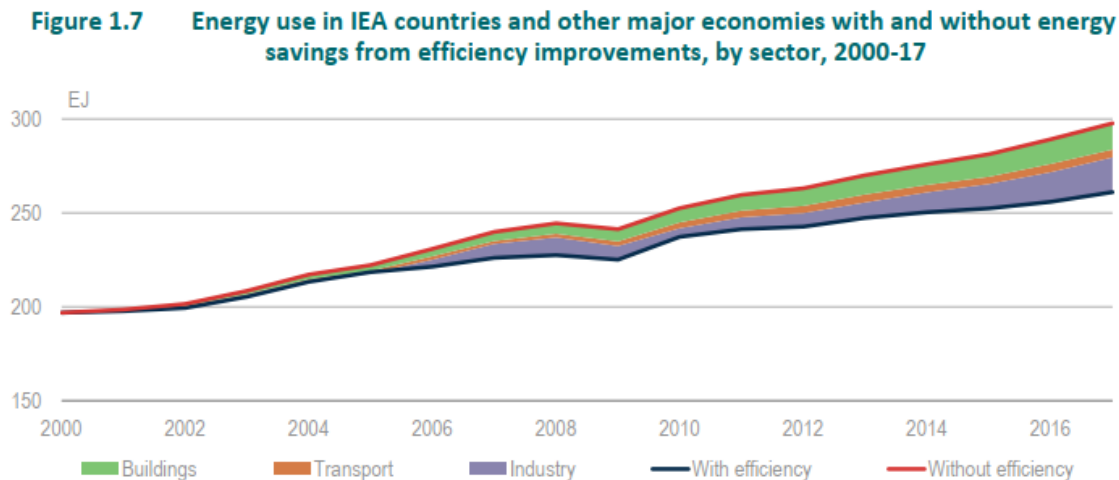
A eficiência energética tem um papel fundamental na resolução do problema da procura incessante de fontes de energia no mundo. Através da eficiência energética, é possível

alcançar melhores resultados no lado do consumo de energia e não na geração da mesma. A IEA, através do seu relatório anual sobre eficiência energética, denominado de “**Market Report Series: Energy Efficiency 2018**”, partilha um conjunto de informação bastante pertinente e esclarecedor quanto ao passado, presente e tendências futuras na evolução de sistemas energeticamente mais eficientes.

A IEA afirma que a Eficiência Energética por si só responde de forma positiva, apresentando benefícios económicos, sociais e ambientais para a economia mundial (IEA, 2018). Um dos cenários previstos pela IEA no relatório conclui que desde do ano 2000 até 2017, as melhorias obtidas através da aplicação de medidas de eficiência energética contiveram em 12% o consumo de energia, nas principais economias mundiais (IEA, 2018).

A grande poupança em energia não utilizada, deve-se aos setores da indústria e dos edifícios, segundo a (IEA, 2018).

**Gráfico 2 – Uso de energia nos países membros da IEA e outras economias com e sem poupanças energéticas devido às melhorias na eficiência dos sistemas energéticos, por setor e no período de 2000 a 2017.**



Notes: Left axis starts at 150 EJ. Countries covered are IEA countries plus China, India, Brazil, Indonesia, Russian Federation, South Africa and Argentina. “Energy use” excludes non-energy use (i.e. feedstocks), energy supply and US freight transport (see Chapter 2).

Sources: Adapted from IEA (2018g), *Energy Efficiency Indicators 2018* (database); IEA (2018c) *World Energy Balances 2018* (database); IEA (2018h), *Energy Technology Perspectives* (Buildings model); IEA (2018i), *Mobility Model* (database); Timmer et al. (2015), *World Input Output Database* (database); IBGE (2018), *Quarterly National Accounts* (database); National Bureau of Statistics of China (2018), *National Accounts* (database); Reserve Bank of India (2018), *The India KLEMS Database* (database); Statistics Indonesia (2018), *Gross Domestic Product* (database); INEGI (2018), *GDP - Activity of Goods and Services* (database); StatsSA (2018), *Gross Domestic Product (GDP), 4th Quarter 2017* (database); Quantec (2018), *Industry Service – RSA Standard Industry – Input Structure at basic prices* (database); INDEC, Republica Argentina (2018), *Macroeconomic aggregates (GDP)* (database); World KLEMS Data (2018), *Russia* (database).

**Market Report Series: Energy Efficiency 2018, pág. 24**

Pode-se constatar que o setor da indústria e de seguida dos edifícios são onde se obtêm melhores resultados. O setor dos transportes ainda não corresponde da mesma forma. Salienta-se que no ano 2000, o consumo de energia nos países referenciados no gráfico 2 seriam de 150 EJ. Sem a contribuição da eficiência energética, o consumo de energia seria próximo de 300 EJ em 2017. No entanto, a poupança de energia obtida, permitiu que em 2017 o consumo de energia fosse ligeiramente superior a 250 EJ, segundo (IEA, 2018).

É também dito que a tecnologia hoje existente, se aplicada com maior empenho nestas economias permitiria alcançar objetivos mais ambiciosos, que representam 25% do uso de energia mundial (IEA, 2018).

Com o cenário de política energética sustentável sugerido pela IEA, em 2040 a eficiência energética permitiria reduzir em 44% as emissões previstas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (IEA, 2018).

## **1.1. Objetivos Propostos**

O principal objetivo deste trabalho consiste em comparar, investimentos de eficiência energética e sistemas de energias renováveis, recorrendo a indicadores económico-financeiros no intuito de os avaliar. Serão considerados diferentes tipologias de consumidores de energia, nomeadamente uma indústria e uma Instituição Particular de Solidariedade Social, doravante apenas IPSS.

Secundariamente, pretende-se, com este trabalho, desenvolver as competências técnicas de dimensionamento e engenharia de soluções em eficiência energética.

## **1.2. Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma:



1. Primeiramente é feita uma introdução ao tema da energia. É feita uma abordagem resumida ao papel da eficiência energética e das energias renováveis no consumo de energia a nível global.
2. No ponto número dois é feita uma revisão bibliográfica sobre indicadores económico-financeiros na gestão e avaliação de projetos, de eficiência energética e energias renováveis.
3. O ponto número três consiste na exposição e análise de informação referente a medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria e a instituições particulares de solidariedade social.
4. O ponto número quatro aborda o papel das energias renováveis na procura de energia. É feita uma breve análise às condições que atraem o investimento em energias renováveis, sendo dada especial atenção à integração de energias renováveis em pequena e média escala nas instalações das indústrias e IPSS em Portugal.
5. O ponto número cinco consiste no primeiro estudo de caso desta dissertação: a avaliação de um investimento em medidas de eficiência energética numa indústria.
6. O ponto número seis aborda um projeto nacional de eficiência energética e energias renováveis em várias IPSS. Pretende-se apresentar algumas medidas implementadas ou em vias de implementação por parte de uma das IPSS inserida no projeto nacional de eficiência energética: Eficiência Energética Solidária
7. O ponto número sete compara ambos os estudos de caso e determina os resultados dessa avaliação e comparação.
8. O ponto número oito agrega as principais conclusões deste estudo.

### 1.3. Motivação

Com o desenvolvimento deste trabalho pretende-se adquirir conhecimentos e ganhar novas competências na área da avaliação económica e financeira de projetos de eficiência energética e energias renováveis. Para além disso, pretende-se compreender o processo de tomada de decisão de investimento neste tipo de projetos e quais são as maiores mais-valias ou retornos dos mesmos. Enumerar as principais barreiras e desafios a superar são também questões fundamentais a responder.

Mas sobretudo, espera-se que após a realização deste trabalho, se tenha contribuído positivamente para a sociedade dando um contributo para a disseminação das energias renováveis e a aposta em eficiência energética.

## 2. Revisão Bibliográfica – Gestão e avaliação de projetos

### 2.1. Introdução ao tema de gestão de projetos

A palavra projeto advém do verbo *projetar* que significa, segundo o dicionário da língua portuguesa: lançar para a frente, planejar, tentar fazer algo novo. Mas em que consiste um projeto? Um projeto é um trabalho temporário que tem como missão criar um produto, serviço ou resultado. Se o projeto é temporário tem que ter um início e um fim previstos, assim como a alocação de vários tipos de recursos e definição do âmbito a que se restringe. Cada projeto é único, o que se traduz em não ser uma mera operação de rotina. Contudo, são projetadas várias tarefas a executar para que os objetivos estipulados sejam cumpridos. Um projeto é normalmente gerido por um gestor de projetos e/ou por uma equipa de trabalho, dentro da mesma organização ou em diferentes organizações, localmente ou em diferentes geografias (Rose, 2013).

A gestão de projetos é a aplicação de conhecimentos, competências, ferramentas e técnicas nas atividades inerentes ao projeto por forma a cumprir os requisitos do mesmo.

A gestão de um projeto é normalmente composta pelas seguintes etapas fundamentais demonstradas na figura 1.



**Figura 1 – Etapas fundamentais no desenvolvimento de um projeto, adaptado de (PMI, 2013, p.43)**

Cada etapa demonstrada pela figura 1 é também referida como um grupo de processos. No total, existem cerca de 47 processos lógicos agrupados pelas etapas mencionadas.

A gestão de um projeto, tipicamente, inclui os seguintes pontos, embora não seja limitado apenas aos mesmos:

- Identificação dos requisitos necessários;
- Determinar as necessidades, preocupações e as expectativas de todas as partes interessadas “*Stakeholders*” na fase de planeamento e execução do projeto;
- A comunicação com as partes interessadas deverá ser ativa, eficaz e de natureza colaborativa;
- É essencial gerir as demais partes interessadas em prol do cumprimento dos requisitos do projeto e do plano de entregas “*Deliverables*” ao mesmo;
- As restrições de um projeto devem ser geridas de forma equilibrada pelos seguintes parâmetros:
  - Âmbito;
  - Qualidade;
  - Agenda temporal do projeto;
  - Orçamento estipulado;
  - Recursos disponíveis;
  - Riscos associados.

Em suma, as características e as circunstâncias específicas de um projeto influenciam as restrições do mesmo. A equipa gestora do projeto deverá ser eficiente, objetiva e equilibrada nas decisões que tomar (PMI, 2013).

## 2.2. Estado-da-arte no desenvolvimento de projetos

A gestão de projetos moderna tem a sua origem no desenvolvimento do Projeto Manhattan (1942-1945). Neste, o objetivo era investigar e desenvolver a bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial. A gestão de projetos veio simplificar a gestão do programa de investigação militar complexo e à escala nacional. Neste projeto estiveram envolvidas mais de 150.000 pessoas e no mês de Agosto do ano de 1945, o custo total com o projeto atingiu a meta dos 1,9 bilhões de dólares norte-americanos, quando o total dos recursos gastos com a Segunda Guerra Mundial pelos E.U.A foi de 300 bilhões de dólares (Reed, 2014).

Em 1969 foi fundado o “*Project Management Institute - PMI*” (Instituto de Gestão de Projetos) por 5 voluntários nos E.U.A. O objetivo foi claro, disseminar as melhores práticas na gestão de projetos e padronizar esta atividade ao nível global (Project Management Institute, 2015).

Há mais de 50 anos que a gestão de projetos tem evoluído e padronizado as atividades das mais variadas organizações, especialmente nas empresas por todo o mundo. Grandes grupos empresariais como a IBM, Microsoft, Siemens, HP, Computer Associates e a Deloitte usam a gestão de projetos, correntemente, a um nível de excelência. Só a IBM, com mais de 300.000 colaboradores espalhados pelo mundo, tem cerca de 30.000 gestores de projetos a liderar as atividades da empresa. A HP tem cerca de 8.000 gestores de projetos dos quais 3.500 são certificados como “*Project Management Professionals*”, reconhecidos internacionalmente através do instituto de gestão de projetos (PMI, 2015).

As áreas da eficiência energética e das energias renováveis são também, habitualmente, desenvolvidas por gestores de projetos. O objetivo é ser bem-sucedido na implementação de sistemas de energia, considerados como alternativos, mas que cada vez mais são parte da solução para a crescente procura mundial de energia e a descarbonização

### **2.3. Gestão de projetos de eficiência energética e energias renováveis**

Seja na implementação de medidas de eficiência energética, como na integração de sistemas de energias renováveis é necessário ter um plano de implementação delineado. Planear a mudança reduz o risco de os resultados esperados não serem os desejados. O risco é um parâmetro presente igualmente nos projetos energéticos, e os investidores pretendem que aquele seja o mínimo possível (United Nations Environment Programme, 2004).

Um projeto de eficiência energética consiste em tornar os sistemas de energia de uma determinada instalação mais eficientes energeticamente. Ou seja, diminuir o consumo energético executando o mesmo trabalho.

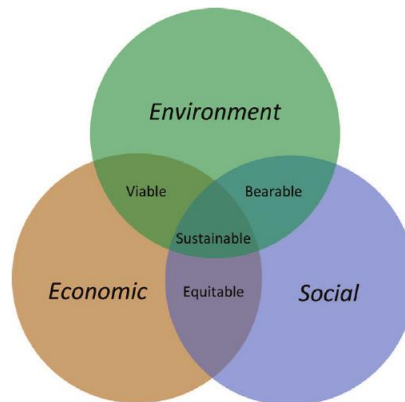
Um projeto de energias renováveis consiste em construir uma instalação de aproveitamento de fontes de energias renováveis. Ambos os tipos de projetos têm que respeitar diferentes parâmetros inerentes a qualquer tipo de projeto, os parâmetros mencionados no ponto 2.1 – Introdução ao tema de gestão de projetos.

Definir as atividades/tarefas críticas é essencial numa boa gestão de projetos. Delinear o caminho crítico, que não é mais do que a sequência de tarefas de um projeto que mais influencia o tempo necessário até à sua conclusão, é extremamente importante para o sucesso de um projeto de energias renováveis (Lee, Kang, & Huang, 2017).

Igualmente importante, ao cumprimento de prazos temporais no desenvolvimento de projetos, é controlar os custos associados às várias fases de vida de um projeto, e dentro dos possíveis não ultrapassar o orçamento estipulado para o projeto, mostrando rigor e eficiência nos gastos económicos que este tipo de projetos pode ter.

#### **2.4. Avaliação de projetos de eficiência energética e energias renováveis**

Um projeto tem como missão apresentar resultados. Sejam estes tangíveis ou intangíveis, de ênfase social, ambiental ou económica. No caso dos projetos de eficiência energética e energias renováveis, é possível que os benefícios obtidos tenham um impacto positivo em todas as áreas no domínio da sustentabilidade. A figura 2 demonstra essa mesma ligação entre as demais áreas de intervenção no contexto de sustentabilidade.



**Figura 2 – As três grandes áreas fundamentais da Sustentabilidade**

(<http://experiengroup.com/ebook/download-de-velopmental-psychology-childhood-and-adolescence-seventh-edition-2006.php>)

Contudo, nos termos aplicáveis ao desenvolvimento deste estudo, torna-se fulcral avaliar os projetos quanto à sua viabilidade económico-financeira.

A tomada de decisão na aprovação do projeto, depende da apresentação de fatores, indicadores e dados que informem com clareza e objetivamente as características do projeto em avaliação.

A determinação de rentabilidade de um projeto depende do balanço entre o montante de recursos financeiros investidos no mesmo e os fluxos de tesouraria que o mesmo consegue realizar. Um projeto deve providenciar liquidez suficiente para ser rentável e atrativo aos olhos dos seus promotores.

#### **2.4.1. A valorização do dinheiro ao longo do tempo**

O dinheiro tem um valor que é relativo com o passar do tempo. O propósito dos investimentos é despende uma quantia de dinheiro hoje, na expectativa de receber um retorno superior no futuro (Owens, 2002). É por isso necessário descontar o valor do dinheiro no futuro para o seu valor real no presente. Esta técnica denomina-se de aproximação por fluxos de tesouraria descontados. Este desconto é feito através do cálculo do fator de desconto, onde o elemento essencial na equação de cálculo é a taxa de desconto, também conhecida como custo de capital (Owens, 2002).

A equação 1 determina o fator de desconto.

$$\text{fator de desconto} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

- $i$  = taxa de desconto ou custo de capital
- $n$  = número de anos na implementação do projeto

A taxa de desconto é muito importante na análise de projetos de energias renováveis, assim como em qualquer outro tipo de projeto de investimento. A taxa de desconto depende de vários fatores, mas que essencialmente se resumem à dependência do chamado “**Custo de Oportunidade do Capital**”, que é definido como o potencial retorno quando o capital é investido num projeto em detrimento de outro projeto menos atrativo (Owens, 2002).

Na teoria financeira, o valor temporal do dinheiro é amplificado perante uma exposição a um maior risco financeiro e incerteza quanto ao seu retorno. Logo, se o projeto a ser avaliado não tem uma taxa interna de retorno, doravante apenas TIR, igual ou superior ao fator de desconto, o projeto é declarado como inviável e não deve ser implementado (Owens, 2002).

#### 2.4.2. A análise custo-benefício

A análise custo-benefício é uma análise que recorre a um conjunto de ferramentas de avaliação e de análise de parâmetros económicos e financeiros do projeto. As ferramentas que podem ser usadas são as seguintes segundo (Owens, 2002):

- Rácio custo-benefício
- Valor atual líquido
- Taxa interna de retorno
- Planeamento por menor custo
- Período de retorno simples e período de retorno descontado
- Análise de sensibilidade



Tradicionalmente, o processo de avaliação de projetos consiste em ordenar uma classificação por “ranking”, de acordo com critérios definidos e de forma sistemática. Contudo, e ao longo do tempo, os métodos de comparação na avaliação/apreciação de projetos evoluíram no sentido de se focar mais nos setores em que os projetos estão inseridos, permitindo a inserção de dados obtidos durante o estudo de viabilidade no processo de design do mesmo. Este processo interativo e circular, onde os dados fornecem informação crucial no processo de reestruturação, por exemplo de sistemas de energias renováveis, permitiria que um projeto aparentemente inviável voltasse a ser avaliado (Owens, 2002).

Assim sendo, os projetos devem ser estruturados de forma a maximizar o seu potencial retorno financeiro e económico.

Todos os investimentos devem ser sujeitos a um processo sistemático de avaliação com dois objetivos em mente:

- I. Fornecer uma base para seleção ou rejeição de projetos, classificando-os por ordem de lucratividade ou benefícios sociais e ambientais;
- II. Assegurar que os investimentos não sejam feitos em projetos que ganham menos do que o custo de oportunidade de capital, geralmente expresso através da taxa interna de retorno;

### 2.4.3. O rácio custo-benefício ou índice de rentabilidade

O rácio custo-benefício, ou simplesmente RCB, é a divisão entre o total dos benefícios descontados obtidos e do total dos custos respeitantes ao projeto. Este rácio deve ser interpretado segundo as três hipóteses seguintes:

- Se o **RCB >1**, os benefícios são superiores aos custos, dando a indicação de que o projeto é viável segundo o rácio. Quanto maior for o resultado, melhor classificado será o projeto segundo o RCB.
- Se **RCB = 1**, os benefícios estão em igual número em relação aos custos associados, indicando que é incerta a viabilidade do projeto apenas recorrendo ao RCB.
- Se **RCB <1**, os custos associados são superiores aos benefícios obtidos, inviabilizando a implementação do projeto segundo o rácio (RCB) (Pereira, 2008).

O RCB tem como principal desvantagem ser sensível à escolha da taxa de desconto. Este rácio pode apresentar uma interpretação incorreta se o tamanho ou a escala, entre projetos mutuamente exclusivos<sup>1</sup>, for bastante considerável (Owens, 2002).

O RCB é também conhecido por IR, ou seja, índice de rentabilidade. Uma definição alternativa pode ser encontrada na página 72 de (Crundwell, 2008):

- ***“O índice de rentabilidade é a medida de rentabilidade por cada unidade monetária investida”***.

O índice de rentabilidade, doravante apenas IR, é derivado do inglês “Profitability Index - PI” e pode ser calculado através da seguinte equação 2:

$$IR = \frac{\text{Valor presente do CF's futuros}}{\text{Valor presente do Investimento}} \quad (\text{eq.2})$$

É comum usar o VAL e o IR na construção de um ranking de projetos mutuamente exclusivos. O índice de rentabilidade é um indicador relativo. Significa que não distingue os projetos pela sua dimensão. Em contraste, o VAL é um indicador absoluto do valor de um projeto (Crundwell, 2008).

#### 2.4.4. O valor atual líquido (VAL)

O primeiro passo em qualquer avaliação económica é projetar a ocorrência de fluxos de tesouraria (dinheiro), tipicamente designados por **“Cash Flows”**, doravante apenas CF. A ocorrência de CF num projeto deriva da diferença entre o dinheiro gerado (receitas) e os custos correntes (despesas). É importante definir o que é um fluxo de tesouraria e o que são os lucros. Estes dois conceitos, do ponto de vista contabilístico, não são iguais. Para melhor perceber essa diferença, a tabela 1 compara os termos aplicados, tendo por base um conjunto de operações contabilísticas inseridas no balanço de um projeto.

---

<sup>1</sup> Projetos mutuamente exclusivos são aqueles em que a aceitação de um leva à rejeição do outro.

**Tabela 1 - Comparação entre "Cash Flows" VS "Lucros" adaptado de: (Owens, 2002)**

	<b>"Cash Flow"</b>	<b>Resultados contabilísticos</b>
<b>Receitas</b>	Entrada de dinheiro	Quando as vendas ocorrem
<b>Despesas Operacionais</b>	Saída de dinheiro	Quando as despesas ocorrem
<b>Depreciação</b>	Não incluída	Incluída
<b>Subsídios de Capital</b>	Proteção fiscal incluída como fluxo de caixa	Incluídos nas contas fiscais
<b>Impostos</b>	Quando os impostos são pagos (uma vez por ano)	Quando o imposto é incorrido

Em suma, a grande diferença entre os dois conceitos reside no espaço temporal em que ocorrem as transações de dinheiro, mas também na não quantificação da depreciação e das taxas de juros (ou mais propriamente os encargos financeiros de endividamento) nos CF's (Owens, 2002), uma vez que ambos representam despesa contabilística mas não são saídas efetivas de dinheiro.

Os CF's são fundamentais para calcular o VAL de um projeto. O VAL, do inglês "**Net Present Value – NPV**", é uma aproximação descontada do valor do dinheiro gerado pelo projeto através dos seus CF's (ou seja, o valor dos fluxos atualizados para o momento presente onde se efetua a avaliação ou se toma a decisão de investir no projeto ou não). O objetivo é determinar o valor dos CF's obtidos no futuro, descontar o seu valor para o presente, com base na taxa de juro a aplicar, ou taxa de atualização de capitais (Owens, 2002).

Na comparação de oportunidades de investimento, o VAL é uma ferramenta bastante útil. É expetável, na comparação entre projetos alternativos, que o projeto com o cumulativo de VAL mais alto, seja o mais interessante economicamente para o promotor/investidor. Existe, contudo, uma séria limitação a esta ferramenta de análise de viabilidade de projetos. Esta não deve ser aplicada na comparação de projetos com tempos de vida diferentes segundo (Owens, 2002). Parece claro que um projeto com uma duração de 25 anos e outro de apenas 5 anos, mesmo que tenham um conjunto de CF's exatamente iguais, a soma de CF's atualizados ao longo de 25 anos é totalmente diferente da soma de CF's atualizados em apenas 5 anos.

O VAL pode ser calculado através da equação 3, excluindo a inflação<sup>2</sup>.

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF(t)}{(1+i)^t} - I \quad (\text{eq.3})$$

Onde:

- $i$  = taxa de atualização ou custo de capital.
- $n$  = número de anos de implementação do projeto.
- $t$  = espaço temporal (1 ano).
- $I$  = investimento inicial requerido pelo projeto.

#### 2.4.4.1. W.A.C.C

Um projeto viável tem de ser financiado podendo-se recorrer a diferentes fontes de financiamento cujos pesos e montantes terão impacto no custo de capital ou taxa de atualização a ser utilizada na aplicação dos critérios de seleção e avaliação de projetos de investimento. O financiamento de um projeto pode derivar de várias fontes, nomeadamente de capitais próprios (“*Equity*”) ou de capitais alheios (“*Liability*”).

É imprescindível definir a estrutura de capital, ou seja, ponderar a distribuição da proporção de capital entre as demais partes interessadas. Esta ponderação é conhecida como o **custo médio ponderado de capital**, do inglês “*Weighted Average Cost of Capital*”, doravante apenas WACC (Krupa & Harvey, 2017).

A equação 4 apresenta a fórmula que permite calcular o WACC (segundo Krupa & Harvey, 2017):

$$WACC = (Ce \times Pe) + (Cd \times Pd \times (1 - t)) \quad (\text{eq.4})$$

Onde:

- $Ce$  = Custo com capitais próprios (%/ano).

---

<sup>2</sup> **Inflação** – Aumento geral dos preços. Numa economia de mercado, os preços dos bens e serviços podem sempre mudar. Alguns preços sobem, outros descem. Fala-se de inflação quando se verifica um aumento geral dos preços dos bens e serviços e não quando apenas os preços de artigos específicos sobem. O resultado é que se compra menos com um euro. Por outras palavras, um euro vale menos do que anteriormente. (Fonte: Banco Central Europeu, consultado a 26-01-18). Não se inclui o efeito da inflação pelas dificuldades de prever a taxa de inflação a ocorrer no futuro e pelo facto de se proceder a uma avaliação pelos valores reais e não nominais.

- $Pe^3$  = Percentagem ou peso de capitais próprios (0-100%) no total do financiamento do projeto.
- $Cd$  = Custo com dívida/empréstimo (%/ano).
- $Pd^4$  = Percentagem ou peso de dívida/empréstimo (0-100%) no total do financiamento do projeto.
- $t$  = taxa de imposto.

#### 2.4.4.2. Custo com capitais próprios

O custo com capitais próprios não é mais do que a taxa de retorno esperada pelos detentores de capital próprio que financiam o projeto. A fórmula de cálculo dos custos com capitais próprios pode ser obtida recorrendo à equação 5 (segundo Crundwell, 2008).

$$Ce = R_f + PRM \quad (\text{eq.5})$$

Onde:

- $R_f$  (*Risk Free Rate*) – Taxa livre de risco
- $PRM$  – Prémio de Risco de Mercado

É possível obter este valor ( $Ce$ ) recorrendo à Central de Balanços do Banco de Portugal, isto quando os projetos são de organizações portuguesas não cotadas em Bolsa (Lima, Rocha Armada e Fernandes, 2005). Não obstante disso, é possível calcular o valor recorrendo a dois modelos (segundo Crundwell, 2008).

#### Modelo de Gordon

Modelo indicado para empresas cotadas na bolsa, recorrendo à equação 6.

$$Ce = \frac{Div_0(1+g)}{P_0} + g \quad (\text{eq.6})$$

---

<sup>3</sup> Valor percentual que corresponde à quantidade de capital próprio alocado ao projeto, face ao total do investimento.

<sup>4</sup> Valor percentual que corresponde à quantidade de capital alheio (empréstimo) alocado, ao projeto face ao total do investimento.

Onde:

- $Div_0$  – Dividendo no momento de tempo presente ( $t=0$ )
- $g$  – Antecipação do crescimento futuro de dividendos (ou taxa de crescimento dos dividendos)
- $P_0$  – Preço corrente/atual das ações da organização

#### Modelo de Determinação de Preços de Ativos Financeiros

O Modelo de Determinação de Preços de Ativos Financeiros, doravante apenas MPAF, é o modelo que permite avaliar um ativo, com ou sem risco, e o seu ponto de equilíbrio para retorno do capital investido (Crundwell, 2008). Este modelo é o indicado para empresas cotadas na bolsa. Também conhecido internacionalmente por “*CAPM – Capital Asset Pricing Model*”, este modelo pode ser calculado recorrendo à equação 7.

$$C_e = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (\text{eq.7})$$

Onde:

- $R_f$  (*Risk Free Rate*) – Taxa livre de risco
- $R_m$  (*Risk of Market Rate*) – Taxa de risco do mercado
- $\beta$  (*beta*) – Volatilidade; Rácio entre o risco do ativo e o risco de mercado
  - $\beta = 1$ , Risco do ativo é igual ao risco de mercado
  - $\beta > 1$ , Risco do ativo é superior ao risco de mercado
  - $\beta < 1$ , Risco do ativo é inferior ao risco de mercado
- $(R_m - R_f)$  = Prémio de Risco de Mercado (PRM)

#### 2.4.4.3. Custo com capitais alheios

O custo com capitais alheios é a taxa de juro aplicada com base no montante de capital esperado e o risco do projeto. Tem em conta também a taxa de endividamento da empresa. Calcula-se com recurso à equação 8 (Crundwell, 2008).

$$C_d = R_f + PRC \quad (\text{eq.8})$$

Onde:

- $R_f$  (Risk Free Rate) – Taxa livre de risco
- $PRC$  – Prémio de Risco de Crédito

Portugal como membro da União Europeia tem como referência a taxa Euribor. Esta é definida pelo Banco Central Europeu. A fórmula simplificada para cálculo do custo com capitais alheios consiste na taxa Euribor mais a taxa de Spread, como consta na equação 9.

$$Cd = Euribor + Spread \quad (\text{eq.9})$$

Onde:

- $Euribor$  – Taxa de juro interbancária (Empréstimos entre instituições bancárias)
- $Spread$  – Prémio de Risco de Crédito/Empréstimo

#### 2.4.4.4. Taxa de imposto

Taxa de imposto em vigor, no caso de Portugal é a taxa de IRC aplicada que depende do tipo de organização. Para consultar as taxas do imposto de IRC em vigor em Portugal, consultar o anexo V.

À medida que o método do cálculo do WACC é implementado, são assumidos alguns pressupostos simplificadores. É assumido que uma empresa ou um projeto geram CF's com valores constantes ou com taxas de crescimento fixas, ao longo do tempo. Esta afirmação serve para manter o rácio da dívida fixo ou descontar os CF's pelo valor da constante do WACC (Qi & Xie, 2016).

Pela sua simplicidade, o método de determinação do WACC é o mais popular. Utilizado por profissionais das finanças, académicos, promotores de marketing e até mesmo por profissionais da investigação operacional e gestão industrial (Qi & Xie, 2016).

É essencial voltar a referenciar a importância em minimizar o valor do WACC. Uma estrutura de capital otimizada leva a uma maior probabilidade de sucesso do projeto em causa.

Destaca-se a necessidade de avaliar o risco inerente ao projeto, tema que será explorado com mais detalhe no ponto 2.4.9. O custo com dívida/empréstimo é tanto maior quanto maior a exposição do projeto ao risco e incertezas futuras.

#### 2.4.5. A taxa interna de retorno (TIR)

A TIR, permite determinar a taxa de desconto/interesse quando o VAL é igual a zero. Ou seja, a TIR é a taxa que faz com que a soma dos valores presentes dos custos do projeto iguale a soma dos valores presentes dos benefícios do projeto. Naturalmente que a TIR deve ser superior ao custo médio de oportunidade de capital para que o projeto seja viável segundo a avaliação utilizando o VAL.

A equação 10 permite calcular o valor da TIR; obtida igualando VAL = 0.

$$VAL = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF(t)}{(1+TIR)^t} - I \quad (\text{eq.10})$$

Onde:

- $n$  = número de anos na implementação do projeto.
- $t$  = espaço temporal (de frequência anual).
- $I$  = investimento inicial no projeto.
- $TIR$  = taxa interna de retorno (valor decimal compreendido entre 0 e 1 multiplicado por 100%).

Salienta-se o facto de que o VAL e a TIR não têm em conta o risco do projeto, aquando a sua avaliação (Crundwell, 2008).

#### 2.4.6. O planeamento por menor custo

O método de avaliação por menor custo é usado para determinar a forma mais eficiente de atingir os objetivos do projeto ao menor custo possível. Por exemplo, pretende-se instalar um sistema de abastecimento de água potável para uma aldeia remota, sem acesso a água potável. O objetivo do projeto é providenciar um volume fixo de água, para tal é necessário construir uma infraestrutura que contemple a captação de água, bombagem, canalização e armazenamento. Ao calcular todos estes custos, determina-se o capital



necessário, ajustamentos económicos e desconta-se a corrente de custos após a implementação do projeto. São consideradas várias alternativas e vários fornecedores de equipamentos e materiais necessários. A alternativa em que o VAL seja o menor possível é a opção mais eficiente, tendo em conta que os benefícios do projeto são sobretudo sociais e em prol do desenvolvimento de comunidades onde as atividades económicas são apenas locais (Owens, 2002).

#### 2.4.7. O período de retorno simples e descontado

O período de retorno do investimento, mais conhecido como “*Payback Period*” ou apenas PBP, é a medida de atratividade financeira mais simples e básica utilizada para informar os seus promotores de quanto tempo demora até que investimento esteja recuperado. Ou seja, até quando vão ter de esperar para receber na totalidade o investimento realizado, pressupondo que se trata de um projeto com fins lucrativos.

O investimento é tanto mais atrativo quanto menor for o período de retorno do mesmo. Contudo, este critério não informa sobre todas as características de um projeto, especialmente de energias renováveis, onde o período de retorno do investimento é normalmente longo (Owens, 2002).

Fazer a diferenciação entre período de retorno simples e descontado é importante. Por um lado, o período de retorno simples é o tempo necessário para que a soma de CF da poupança anual possa cobrir os custos iniciais do projeto (sem desconto). Este é um indicador de liquidez e de risco.

A equação 11 permite determinar o período de retorno simples, doravante apenas SPB “*Simple Payback*” (Owens, 2002):

$$SPB = \frac{\text{Custos de Capital}}{\text{Poupança Anual}} \quad (\text{eq.11})$$

Onde:

- *Custos de Capital* é dado na unidade monetária adequada ao projeto (e.g €, \$).
- *Poupança Anual* é dada na unidade monetária adequada ao projeto sobre o tempo de poupança, ou seja, um ano (e.g €/ano ou \$/ano).

- *SPB* deverá apresentar o número de anos necessários para recuperação do investimento inicial.

O período de retorno descontado, doravante apenas *DPB* “*Discounted Payback Period*”, é o mesmo período de retorno simples com a exceção da adição do valor temporal do dinheiro ao cálculo. Este pormenor retifica uma das principais críticas apontadas ao *SPB* como critério de decisão de investimento, que não contabiliza o valor temporal do dinheiro nos *CF*'s (entradas e saídas de fluxos de caixa), segundo (Crundwell, 2008).

A equação 12 permite determinar o *DPB* e é a seguinte (segundo Santos, Soares, Mendes, & Ferreira, 2014):

$$DPB = \frac{(\sum_{t=0}^{n-1} I_t / (1+i)^t)}{\left( \frac{\sum_{t=1}^n NR_t}{(1+i)^t} \right)} \quad (\text{eq.12})$$

Onde:

- $I_t$  = *CF* no investimento para o período  $t$ .
- $NR_t$  = receitas líquidas para o período  $t$ .
- $i$  = taxa de desconto.
- $n$  = número de anos.

#### 2.4.8. A análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma ferramenta que quando combinada com outros indicadores, pode facilitar o processo de tomada de decisão em investir num determinado projeto. Diz-se análise de sensibilidade porque o objetivo é testar um conjunto de variáveis chave do projeto, quando os seus valores se alteram, afetando assim os *CF*'s e consequentemente permite verificar quais as consequências dessa alteração ao nível do *VAL* do projeto (Owens, 2002).

A análise de sensibilidade de um projeto deve responder a duas questões fundamentais, que são as seguintes (Gotze, Northcott, & Schuster, 2008):

- **Análise do tipo A** – “Como muda o VAL com a flutuação de um ou vários parâmetros de entrada?”

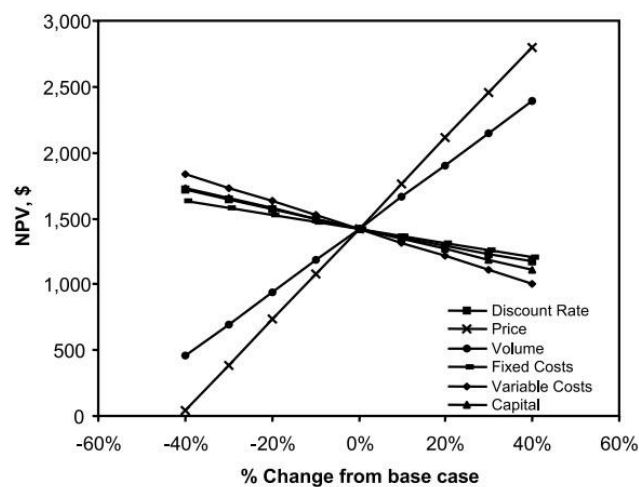
- **Análise do tipo B** – “Quais são os parâmetros de entrada que de forma crítica afetam a viabilidade do projeto?”

Na análise de sensibilidade, as variações dos valores dos parâmetros de entrada podem ser analisadas de duas formas:

- 1) Começar por analisar os dados originais e de forma gradual, incrementar os seus valores.
- 2) Utilizar diferentes valores para os parâmetros de entrada (valor mínimo possível, médio e o valor máximo).

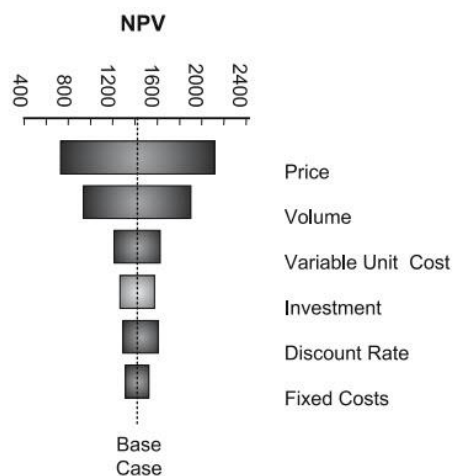
Por forma a analisar essa mesma sensibilidade aos resultados finais e de avaliação do projeto, é preferível apresentar os mesmos em forma gráfica (linhas de tendência).

Existem duas formas gráficas mais usadas na avaliação de projetos de investimento. Uma é a representação gráfica através de linhas de tendência, como se demonstra pela figura 3.



**Figura 3 – Imagem gráfica de uma análise de sensibilidade a um projeto (Crundwell, 2008, p.279)**

Uma forma alternativa para a representação gráfica da sensibilidade é o diagrama do “tornado” e/ou “vulcão”. Nestes diagramas, as variáveis independentes são colocadas de forma classificada para que as variáveis mais importantes estejam destacadas, como se demonstra na figura 4 (Crundwell, 2008).



**Figura 4 – Diagrama de sensibilidade do tipo “Tornado” (Crundwell, 2008, p.280)**

No diagrama apresentado pela figura 4 é possível verificar a ordem de importância relativamente à influência das variáveis independentes no resultado do NPV, ou seja, do VAL (Crundwell, 2008).

#### 2.4.9. A análise de risco e incertezas

O risco associado a projetos de energias renováveis e eficiência energética deve ser analisado, avaliado e ponderado antes da tomada de decisão de investi. Como tal, torna-se essencial anexar à avaliação global do projeto em causa, a análise de risco e incertezas do projeto.

Os investidores e instituições financeiras tendem a ser avessos a riscos que possam levar a flutuações negativas, e não expectáveis, dos CF's do projeto e do seu VAL (United Nations Environment Programme, 2004). Assim sendo, por forma a atrair o financiamento necessário, é fulcral gerir o risco do projeto. É o requisito fundamental que ajuda a minimizar a probabilidade de ocorrência de riscos que contribuam negativamente para a avaliação do projeto e que, de modo geral, têm um impacto financeiro considerável.

Como é feita essa gestão de risco? Através de instrumentos de risco financeiro que ajudam a transferir riscos específicos dos promotores do projeto (investidores privados e outros credores), para seguradores e outros agentes de gestão de risco habituados e capacitados para gerir melhor os riscos inerentes e projetos de ênfase energética (United Nations Environment Programme, 2004).

## 2.4.10. A análise multicritérios

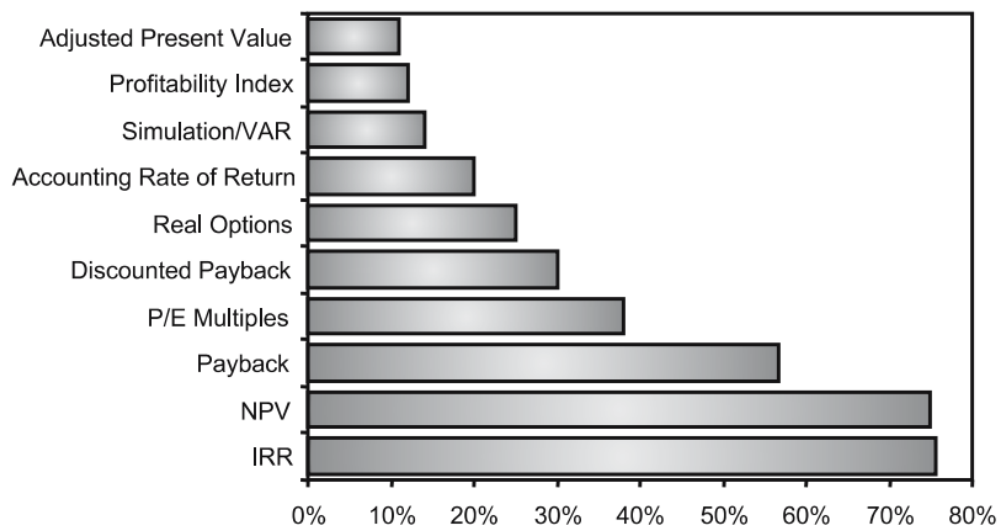
Cada ferramenta de análise é normalmente suficiente para fornecer as informações desejáveis ao decisor, por forma a tomar uma decisão eficiente e correta no ato de investir. Contudo, se se ponderar a realização de uma análise multicritérios, que é a combinação de uma ou mais ferramentas de análise dos dados económicos e financeiros do projeto, esta mesma poderá ser útil na avaliação do desempenho financeiro no futuro do projeto.

Por exemplo, a inclusão de outros critérios a considerar serão a distribuição de benefícios, a facilidade e “velocidade” de implementação do projeto, complementando assim a informação já analisada com a adição de outros critérios que poderão afetar a escolha do projeto a executar (Owens, 2002).

Além de todas as técnicas descritas anteriormente nos vários pontos, existem também um conjunto de técnicas, modelos, e ferramentas de análise económica e financeira, que são usados normalmente por profissionais nas demais áreas da economia.

O gráfico 3 é exemplo disso, com a demonstração dos resultados obtidos num questionário sobre a utilização de vários critérios de avaliação por parte de diretores financeiros, entenda-se CFO's (*Chief Financial Officers*).

**Gráfico 3 – Percentagem de CFO's que usam com mais frequência as seguintes técnicas de avaliação de projetos.**



*Fonte: Resultados obtidos num questionário sobre popularidade dos vários critérios de tomada de decisão (Graham and Harvey, 2001).*

Entre os vários critérios de avaliação estão alguns que são menos utilizados por serem mais complexos na sua execução, dando a título de exemplo (entre muitos outros critérios):

- Opções reais "*Real options*";
- Simulação de Monte Carlo/ Valor em Risco "*Simulation/Value at Risk*";
- Valor presente ajustado "*Adjusted presente value*".

É com base na revisão bibliográfica no ponto 2 que será desenvolvida a metodologia de avaliação de projetos proposta por esta dissertação.

### 3. A eficiência energética e a sua aplicabilidade às indústrias e IPSS

#### 3.1. Introdução à eficiência energética

A definição de eficiência energética é algo complexa. A primeira definição de eficiência energética consistia em representar o total de trabalho desempenhado por atividades humanas (indústria, transportes, serviços, produção de energia elétrica) pelo total de energia usada. Ou seja, uma métrica que divide o trabalho realizado pela energia necessária à sua execução. A equação 13 possibilita o cálculo, em base percentual, da eficiência energética de um determinado processo (Li & Tao, 2017).

$$\text{Eficiência energética (\%)} = \frac{\text{Trabalho útil resultante de um processo}}{\text{Energia consumida pelo processo}} \times 100 \text{ (eq. 13)}$$

No contexto industrial, a eficiência energética representa a qualidade de um sistema de produção nos demais setores industriais. A qualidade no sentido de que, através de indicadores, é possível verificar se o processo de produção de um determinado bem é eficiente ou não ao nível energético, e assim compará-lo com outros processos de fabrico de outras indústrias concorrentes.

A eficiência energética conduz à competitividade. Se uma determinada indústria for mais eficiente ao nível energético, consegue de imediato uma indústria mais competitiva, aumentando a margem de lucro sobre o bem, ou apresentando um custo inferior de produção que possivelmente aumenta as suas vendas.

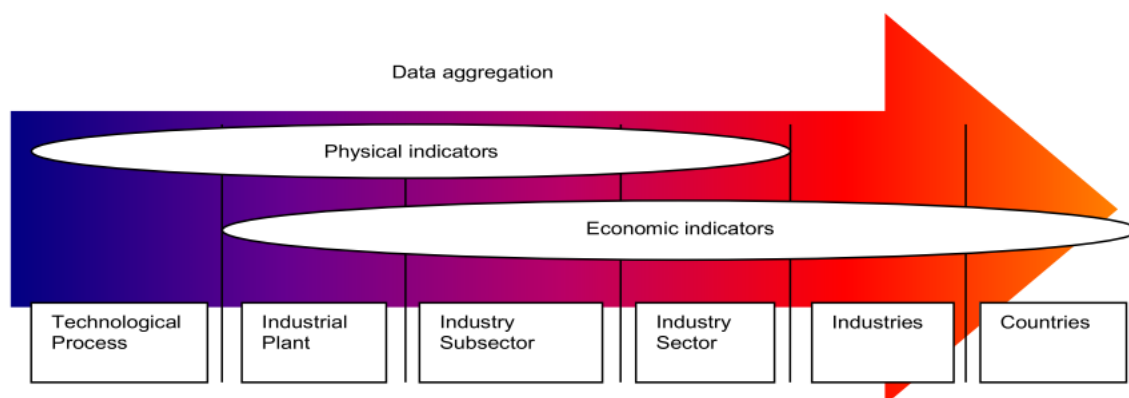
Contudo, a eficiência energética é melhor compreendida através de indicadores. Indicadores estes, de origem física ou económica (Li & Tao, 2017), tais como:

- Valor de mercado
- Peso do produto
- Custo da fonte de energia
- Investimento em capital e trabalho (número de horas)

Estes são alguns dos indicadores que podem ser divididos pela quantidade de energia consumida e dar uma percepção de eficiência tanto do processo como da energia que se consome para a produtividade que se tem (Li & Tao, 2017).

É necessário ter em conta que, pode ser difícil estimar a variação na eficiência energética com o decorrer do tempo, ou seja, existem processos produtivos que não são constantes, logo a variável do tempo deve ser levada em conta na determinação de alguns indicadores de eficiência energética. Os indicadores de eficiência energética, doravante apenas IEE, são necessários para comparar cenários distintos, por exemplo entre países, setores, indústrias ou entre processos produtivos (Siebert et al., 2014).

Por forma a melhor compreender os IEE quando a agregação de dados, a figura 5 demonstra a área de “atuação” dos IEE de origem física e os de origem económica partindo de uma análise focada num processo tecnológico, até à análise e à comparação de IEE entre países.



**Figura 5 – Indicadores de Eficiência Energética de acordo com o nível de agregação de dados (Siebert et al, 2014, p.6)**

Siebert et al. (2014) apresenta uma metodologia para seleção dos IEE, um processo composto por 3 fases distintas, nomeadamente:

1. Uso do conceito “*Balanced Scorecard*”<sup>5</sup>, BSC”, que traduzido para português significa “Indicadores balanceados de desempenho”, onde foram enumerados 97

---

<sup>5</sup> **Balanced Scorecard** – Sistema de gestão e planeamento estratégico que as organizações usam para: Comunicar o que estão a tentar realizar; Alinhar o trabalho diário com a estratégia definida; Priorizar projetos, produtos ou serviços; Medir e monitorizar o progresso em direção ao cumprimento de metas estratégicas (Fonte: <http://www.balancedscorecard.org/BSC-Basics/About-the-Balanced-Scorecard>).



indicadores. Contudo, nem todos os indicadores estão diretamente relacionados com a eficiência energética.

2. Numa segunda fase, são selecionados os indicadores relevantes para o conceito de eficiência energética.
3. Na terceira fase é feita uma entrevista a várias indústrias com o objetivo de reduzir o número de indicadores e selecionar os mais relevantes de todos, nomeadamente para a indústria, que segundo Siebert et al. (2014), são:
  - a. IEE 1 – **Consumo de energia/ Área de fabrico**
  - b. IEE 2 – **Consumo de energia/ Receitas**
  - c. IEE 3 – **Consumo de energia/ Nº de colaboradores**
  - d. IEE 4 – **Consumo de energia/ Capacidade de transformação à entrada**
  - e. IEE 5 – **Penalidade por consumo excessivo de energia reativa**
  - f. IEE 6 – **Consumo de energia/ Produção**
  - g. IEE 7 – **kgCO<sub>2</sub> equivalente/ Produção**

É essencial estabelecer indicadores de eficiência energética. Pois só assim é possível relacionar o termo eficiência energética com métricas físicas e indicadores económicos, estabelecendo entre ambos um elo de ligação.

### 3.2. A aplicabilidade da eficiência energética à indústria portuguesa

Atualmente, a implementação de medidas de eficiência energética na indústria é vista como uma oportunidade de redução do consumo global de energia dos países, sendo um fator de melhoria na competitividade das empresas. A redução no consumo de energia primária permite uma poupança significativa em recursos naturais, assim como contribui para a diminuição da emissão de GEE.

Compete às empresas, sob égide de planos de eficiência energética, adotar as melhores práticas do mercado e aplicá-las racionalmente, promovendo um decréscimo na energia convertida pelas suas atividades e instalações.

A diretiva da Comissão Europeia sobre eficiência energética, 2012/27/EU, é um dos principais diplomas legislativos sobre energia em vigor na UE. Nomeadamente, através do Artigo nº8, que aponta para um aumento substancial de auditorias energéticas no setor da

indústria. No que respeita a grandes indústrias<sup>6</sup>, a execução de auditorias energéticas é obrigatória. As pequenas e médias indústrias são encorajadas a seguir o mesmo percurso, através da implementação de mecanismos de suporte por parte do poder central de cada país da UE (Eichhammer & Rohde, 2016).

Transpondo concretamente para o panorama português, a eficiência energética no setor industrial tem vindo a percorrer um caminho interessante. O consumo de energia primária diminuiu significativamente, algo que está diretamente relacionado com a importação de combustíveis fósseis. Na página 6 do livro “Energia em Portugal 2015” verifica-se que a indústria melhorou ligeiramente a intensidade energética entre o período de 1996 e 2015, abaixo da fasquia dos 160 tep/M€ (tonelada equivalente de petróleo por milhão de euros) (DGEG, 2017).

Dito isto, a balança comercial de Portugal melhorou e as indústrias tornaram-se mais competitivas no mercado global onde hoje competem.

Na página 15 do livro supracitado, verifica-se que em termos percentuais, a indústria em 2006 representava 33% do consumo total de energia final em Portugal. Em 2015, a indústria representava 31% do consumo total de energia final (DGEG, 2017).

A indústria consumiu em 2015, 4.751.502 tep (Portugal Continental), 13.844 tep (Região Autónoma da Madeira) e 39.154 tep (Região Autónoma dos Açores) (DGEG, 2017).

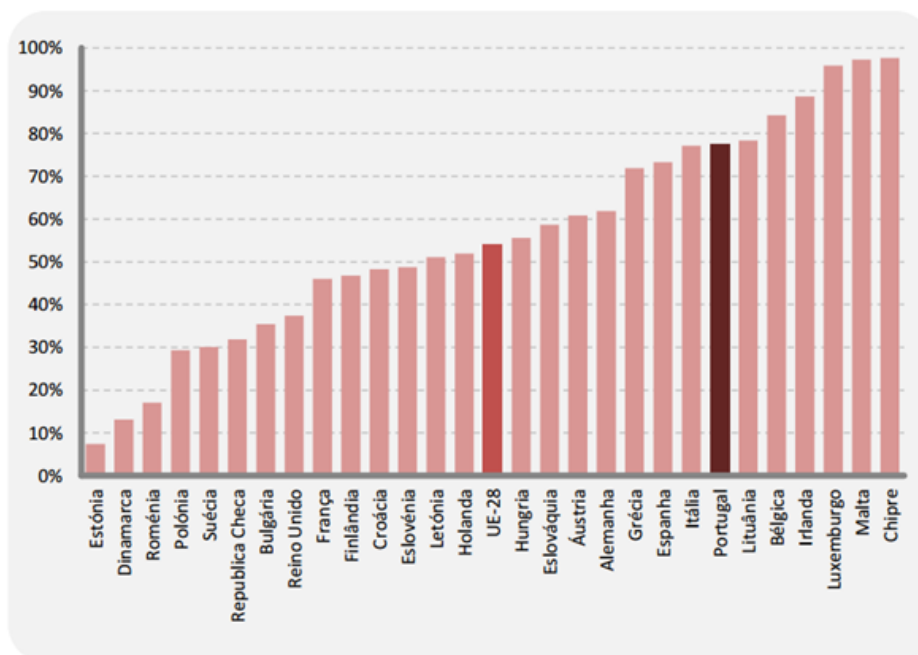
Portugal, estado membro da EU-28, segue as diretivas da Comissão Europeia no sentido de implementar medidas e incentivos que promovam a redução de consumo de energia em todos os setores de atividade, incluindo o setor industrial. A Direção Geral de Energia e Geologia, doravante DGEG, efetua e publica estudos, numa base anual e/ou semestral, sobre o uso de energia em Portugal. Recentemente, a DGEG publicou o livro eletrónico “Energia em Portugal 2015”, que fez um balanço nacional sobre o uso de energia em Portugal. É com base neste livro que são apresentados alguns dados relevantes no uso de energia, nomeadamente por parte da indústria portuguesa.

Quando comparado com os restantes 27 países que constituem a UE, Portugal no ano de 2015 foi o 7º país mais dependente energeticamente do exterior, como mostra o Gráfico 4.

---

<sup>6</sup> Grandes Indústrias são as indústrias com mais de 250 colaboradores, segundo o artigo n.º 8 da diretiva 2012/27/EU.

Gráfico 4 – Dependência energética na UE a 28.



FONTE: Eurostat

Fonte: *Energia em Portugal 2015 (DGEG, 2017, p. 5).*

No entanto, sendo Portugal um país bastante dependente de importações, nomeadamente de combustíveis fósseis, não o torna um dos países da UE com maior intensidade energética na sua economia, dado que ocupava em 2015 a 14ª posição no ranking a 28 países. Este lugar posiciona Portugal a cerca de 11% da média da EU-28, com destaque para o setor da indústria portuguesa, principal responsável pela intensidade energética, cerca de 153 tep/M€, em 2014 (DGEG, 2017).

Segundo o Balanço Provisório de 2015, publicado pela DGEG, as indústrias transformadoras representaram um consumo de energia total de 4.374.615 tep, sendo que as indústrias extrativas representaram um resultado final de 106.461 tep. Mesmo assim, não é a indústria o setor com maior consumo, mas sim o setor dos transportes especialmente no que consta os transportes rodoviários (DGEG, 2016).

Portugal, através da liderança dos sucessivos governos portugueses, procura alcançar as metas propostas assumidas pela Comissão Europeia, de caminhar para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050. Tem também o objetivo de, até 2020 conseguir uma redução efetiva de 20% no consumo de energia através de medidas de eficiência energética e de redução de 20% na emissão de GEE. O PNAEE, Plano Nacional de Ação para a Eficiência

Energética, é essencialmente executado através de medidas regulatórias de vários tipos, incluindo a obrigatoriedade de realização de auditorias energéticas na indústria (PNAEE, 2016).

Com a implementação do PNAEE, e no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, foi criado um mecanismo de ação e incentivo às indústrias em Portugal, na implementação de medidas de eficiência energética e racionalização do consumo de energia, denominado de SGCIE, Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia. Sumariamente, este sistema de gestão de consumos intensivos de energia consiste na supervisão da indústria em matérias de consumo de energia nas suas instalações. O PNAEE 2016-2020 tem o objetivo de até 2020, para o setor da indústria e através do SGCIE, reduzir em 10% a intensidade energética da indústria por via da eficiência energética e de realizar 5.000 acordos de racionalização de energia (PNAEE, 2016).

A figura 6 representa o processo pelo qual as indústrias em Portugal são submetidas ao SGCIE.

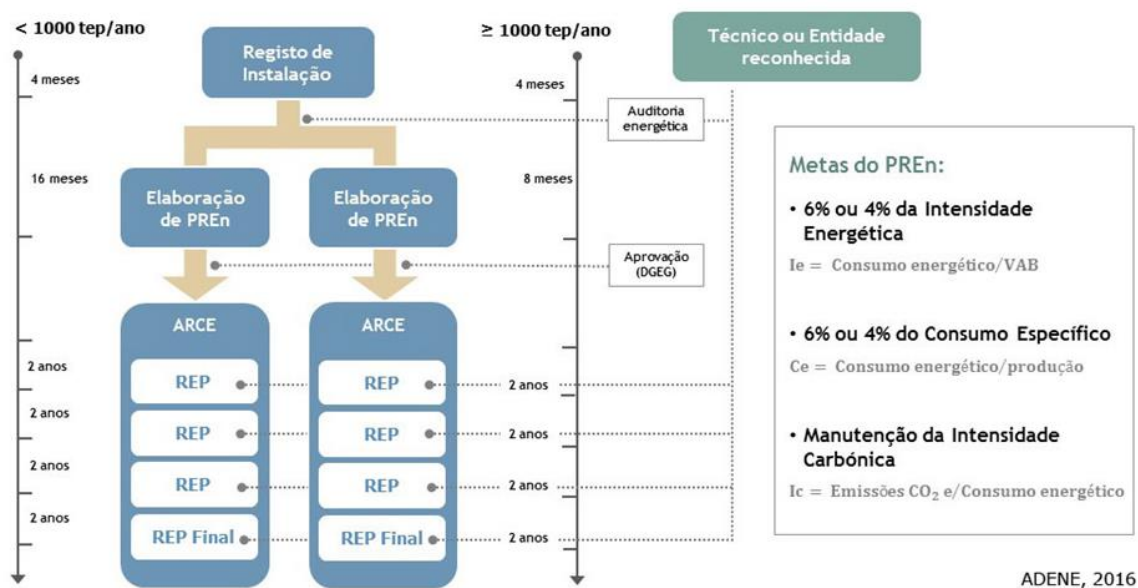


Figura 6 – Demonstração processual do SGCIE

([http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/PublishingImages/enquadramento\\_v2.jpg](http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/PublishingImages/enquadramento_v2.jpg))

Primeiramente, ocorre um registo das instalações da indústria na plataforma eletrónica do SGCIE, sendo este registo feito por um técnico ou entidade reconhecida pela ADENE. Após o registo e aprovação por parte da ADENE, segue-se uma auditoria energética às

instalações da empresa e a elaboração de um PREn (Plano de Racionalização de Energia). É no PREn que estão descritas as várias medidas que deverão promover um melhor uso de energia na empresa em causa, segundo a avaliação do técnico ou entidade competente para o efeito.

Existe a obrigatoriedade de implementar as medidas propostas com um PBP (*PayBack Period*) de menos de 5 anos para instalações que consumam mais de 1000 tep/ano. Para instalações que consumam mais de 500 tep/ano e menos de 1000 tep/ano, as medidas com um PBP inferior a 3 anos devem ser implementadas no período máximo de duração do PREn, 6 anos para instalações com consumo anual superior a 1000 tep/ano e 8 anos para os restantes casos (ADENE, 2017)

O não cumprimento do PREn, leva a uma perda dos incentivos dados sob a salvaguarda do SGCIE, nomeadamente:

- No caso de instalações com consumos inferiores a 1000 tep/ano, existe um ressarcimento de 50% do custo das auditorias energéticas obrigatórias, até ao limite de 750€ e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existentes para o efeito, recuperáveis a partir do relatório de execução e progresso (REP) que verifique a execução de pelo menos 50% das medidas previstas no ARCE (Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia).
- Ressarcimento de 25% dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao limite de 10.000 € e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existentes para o efeito.
- No caso das instalações que consumam apenas gás natural como combustível e/ou energias renováveis, os limites previstos nos números anteriores são majorados em 25% no caso das energias renováveis e 15% no caso do gás natural.
- De acordo com o Código dos Impostos Especiais de Consumo, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 73/2010, de 21 de Junho, artigo 89º, as instalações abrangidas por um ARCE beneficiam ainda de isenções no imposto sobre produtos petrolíferos e energéticos, nos

combustíveis e montantes por portaria acessível através da plataforma eletrónica do SGCI (ADENE, 2017).

Os decisores das indústrias que ainda assim, queiram certificar as suas empresas perante a implementação de sistemas de gestão de energia (SGE), deverão cumprir os requisitos dispostos na norma NP EN ISO 50001:2011. Esta norma especifica as condições em que uma organização gere a energia nas suas instalações de forma eficiente, mas também padroniza o processo de estabelecimento, implementação, manutenção e melhoramento dos SGE (Schneider Electric, 2012).

Indexado a esta norma está intrinsecamente a redução na emissão de gases com efeito de estufa e controlo de custos com a energia. Segundo o fabricante de equipamentos elétricos, a *Schneider Electric*, o estabelecimento da norma supracitada leva as organizações a reduzir significativamente os custos de energia, melhoramento da qualidade e mitigação de riscos. Asseguram também que a implementação desta norma numa organização é perfeitamente compatível com a implementação de outras normas, nomeadamente a NP EN ISO 9001 – Sistemas de gestão da qualidade e da norma NP EN ISO 14001 – Sistemas de gestão ambiental (Schneider Electric, 2012).

A base para o cumprimento da norma NP EN ISO 50001:2011 consiste em quatro palavras:

- **Planear**, consiste em criar um plano com uma linha cronológica em que são revistos os equipamentos consumidores de energia, estabelecidos objetivos (metas de redução de consumo de energia) a atingir, ações a realizar e usar indicadores de performance energética.

- **Fazer**, é nesta fase que se implementa o plano de ação de gestão de energia.

- **Verificar**, consiste em monitorizar e medir os processos e as características chave das operações da indústria. Através da análise de dados, determina-se a performance energética e compara-se com os objetivos estabelecidos. Os resultados são reportados à administração.

- **Agir**, tomar novas ações por forma a melhorar a performance energética e o SGE (Prashar, 2017).

### 3.3. Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria

O cumprimento das medidas de eficiência energética sugeridas pelo auditor de energia é sujeito à disponibilidade financeira da indústria. Existe um conjunto alargado de medidas passíveis de ser aplicadas, contudo, algumas destas medidas envolvem a realização de investimentos avultados.

Como referido anteriormente no ponto 2.4.7, o PBP é um fator económico simples de calcularo retorno do investimento realizado, através da quantificação anual das poupanças em energia (Boharb, Allouhi, Saidur, Kousksou, & Jamil, 2017). Medidas de eficiência energética com PBP inferiores a três anos e baixo investimento associado, são vistas como exequíveis e aplicáveis a curto prazo. Neste âmbito, existem alguns tipos de medidas que se inserem normalmente neste contexto, e que são: Melhoria das redes de ar comprimido, compensação do fator de potência e aplicação de variadores eletrónicos de velocidade (VEV) em motores elétricos de indução.

#### **Redes de ar comprimido**

É na indústria que mais são usados os sistemas de ar comprimido, doravante apenas SAC. Em média, os SAC são responsáveis por consumir 10% do total do consumo de energia efetuado pelas indústrias na UE (Sambandam, Madloul, Saidur, Devaraj, & Rajakarunakaran, 2017).

Em Portugal, segundo a Agência ADENE, o consumo de energia elétrica pelos SAC ronda os 2,8 TWh/ano (ADENE, 2016a). Contemplando o ciclo de vida de um SAC, a parcela mais significativa no que respeita a custos está indexada à operação do sistema, representando em média cerca de 80% a 90% (ADENE, 2016a).

Tipicamente um SAC é constituído por: compressores, tanques de armazenamento de ar comprimido, filtros, sistema de controlo, rede de distribuição e seus acessórios e por fim

os atuadores pneumáticos. A monitorização contínua, dos custos associados à produção de ar comprimido, permite às empresas estimar a ineficiência do seu SAC quando comparado com a ótima utilização de um SAC segundo o seu fabricante. Isto é, interessa monitorizar e registar dados do consumo específico de energia de um SAC, em J/l ou kWh/m<sup>3</sup>, numa base semanal, mensal e anual (ADENE, 2016a). É necessário implementar medidas e comportamentos adequados a uma boa gestão do ativo da empresa, assim como, comprometer uma maior eficiência no uso energético do SAC.

A ADENE através da publicação “**Manual de Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido**” apresenta alguns conselhos destinados aos demais gestores de energia das indústrias. Na operação de um SAC, é importante produzir o volume de ar comprimido necessário com o mínimo de consumo energético, ajustado à maquinaria e automação dependente do fornecimento de ar comprimido. Sugere-se que, os sistemas de gestão das centrais de compressores sejam ajustados de forma a obter uma redistribuição das ramificações operadas a diferentes pressões, desde de que os equipamentos de compressão funcionem dentro dos limites operacionais para os quais foram dimensionados (ADENE, 2016a).

Na utilização de compressores de velocidade variável, é importante regular a banda de regulação quanto à utilização dentro da zona ótima de trabalho, ou seja, ajustar a velocidade angular do rotor do motor elétrico à zona ótima de carga do compressor (ADENE, 2016a). A figura 7 compara o SAC operado pelo controlo da carga-vazio vs velocidade variável.



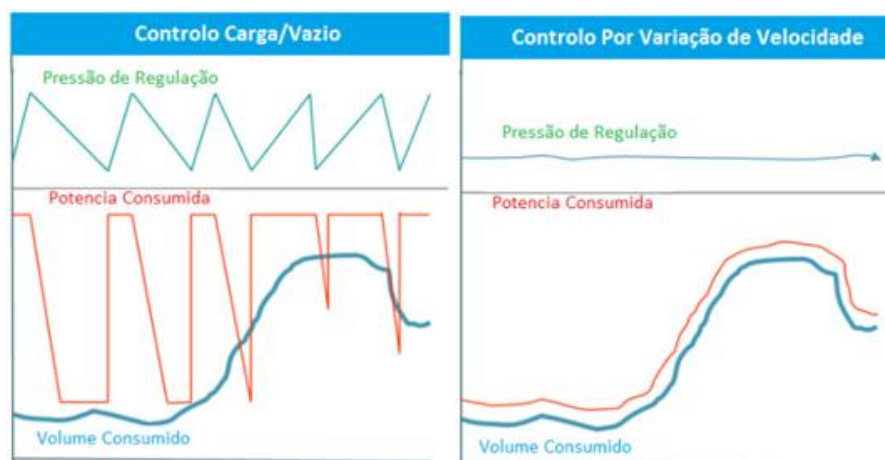


Figura 7 – Controlo carga/vazio vs Controlo por variação de velocidade (ADENE, 2016,p.44)

É notório que, o controlo por variação de velocidade detém um diagrama de carga elétrico mais ajustado ao volume de ar comprimido consumido. O controlo de carga-vazio, tem uma sucessão de arranques do compressor desajustada das necessidades de ar comprimido, resultando em ineficiência operacional e energética.

No dimensionamento de um SAC é necessário ter em conta o *layout* do processo de fabrico da indústria. Uma boa prática é desenhar redes de ar comprimido em forma de malha, ou anel fechado, ou invés dos sistemas dispostos em formato radial ou “em espinha”, esta opção pode levar a uma redução no consumo energético na ordem dos - 3,5%. Ainda na operação de um SAC, é necessário sensibilizar o pessoal técnico para uma correta utilização do ar comprimido.

A manutenção de um sistema deste tipo é fulcral não só para preservação e extensão do período de vida, mas também para um menor consumo energético associado a boas práticas de manutenção. É frequente encontrar-se compressores produzindo ar a uma pressão de 8 bar e com a pressão necessária no ponto de utilização a ser apenas de 6,5 bar. As fugas de ar, são a principal causa de ineficiência num SAC, representando em média 10% a 15% do consumo de ar comprimido num SAC. O surgimento de fugas deve-se à ocorrência de fenómenos de corrosão na tubagem e uniões de tubos. Colocação de pontos de ligação rápida, as mangueiras plásticas e os atuadores pneumáticos são os pontos a analisar na deteção de fugas.

A localização de fugas é atualmente simplificada recorrendo a métodos não intrusivos ao SAC. Mesmo em ambientes ruidosos é possível detetar fugas recorrendo a aparelhos de análise de ultrassons. Outro método, consiste em instalar caudalímetros na instalação e verificar em vazio o caudal de ar que é canalizado pelas fugas (ADENE, 2016a).

A investigação e desenvolvimento deste tipo de sistemas é constante, nomeadamente através de avaliações económicas e métodos numéricos para verificação do desempenho ao longo do tempo do SAC, especialmente os compressores de velocidade variável (Saidur, Rahim, & Hasanuzzaman, 2010). O estudo e solução de problemas de escoamento de fluídos com recurso à computação dinâmica de fluídos (CFD) é aplicado aos SAC, nomeadamente nos acessórios críticos como joelhos e junções do tipo “T” (Sambandam et al., 2017).

### **Correção do fator de potência**

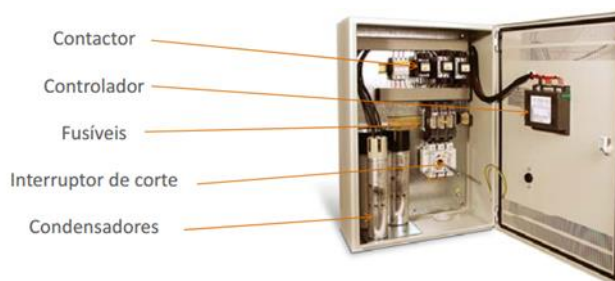
As indústrias têm uma grande preocupação com a segurança de abastecimento de energia elétrica. Como tal, é necessário tomar medidas que assegurem o bom funcionamento das linhas de produção ou do processo industrial, e que seja feita da forma mais eficiente possível. Um dos problemas atuais na indústria é a energia reativa, ou seja, a instalação de equipamentos elétricos não-lineares, isto é, equipamentos em que a onda sinusoidal do tipo alternada de tensão elétrica não coincide com a onda sinusoidal alternada de corrente elétrica, no seu funcionamento. Este desvio é chamado de esfasamento, e deve ser corrigido de forma a tornar o sistema elétrico da indústria mais eficiente (Heger, Sen, & Morroni, 2012).

Num sistema elétrico ideal, o fator de potência (f.p) é igual a um. Ou seja, a potência aparente (S) é igual à potência ativa (P) e a potência reativa (R) é igual a zero. Na realidade tal não acontece, máquinas elétricas como os transformadores e motores elétricos necessitam do fluxo de energia reativa para magnetizar os enrolamentos e provocar o efeito eletromagnético desejado (Heger et al., 2012).

Contudo, a energia reativa é prejudicial ao desempenho do sistema elétrico, aumentando as perdas por efeito de joule (perdas no cobre). A solução reside em instalar

baterias de condensadores, devidamente dimensionadas, tendo em conta o fator de potência da instalação industrial e a potência contratada ao comercializador de energia elétrica.

A figura 8 representa um sistema composto por: Proteções elétricas, aparelhagem de comando e controlo e as baterias de condensadores.



**Figura 8 – Equipamentos necessários para corrigir o fator de potência numa instalação elétrica de BT (<http://www.qenergia.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=229>)**

É recomendável que acompanhado deste tipo de equipamentos seja também instalado um filtro ativo de harmónicos (Heger et al., 2012). O objetivo é compensar o atraso da corrente elétrica em relação à tensão elétrica, na sua forma de onda alternada, com equipamentos capacitivos, ou seja, capazes de armazenar energia elétrica. Estes condensadores fornecem energia reativa às cargas não lineares, evitando que seja fornecida e faturada energia elétrica proveniente das *utilities*<sup>7</sup> de energia (Heger et al., 2012).

O PBP de um sistema deste tipo está intrinsecamente ligado às tarifas praticadas pelo regulador de energia elétrica. Em Portugal é da competência da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, ou simplesmente ERSE. O despacho n.º 7253/2010, de 26 de abril é o instrumento legislativo que rege juridicamente a faturação de energia reativa indutiva e capacitiva. O limiar mínimo para faturação de energia reativa indutiva é de 30% em relação à energia ativa consumida (ERSE, 2010).

---

<sup>7</sup> *Utilities* – Empresas de serviços de energia, segundo o dicionário Infopédia Português (Consultado a 26-07-18).

## Variação eletrónica de velocidade em motores elétricos de indução

Os motores elétricos de indução são responsáveis por consumir 77% da energia elétrica nas indústrias portuguesas (ATMOSPHERE, 2013). São utilizados em aplicações dos seguintes tipos: - Sistemas de ar comprimido, sistemas frigoríficos e de refrigeração, sistemas de bombagem, sistemas de ventilação, acionamentos de força motriz e redes industriais de distribuição de energia elétrica (ATMOSPHERE, 2013).

Visto isto, conclui-se que sempre que possível, deve-se adotar as melhores práticas no uso de energia elétrica para fins motrizes. Nem sempre os motores elétricos de indução estão dimensionados adequadamente para a carga mecânica aplicada ao seu veio. Também por vezes é conveniente variar o número de rotações do rotor para fins específicos, tais como bombas, ventiladores, compressores e correias de distribuição. É nesta aplicação que surgem os variadores eletrónicos de velocidade, ou simplesmente VEV (Saidur, Mekhilef, Ali, Safari, & Mohammed, 2012).

Os VEV(s) são equipamentos que regulam a velocidade rotacional e o binário aplicado ao rotor do motor elétrico de indução. O objetivo é que a operação dos motores seja a mais eficiente possível, permitindo que os motores estejam em operação na sua velocidade ideal para cada condição de carga aplicada ao veio ao longo do tempo (Saidur et al., 2012). A variação do binário é linearmente proporcional ao aumento da velocidade de rotação do mesmo (Gaerke & Hernández, 2014). A adoção desta medida, em muitos casos, consegue que o consumo de energia elétrica pelo motor elétrico seja reduzido entre 30% a 60%. Igualmente importante é a redução direta de emissão de gases com efeito de estufa, consequência de uma redução da intensidade energética pela indústria (Saidur et al., 2012).

Um VEV é composto por três partes principais: conversão de corrente alternada para contínua, regulação do sinal contínuo, conversão de corrente contínua para alternada recorrendo à técnica de PWM (*Pulse Width Modulation*). A figura 9, é um esquema dos componentes eletrónicos de um VEV e respetivas ligações.

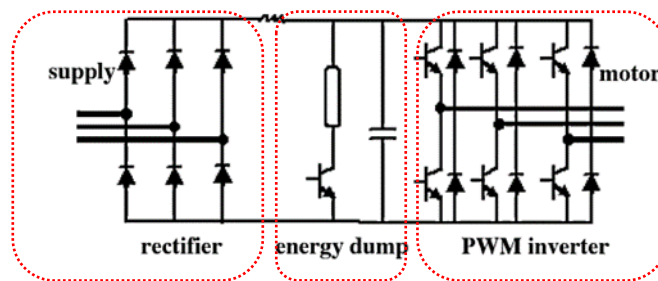


Figura 9 – Esquema dos componentes eletrônicos de um VEV (Saidur et al, 2012,p.546)

Na saída do VEV, temos um sinal de tensão modulado, ou seja, através de repetidos sinais de tensão em forma contínua, pretende-se que conforme o tempo em que esse sinal está ativo se “desenhe” uma forma sinusoidal não pura. A duração desse sinal designa-se por *duty cycle*<sup>8</sup>. A figura 10, é uma representação gráfica medida numa base experimental que reflete essa técnica denominada de PWM.

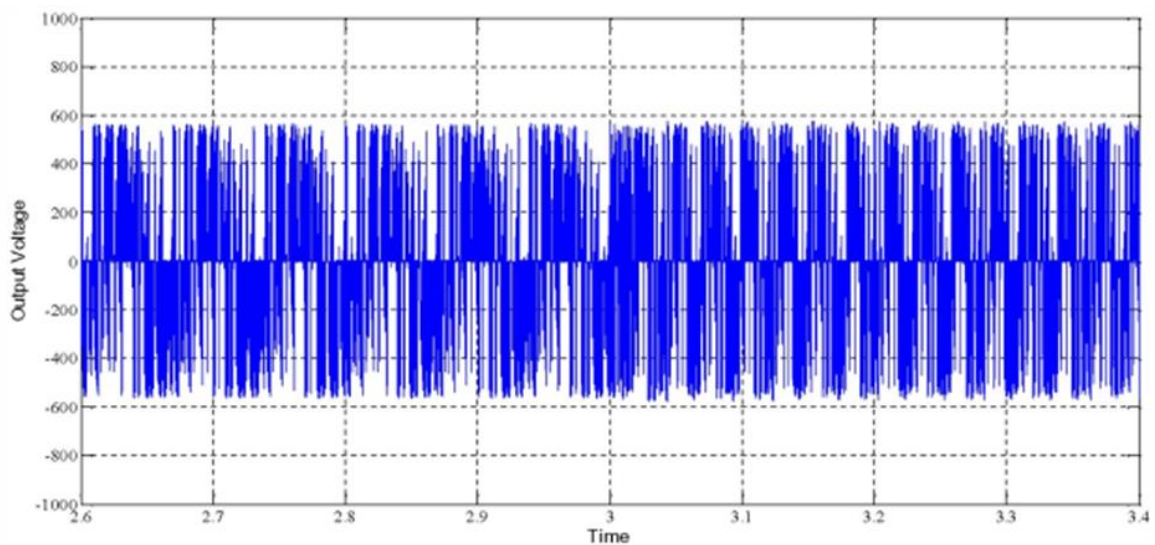


Figura 10 – Variação de velocidade de um motor de indução através de PWM (Srinagar, 2016,p.4)

Verifica-se uma variação de frequência ajustada às necessidades da velocidade do processo industrial ou aplicação motriz (Srinagar, 2016). No que concerne aos custos de instalação de um VEV, os valores podem oscilar entre 3.000\$ (USD) para um motor elétrico com uma potência de 5 cv, até os 45.000\$ (USD) para motores de potência nominal de 300 cv (Saidur et al., 2012). Contudo, o PBP é normalmente bastante rápido, entre alguns meses

<sup>8</sup> Duty cycle – Ciclo de operação de uma máquina ou equipamento que opera de forma intermitente ao invés de operar de forma contínua, segundo o dicionário de Oxford (Consultado a 26-07-18).

a menos de 3 anos até ao retorno total do investimento, não contando com os custos evitados na manutenção do motor e extensão do seu ciclo de vida (Saidur et al., 2012).

### 3.4. A aplicabilidade da eficiência energética nas IPSS

Uma IPSS é uma organização sem fins lucrativos. O seu principal objetivo é responder às carências sociais presentes na sociedade. Ou seja, é uma associação de solidariedade social que desenvolve a sua atividade nos domínios da segurança social, saúde e/ou educação.

Se o seu foco não é o de lucrar com a prestação dos seus serviços, como seria com uma empresa, os recursos financeiros devem ser geridos de forma eficiente, estruturada e responsável. Entre os vários custos fixos de uma IPSS, a componente energética não é desprezável, assumindo por vezes uma parcela bastante considerável do orçamento anual de uma IPSS. Faz, portanto, sentido dotar as instalações da IPSS das melhores tecnologias em eficiência energética e aplicar as melhores práticas na gestão de energia e comportamentos racionais em eficiência energética.

A aplicabilidade da eficiência energética numa IPSS é abrangente. Começando-se por destacar a necessidade de manter o conforto térmico das pessoas que utilizam os seus espaços. Por exemplo, utentes (doentes) nas instalações de cuidados de saúde, crianças e jovens na parte educacional e de proteção ao menor, mas também os idosos que são cuidados em lares de terceira idade. De destacar também o consumo de águas quentes sanitárias (AQS), gás (butano, propano ou natural) usado no condicionamento de alimentos nos fogões, energia elétrica na iluminação, lazer, funcionamento administrativo, entre outras aplicações.

Para financiar projetos de eficiência energética nas IPSS, é necessário adotar algumas boas práticas, nomeadamente:

- A própria instituição deve reter algum capital próprio por forma a alocar este capital a um possível investimento em medidas estruturais de eficiência energética.

- A instituição em causa deve ter uma situação de liquidez financeira saudável, ou seja, que não dê prejuízo.

As formas de financiamento podem ser diversas. O financiamento público é disponibilizado por parte do governo de forma a que as IPSS respondam às necessidades sociais no contexto geral da sociedade. A atribuição de fundos perdidos a IPSS é responsável por muitas vezes ser a “alavanca” de sucesso em projetos de cariz social. A eficiência energética e as energias renováveis não ficam de fora desse contexto.

Encontra-se em implementação a 6ª edição do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC 2017-2018). O plano é uma medida governamental, que tem o objetivo de ajudar a concretização de projetos que promovam boas ações e medidas em eficiência energética. O PPEC 2017-2018 consiste na implementação de 75 medidas que promovam a eficiência e redução do consumo de energia elétrica em organizações de várias tipologias (ERSE, 2017). As medidas de eficiência energética em implementação nas IPSS encontram-se descritas na tabela 2.

**Tabela 2 – Medidas de eficiência energética em implementação pelo PPEC 17/18. (Adaptado de: <http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianocconsumoppec/ppec17-18/Paginas/MedidasIPSS.aspx>)**

<b>Aplicação</b>	<b>Medida</b>	<b>Promotor</b>
Auditorias	Auditorias Energéticas e Formação para a Eficiência Energética em IPSS	EDP Comercial
Divulgação	Ventos de Poupança, Energia + Social	Oeste Sustentável
Gestão de Consumos	Eficiência Energética Solidária	AREAC
	Formação em Poupança de Energia Elétrica em Entidades Públicas e IPSS	AMCB
	PIEE IPSS – Programa Integrado de Eficiência Energética para IPSS	RNAE
Iluminação	LED Social – Iluminar as habitações do Alto Minho com LED’s	AREA
	LIE – LED no Interior dos Edifícios	AMCB





implementadas, nomeadamente destacam-se as que a ADENE cita como as “10 soluções de eficiência energética” (SCE, 2016).

- Isolamento de paredes
- Isolamento de coberturas
- Janelas eficientes
- Proteções solares
- Sistemas de ventilação
- Sistemas solares térmicos
- Recuperadores de calor e salamandras
- Esquentadores e caldeiras
- Ar condicionado doméstico
- Sistemas solares fotovoltaicos

Destaca-se a presença de dois tipos de sistemas de energias renováveis classificados como medidas de eficiência energética. Tal acontece porque efetivamente a instalação de sistemas de conversão de energia nos locais de consumo tornam mais eficientes os edifícios do ponto de vista global.

### **Janelas Eficientes**

As janelas eficientes caracterizam-se pela sua capacidade de isolar termicamente uma divisão, maximizando os ganhos solares provenientes da luz natural. Para serem classificadas como janelas eficientes, surgiu em 2013, a etiquetagem energética aplicada às janelas denominada de SEEP (Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos). Em 2018, a designação SEEP foi atualizada para Classe +, e assim a etiquetagem energética de janelas passou a funcionar num modelo mais dirigido ao consumidor, mais ágil e sustentável (ADENE, 2016b).

A figura 12 é um exemplo de uma etiqueta energética de um modelo de janela eficiente.

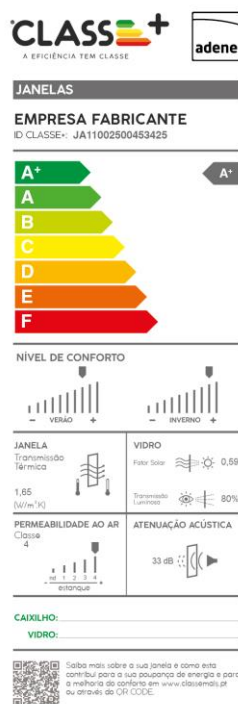


Figura 12 – Exemplo de uma etiqueta energética de uma janela eficiente (<https://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/CLASSE+-Janelas.aspx>)

A etiqueta energética permite dotar o potencial cliente de informação muito pertinente sobre as características construtivas da janela e do seu desempenho energético. A divisão por classes consiste em classificar a janela quanto ao seu desempenho energético, dividindo por classes designadas de “F a A+”, sendo “F, cor vermelho” a que tem pior desempenho e “A+, cor verde” a que tem melhor desempenho energético. Na base desta classificação estão várias características técnicas, todavia destaca-se o coeficiente de transmissão térmica superficial ( $U_w$ ) que é a capacidade de a janela conduzir calor do interior para o exterior da habitação/edifício.

A ADENE e a ANFAJE, com a publicação do “*Guia das janelas eficientes*”, pretendem dar um contributo para que na situação de incerteza quanto à instalação de novas janelas, a opção seja por janelas eficientes. No guia das janelas eficientes, podemos verificar quais são os principais benefícios e vantagens de instalar janelas eficientes.

Benefícios:

1. Redução do valor da fatura energética
2. Melhoria do conforto térmico
3. Melhoria do conforto acústico

Vantagens:

1. Facilidade de instalação
2. Maior segurança
3. Valorização do imóvel

Da mesma forma, enunciam um conjunto de recomendações que ao serem seguidas, tornar-se-ão num processo eficiente de procura no mercado. As recomendações passam por (ADENE, 2016b):

1. Consultar a lista de empresas e profissionais aderentes ao SEEP no endereço [www.seep.pt](http://www.seep.pt).
2. Pedir no mínimo 3 orçamentos para comparação, pois valores muito díspares nas propostas anunciam incongruências que convém questionar.
3. Solicitar informação sobre o indicativo de conformidade com as normas europeias “CE” das janelas, pois é um requisito obrigatório.
4. Solicitar a classe energética da janela proposta de acordo com as regras do SEEP e avaliar as poupanças na fatura energética.
5. No final da obra, o cliente deverá receber a documentação obrigatória sobre a marcação CE das janelas instaladas, bem como a etiqueta energética da janela e confirmar se está afixada no caixilho da janela.
6. Inspeccionar os vedantes das janelas para verificar se estão corretamente vedados.
7. Após a instalação, o período de garantia deve abranger pelo menos 5 anos consecutivos.

## **Iluminação artificial eficiente - LED**

A iluminação artificial é um dos usos que se pode dar à energia elétrica. No entanto, o uso eficiente de energia na conversão em luz e a sua propagação adequada ao local nem sempre é a melhor. Correntemente, a tecnologia do tipo LED tem vindo a conquistar espaço de mercado por várias razões. Entre as quais, está a eficiência na conversão de corrente elétrica em luz no espectro visível, sem a emissão de radiações eletromagnéticas no espectro dos infravermelhos ou dos ultravioletas. O LED é um díodo emissor de luz, composto por duas camadas de semicondutores com propriedades dielétricas diferentes, mas interligadas entre si nos seus polos (Ribeiro de Sá, 2016).

O processo de conversão não é perfeito, durante a emissão de luz por parte do LED a passagem de eletrões num material semicondutor provoca perdas de energia por efeito de joule (dissipação de calor). Não obstante, é também parte integrante dos sistemas de iluminação LED as luminárias, refletores, *drivers*<sup>9</sup> e *dimmers*<sup>10</sup>, elementos essenciais para otimizar a projeção de luz.

## **Recuperadores de calor e caldeiras a *pellets***

Ter conforto térmico é essencial nas instalações de uma IPSS. As pessoas que utilizam as instalações são por vezes bastante vulneráveis às oscilações de temperatura ambiente, assim como, às correntes de ar e à humidade relativa. Como tal, recorre-se a equipamentos de emissão de calor por via radiante ou convectiva para regularizar a temperatura de conforto em uma ou mais divisões do edifício.

Com recurso à biomassa de origem florestal, as caldeiras a *pellets* são uma solução a ponderar, isto porque:

- O custo na aquisição é competitivo face a outras tecnologias de conforto térmico.
- O combustível é renovável e classificado como neutro na emissão de GEE.

---

<sup>9</sup> *Driver* – Equipamento de conversão de correntes alternada em corrente contínua, aplicado nos circuitos de iluminação do tipo LED.

<sup>10</sup> *Dimmer* – Reguladores de fluxo luminoso.

- O preço e qualidade do combustível tem vindo a ser mais competitivo.
- O equipamento ocupa pouco espaço (1 – 2 m<sup>2</sup>), em geral.

A figura 13 é um exemplo de uma caldeira a *pellets*.



**Figura 13 – Instalação sistema aquecimento central com caldeira de *pellets***  
(<http://www.fundicalor.com/biobronpi1.htm>)

Como é possível visualizar na figura 13, é necessário reter um stock mínimo de sacos com *pellets* para abastecimento do reservatório, neste caso da caldeira de *pellets*. Se compararmos as características do combustível de *pellets* com o gasóleo de aquecimento é possível, com alguns cálculos, chegar à conclusão de que o gasóleo de aquecimento é mais caro e poluidor do que os *pellets*, tal como está evidenciado na tabela 3.

**Tabela 3 – Comparação entre combustíveis para aquecimento (adaptado de: Tarelho, 2017)**

	<i>Pellets</i>	Gasóleo de aquecimento
PCI (MJ/kg)	17,5	43
Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	650	875
Preço (€/kg) e (€/l)	0,25	0,95

Os recuperadores de calor são equipamentos que reaproveitam o calor dissipado pela tubagem dos gases de escape, no aquecimento de divisões de um edifício de habitação permanente (Bukowska, Nowak, Proszak-Miąsik, & Rabczak, 2017). Os recuperadores de calor são equipamentos instalados de forma a servir mais do que uma divisão, contudo tipicamente não são utilizados para outros fins além da emissão de calor para o ar.



## 4. As energias renováveis e a sua aplicabilidade à indústria e IPSS

### 4.1. Introdução às energias renováveis

As energias renováveis são fontes de energia primária, presentes livremente na natureza, passíveis de serem aproveitadas para servir as atividades do ser humano. Disto isto é necessário distinguir entre energias renováveis e energias não renováveis.

Energias renováveis são aquelas que são teoricamente inesgotáveis, tais como:

- Energia geotérmica;
- Energias das ondas, correntes e das marés;
- Energia solar;
- Energia eólica;
- Energia hídrica;
- Bioenergia (biomassa, biocombustíveis e biogás).

Energias não renováveis são aquelas que têm um período de renovação muito lento, na escala dos milhões de anos para serem renovadas. O ser humano considera estes recursos como finitos.

- Energia nuclear com recurso a materiais radioativos;
- Petróleo bruto;
- Carvão de origem fóssil;
- Gás natural.

O aproveitamento de energias renováveis é hoje visto como a melhor solução para resolver a procura incessante de energia a nível global, como afirmado no ponto 1 – Introdução. Nenhuma tecnologia de conversão de energia é isenta de gerar um impacto ambiental, todavia, as fontes de energias renováveis destacam-se pelo facto de que na sua operação, não emitirem GEE, tais como a energia eólica ou a energia solar. Nas energias renováveis que estão inerentemente associadas à emissão de GEE, como por exemplo a queima de biomassa florestal ou de biogás, a emissão de GEE é compensada pela absorção de carbono presente na atmosfera, pois através da fotossíntese das plantas o ciclo do carbono é fechado.

## 4.2. Investimento em energias renováveis

A tomada de decisão perante um potencial investimento é de grande importância para todas as empresas (Gotze et al., 2008). Os investimentos requerem em norma a alocação de um montante de recursos económicos consideráveis para as empresas. Como tal, a expectativa dos investidores é de obter um retorno de forma segura, estável e rentável ao longo do tempo.

Os investimentos em sistemas de aproveitamento de energias renováveis não são exceção. Mesmo que o recurso seja considerado infinito ou em grande abundância, existem um conjunto de riscos que, quando não são devidamente avaliados e ponderados, podem levar a perdas significativas no retorno financeiro esperado. Mobilizar o “capital privado” para investir em tecnologias de energias renováveis é um desafio ainda hoje presenciado (Masini & Menichetti, 2013). Os investidores são relutantes à aposta de recursos económicos em tecnologias de energias renováveis ainda em estado embrionário ou sem provas dadas de fiabilidade como investimento.

Face a estas e outras barreiras na adoção de novas tecnologias no aproveitamento de energias renováveis, é necessário criar um conjunto de mecanismos que incentivem o investimento neste tipo de sistemas. Em vários países da UE, incluindo Portugal foram criados mecanismos de apoio à difusão das energias renováveis. A escolha dos mecanismos de apoio é feita pelos governos dos países (Boomsma, Meade, & Fleten, 2012).

Três dos principais mecanismos de suporte à implementação de sistemas de energias renováveis são os seguintes, segundo (Abolhosseini & Heshmati, 2014):

- **Tarifas bonificadas** “*Feed-in tariffs*”;

Mecanismo que amplia a tarifa remuneratória paga ao promotor do sistema de energias renováveis (e.g. parque eólico). Este complemento adicional é financiado pelo governo.

- **Incentivos fiscais** “*Tax incentives*”;



Incentivo fiscal determinado pela autoridade tributária face à tecnologia, escala e produção do sistema de energias renováveis.

- **Certificados verdes negociáveis** “*Tradable green certificates*”.

Este mecanismo obriga as empresas operadoras de sistemas de produção de energia elétrica a garantir que uma parte da energia elétrica produzida provém de fontes de energias renováveis. Por cada unidade de energia elétrica produzida com fontes renováveis (e.g. 1 MWh), a empresa recebe um certificado verde que pode ser negociado no mercado do carbono de acordo com (Abolhosseini & Heshmati, 2014). O termo aplicado ao mecanismo “certificado verde” é mais usual na UE (Boomsma et al., 2012). O principal objetivo é incentivar os investidores, através de mecanismos de suporte financeiro, a investir nas energias renováveis face a outros investimentos em energias convencionais, onde são usualmente aplicadas taxas sobre a emissão de GEE das suas centrais (e.g. Central elétrica de carvão fóssil). Contudo, estes mecanismos são em regra provisórios, logo são alvo de alterações por parte dos governos com base na descida de custos no desenvolvimento de determinada tecnologia e na sua “maturidade” como sistema energético sustentável no mercado.

Os projetos de investimento em energias renováveis são em norma de longa duração. A incerteza quanto ao futuro condiciona a viabilidade económica que está diretamente ligada à evolução dos CF’s ao longo do tempo. Os custos de produção e o preço a que é comercializada a energia elétrica são os principais fatores no ciclo de vida do projeto de energias renováveis. Fatores regulatórios como subsídios são também determinantes para o investidor (Monjas-Barroso & Balibrea-Iniesta, 2013).

A maturidade das tecnologias de aproveitamento de energias renováveis sobretudo das centrais eólicas “onshore” e centrais de energia solar fotovoltaicas têm permitido que cada vez mais a nível global haja um interesse em investir nestas tecnologias, como já foi referenciado no ponto 1 – Introdução, segundo informação da IEA. Portugal tem sido um país que dispõe de um panorama regulatório estável, nomeadamente com a criação do regime PRE (Produção em Regime Especial) que dá prioridade ao abastecimento de energia elétrica na rede elétrica nacional por parte de fontes de energias renováveis.

### 4.3. A indústria e as energias renováveis

Mais de 90% das indústrias em Portugal são PME (Pequenas e Médias Empresas). Todavia, a sensibilização das PME no que concerne a boas práticas na gestão de energia e eficiência energética é ainda baixa (Henriques & Catarino, 2016).

As energias renováveis podem dar uma importante contribuição para colmatar as necessidades energéticas das indústrias. Localmente, podem ser instalados sistemas de energias renováveis que contribuem para reduzir os custos fixos associados ao consumo de energia, ou até mesmo serem implementados no processo produtivo.

A integração de sistemas de energias renováveis pode ser feita das seguintes formas:

- Implementação de sistemas solares fotovoltaicos nas coberturas das naves industriais.
- Instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de AQS (Água Quente Sanitária) ou termo fluídos para o processo produtivo.
- Cogeração com recurso a biomassa, uso de energia térmica no processo produtivo.
- Sistemas de aproveitamento de energia eólica em locais com recurso eólico.

Alguns exemplos concretos de aplicação de sistemas de energias renováveis na indústria são os seguintes:



**Figura 14 – Sistema fotovoltaico implementado numa indústria**  
(<http://www.sunenergy.pt/autoc consumo-upac/#59>)

- a) A aplicação de sistemas solares fotovoltaicos na indústria está em franca expansão em Portugal. A título de exemplo, a empresa *Sunenergy* executa projetos de

sistemas solares fotovoltaicos aplicados às necessidades da indústria, como se pode verificar na figura 15.



**Figura 15 - El NASR Pharmaceutical Chemicals, Egypt. Installed capacity: 1.33 MWth. (From Fichtner Solar GmbH, 2005 Germany. With permission.) ([http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2005-03/images/01\\_4.jpg](http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2005-03/images/01_4.jpg))**

- b) A integração de sistemas solares térmicos em processos industriais é desafiante para o engenheiro de processo assim como para o projetista da instalação solar térmica (Kreith & Goswami, 2007). O potencial da energia solar térmica de baixa entalpia está entre 3% e 4% para as necessidades de calor consumidas pelas indústrias de países como Itália, Espanha, Áustria e Portugal, segundo um estudo realizado pela Comissão Europeia em 2001 (Kreith & Goswami, 2007). Mais informação sobre setores industriais e processos produtivos passíveis de usar energia solar térmica, consultar o anexo I.



**Figura 16 – Complexo industrial de Cacia, The Navigator Company (<http://engenharia-quimica.blogspot.pt/2017/09/sobre-nova-linha-de-producao-de-papel.html>)**

- c) A integração de sistemas de cogeração na indústria é já uma realidade em vários países, incluindo Portugal. A figura 16 mostra o complexo industrial de Cacia, em

Aveiro, onde o grupo *The Navigator Company* produz pasta e papel com recurso a biomassa florestal. Parte dessa biomassa é aproveitada para gerar calor e energia elétrica simultaneamente.

#### 4.4. As IPSS e as energias renováveis

A implementação de sistemas de energias renováveis em IPSS é cada vez mais comum em Portugal. Isto porque, face a um conjunto de apoios financeiros que existem dos programas operacionais com financiamento comunitário, é de facto mais acessível pensar em instalar sistemas de energias renováveis em locais de consumo contínuo ao longo do ano, nomeadamente as IPSS com base nos serviços que oferecem à sociedade. Um dos aspetos mais importantes nas instalações das IPSS é o fornecimento de AQS.



**Figura 17 – Sistema solar termodinâmico instalado numa IPSS (<http://www.energie.pt/en/all-news/item/420-sanitary-hot-water-ipss>)**

A título de exemplo, temos o sistema solar do tipo termodinâmico instalado pela empresa *Energie* – Energia solar termodinâmica, Lda. Neste caso a IPSS em causa já detinha de um sistema solar térmico, mas complementando com este novo sistema, as suas necessidades de AQS serão asseguradas de forma mais sustentável. A integração de sistemas solares fotovoltaicos em conjunto com bombas de calor revela ser também uma boa solução para aquecimento de AQS.

Como já foi referenciado, a instalação de caldeiras a biomassa (*pellets*), é também uma opção bastante válida para a AQS.

## 5. Estudo de caso “Avaliação de investimentos em medidas de eficiência energética numa indústria em Portugal”

Os investimentos em medidas de eficiência energética apresentados seguidamente são fruto do decorrer de um estágio curricular nas instalações da *Granorte* – Revestimentos de cortiça, Lda. O objetivo do estágio, com a duração de seis meses, consistiu na deteção de oportunidades de melhoria em matéria de eficiência energética. Dos três investimentos apresentados, dois foram implementados e um está em vias de implementação.

As medidas estruturais em eficiência energética são as descritas na tabela 4.

**Tabela 4 – Descrição sumária das medidas de eficiência energética.**

<b>Projeto A</b>  Projeto luminotécnico – Iluminação LED nos armazéns nº6 – nº12.	O objetivo deste projeto consistiu em avaliar os espaços dos armazéns nº6 – nº12, no que consta às condições de presença de luz (natural e artificial).  Foi proposta a substituição das luminárias existentes (Lâmpadas de iodetos metálicos) por luminárias do tipo LED.
<b>Projeto B</b>  Renovação do banco de condensadores	Esta medida foi realizada com ato de manutenção ao posto de transformação e ao quadro geral de baixa tensão. Um banco de condensadores em fim-de-vida foi substituído. O objetivo é amenizar os efeitos da energia reativa na fatura de energia elétrica da empresa.
<b>Projeto C</b>  Instalação de motores elétricos de alto rendimento e VEV.	Esta medida de eficiência energética veio atualizar os sistemas de ventilação da <i>Granorte</i> . A renovação de motores elétricos menos eficientes por motores elétricos mais eficientes é fundamental para economizar energia elétrica e recursos económicos. A instalação de VEV em conjunto com os motores elétricos vem otimizar a ventilação consoante as necessidades do processo produtivo.

Fonte: Elaboração própria

### 5.1. Projeto luminotécnico – Iluminação LED nos armazéns nº6 – nº12.

Foi feito um projeto luminotécnico recorrendo ao *software (freeware) DIALux 4.13*, que tem como objetivo simular a solução ideal de iluminação para os vários armazéns da *Granorte*. O conjunto de armazéns foi dividido por espaços físicos únicos por forma a simplificar todo o projeto, assim sendo:

- Armazéns nº 6, 7 e 8 (Linha de perfiladora, arrecadação e zona de expedição).
- Armazéns nº 9, 10 e 11 (Armazenamento de stock acabado de material).
- Armazém nº 12 (Armazém de blocos e rolos de cortiça, vernizes e tintas).

Foram testados dois tipos de luminárias LED, nos armazéns nº 6, 7 e 8:

- Philips Coreline BY121P G3 LED205S 840 PSU WB (150W)
- Aslo LED UFO 100W 5000K IP 65

A distribuição das luminárias pelos armazéns está representada na tabela 5.

**Tabela 5 – Distribuição inicial das luminárias nos armazéns.**

	<b>Luminária lodetos metálicos 400W - E40</b>	<b>Luminária lodetos metálicos 250W - E40</b>	<b>Luminária BY121P G3 LED205S/840 150W</b>	<b>Luminária ASLO LED UFO 100W 5000K</b>
<i>Armazém nº6</i>	7	-	1	1
<i>Armazém nº7</i>	7	-	-	1
<i>Armazém nº8</i>	7	-	-	-
<i>Armazém nº9</i>	-	6	-	-
<i>Armazém nº10</i>	-	9	-	-
<i>Armazém nº11</i>	-	7	-	-
<i>Armazém nº12</i>	12	-	-	-
<b>TOTAL:</b>	<b>33</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Fonte: Elaboração própria.

A potência instalada em iluminação artificial é no total de 20,7 kW. A energia elétrica consumida é significativa, isto porque a iluminação natural é algo escassa, somente presente através de algumas janelas e claraboias de pequena dimensão. Já a energia elétrica consumida por dia nos circuitos de iluminação, está representada na tabela 6.

**Tabela 6 – Consumo diário de energia elétrica por via da iluminação artificial.**

	<b>Luminária lodetos metálicos 400W - E40 (429W)</b>	<b>Luminária lodetos metálicos 250W - E40 (279W)</b>	<b>Luminária BY121P G3 LED205S/84 0 150W</b>	<b>Luminária ASLO LED UFO 100W 5000K</b>	<b>TOTAL (kWh)</b>
<i>Armazém nº6</i>	36	-	1,9	-	37,9
<i>Armazém nº7</i>	36	-	-	1,2	37,2
<i>Armazém nº8</i>	36	-	-	1,2	37,2
<i>Armazém nº9</i>	-	6,7	-	-	6,7
<i>Armazém nº10</i>	-	10	-	-	10
<i>Armazém nº11</i>	-	7,8	-	-	7,8
<i>Armazém nº12</i>	20,7	-	-	-	20,7
<b>TOTAL (kWh):</b>	<b>128,7</b>	<b>24,5</b>	<b>1,9</b>	<b>2,4</b>	<b>157,5</b>

Fonte: Elaboração própria.

Por dia é consumida em média 157,5 kWh de energia elétrica. Considerou-se o facto de que o setor dos armazéns trabalha das 08:00 às 17:00 com a adição de um segundo turno em alguns períodos do ano. Tendo como referência o ano de 2017, onde ocorreram 256 dias úteis, no total estima-se que tenha sido consumida 40.323,1 kWh de energia elétrica.

Disto isto, o âmbito deste projeto é de por um lado economizar energia elétrica com a adoção de tecnologia LED, mas por outro lado o de corrigir situações de pouca luminosidade, especialmente em locais de trabalho e locais de passagem. Como referência, recorreu-se a um relatório sobre condições de trabalho, realizado por uma empresa auditora de HSST (Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho). Consultou-se as tabelas e respetivos valores de referência de iluminância<sup>11</sup> nas normas ISO/CIE 8995-1 e EN 12464-1 (Anexo II).

Para zonas de passagem é recomendado ter uma iluminância de 100 lx. Já para zonas de trabalho sem necessidade de grande acuidade visual é recomendado ter uma iluminância de 200 lx. Com recurso à ferramenta DIALux 4.13, desenhou-se os armazéns e iniciou-se o procedimento de cálculo e ajuste da distribuição de pontos de luz artificial pela área de trabalho. Assim sendo, obtiveram-se os seguintes resultados apresentados na tabela 7.

**Tabela 7 – Distribuição final de luminárias LED nos armazéns nº6 – nº12.**

	<b>Luminária lodetos metálicos 400W - E40</b>	<b>Luminária lodetos metálicos 250W - E40</b>	<b>Luminária BY121P G3 LED205S/840 150W</b>	<b>Luminária ASLO LED UFO 100W 5000K</b>
<i>Armazém nº6</i>	-	-	1	6
<i>Armazém nº7</i>	-	-	-	13
<i>Armazém nº8</i>	-	-	-	11
<i>Armazém nº9</i>	-	-	-	8
<i>Armazém nº10</i>	-	-	-	9
<i>Armazém nº11</i>	-	-	-	8
<i>Armazém nº12</i>	-	-	-	13
<b>TOTAL:</b>	-	-	<b>1</b>	<b>68</b>

<sup>11</sup> *Iluminância* – é a quantidade de luz, ou fluxo luminoso, que incide sobre um ponto da superfície e a área dessa superfície. É designado pela letra E, a sua unidade é o lux (lx).



Fonte: Elaboração própria.

A solução proposta contempla a instalação de 66 luminárias LED com uma potência útil de 100W. Salienta-se que a proposta apresentada tem em consideração algumas contrapartidas, nomeadamente:

- Instalação das luminárias será feita pelo departamento de manutenção da empresa.
- Evitar qualquer custo desnecessário, nomeadamente a deslocação de caixas de derivação (pontos de ligação).
- O projeto deve minimizar o constrangimento de paragem de produção ou de atividade logística.

A distribuição dos pontos de luz pode ser consultada no anexo III – Distribuição de pontos de luz com tecnologia LED.

Como resultado, espera-se um acentuado decréscimo no consumo de energia elétrica por parte da iluminação. A tabela 8 representa o consumo energético após a instalação das luminárias do tipo LED.

**Tabela 8 – Consumo de energia elétrica com recurso apenas tecnologia LED.**

	<b>Luminária BY121P G3 LED205S/840 150W</b>	<b>Luminária ASLO LED UFO 100W 5000K</b>	<b>TOTAL (kWh):</b>
<i>Armazém nº6</i>	1,9	7,2	9,1
<i>Armazém nº7</i>	-	15,6	15,6
<i>Armazém nº8</i>	-	13,2	13,2
<i>Armazém nº9</i>	-	3,2	3,2
<i>Armazém nº10</i>	-	3,6	3,6
<i>Armazém nº11</i>	-	3,2	3,2
<i>Armazém nº12</i>	-	5,2	5,2
<b>TOTAL (kWh):</b>	<b>1,9</b>	<b>51,2</b>	<b>53,1</b>

Fonte: Elaboração própria.

Em suma, tendo como referência o ano de 2017, a poupança energética obtida é estimada e apresentada na tabela 9.

**Tabela 9 – Poupança energética obtida com a implementação da medida estrutural de eficiência energética.**

<b>Dias úteis:</b>	256 dias
<b>Consumo de energia no cenário atual:</b>	40.323,1 kWh
<b>Consumo de energia no cenário proposto:</b>	13.583,4 kWh
<b>Diferença:</b>	26.739,7 kWh
<b>CO<sub>2</sub> evitado:</b>	12.567,7 kg CO <sub>2</sub> eq. <sup>12</sup>

Fonte: Elaboração própria.

A poupança energética, ou o consumo de energia elétrica evitado é como se pode verificar bastante significativo. Com isto, estima-se que a nível ambiental seja possível evitar a emissão de aproximadamente 12,6 toneladas de GEE.

Nos projetos de eficiência energética, os custos evitados são “Free Cash Flows – FCF”, ou seja, são fluxos de tesouraria livres que permitem “autofinanciar” o projeto. É a oportunidade de não despendar de recursos financeiros, que outrora seriam “outflows” (saída de dinheiro) da empresa. Com isto, foram efetuados alguns cálculos com o objetivo de determinar o *simple payback* (SPB) do projeto.

Foi pedido um orçamento ao fornecedor de luminárias LED e obteve-se o seguinte resultado, apresentado na tabela 10.

---

<sup>12</sup> Cálculo de determinação do CO<sub>2</sub> equivalente não emitido através da informação contida no Despacho n.º 17313/2008. Para efeitos da contabilização da intensidade carbónica por emissão de gases com efeito de estufa, considera -se que o fator de emissão associado ao consumo de eletricidade é igual a 0,47 kgCO<sub>2</sub>e/kWh.

**Tabela 10 – Orçamento para compra das luminárias industriais do tipo LED.**

Refª	Designação	Qtd.	Unidade.	Preço	Desconto
ASLILUF010050	Luminária Industrial led UFO 100W	66	Unid.	225,00 €	50%
Eco valor	Valor	IVA			
0 €	112,50 €	23%			

TOTAL ÍLIQUIDO: 14.850,00 €

DESCONTO COMERCIAL: 7.425 €

BASE DE INCIDÊNCIA IVA: 7.425 €

TOTAL DE IVA: 1.707,75 €

**TOTAL EUR: 9.132,75 €**

O investimento totaliza 9.132,75 €. O retorno do investimento advém da poupança energética calculada. Para a quantificação desse retorno, foram calculados os custos evitados com base nos termos tarifários de comercialização de energia elétrica e acesso às redes para o ano de 2018.

Tendo em conta múltiplos fatores, como o horário de trabalho, período tarifário de verão e inverno, períodos diários de consumo de energia (Ponta, Cheia, Vazio Normal e Supervazio), o preço ponderado por unidade de energia (kWh) foi de **0,1248 €/kWh**. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Cálculo do consumo anual por período sazonal.

	Média nº horas/dia	Dias úteis - Inverno	Dias úteis - Verão	Consumo atual de energia (kWh) por dia	Consumo proposto de energia (kWh) por dia	Diferença (kWh) poupados	Consumo anual no período de Inverno (kWh)	Consumo anual no período de Verão (kWh)	Estimativa do consumo anual Inverno (kWh)	Estimativa do consumo anual Verão (kWh)
Armazém nº6	12	99	157	37,9	9,1	28,8	3751,7	5949,7	896,9	1422,4
Armazém nº7	12	99	157	37,2	15,6	21,6	3686,4	5846,1	1544,4	2449,2
Armazém nº8	12	99	157	37,2	13,2	24,0	3686,4	5846,1	1306,8	2072,4
<b>Sub-total:</b>	-	-	-	<b>112,4</b>	<b>37,9</b>	<b>74,5</b>	<b>11.124,4</b>	<b>17.641,8</b>	<b>3.748,14</b>	<b>5.944,02</b>
Armazém nº9	4	99	157	6,7	3,2	3,5	662,9	1051,3	316,8	502,4
Armazém nº10	4	99	157	10,0	3,6	6,4	994,4	1576,9	356,4	565,2
Armazém nº11	4	99	157	7,8	3,2	4,6	773,4	1226,5	316,8	502,4
<b>Sub-total:</b>	-	-	-	<b>24,6</b>	<b>10,0</b>	<b>14,6</b>	<b>2430,6</b>	<b>3854,7</b>	<b>990,0</b>	<b>1570,0</b>
Armazém nº12	4	99	157	20,6	5,2	15,4	2038,6	3232,9	514,8	816,4
<b>TOTAL:</b>	-	-	-	<b>157,5</b>	<b>53,1</b>	<b>104,5</b>	<b>15.593,7</b>	<b>24.729,4</b>	<b>5.252,9</b>	<b>8.330,4</b>
-							<b>40.323,1</b>		<b>13.583,4</b>	

Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 12 – Continuação da tabela 11, cálculo do retorno simples do investimento.**

	Diferença no consumo no Inverno (kWh)	Diferença no consumo no Verão (kWh)	Custo anual ponderado para o cenário atual (€)	Custo anual ponderado para o cenário proposto (€)	POUPANÇA ANUAL ESTIMADA (€)	Nº luminárias novas	Orçamento para o nº de luminárias	SIMPLE PAYBACK (ANOS)
Armazém nº6	2854,8	4527,3	1.210,73 €	289,46 €	921,28 €	6	830,25 €	0,9
Armazém nº7	2142,0	3396,9	1.189,65 €	498,40 €	691,24 €	12	1.660,50 €	2,4
Armazém nº8	2379,6	3773,7	1.189,65 €	421,72 €	767,92 €	10	1.383,75 €	1,8
<b>Sub-total:</b>	<b>7376,3</b>	<b>11697,8</b>	<b>3.590,02 €</b>	<b>1.209,58 €</b>	<b>2.380,44 €</b>	<b>28</b>	<b>3.874,50 €</b>	<b>1,6</b>
Armazém nº9	346,1	548,9	213,93 €	102,24 €	111,69 €	8	1.107,00 €	9,9
Armazém nº10	638,0	1011,7	320,89 €	115,02 €	205,88 €	9	1.245,38 €	6,0
Armazém nº11	456,6	724,1	249,58 €	102,24 €	147,35 €	8	1.107,00 €	7,5
<b>Sub-total:</b>	<b>1440,6</b>	<b>2284,7</b>	<b>784,41 €</b>	<b>319,49 €</b>	<b>464,92 €</b>	<b>25</b>	<b>3.459,38 €</b>	<b>7,4</b>
Armazém nº12	1523,8	2416,5	657,89 €	166,13 €	491,76 €	13	1.798,98 €	3,7
<b>TOTAL:</b>	<b>10340,7</b>	<b>16399,0</b>	<b>5.032,32 €</b>	<b>1.695,20 €</b>	<b>3.337,12 €</b>	<b>66</b>	<b>9.132,86 €</b>	<b>2,7</b>
		<b>26.739,71</b>						

Fonte: Elaboração própria.

Principais conclusões a retirar:

- A poupança anual estimada para os armazéns nº6, nº7 e nº8 é bastante significativa. Isto porque é o principal espaço de trabalho onde estão localizadas duas linhas de produção e o principal local de expedição do produto acabado, logo a iluminação é permanente durante o dia. Os armazéns supracitados são os únicos que não dispõem de claraboias no teto.
- O SPB é atrativo (< 3 anos), sendo recomendável a substituição da tecnologia de iluminação.
- A poupança anual estimada para os armazéns nº9, nº10 e nº11 é pouco significativa. Os utilizadores dos armazéns de stock de material (condutores de

empilhadores) não fazem uso da iluminação como recomendado. O sistema de iluminação está em grande parte do tempo desligado.

- Os armazéns nº 9, 10, 11 e 12 são beneficiados por terem claraboias e janelas de grandes dimensões.
- O SPB é pouco atrativo (> 4 anos), logo não é recomendável proceder à substituição da tecnologia de iluminação.
- A poupança anual estimada para o armazém nº12 é razoável, contudo, a substituição integral da tecnologia de iluminação está no limiar do recomendável no que respeita ao período de retorno simples do investimento (3,7 anos).
- Este armazém é também beneficiado por ter uma claraboia, contudo alguns dos corredores detêm uma carência assinalável de iluminação, sendo recomendável a colocação de sistemas de iluminação para cumprimento das normas mínimas de segurança.

Os resultados simulados pelo software DIALux 4.13 podem ser analisados no anexo IV – Resultados luminotécnicos dos armazéns nº6 – nº12.

No ponto 7, “**Comparação económica e financeira entre os projetos avaliados**”, será feita uma avaliação económica e financeira deste projeto.

## 5.2. Renovação do banco de condensadores

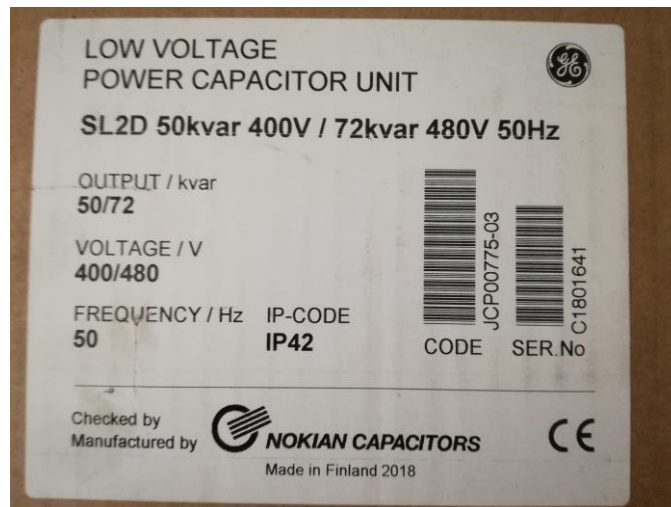
A renovação do banco de condensadores é uma medida estrutural de eficiência energética, mas também de manutenção das instalações elétricas. Os condensadores em fim de vida deixam de cumprir a sua missão de compensar ativamente a injeção de energia elétrica indutiva na instalação consumidora de energia elétrica. Outras das mais-valias apontadas é a redução de perdas de energia por efeito de Joule.

Segundo Ribeiro de Sá (2016), a compensação centralizada (caso da *Granorte*), tem as seguintes vantagens:

- O banco de condensadores é controlado mais facilmente;
- Ampliações futuras tornam-se mais simples;

- A potência reativa dos condensadores pode ser adaptada constantemente por aumento da potência da instalação elétrica.

Em suma, o caso que se apresenta é o de substituição direta de 14 condensadores da *Nokian capacitors*, com as características apresentadas na figura 18.

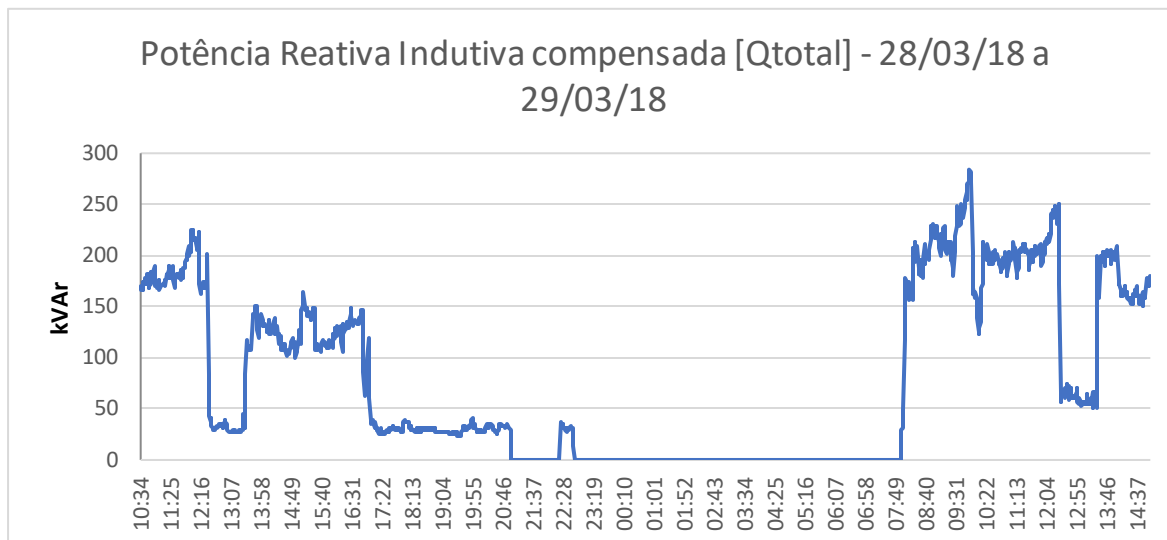


**Figura 18 – Fotografia com características de base dos condensadores instalados na Granorte.  
(Elaboração própria)**

Além dos condensadores, foi substituído um relé varimétrico também em fim de vida.

No decurso do estágio foi proposta a realização de um procedimento de medida às demais grandezas elétricas nos barramentos do banco de condensadores. O objetivo é verificar a variabilidade de compensação de energia reativa ao longo do tempo, tendo em consideração os principais períodos de laboração da indústria, nomeadamente das 08:00 – 17:00 nos dias úteis. Assim sendo, apresenta-se no gráfico 5, um diagrama de carga para o período de um dia útil de laboração.

**Gráfico 5 – Variabilidade na compensação de potência reativa indutiva durante um dia.**

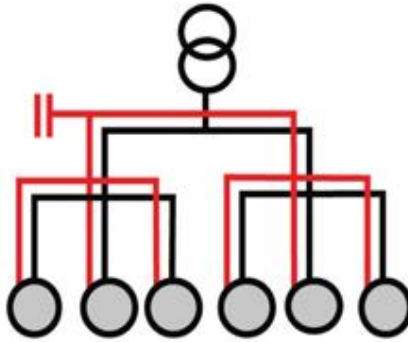


Fonte: Elaboração própria.

Como se pode verificar, a compensação de energia reativa indutiva aconteceu durante o período diurno de produção, das 08h00 às 17h00. No período noturno não há consumo de energia reativa indutiva, assim como não é fornecida à rede elétrica de distribuição energia reativa capacitiva.

O equipamento de medida e registo de dados, analisador de energia, foi instalado nos barramentos do quadro elétrico dedicado para alojamento dos condensadores e partes integrantes do sistema de compensação de energia reativa. Estamos, portanto, perante um sistema centralizado ligado à saída do transformador (secundário). Desta forma, toda a instalação elétrica da fábrica está a ser compensada ativamente por este banco de condensadores, como se verifica representativamente na figura 19.





**Figura 19 – Esquema de princípio de compensação de energia reativa de forma centralizada**  
 (<https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/compensacao-do-factor>)

No total foram investidos 5.614,70 €. O SPB é estimado em 0,4 anos (5 meses), isto porque no ano de 2017 foi gasta uma quantia muito significativa em energia reativa consumida da rede elétrica. Salienta-se que a informação apresentada está limitada à confidencialidade da informação disponibilizada pela empresa.

### 5.3. Instalação de motores elétricos de alto rendimento e variadores eletrónicos de velocidade

Uma das medidas de eficiência energética mais usuais é dotar os sistemas eletromotrizes de melhores equipamentos, sejam eles os motores elétricos de indução ou a colocação de VEV. Em 2015, a *Granorte* investiu em ambos. No total foram instalados 8 motores elétricos de alto rendimento, segundo a classificação da IEC<sup>13</sup> da classe *premium* (*IEC 3 – Premium class*).

Adicionalmente, foram instalados 15 variadores eletrónicos de velocidade (VEV) nos sistemas de aspiração/ventilação da fábrica. O objetivo é conseguir uma poupança energética significativa, traduzindo-se em resultados financeiros apreciáveis e consequentemente numa menor emissão de GEE.

Na tabela 13, está uma descrição dos equipamentos instalados, sejam eles os motores elétricos ou os variadores eletrónicos de velocidade. Algumas características são também apresentadas como a potência elétrica nominal, assim como o número de pares de polos.

<sup>13</sup> IEC – *International Electrotechnical Commission*.

**Tabela 13 – Descrição dos motores elétricos de alto rendimento.**

<b>Nº</b>	<b>Marca e modelo</b>	<b>Nº polos</b>	<b>Potência nominal</b>	<b>Quantidade</b>
1.	WEG W22 280S/M	4	90 kW	1
2.	WEG W22 280S/M		90 kW	1
3.	WEG W22 280S/M		75 kW	1
4.	WEG W22 280S/M		75 kW	1
5.	WEG W22 250S/M		55 kW	1
6.	WEG W22 225S/M		45 kW	1
<b>Nº</b>	<b>Marca e modelo</b>		<b>Potência nominal</b>	<b>Quantidade</b>
7.	WEG W22 225S/M		45 kW	1
8.	WEG W22 225S/M	45 kW	1	

Fonte: Elaboração própria.

Quanto aos VEV's, no total foram aplicados 15 variadores de velocidade. Destes, 8 variadores estão ligados em série com os novos motores de alto rendimento e os restantes 7 variadores foram instalados em outros sistemas da fábrica, nomeadamente no sistema de silos e prensas de cilindros.

A aplicação destes equipamentos permitirá obter poupanças de energia elétrica muito significativas.

Os dados económicos sobre este investimento estão sucintamente apresentados na tabela 14, sujeitos às restrições de confidencialidade de informação que pertencem à Granorte.

**Tabela 14 – Dados económicos sobre o investimento em MAR e VEV's.**

<b>Descrição</b>		<b>Montante</b>
Investimento 1 – Motores de alto rendimento		53.872,20 €
Investimento 2 – Variadores eletrónicos de velocidade		123.679,80 €
Comparticipação PPEC 2013/2014	1	9.770,82 €
	2	57.240,97 €
Poupança anual estimada	1	9.935,07 €
	2	67.093,29 €
<b>Descrição</b>		<b>Período de amortização (anos)</b>
Período de retorno simples	1	4,59
	2	1,56

Fonte: Elaboração própria.



## 6. Estudo de caso “Avaliação de investimentos em medidas de eficiência e energias renováveis aplicáveis a IPSS”

Como caso de estudo, a Associação de Desenvolvimento, Progresso e Vida da Tocha, doravante apenas ADPVT, aceitou acolher-me para ajudar a desenvolver o seu plano de eficiência energética. Este será submetido a uma avaliação por parte do júri do projeto, liderado pela AREAC, denominado de: “Eficiência Energética Solidária”.

No total, 61 IPSS submetem os seus planos de eficiência energética e as 3 IPSS com os melhores projetos de implementação ganham um prémio de 5.000 euros aplicáveis na aquisição/implementação de medidas de eficiência energética. Contudo, a preocupação da eficiência energética não é novidade na ADPVT, pois ao longo do tempo a associação tem vindo a fazer um esforço significativo na aplicação de medidas relacionadas com eficiência energética, tais como:

- Formação e sensibilização dos seus colaboradores e utentes para o uso eficiente de energia.
- Aquisição de eletrodomésticos e outros equipamentos tendo como ponderação a eficiência energética e também a eficiência hídrica.
- Medidas estruturais de eficiência energética que promovam adicionalmente o conforto térmico.

A ADPVT tem vindo a implementar os seus projetos de medidas estruturais de eficiência energética e energias renováveis. Estas medidas/subprojectos estão descritas na tabela 15.

**Tabela 15 – Projetos de eficiência energética e energias renováveis na ADPVT**

<p><b>Projeto D</b></p> <p>Projeto de Iluminação LED no exterior</p>	<p>Implementação de luminárias do tipo LED no exterior dos edifícios da ADPVT.</p> <p>Os sistemas de iluminação existentes além de pouco eficientes estão no final do seu ciclo de vida. É, portanto, considerado como uma necessidade a realização desta medida.</p>
<p><b>Projeto E</b></p> <p>Sistema solar térmico para aquecimento de AQS</p>	<p>Este projeto já foi implementado. Permite o aquecimento de AQS através de um conjunto de painéis solares térmicos instalados no telhado do edifício principal. Revela-se que os resultados apresentados são bastante significativos.</p>

Fonte: Elaboração própria.

### 6.1. Projeto de Iluminação LED no espaço de acesso público da ADPVT

O projeto consiste em substituir os sistemas de iluminação de exterior, na área da ADPVT. A iluminação é pouco eficiente (do tipo iodetos metálicos) e em fim de vida. Foi feita uma proposta para substituição dos sistemas de iluminação, com recurso à tecnologia LED. A proposta está descrita na tabela 16.

**Tabela 16 – Proposta de substituição do sistema de iluminação exterior**

Sistema de iluminação atual		Sistema de iluminação proposto (LED)	
26 unid	Luminária VSAP 150W	26 unid	Luminária LED 63W
2 unid	Projektor iodetos metálicos 250W	2 unid	Projektor LED 100W
5 unid	Globo VSAP 70W	5 unid	Globo LED 40W

Fonte: Elaboração própria

Não são revelados os dados das luminárias por questões concorrenciais e de confidencialidade.

Como pressupostos da empresa que fez o orçamento assume-se que:

- Preço de energia elétrica: 0,06 €/kWh.
- Período de funcionamento: 7 dias por semana, 11 horas por dia.

- Iluminação presente durante todo o ano.

A substituição das luminárias VSAP 150W tem um custo de 5.181,75 €, gerando uma poupança anual estimada de 734,45 €. O retorno simples do investimento é de 7 anos. Já a substituição das luminárias VSAP 70W tem um custo de 1.435,85 €, gerando uma poupança anual estimada de 53 €. Neste caso, o retorno simples do investimento é de 27 anos.

A substituição dos projetores de iodetos metálicos 250W tem um custo de 123.20 €, gerando uma poupança anual estimada de 66,53 €. O retorno simples do investimento é de 1,85 anos (1 ano e 10 meses). No total o investimento a realizar é de 6.740,80 €.

## 6.2. Sistema solar térmico para aquecimento de AQS.



**Figura 20 – Fotografia aérea do edifício principal da ADPVT (<https://progressoevida.pt/>)**

Em 2009 foi instalado um sistema solar térmico para aquecimento de AQS na ADPVT, como se verifica na figura 20. O sistema solar térmico é composto por 22 painéis solares térmicos da marca *Donauer* FC425, instalados sobre um suporte fixo no telhado da ADPVT virados a sul geográfico. Numa das divisões técnicas da ADPVT, está o depósito de água quente com uma capacidade de 3000 litros. Este projeto foi inserido no âmbito da “Medida Solar Térmico 2009 – IPSS”, que tem como objetivo proporcionar condições favoráveis à adoção de energias renováveis no aquecimento de AQS nas IPSS de Portugal. Contextualizado no PNAEE de 2015, o valor do benefício corresponde a uma comparticipação a fundo perdido até ao máximo de 65% sobre o investimento associado.

Contudo, os sistemas solares térmicos deverão ser responsáveis por produzir uma quantidade de energia que esteja entre 55% a 75% das necessidades energéticas previamente existentes. No *dossier* do projeto, a ADPVT apresenta através de um parceiro especializado uma tabela (17) com dados importantes respeitantes ao potencial deste projeto.

**Tabela 17 – Resumo do potencial económico do projeto solar térmico.**

<b>ADPVT</b>	<b>PERCENTAGEM (%)</b>	<b>MONTANTE</b>
Custo anual gás propano (c/iva não dedutível).		40.000 €
Estimativa de custo devido ao aquecimento central (4 meses) e cozinha (todo o ano).	50% - Aquecimento	20.000 €
Estimativa de custo devido a AQS (todo o ano).	50% - AQS	20.000 €
Valor do investimento no sistema solar térmico (com 65% de participação).		9.244 €
Poupança anual no consumo estimado para a água quente promovida pelo sistema solar (igual à sua fração).	70% - Fração solar	14.000 €
Período de retorno do investimento (anos).		0,66 (7,9 Meses)
O sistema tem uma vida útil de 20 anos, pelo que paga o investimento no 1ºano e depois por mais 20 anos promove uma poupança anual de 70%, o que representa a preços correntes.		266.000 €

Nota: O sistema poderá ainda ser amortizado em 25% ao ano. Tabela reproduzida do dossier do projeto da ADPVT.

Esse mesmo parceiro especializado teve o trabalho de analisar os projetos que os profissionais do setor enviaram como candidatura, tendo selecionado os três melhores. Assim sendo, primeiramente foi feita uma análise técnica aos sistemas solares térmicos propostos e depois uma análise económica dos mesmos. Apresenta-se os resultados obtidos para os três melhores classificados, na tabela 18.



**Tabela 18 – Classificação ponderada (%) da análise técnica dos SST propostos.**

<b>Campo de avaliação (%)</b>	<b>Donauer/Algo Paralelo</b>	<b>Sonnenkraft/Sotecnisol</b>	<b>Wikora/Enrepo</b>
Fração solar	83	66	58
Prioridade ao sol	100	100	100
Depósito de acumulação - Material	0	0	33
Depósito de acumulação – Isolamento	100	100	100
Proteção contra corrosão	100	100	100
Rede de tubagem – Material	100	100	100
Rede de tubagem - Isolamento	100	100	100
Rede de tubagem – Tipo de ligação	100	100	100
Estrutura de suporte de coletores	100	100	100
Purgadores	100	100	100
Sistema de dissipação de calor	66	66	66
Custo/kWh (%)	100	69	64
<b>Pontuação ponderada:</b>	<b>93,43 %</b>	<b>72,28 %</b>	<b>69,07 %</b>

Fonte: Tabela reproduzida do dossier do projeto da ADPVT.

A classificação, segundo a tabela 18 é a seguinte:

1º classificado – Donauer/Algo Paralelo – **93,43 %**

2º classificado – Sonnenkraft/Sotecnisol – **72,28%**

3º classificado – Wikora/Enrepo – **69,07%.**

A classificação mantém-se, tendo em conta o valor final das propostas apresentadas:

1º classificado – Donauer/Algo Paralelo – **26.633,99 €**

2º classificado – Sonnenkraft/Sotecnisol – **36.543,80 €**

3º classificado – Wikora/Enrepo – **38.251,09 €**

Em suma, com o valor subsidiado à instituição (65% sobre a proposta escolhida), apresentam-se os resultados para as três propostas apresentadas, na tabela 19.

**Tabela 19 – Resultados finais das propostas apresentadas já com atribuição do subsídio.**

	<b>Donauer/ Algo paralelo</b>	<b>Sonnenkraft/ Sotecnisol</b>	<b>Wikora/ Enrepo</b>
<i>Valor do subsídio (s/IVA)</i>	17.390,09 €	17.390,09 €	17.390,09 €
<i>Valor suportado pela ADPVT (s/IVA)</i>	9.243,90 €	19.153,71 €	20.861,00 €
<i>Valor suportado pela ADPVT (12% IVA)</i>	10.353,16 €	21.452,16 €	23.364,32 €

Fonte: Tabela reproduzida do dossier do projeto da ADPVT.

A proposta selecionada foi a da parceria entre a *Donauer Solar Systems, Lda.* e a *Algo Paralelo, Lda.*

O investimento total foi de 29.830,07 €, dos quais 10.353,16 € (35%) foram assegurados pela ADPVT e 19.476,91 € (65%) assegurados pelo fundo da Medida Solar Térmica 2009 (PNAEE). Anualmente, o sistema solar térmico proporciona uma poupança de 14.000 €.

tendo como base o sistema de aquecimento previamente usado de gás propano (Caldeira).  
O retorno simples do investimento é de 0,66 anos (8 meses).



## 7. Comparação económica e financeira entre os projetos avaliados

Com o objetivo de comparar economicamente e financeiramente os projetos apresentados nos pontos 5 e 6. Recorre-se à metodologia de comparação com base nos seguintes indicadores:

- ✓ - VAL a 10 anos
- ✓ - TIR
- ✓ - IR
- ✓ - SPB (já calculado)
- ✓ - DPB
- ✓ - Análise de sensibilidade

Salienta-se o facto de que primeiramente é feita uma avaliação sem ter em conta os seguintes fatores:

- Inflação
- Custos de O&M
- Decaimento da eficiência original de fábrica

Numa segunda avaliação económica e financeira, são introduzidos os fatores supracitados por forma a analisar o seu impacto na viabilidade económica dos projetos de eficiência energética e energias renováveis. Primeiramente procedeu-se ao cálculo do WACC para todos os projetos envolvidos:

**Tabela 20 – Tabela resumo dos projetos de eficiência energética e energias renováveis para avaliação**

<b>GRANORTE</b>	Projeto A - Projeto luminotécnico iluminação LED nos armazéns
	Projeto B - Renovação do banco de condensadores
	Projeto C - Instalação de motores e variadores de velocidade
<b>ADPVT</b>	Projeto D - Projeto de Iluminação LED no exterior
	Projeto E - Sistema solar térmico para aquecimento de AQS

Fonte: Elaboração própria.

## GRANORTE

O projeto A tem as seguintes características económicas e financeiras:

Projeto A	Investimento:	<b>9.132,75 €</b>
	Poupança anual estimada:	<b>3.337,12 €</b>
	SPB:	<b>2,7 anos</b>
	Previsão da percentagem de capitais próprios (Pe):	<b>100%</b>
	Previsão da percentagem de capitais alheios (Pd):	<b>0%</b>
	Custo com capitais próprios (Ce):	<b>12,93%/ano</b>
	Custo com capitais alheios (Cd):	<b>2,42%/ano</b>
	Taxa de imposto IRC (t):	<b>21%</b>
	W.A.C.C:	<b>12,93%/ano</b>

O projeto B tem as seguintes características económicas e financeiras:

Projeto B	Investimento:	<b>5.614,70 €</b>
	Poupança anual estimada:	<b>13.293,39 €</b>
	SPB:	<b>0,4 anos</b>
	Previsão da percentagem de capitais próprios (Pe):	<b>100%</b>
	Previsão da percentagem de capitais alheios (Pd):	<b>0%</b>
	Custo com capitais próprios (Ce):	<b>12,93%/ano</b>
	Custo com capitais alheios (Cd):	<b>2,42%/ano</b>
	Taxa de imposto IRC (t):	<b>21%</b>
	W.A.C.C:	<b>12,93%/ano</b>

O projeto C tem as seguintes características económicas e financeiras:

Projeto C	Investimento:	<b>177.552,00 €</b>
	Poupança anual estimada:	<b>77.028,36 €</b>
	SPB:	<b>2,3 anos</b>
	Previsão da percentagem de capitais próprios (Pe):	<b>0%</b>
	Previsão da percentagem de capitais alheios (Pd):	<b>100%</b>
	Custo com capitais próprios (Ce):	<b>12,93%/ano</b>
	Custo com capitais alheios (Cd):	<b>2,42%/ano</b>
	Taxa de imposto IRC (t):	<b>21%</b>
	W.A.C.C:	<b>1,91%/ano</b>

Fonte: Elaboração própria.

## ADPVT

O projeto D tem as seguintes características económicas e financeiras:

Projeto D	Investimento:	<b>6.740,80 €</b>
	Poupança anual estimada:	<b>853,98 €</b>
	SPB:	<b>7,9 anos</b>
	Previsão da percentagem de capitais próprios (Pe):	<b>100%</b>
	Previsão da percentagem de capitais alheios (Pd):	<b>0%</b>
	Custo com capitais próprios (Ce):	<b>8,74%/ano</b>
	Custo com capitais alheios (Cd):	<b>3,30%/ano</b>
	Taxa de imposto IRC (t):	<b>21%</b>
W.A.C.C:	<b>2,41%/ano</b>	

O projeto E tem as seguintes características económicas e financeiras:

Projeto E	Investimento:	<b>9.243,90 €</b>
	Poupança anual estimada:	<b>14.000 €</b>
	SPB:	<b>0,66 anos</b>
	Previsão da percentagem de capitais próprios (Pe):	<b>100%</b>
	Previsão da percentagem de capitais alheios (Pd):	<b>0%</b>
	Custo com capitais próprios (Ce):	<b>8,74%/ano</b>
	Custo com capitais alheios (Cd):	<b>3,30%/ano</b>
	Taxa de imposto IRC (t):	<b>21%</b>
W.A.C.C:	<b>2,41%/ano</b>	

Fonte: Elaboração própria.

Os vários projetos apresentados (A, B, C, D e E) têm em média um ciclo de vida de 10 anos. Com base nesta informação assume-se que o ano de investimento (ano zero) para todos os projetos é o ano de 2017 e que todos são equiparáveis para um período de 10 anos de funcionamento.

Nas tabelas precedentes, (tabelas 21 e 22), os resultados apresentados são para os projetos avaliados tendo em conta o seguinte:

- No projeto C da *Granorte*, primeiramente é feita uma análise tendo em conta separadamente os CF's da poupança energética dos motores elétricos de alto rendimento (M.A.R) e dos variadores eletrónicos de velocidade (V.E.V). Depois são somados os resultados.

- No projeto D da ADPVT, é feita uma análise tendo os CF's da poupança energética derivada dos sistemas de iluminação independentes (Luminárias, projetores e globos LED).



## 7.1. Avaliação dos projetos da GRANORTE

Procede-se à avaliação dos projetos A, B e C. Com base no custo médio ponderado de capital (WACC) estipulado, construiu-se uma tabela 21 comparativa com os devidos investimentos, CF's, VAL e TIR.

Tabela 21 - Comparação entre projetos de investimento da Granorte. (Fonte: Elaboração própria)

Ano	Projeto A	Projeto B	Projeto C	
	ILUMINAÇÃO LED	REATIVA	M.A.R	V.E.V
0	-9.132,75 €	-5.614,70 €	-53.872,20 €	-123.679,80 €
1	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
2	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
3	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
4	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
5	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
6	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
7	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
8	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
9	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
10	3.337,12 €	13.293,39 €	9.935,07 €	67.093,29 €
<b>VAL</b>	9.026,05 €	66.720,75 €	35.783,65 €	481.782,03 €
<b>TIR</b>	35%	237%	13%	54%
<b>SPB</b>	2,7	0,4	5,4	1,8
<b>VAL (Total)</b>	Cálculo total do VAL do projeto C		517.565,68 €	
<b>TIR (Total)</b>	Cálculo total da TIR do projeto C		19%	
<b>SPB (Total)</b>	Cálculo total do SPB do projeto C		2,3	

## 7.2. Avaliação de projetos da ADPVT

Avaliação dos projetos D e E da ADPVT, tendo em consideração que é uma organização de cariz social, na tabela 22.

Tabela 22 – Comparação entre projetos de investimento da ADPVT. (Fonte: Elaboração própria)

Ano	Projeto D			Projeto E		
	LED 63W	LED 100W	LED 40W	Donauer	Sonnenkraft	Wicora
0	-5.181,75 €	-1.435,85 €	-123,20 €	-9.243,90 €	-19.153,71 €	-20.861,0 €
1	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
2	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
3	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
4	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
5	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
6	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
7	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
8	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
9	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
10	734,45 €	53,00 €	66,53 €	14.000 €	13.460 €	13.020 €
<b>VAL</b>	<b>-413,88 €</b>	<b>-1.091,79 €</b>	308,70 €	81.640,75 €	68.225,39 €	63.661,72 €
<b>TIR</b>	7 %	<b>-15 %</b>	53 %	151 %	70 %	62 %
<b>SPB</b>	7,1	<b>27,1</b>	1,9	0,7	1,4	1,6
<b>VAL (Total)</b>	<b>-1.196,97 €</b>			Cálculo total do VAL do projeto D		
<b>TIR (Total)</b>	5%			Cálculo total da TIR do projeto D		
<b>SPB (Total)</b>	7,9			Cálculo total do SPB do projeto D		

Em suma, os resultados da avaliação dos projetos são comparativamente apresentados na tabela 23. Na mesma tabela são apresentados os valores

correspondentes ao Retorno do Investimento Descontado (DPB) e do Índice de Rentabilidade (I.R).

**Tabela 23 – Comparação entre os projetos avaliados.**

	GRANORTE			ADPVT	
	<i>Projeto A</i>	<i>Projeto B</i>	<i>Projeto C</i>	<i>Projeto D</i>	<i>Projeto E</i>
Invest.	-9.132,75 €	-5.614,70 €	-177.552,00 €	-6.740,80 €	-9.243,90 €
VAL	9.026,05€	6.156,66€	517.565,68€	-1.196,97€	81.640,75€
TIR	35 %	137 %	19 %	5 %	151 %
SPB (anos)	2,70	0,40	2,30	7,90	0,66
DPB (anos)	3,79	0,51	2,38	12,90	0,72
I.R	1,8	2,1	3,9	0,8	9,8

Fazendo uma análise primária aos resultados obtidos, destaca-se o seguinte:

- ✓ O projeto D é o único projeto com um valor negativo para o VAL. Significa que, apenas considerando como critério de avaliação o VAL, o projeto D não deve ser concretizado.
- ✓ No que consta à TIR, existe uma variabilidade acentuada entre os resultados. O projeto E apresenta uma TIR de 151% e o projeto D apresenta uma TIR de 5%. É claramente vantajoso preferir o projeto E em deferimento do projeto D para o decisor da IPSS.
- ✓ Quanto ao retorno dos investimentos simples e descontado (SPB e DPB), somente o projeto D apresenta um valor algo elevado (DPB = 12,9 anos). Contudo, o fabricante das luminárias LED oferece uma garantia integral dos equipamentos por 5 anos a contar desde a data de instalação. É exepetável que os sistemas de iluminação LED tenham um ciclo de vida de 50.000 horas, logo é possível que os sistemas de iluminação ultrapassem o tempo estipulado para a vida do projeto (10 anos).
- ✓ Segundo o critério do I.R, o projeto D não apresenta um valor maior que 1.

## Análise de sensibilidade

Como referenciado no ponto 2.4.1, a análise de sensibilidade visa ajudar o processo de tomada de decisão, respondendo a duas questões fundamentais. Nomeadamente:

- **Análise do tipo A** – “Como muda o VAL com a flutuação de um ou vários parâmetros de entrada?”
- **Análise do tipo B** – “Quais são os parâmetros de entrada que de forma crítica afetam a viabilidade do projeto?”

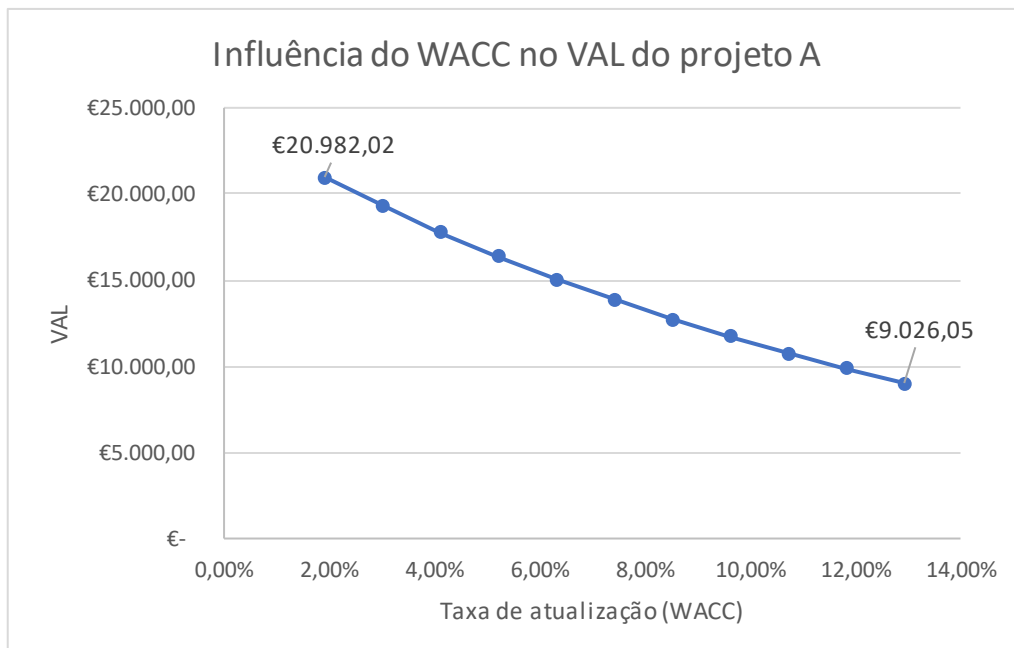
### Análise de sensibilidade – Tipo A e Tipo B

O VAL pode variar consoante os parâmetros de entrada. Assumindo que o valor do investimento é fixo, a WACC e a ocorrência de CF's são determinantes para ter um VAL positivo.

#### 1. Variação do WACC e a sua influência no VAL dos projetos

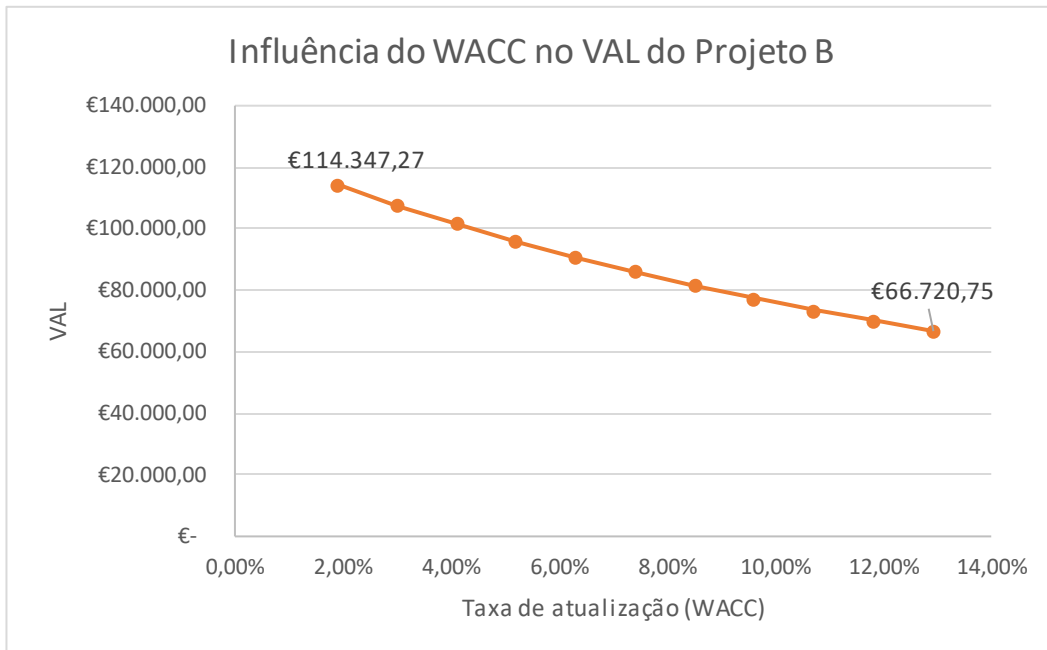
### GRANORTE

Gráfico 6 – Influência do WACC no VAL do projeto A.



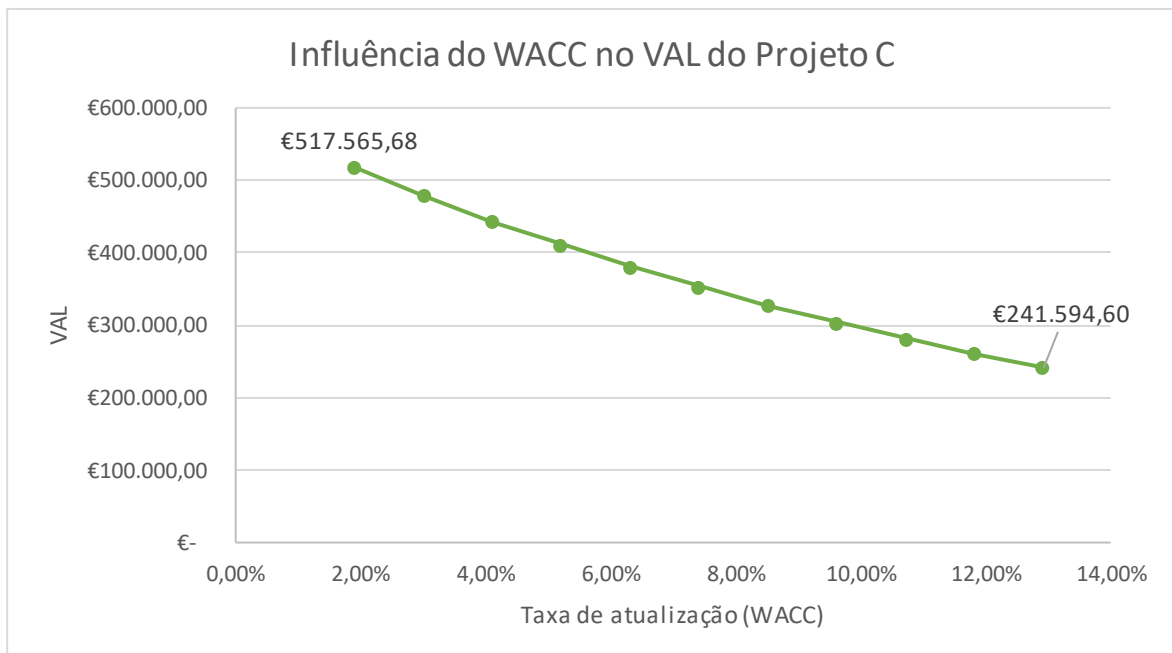
Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 7 – Influência do WACC no VAL do projeto B**



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8 – Influência do WACC no VAL do projeto C**



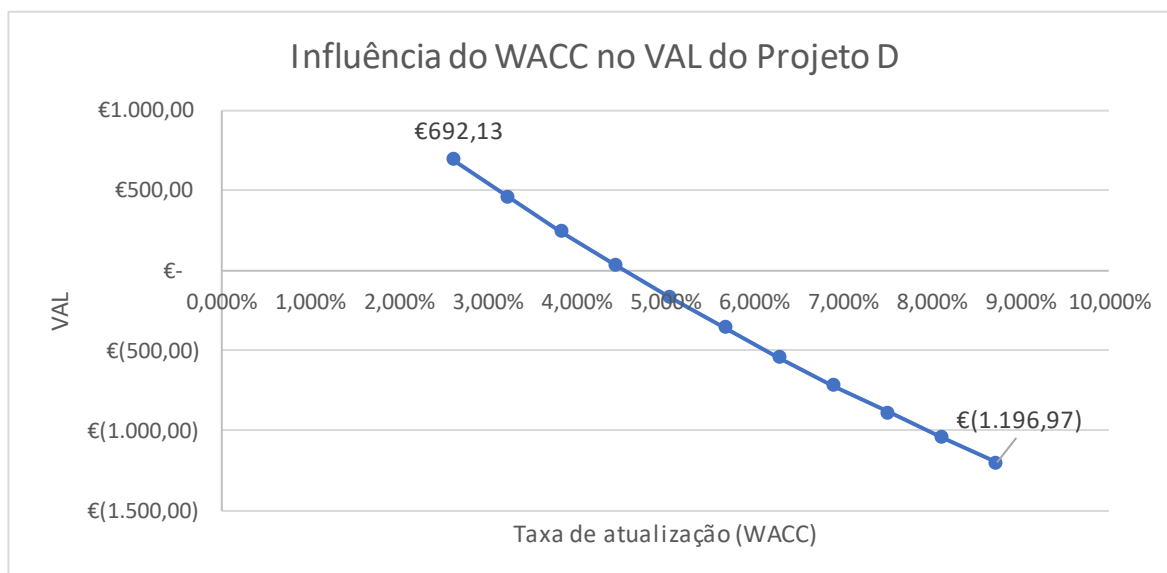
Fonte: Elaboração própria.

Como se pode verificar, nos projetos A, B e C quanto menor for a taxa de atualização (WACC), melhores são os resultados para o VAL do projeto. Isto é conseguido quando todos os projetos são financiados a 100% por capitais alheios a taxas de juro mais baixas

do que o custo dos capitais próprios. É recomendável que se opte por financiar os projetos com maior integração de capital alheio. Para verificar os valores de VAL obtidos nos demais cenários, consultar o anexo VII onde estão as tabelas elaboradas em folha de cálculo.

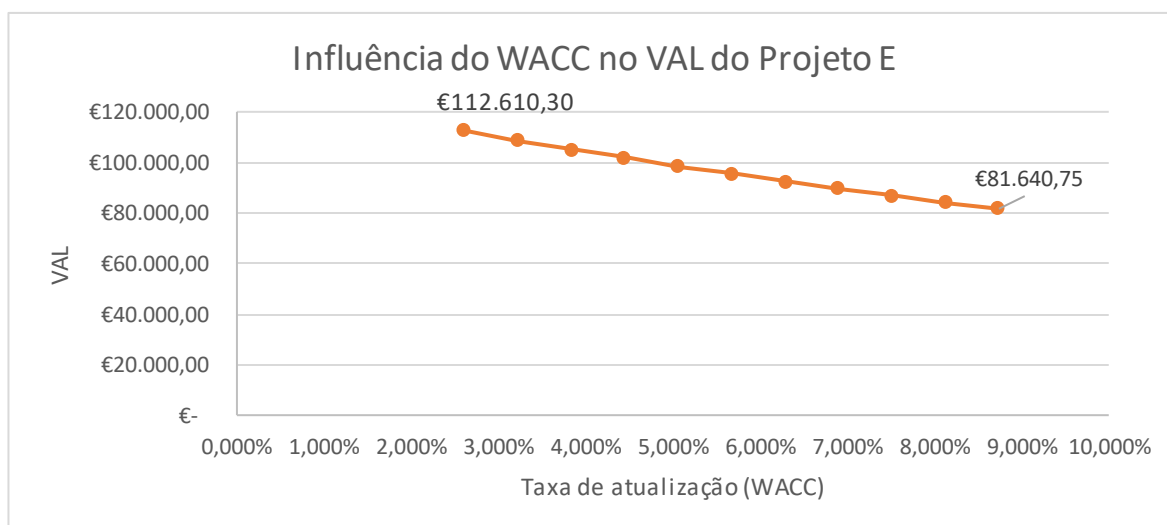
## ADPVT

**Gráfico 9 – Influência do WACC no VAL do projeto D.**



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 10 – Influência do WACC no VAL do projeto E.**



Fonte: Elaboração própria.

No caso da ADPVT, a variabilidade da taxa de atualização (WACC), também afeta de forma relevante o VAL dos projetos. No projeto D, uma taxa de atualização inferior a 4,5% torna o projeto viável segundo o critério de avaliação pelo VAL. O projeto E é viável para todos os cenários possíveis apresentados de variação da taxa de atualização, contudo a opção mais rentável, consiste em recorrer a uma maior percentagem de capital alheio, sendo esta alternativa mais vantajosa para a ADPVT, uma diferença de 30.969,55 € entre a opção de 100% capital próprio e 100% de capital alheio. Assim, não despense de recursos financeiros próprios que podem ser essenciais à prestação dos serviços sociais que disponibiliza.

## 2. Variação dos CF's, e o seu impacto na viabilidade económica dos projetos.

No que consta a variação dos CF's, apresenta-se uma proposta de análise de sensibilidade em que se varia percentualmente a ocorrência de CF's nominais, ou seja, -25% e +25% dos CF's perpetuados, como se demonstra na tabela 24.

### GRANORTE

Tabela 24 – Variabilidade do VAL dos projetos A, B e C com base na ocorrência dos CF's.

	Projeto A	Projeto B	Projeto C
<b>-25% de CF's</b>	4.486,35 €	48.636,89 €	343.786,26 €
<b>CF's esperados</b>	9.026,05 €	66.720,75 €	517.565,68 €
<b>+25% de CF's</b>	13.565,75 €	84.804,61 €	691.345,10 €

Fonte: Elaboração própria.

O projeto A é claramente afetado quando existe um corte de 25% nos CF's. O seu VAL diminui muito significativamente até aos 4.486,35 €. O projeto B é claramente afetado pela variabilidade dos CF's. O projeto C apresenta uma variabilidade mediana, mas importantíssima, visto que este projeto retorna aos seus promotores centenas de milhares de euros. No entanto, a variabilidade da ocorrência de CF's não coloca em causa a viabilidade económico-financeira do projeto.

## ADPVT

Tabela 25 – Variabilidade do VAL dos projetos D e E com base na ocorrência dos CF's.

	Projeto D	Projeto E
-25% de CF's	-2.582,92 €	58.919,59 €
CF's esperados	-1.196,97 €	81.640,75 €
+25% de CF's	188,99 €	104.361,91 €

Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se que para o projeto D, um corte em 25% dos CF's nominais dá origem a um VAL ainda mais negativo e com base nisso é recomendável não executar o projeto. No entanto, um acréscimo de +25% de CF's no projeto D viabiliza a execução do mesmo perante o critério de avaliação pelo indicador do VAL. No projeto E, o valor do VAL é substancialmente alterado em milhares de euros, contudo a sua viabilidade económica não é comprometida.

Existe um conjunto de fatores que influenciam a ocorrência de CF's. Nomeadamente, a inflação, fatores de manutenção e de degradação natural da eficiência dos equipamentos. Por este motivo, é feita uma nova análise com base na introdução destes fatores.

Nos projetos avaliados são introduzidos os seguintes fatores:

- **Projeto A** – Inflação (1,4%/ano) mais o Fator de manutenção a partir do 6º ano (-5%) mais Degradação natural a partir do 8ºano (-2%).
- **Projeto B** – Inflação (1,4%/ano).
- **Projeto C** – Inflação (1,4%/ano) mais o Fator de manutenção a partir do 8º ano.
- **Projeto D** – Inflação (1,4%/ano) mais o Fator de manutenção a partir do 6º ano (-5%)
- **Projeto E** – Inflação (1,4%/ano) mais o Fator de manutenção a partir do 6º ano (-5%)

Os valores previstos da inflação estão presentes no anexo VI - Índice Harmonizado de preços no consumidor para Portugal.



## GRANORTE

Tabela 26 – Atualização da tabela 18 com os fatores supracitados

<i>Ano</i>	<i>Projeto A</i>	<i>Projeto B</i>	<i>Projeto C</i>	
	<b>ILUMINAÇÃO LED</b>	<b>REATIVA</b>	<b>M.A.R</b>	<b>V.E.V</b>
<i>0</i>	-9.132,75 €	-5.614,70 €	-53.872,20 €	-123.679,80 €
<i>1</i>	4.671,97 €	18.610,75 €	13.909,10 €	93.930,61 €
<i>2</i>	5.055,68 €	19.940,09 €	14.902,61 €	100.639,94 €
<i>3</i>	4.671,97 €	18.610,75 €	13.909,10 €	93.930,61 €
<i>4</i>	4.671,97 €	18.610,75 €	13.909,10 €	93.930,61 €
<i>5</i>	4.671,97 €	18.610,75 €	13.909,10 €	93.930,61 €
<i>6</i>	4.438,37 €	18.610,75 €	13.909,10 €	93.930,61 €
<i>7</i>	4.438,37 €	18.610,75 €	13.909,10 €	93.930,61 €
<i>8</i>	4.438,37 €	18.610,75 €	13.909,10 €	93.930,61 €
<i>9</i>	4.344,93 €	18.610,75 €	13.630,92 €	92.051,99 €
<i>10</i>	4.344,93 €	18.610,75 €	13.630,92 €	92.051,99 €
<b>VAL</b>	16.044,17 €	96.697,29 €	72.137,79 €	440.852,18 €
<b>TIR</b>	51%	336%	23%	77%
<b>DPB</b>	2,0	0,3	3,9	1,3
<b>VAL (Total)</b>	Cálculo do total do VAL do projeto C		727.288,79 €	
<b>TIR (Total)</b>	Cálculo do total da TIR do projeto C		26%	
<b>SPB (Total)</b>	Cálculo do total do SPB do projeto C		1,6	

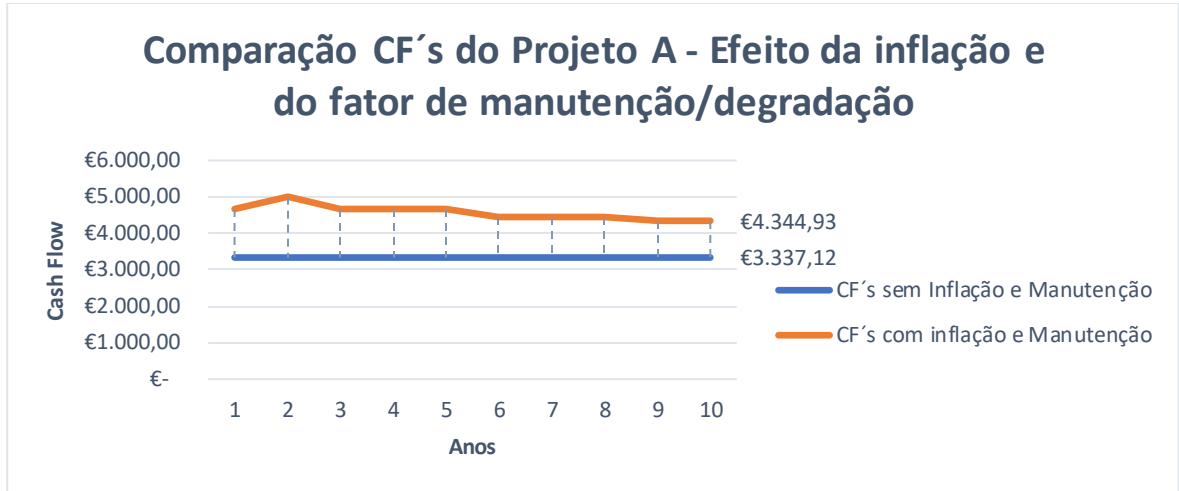
## ADPVT

Tabela 27 – Atualização da tabela 19 com os fatores (Inflação, Manutenção, Degradação).

Ano	Projeto D			Projeto E		
	LED 63W	LED 100W	LED 40W	Donauer	Sonnenkraft	Wikora
0	-5.181,75 €	-1.435,85 €	-123,20 €	-9.243,90 €	-19.153,71 €	-20.861,00 €
1	1.028,23 €	74,20 €	93,14 €	19.600,00 €	18.844,00 €	18.228,00 €
2	1.101,68 €	79,50 €	93,14 €	21.000,00 €	20.190,00 €	19.530,00 €
3	1.028,23 €	74,20 €	93,14 €	19.600,00 €	18.844,00 €	18.228,00 €
4	1.028,23 €	74,20 €	93,14 €	19.600,00 €	18.844,00 €	18.288,00 €
5	1.028,23 €	74,20 €	93,14 €	19.600,00 €	18.844,00 €	18.288,00 €
6	976,82 €	74,20 €	88,48 €	18.620,00 €	17.901,80 €	17.316,60 €
7	976,82 €	70,49 €	88,48 €	18.620,00 €	17.901,80 €	17.316,60 €
8	976,82 €	70,49 €	88,48 €	18.620,00 €	17.901,80 €	17.316,60 €
9	976,82 €	70,49 €	88,48 €	18.620,00 €	17.901,80 €	17.316,60 €
10	976,82 €	70,49 €	88,48 €	18.620,00 €	17.901,80 €	17.316,60 €
<b>VAL</b>	1.422,96 €	-959,24 €	469,46 €	116.654,39 €	101.888,50 €	96.224,41€
<b>TIR</b>	15 %	-11 %	75%	215%	100%	89%
<b>DPB</b>	4,97	19,4	1,3	0,47	1,02	1,13
<b>VAL (Total)</b>	933,19 €			Cálculo do total do VAL do projeto D		
<b>TIR (Total)</b>	4%			Cálculo do total da TIR do projeto D		
<b>SPB (Total)</b>	5,6			Cálculo do total do SPB do projeto D		

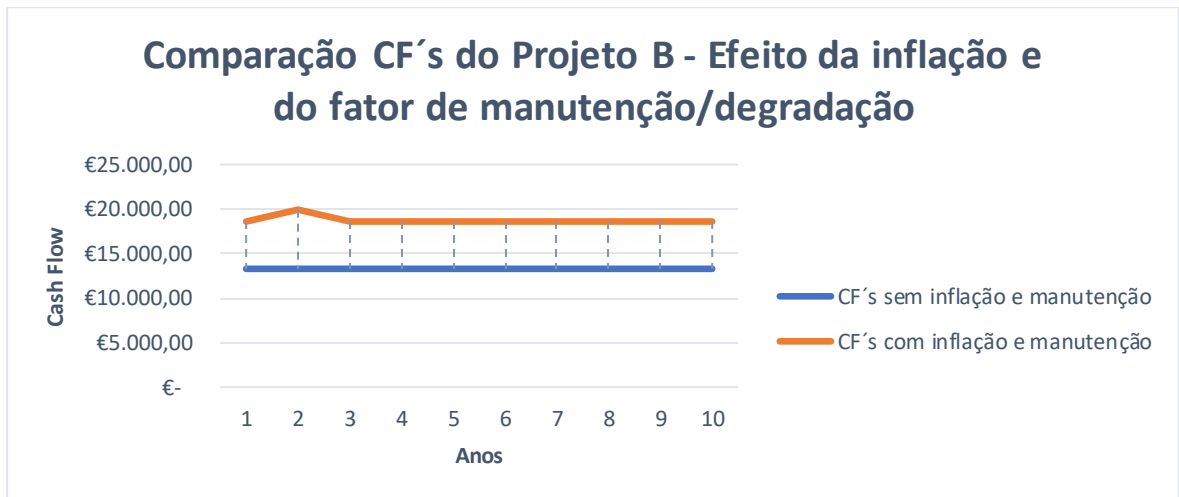
Por forma a comparar a ocorrência de CF's nos vários projetos, com e sem o efeito da inflação e da manutenção, apresentam-se os seguintes gráficos.

**Gráfico 11 – Projeto A, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF's**



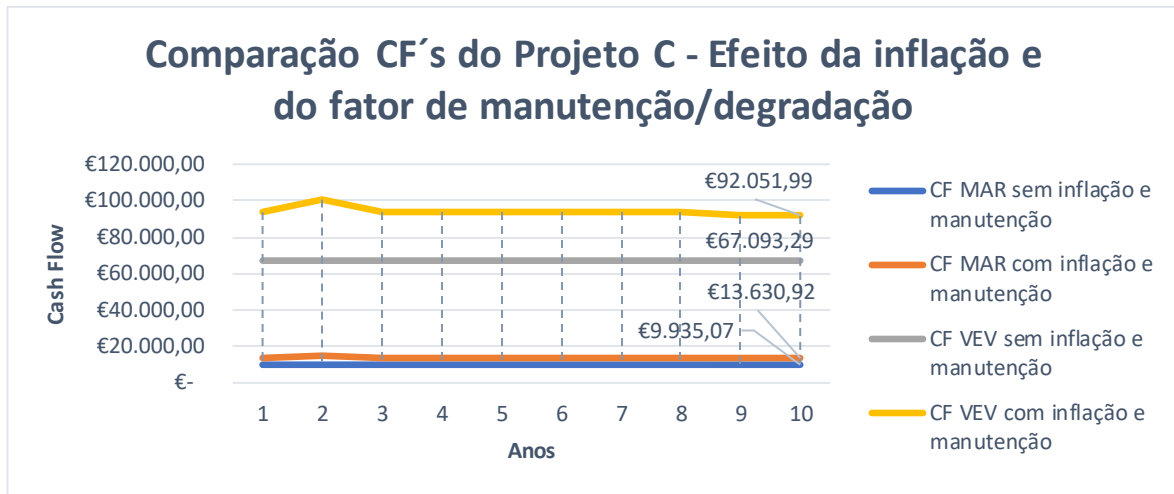
Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 12 – Projeto B, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF's**



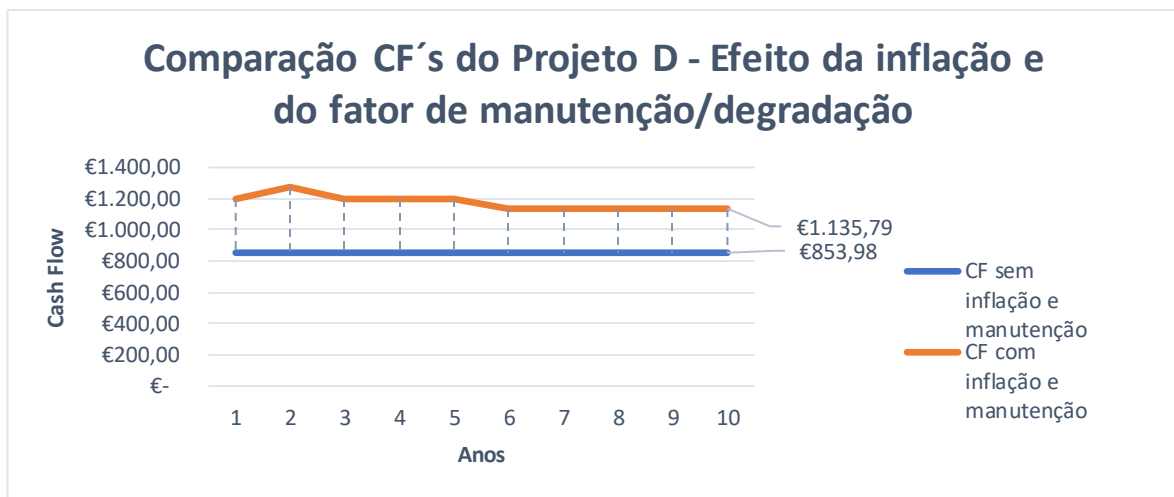
Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 13 – Projeto C, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF's**



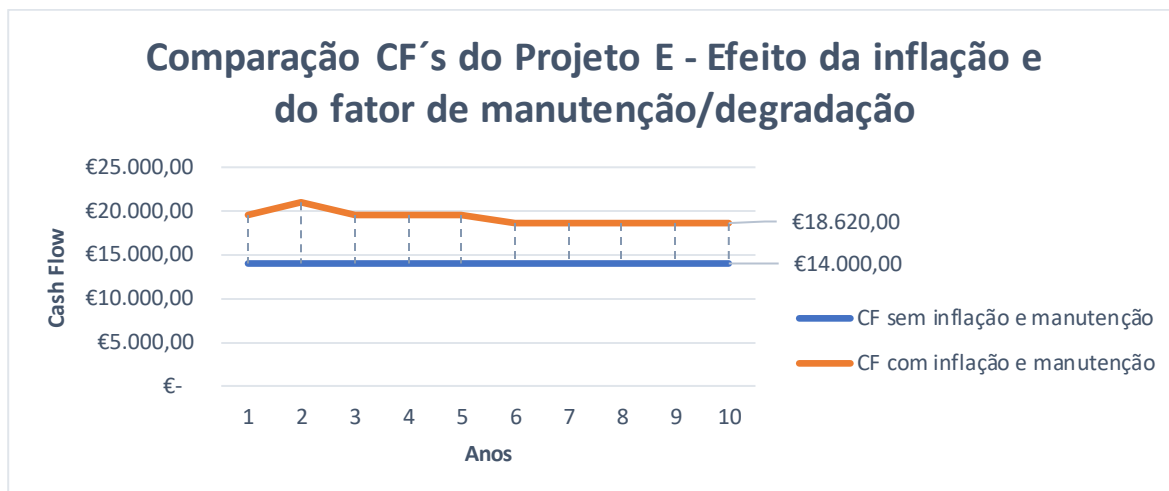
Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 14 – Projeto D, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF's**



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 15 – Projeto E, efeito da inflação e manutenção na ocorrência de CF's



Fonte: Elaboração própria.

Analisando os resultados, conclui-se o seguinte:

- ✓ No projeto A, ao fim de 10 anos existe uma diferença de 1007,81 € na ocorrência de CF's com inclusão da inflação e fatores de manutenção/inflação e sem a inclusão dos mesmos. O que é significativo, pois corresponde a 31% dos CF's nominais sem a inflação e manutenção. Contudo, volta-se a referenciar que não compromete a viabilidade do projeto.
- ✓ Os resultados do projeto B são bastante assinaláveis, tendo em conta que o preço da energia é altamente influenciado pela inflação. A diferença entre CF's com e sem inflação é cerca de 5.317,36 €/ano.
- ✓ Já no projeto C, a diferença é bastante significativa no que consta aos variadores eletrônicos de velocidade (V.E.V) em cerca de 24.958,70 €, ou seja 37% do valor nominal de CF's sem inflação ou fatores de manutenção/degradação. A diferença de CF's associada à eficiência energética dos motores elétricos de alto rendimento (M.A.R) fica em 3.695,85 €, 37% do valor nominal de CF's sem efeito da inflação ou fatores de manutenção/degradação.
- ✓ Para os projetos da ADPVT, o projeto D apresenta uma diferença entre CF's perpetuados de 281,81 €. Contudo, este valor é significativo tendo em conta o período de retorno do projeto.

- ✓ No projeto E, projeto este de energias renováveis, a diferença entre CF's (com e sem influência da inflação e manutenção) é de 4.620 €, cerca de 33% do valor nominal de CF's.
- ✓ Em suma, a inflação é um indicador importante no inflacionamento do CF's futuros. No que consta a manutenção, os custos devem ser minimizados por forma a dar um contributo positivo na ocorrência de CF's.

## 8. Conclusões e considerações finais

Este trabalho tem como principal objetivo o de comparar económica e financeiramente diferentes projetos, nas áreas da eficiência energética e energias renováveis, no seio de duas diferentes organizações: uma empresa e uma instituição sem fins lucrativos. Secundariamente foram desenvolvidas competências no dimensionamento de soluções ligadas à eficiência energética.

Os resultados obtidos são interessantes. Provam que, não se deve generalizar quando se afirma que os projetos de eficiência energética e/ou de energias renováveis não são rentáveis economicamente. É necessário avaliar cada caso e comparar com outros projetos. O decisor de uma empresa (a que pertencem os projetos A, B e C) ou de uma instituição social (a que pertencem os projetos D e E) deve ter acesso a informação credível sobre o retorno do investimento associado a este tipo de projetos.

Em suma, verificamos que o projeto A deve ser realizado, trazendo uma mais-valia para a indústria, quer a nível de poupança energética, como também na melhoria das condições de iluminação local.

O projeto B é algo transversal a todas as indústrias, que se deparam com faturas de energia elétrica onde a componente reativa é bastante significativa. A viabilidade económica destes projetos é em norma bastante satisfatória.

O projeto C é também uma grande aposta. Neste caso foi mesmo implementado e traz melhorias ao nível da eficiência energética, mas também ao nível operacional do processo produtivo.

O projeto D, é uma medida de eficiência energética que não é a mais atrativa economicamente. Contudo, face à necessidade de renovar os sistemas de iluminação, a realização deste projeto dependerá da decisão do administrador da ADPVT face à necessidade de substituir os sistemas de iluminação exterior da IPSS.

O projeto E consiste no sistema solar térmico já instalado na APDVT. Este projeto foi de facto altamente vantajoso para a associação, no entanto foi incentivado financeiramente

sob medidas de apoio. Atualmente é sabido que o sector das energias renováveis tem vindo a diminuir os preços dos seus equipamentos com o desenvolvimento da tecnologia e maior oferta nos mercados internacionais.

Comparando a Granorte e a ADPVT, ambas as instituições têm projetos diferenciadores em eficiência energética e também em energias renováveis. A Granorte tem um custo médio ponderado de capital superior ao da ADPVT quando os projetos são financiados a 100% com capitais próprios.

- Granorte – 12,9%
- ADPVT – 8,7%

No caso em que os projetos são financiados com 100% de capital alheio, o custo médio ponderado de capital é mais vantajoso para a Granorte.

- Granorte – 1,9%
- ADPVT – 2,6%

A capacidade financeira das organizações é diferente. A Granorte tem capacidade para implementar o projeto C, projeto este que requer um investimento 177.552,00 €. A ADPVT conseguiu implementar o projeto E que solicitou um investimento participado com fundos estruturais em cerca de 9.243,90 €.

Conclui-se que o tipo de projetos pode ser comum em ambas as organizações (e.g iluminação).

Existem algumas limitações que tiveram de ser enfrentadas durante a realização deste trabalho. A maior foi relativamente à acessibilidade de dados, que obrigou a uma recolha direta junto das entidades em que este trabalho se focou. Outra limitação respeita aos parâmetros usados para calcular alguns dos valores como os do WACC, nomeadamente relativamente aos custos do capital alheio e próprio. Ambas as entidades não se encontram cotadas, pelo que não nos foi possível utilizar valores de mercado.

No futuro propõe-se que sejam exploradas novas metodologias de avaliação e comparação de projetos, algumas delas enunciadas anteriormente neste trabalho,



nomeadamente através de Opções reais “*Real options*”; com Simulação de Monte Carlo/ Valor em Risco “*Simulation/Value at Risk*”; ou ainda considerando o Valor presente ajustado “*Adjusted presente value*”.

Estas metodologias são ainda pouco implementadas fora do meio académico. É necessário criar as condições para transferir este conhecimento para os avaliadores/decisores das mais variadas organizações, mesmo a nível governamental.

A avaliação do impacto dos vários tipos de incentivos sejam eles económicos ou fiscais são também uma oportunidade de continuar a aposta em métodos de avaliação de projetos ligados ao setor da energia. Existem ainda poucos trabalhos científicos que se debruçam sobre a análise económico-financeira de projetos ligados à eficiência energética e tentámos com este trabalho ser um contributo útil aplicado a duas realidades de organizações distintas, uma vez que os parâmetros de avaliação se distinguem tal como foi possível observar durante a realização deste trabalho.



## Bibliografia

- Abolhosseini, S., & Heshmati, A. (2014). The main support mechanisms to finance renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *40*, 876–885. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.013>
- ADENE. (2017). Páginas - Incentivos e Isenções. Retrieved May 14, 2017, from <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Incentivos.aspx>
- ADENE. (2018). Páginas - Janelas CLASSE+. Retrieved March 14, 2018, from <https://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/par-janelas.aspx>
- ADENE (2016a). *Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido (1º)*. Lisboa: ADENE. Retrieved from <http://www.adene.pt/subsc-manual-ppec-sac>
- ADENE. (2016b). Janelas Eficientes. Retrieved from [http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-03\\_janelas-efic.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-03_janelas-efic.pdf)
- ATMOSPHERE. (2013). *Guia Técnico - Soluções para melhorar os sistemas accionados por motores elétricos*. Retrieved from <http://www.adene.pt/sites/default/files/Documentos/guidexamcp.pdf>
- Boharb, A., Allouhi, A., Saidur, R., Kousksou, T., & Jamil, A. (2017). Energy conservation potential of an energy audit within the pulp and paper industry in Morocco. *Journal of Cleaner Production*, *149*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.090>
- Boomsma, T. K., Meade, N., & Fleten, S. E. (2012). Renewable energy investments under different support schemes: A real options approach. *European Journal of Operational Research*, *220*(1), 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.017>
- British Petroleum. (2017). BP Statistical Review of World Energy 2017. *British Petroleum*, (66), 1–52. <https://doi.org/http://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>
- Bukowska, M., Nowak, K., Proszak-Miąsik, D., & Rabczak, S. (2017). Concept of Heat Recovery from Exhaust Gases. *IOP Conference Series: Materials Science and*

- Engineering*, 245, 052057. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/5/052057>
- Crundwell, F. K. (2008). *Finance for engineers: Evaluation and funding of capital projects*. *Finance for Engineers: Evaluation and Funding of Capital Projects*. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-033-9>
- DGEG. (2016). *Balanço energético* (Vol. 72). Retrieved from [www.dgeg.pt](http://www.dgeg.pt)
- DGEG. (2017). *Energia em Portugal 2015* (1ª edição). Direção-Geral de Energia e Geologia. Retrieved from [www.dgeg.pt](http://www.dgeg.pt)
- Eichhammer, W., & Rohde, C. (2016). *Enhancing the impact of energy audits and energy management in the EU A review of Article 8 of the Energy Efficiency*. Retrieved from <http://www.eceee.org/policy-areas/Industry/eceee-report-article-8-review-corrected>
- ERSE. (2010). ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS. Retrieved from [https://www.edpsu.pt/pt/destaques/documentos de destaque/Despacho 7253\\_2010.pdf](https://www.edpsu.pt/pt/destaques/documentos_de_destaque/Despacho_7253_2010.pdf)
- ERSE. (2017). Portal ERSE - PPEC 2017 - 2018. Retrieved March 11, 2018, from <http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/ppec17-18/Paginas/default.aspx>
- Gaerke, T. R., & Hernández, D. C. (2014). Motor optimization for drive packages. *IEEE Conference Record of Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference*, 65–71. <https://doi.org/10.1109/PPIC.2014.6871150>
- Gotze, U., Northcott, D., & Schuster, P. (2008). *Investment Appraisal - Methods and Models*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-39969-8>
- Heger, C. A., Sen, P. K., & Morroni, A. (2012). Power factor correction - A fresh look into today's electrical systems. *IEEE Cement Industry Technical Conference (Paper)*, 255, 1–13. <https://doi.org/10.1109/CITCON.2012.6215705>
- Henriques, J., & Catarino, J. (2016). Motivating towards energy efficiency in small and medium enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 139, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.026>

- IEA. (2017). World Energy Outlook. Retrieved from <https://www.iea.org>
- IEA. (2018). Market Report Series: Energy Efficiency 2018. Retrieved from <https://www.iea.org>
- Kreith, F., & Goswami, D. Y. (2007). *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*. CRC Press.
- Krupa, J., & Harvey, L. D. D. (2017). Renewable electricity finance in the United States: A state-of-the-art review. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.190>
- Lee, A. H. I., Kang, H.-Y., & Huang, T.-T. (2017). Project Management Model for Constructing a Renewable Energy Plant. *Procedia Engineering*, 174, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.186>
- Li, M. J., & Tao, W. Q. (2017). Review of methodologies and polices for evaluation of energy efficiency in high energy-consuming industry. *Applied Energy*, 187, 203–215. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.039>
- Lima, L., Rocha Armada, M.J., Fernandes, A.B. (2005). Sobre a Avaliação de empresas não cotadas em Bolsa. Anais do 1º Encontro Norte Nordeste de Finanças, Recife – PE – Brasil – 08 e 09 de setembro de 2004. [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/4754/1/Fernandes\\_Armada\\_Rodrigues.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/4754/1/Fernandes_Armada_Rodrigues.pdf)
- Masini, A., & Menichetti, E. (2013). Investment decisions in the renewable energy sector: An analysis of non-financial drivers. *Technological Forecasting & Social Change*, 80, 510–524. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.08.003>
- Monjas-Barroso, M., & Balibrea-Iniesta, J. (2013). Valuation of projects for power generation with renewable energy: A comparative study based on real regulatory options. *Energy Policy*, 55, 335–352. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.019>
- Owens, G. (2002). Best Practices Guide : Economic & Financial Evaluation of Renewable Energy Projects. *Environment*, 1–50.
- Pereira, J. (2008). Modelo de estudo de viabilidade, plano de negocio, beneficio/custo. Retrieved January 26, 2018, from <http://jpereira.eu/2008/09/13/como-seleccionar->

um-projecto-racio-beneficiocusto/#comment-13300

PMI. (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1002/pmj.20125>

PNAEE. (2016). Retrieved May 7, 2017, from <http://www.pnaee.pt/pnaee#enquadramentopnaee>

Prashar, A. (2017). Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.068>

Project Management Institute. (2015). Project management institute. Retrieved January 13, 2018, from <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/founders>

Qi, H., & Xie, Y. A. (2016). Cost of capital: spot rate or forward rate? *Applied Economics*, 48(40), 3804–3811. <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1145350>

Reed, B. C. (2014). The Discovery and Interpretation of Nuclear Fission (pp. 71–117). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40297-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40297-5_3)

Ribeiro de Sá, A. F. (2016). *Guia de aplicações de gestão de energia e eficiência energética* (3ª Edição). Publindústria, Edições Técnicas.

Rose, K. (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) — Fourth Edition. Project Management Journal*. Retrieved from [https://www.works.gov.bh/English/ourstrategy/Project Management/Documents/Other Resources/PM Resources/PMBOKGuideFourthEdition\\_protected.pdf](https://www.works.gov.bh/English/ourstrategy/ProjectManagement/Documents/OtherResources/PMBOKGuideFourthEdition_protected.pdf)

Saidur, R., Mekhilef, S., Ali, M. B., Safari, A., & Mohammed, H. A. (2012). Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 543–550. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.020>

Saidur, R., Rahim, N. A., & Hasanuzzaman, M. (2010). A review on compressed-air energy use and energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1135–1153. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.013>

- Sambandam, M. T., Madlool, N. A., Saidur, R., Devaraj, D., & Rajakarunakaran, S. (2017). Investigation of energy saving potentials in T-junction and elbow in compressed air systems. *Energy Efficiency*. <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9493-0>
- Santos, L., Soares, I., Mendes, C., & Ferreira, P. (2014). Real Options versus Traditional Methods to assess Renewable Energy Projects. *Renewable Energy*, 68, 588–594. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.01.038>
- SCE. (2016). Documentação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios. Retrieved March 12, 2018, from <https://www.sce.pt/documentacao/>
- Schneider Electric. (2012). ISO 50001: Recommendations for Compliance ISO 50001: Recommendations for compliance How to achieve ISO 50001 compliance, reduce energy consumption and related energy costs, and provide a solid foundation for enterprise carbon and energy management. Retrieved from [http://static.schneider-electric.us/docs/Power Management/Energy Sustainability/ISO 50001 Consulting/Iso50001Recommendations.pdf](http://static.schneider-electric.us/docs/Power_Management/Energy_Sustainability/ISO_50001_Consulting/Iso50001Recommendations.pdf)
- Siebert, L. C., Yamakawa, E. K., Aoki, A. R., Ferreira, L. R., Santos, P. A., Jr, E. J. S., & Klinguefufus, G. (2014). Energy Efficiency Indicators Assessment Tool for the Industry Sector. *2014 IEEE PES Transmission & Distribution Conference & Exposition - Latin America*, (i), 1–6. <https://doi.org/10.1109/TDC-LA.2014.6955242>
- Srinagar, T. (2016). Comparative Analysis of Pulse Width Modulated Voltage Source Inverter Fed Induction Motor Drive and Matrix Converter Fed Induction Motor Drive, 1–6.
- United Nations Environment Programme. (2004). *Financial Risk Management Instruments for Renewable Energy Projects*.





## Lista de referências – Figuras

Figura 1 - PMI. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute (Vol. 5), p.43. <https://doi.org/10.1002/pmj.20125>.

Figura 2 - <http://experiengroup.com/ebook/download-developmental-psychology-childhood-and-adolescence-seventh-edition-2006.php> (Acedido a 04-03-18).

Figura 3 - Crundwell, F. K. (2008). Finance for engineers: Evaluation and funding of capital projects. Finance for Engineers: Evaluation and Funding of Capital Projects. (i) page 279. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-033-9>.

Figura 4 - Crundwell, F. K. (2008). Finance for engineers: Evaluation and funding of capital projects. Finance for Engineers: Evaluation and Funding of Capital Projects. (i) page 280. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-033-9>.

Figura 5 - Siebert et al. 2014. Energy Efficiency Indicators Assessment Tool for the Industry Sector. 2014 IEEE PES Transmission & Distribution Conference & Exposition - Latin America, (i), 1–6.

Figura 6 - [http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/PublishingImages/enquadramento\\_v2.jpg](http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/PublishingImages/enquadramento_v2.jpg) (Acedido a 18-03-18).

Figura 7 - ADENE (2016). Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido (1o), p.44, Lisboa: ADENE. Retrieved from <http://www.adene.pt/subsc-manual-ppec-sac>.

Figura 8 - <http://www.qenergia.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=229> (Acedido a 18-03-18).

Figura 9 - Saidur, R., Mekhilef, S., Ali, M. B., Safari, A., & Mohammed, H. A. (2012). Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(1), 543–550. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.020>.

Figura 10 - Srinagar, T. (2016). Comparative Analysis of Pulse Width Modulated Voltage Source Inverter Fed Induction Motor Drive and Matrix Converter Fed Induction Motor Drive, 1–6.

Figura 11 - <https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios/consumidores/> (Acedido a 12-03-18).

Figura 12 - <https://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/CLASSE+-Janelas.aspx> (Acedido a 14-03-18).

Figura 13 - <http://www.fundicalor.com/biobronpi1.htm> (Acedido a 21-03-18).

Figura 14 - <http://www.sunenergy.pt/autoconsumo-upac/#59> (Acedido a 03-04-18).

Figura 15 - [http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2005-03/images/01\\_4.jpg](http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2005-03/images/01_4.jpg) (Acedido a 04-04-18).

Figura 16 - <http://engenharia-quimica.blogspot.pt/2017/09/sobre-nova-linha-de-producao-de-papel.html> (Acedido a 04-04-18).

Figura 17 - <http://www.energie.pt/en/all-news/item/420-sanitary-hot-water-ipss> (Acedido a 07-04-18).

Figura 18 - Fotografia tirada à caixa de um condensador da *Nokian capacitors*. Elaboração própria (28-03-18).

Figura 19 - Esquema de princípio de compensação de energia reativa de forma centralizada. <https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/compensacao-do-factor> (02-10-18).

Figura 20 - Fotografia aérea da Associação de Desenvolvimento, Progresso e Vida da Tocha. <https://progressoevida.pt/> (Acedida a 05-07-18).

Figura 21 - Distribuição de pontos de luz (vista de cima) nos armazéns nº9, nº10 e nº11 com recurso à ferramenta DIALux 4.13 (freeware). Elaboração própria.

Figura 22 - Distribuição de pontos de luz (vista de cima) nos armazéns nº12 com recurso à ferramenta DIALux 4.13 (freeware). Elaboração própria.

## Anexos

### I. Tabela “Setores industriais e processos produtivos passíveis de usar energia solar térmica”

**Tabela 28 – Processos produtivos passíveis de usar energia solar térmica.**

**TABLE 20.5** Industrial Sectors and Processes Suitable for Solar Thermal Use

Sector	Processes	Temperature (°C)
Brewing and malting	Wort boiling	100
	Bottle washing	60
	Drying	90
	Cooling	60
Milk	Pasteurization	60–85
	Sterilization	130–150
Food preservation	Pasteurization	110–125
	Sterilization	< 80
	Cooking	70–100
	Scalding	95–100
	Bleaching	< 90
Meat	Washing, sterilization, cleaning	< 90
	Cooking	90–100
Wine and beverage	Bottle washing	60–90
	Cooling (single effect absorption cooling)	85
Textile	Washing, bleaching, dyeing	< 90
	Cooking	140–200
Automobile	Paint drying	160–220
	Degreasing	35–55
Paper	Paper pulp: cooking	170–180
	Boiler feed water	< 90
	Bleaching	130–150
	Drying	130–160
Tanning	Water heating for damp processes	165–180 (steam)
Cork	Drying, cork baking	40–155

Source: From European Commission, *The Potential of Solar Heat for Industrial Processes*, Final report, EC Project, Contract No. NNE5-1999-0308, 2001, <http://www.solarpaces.org>. With permission.

Nota: Adaptado de: (Kreith & Goswami, 2007, p.965)

II. Tabelas de referência com valores recomendados de iluminância.

**Tabela 29 – Gama de iluminância segundo ISO/CIE 8995-1.**

Gama de Iluminância (lux)	Tipos de Superfícies, de Tarefas ou/e Atividades
50 - 100 - 150	Zonas de circulação, locais de visitas de curta duração.
100 - 150 - 200	Áreas utilizadas por períodos curtos como local de trabalho.
200 - 300 - 500	Tarefas de reduzida acuidade visual (ex: salas de conferências).
300 - 500 - 750	Tarefas de média acuidade visual (ex: escritórios, salas de aulas, zonas de controlo).

Adaptado de: ISO 8995-1.

**Tabela 30 – Valores recomendados de iluminância segundo EN 12464-1.**

Valores recomendados de iluminância	
Área de trabalho	iluminância (lux)
Corredores de passagem	100
Hall de entrada permanentemente ocupados,	200
Cozinha	500
Laboratórios	500 - 750 -1000
Salas de aulas	300

Adaptado de: EN 12464-1.

### III. Distribuição dos pontos de luz com tecnologia LED.

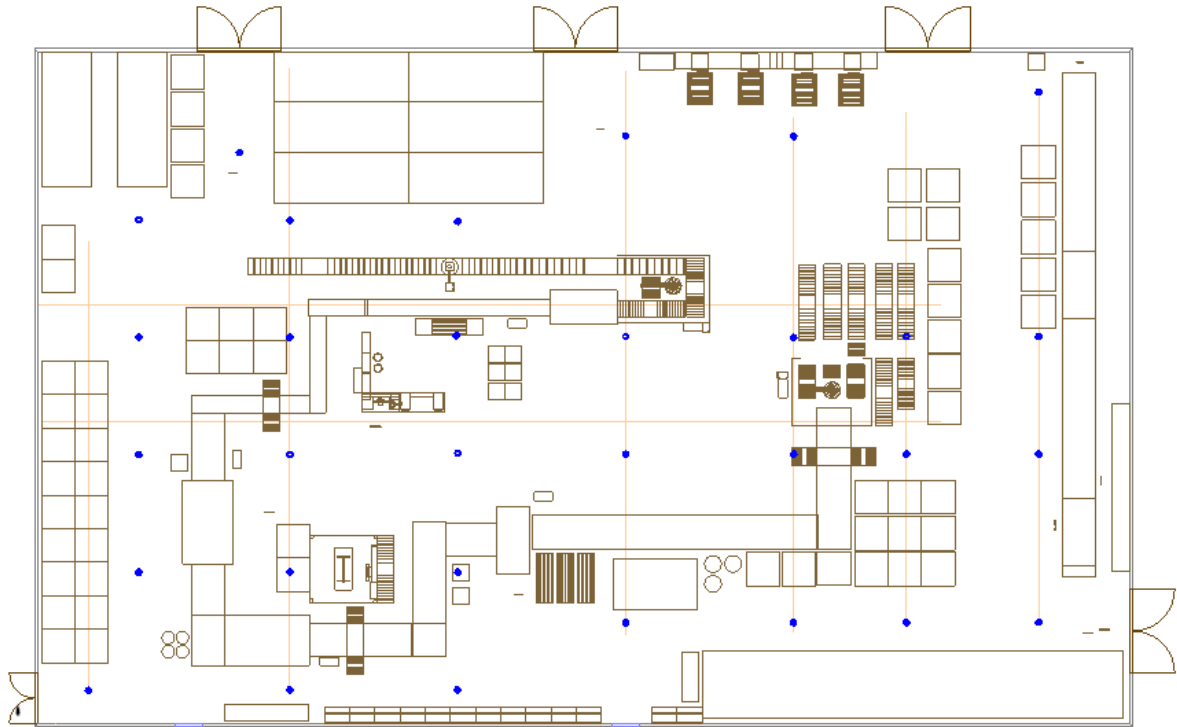


Figura 21 – Distribuição de pontos de luz nos armazéns nº6, nº7 e nº8.

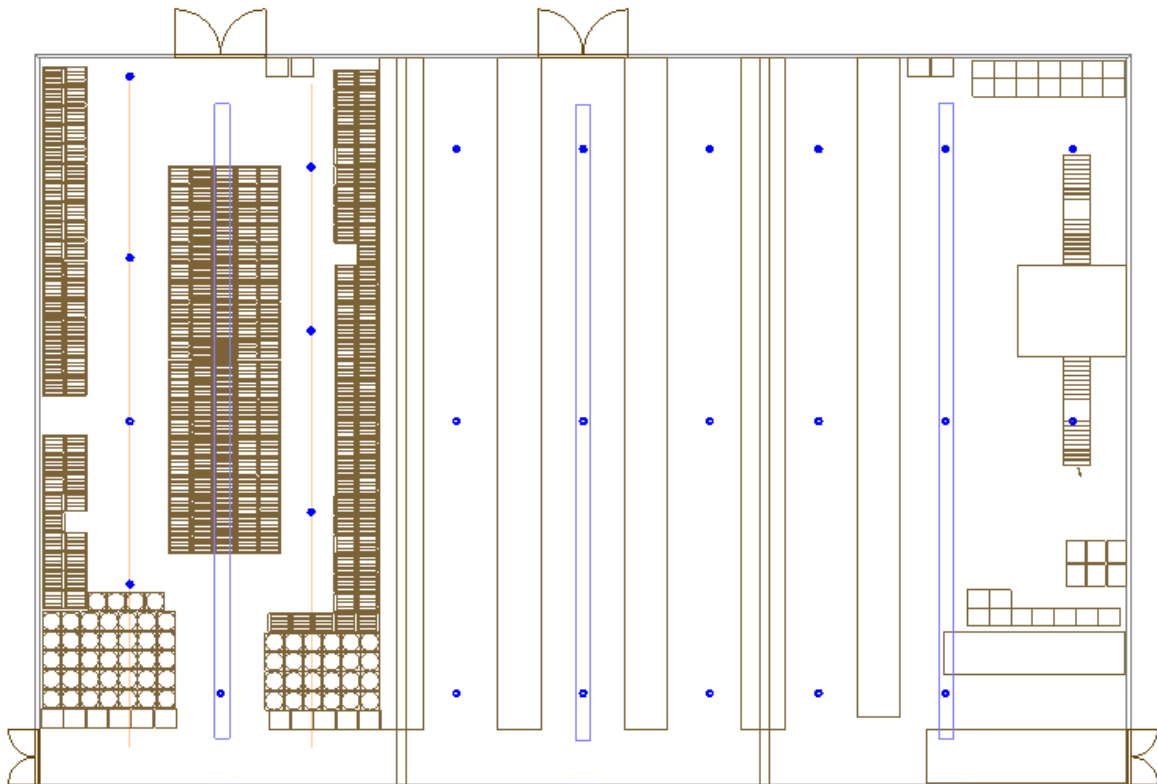


Figura 22 – Distribuição dos pontos de luz nos armazéns nº9, nº10 e nº11. (Elaboração própria)

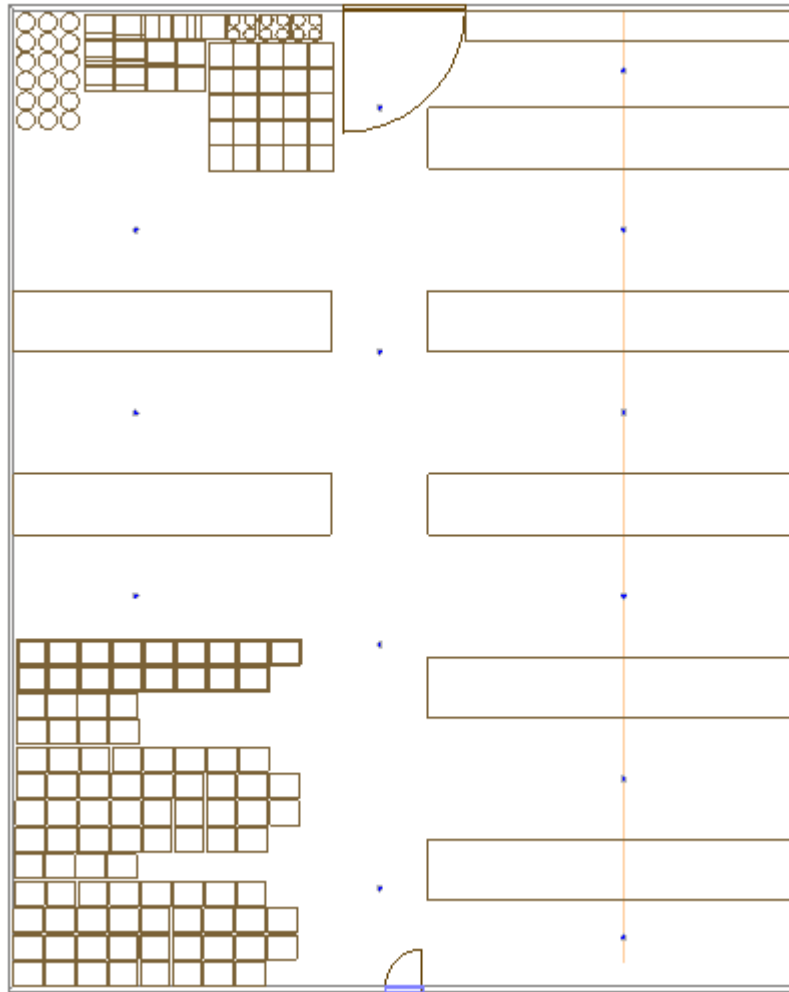


Figura 23 – Distribuição dos pontos de luz no armazém nº12. (Elaboração própria)

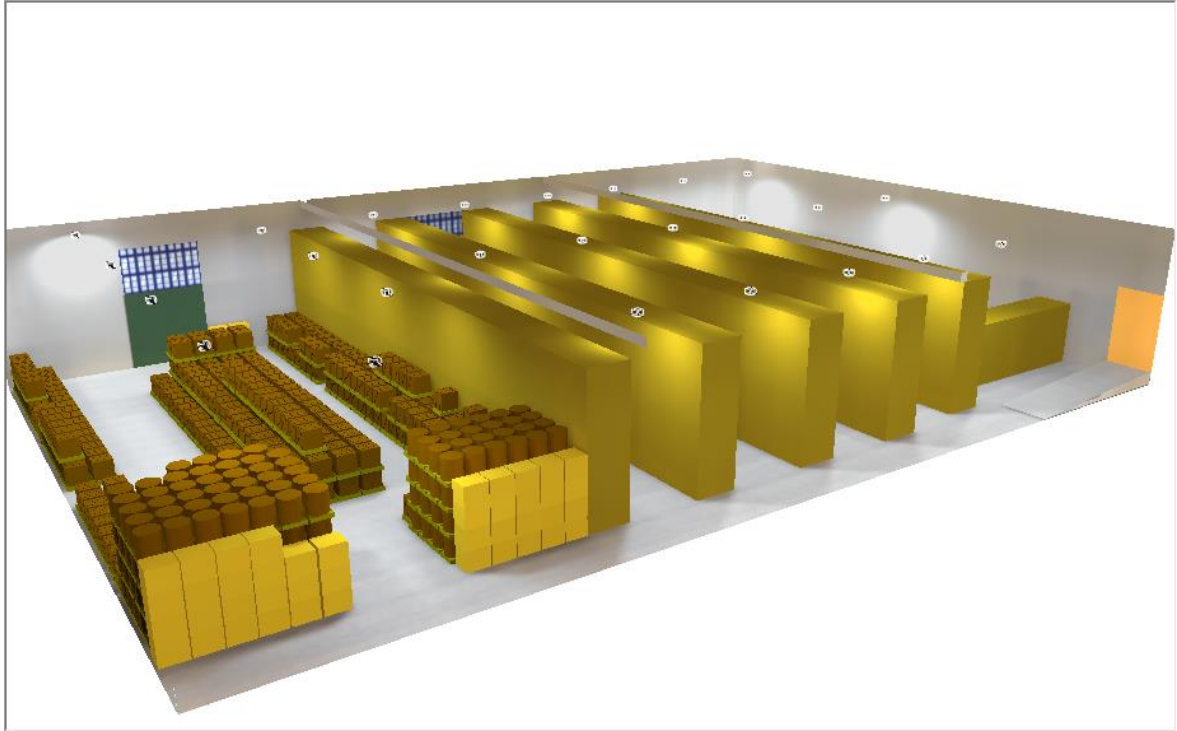
#### IV. Resultados luminotécnicos para os armazéns nº6 – nº12.



Figura 24 – Resultado final obtido para os armazéns nº6 – nº8 (Elaboração própria).



Figura 25 – Espaço de trabalho com valor de iluminância adequado (100 – 200 lux) (Elaboração própria)



**Figura 26 – Resultado final obtido para os armazéns nº9 – nº11 (Elaboração própria)**



## V. Tabela com as taxas de IRC

ENTIDADES	CONTINENTE	MADEIRA	AÇORES
ENTIDADES RESIDENTES E ESTABELECIMENTOS ESTÁVEIS DE ENTIDADES NÃO RESIDENTES <sup>(1) (2)</sup>	21%	21%	16,8%
ENTIDADES RESIDENTES E ESTABELECIMENTOS ESTÁVEIS DE ENTIDADES NÃO RESIDENTES, CLASSIFICADOS COMO, PEQUENA OU MÉDIA EMPRESA <sup>(1) (2) (3)</sup>	17% (para os primeiros € 15.000 de matéria coletável)	16% (para os primeiros € 15.000 de matéria coletável)	13,6% (para os primeiros € 15.000 de matéria coletável)
	21% (para a matéria coletável remanescente)	21% (para a matéria coletável remanescente)	16,8% (para a matéria coletável remanescente)
ENTIDADES RESIDENTES QUE NÃO EXERÇAM, A TÍTULO PRINCIPAL, ATIVIDADE COMERCIAL, INDUSTRIAL OU AGRÍCOLA	21%	21%	16,8%

**Nota:** Adaptado de: <https://www.pwc.pt/pt/pwcinforfisco/guia-fiscal/2018/irc.html>

(1) A esta taxa poderá ainda acrescer a taxa de Derrama.

(2) A esta taxa poderá ainda acrescer a taxa de Derrama Estadual.

(3) Tratando-se de micro, pequena ou média empresa, que exerçam a atividade e tenham direção efetiva em territórios do interior (conforme delimitação a estabelecer por portaria), a taxa aplicável aos primeiros € 15.000 de matéria coletável poderá ser reduzida para 12,5%.

## VI. Índice Harmonizado de preços no consumidor para Portugal

		2017	2018 (p)	2019 (p)	2020 (p)
Produto Interno Bruto	Portugal	2,7	2,3	1,9	1,7
	Área Euro	2,5	2,1	1,9	1,7
Índice harmonizado de preços no consumidor	Portugal	1,6	1,4	1,5	1,4
	Área Euro	1,5	1,7	1,7	1,7
Consumo privado	Portugal	2,3	2,2	1,9	1,7
	Área Euro	1,7	1,6	1,7	1,5
Consumo público	Portugal	-0,2	0,8	0,1	0,2
	Área Euro	1,2	1,3	1,3	1,2

Figura 27 – Página WEB do Banco de Portugal, Índice Harmonizado de preços no consumidor para Portugal (Fonte: <https://www.bportugal.pt/page/projecoes-economicas>)

VII. Variação do VAL dos projetos com base em múltiplas taxas de WACC

**GRANORTE – Projeto A**

Pe/(Pe+Pd)	Pd/(Pe+Pd)	WACC	VAL
0%	100%	1,91%	20.982,02 €
10%	90%	3,01%	19.313,78 €
20%	80%	4,12%	17.779,40 €
30%	70%	5,22%	16.365,88 €
40%	60%	6,32%	15.061,67 €
50%	50%	7,42%	13.856,47 €
60%	40%	8,52%	12.741,11 €
70%	30%	9,62%	11.707,36 €
80%	20%	10,73%	10.747,88 €
90%	10%	11,83%	9.856,08 €
100%	0%	12,93%	9.026,05 €

Fonte: Elaboração própria.

**GRANORTE – Projeto B**

Pe/(Pe+Pd)	Pd/(Pe+Pd)	WACC	VAL
0%	100%	1,91%	7.429,32 €
10%	90%	3,01%	7.289,80 €
20%	80%	4,12%	7.153,24 €
30%	70%	5,22%	7.019,53 €
40%	60%	6,32%	6.888,60 €
50%	50%	7,42%	6.760,35 €
60%	40%	8,52%	6.634,71 €
70%	30%	9,62%	6.511,59 €
80%	20%	10,73%	6.390,93 €
90%	10%	11,83%	6.272,64 €
100%	0%	12,93%	6.156,66 €

Fonte: Elaboração própria.

**GRANORTE – Projeto C**

Pe/(Pe+Pd)	Pd/(Pe+Pd)	WACC	VAL
0%	100%	1,91%	517.565,68 €
10%	90%	3,01%	479.059,05 €
20%	80%	4,12%	443.642,01 €
30%	70%	5,22%	411.014,73 €
40%	60%	6,32%	380.910,55 €
50%	50%	7,42%	353.091,86 €
60%	40%	8,52%	327.346,64 €
70%	30%	9,62%	303.485,38 €
80%	20%	10,73%	281.338,42 €
90%	10%	11,83%	260.753,68 €
100%	0%	12,93%	241.594,60 €

Fonte: Elaboração própria.

### ADPVT – Projeto D

Pe/(Pe+Pd)	Pd/(Pe+Pd)	WACC	VAL
0%	100%	2,607%	692,13 €
10%	90%	3,220%	462,60 €
20%	80%	3,834%	243,48 €
30%	70%	4,447%	34,18 €
40%	60%	5,060%	-165,83 €
50%	50%	5,674%	-357,05 €
60%	40%	6,287%	-539,96 €
70%	30%	6,900%	-715,01 €
80%	20%	7,513%	-882,60 €
90%	10%	8,127%	-1.043,13 €
100%	0%	8,740%	-1.196,97 €

Fonte: Elaboração própria.

### ADPVT – Projeto E

Pe/(Pe+Pd)	Pd/(Pe+Pd)	WACC	VAL
0%	100%	2,607%	112.610,30 €
10%	90%	3,220%	108.847,45 €
20%	80%	3,834%	105.255,14 €
30%	70%	4,447%	101.823,94 €
40%	60%	5,060%	98.545,04 €
50%	50%	5,674%	95.410,17 €
60%	40%	6,287%	92.411,55 €
70%	30%	6,900%	89.541,93 €
80%	20%	7,513%	86.794,46 €
90%	10%	8,127%	84.162,75 €
100%	0%	8,740%	81.640,75 €

Fonte: Elaboração própria.