



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Caraterização Energética do Setor Agroalimentar Português

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente

Autor

João Filipe Figueira de Sousa Correia

Orientador

José Manuel Baranda Moreira da Silva Ribeiro

Júri

Presidente	Professor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Avelino Virgílio Fernandes Monteiro de Oliveira
Vogais	Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra



Coimbra, Abril, 2014

Agradecimentos

Queria agradecer todo o apoio que o meu Orientador, Prof. Baranda Ribeiro, me deu ao longo da realização desta Dissertação de Mestrado, com a sua opinião e tempo dispensado para me esclarecer nas dúvidas que apareceram e me guiar ao longo de todo o trabalho.

Ao Eng.º Vítor Ferreira, pelo constante apoio que me deu sempre que necessitava e por estar sempre disponível para me tirar as dúvidas que foram surgindo.

Aos meus colegas de Engenharia do Ambiente, por terem partilhado comigo os momentos do curso, mas também momentos de cumplicidade, brincadeira e diversão.

À Quantunna, grupo que me fez crescer e criar amigos para a vida, soube distrair-me nos momentos necessários, e que me mostrou a riqueza que há na música e no associativismo.

Aos Fonseca, por terem sido como uma 2ª família cá por Coimbra, por me fazerem sentir sempre em casa na sua casa, e pelo seu apoio ao longo destes 6 anos.

À minha Mariana, por ter estado sempre ao meu lado a apoiar-me do início ao fim, e ter-me dado sempre a força e motivação necessárias para trabalhar nos momentos mais difíceis.

À minha família, em especial à Nina, por me ter ajudado sempre que precisei.

Aos meus irmãos, companhia e apoio constantes por cá e na Madeira, por me terem auxiliado em qualquer situação e por serem um bocadinho de casa em Coimbra.

Aos meus pais, o meu exemplo de vida tanto profissional como pessoal, que sempre me apoiaram incondicionalmente durante todo o meu percurso académico e que, mesmo estando longe, conseguiram estar sempre presentes na minha vida académica.

A todos os que, direta ou indiretamente estiveram presentes e fizeram parte desta grande aventura, que agora se finda, que foi o meu percurso académico.

A Coimbra, por me ter feito a pessoa que sou atualmente, pelas aventuras, amizades, vivências, memórias, saudades.

Por tudo, o meu muito obrigado

RESUMO

A energia assegura uma vasta gama de atividades humanas e é o principal motor do desenvolvimento económico. No entanto, uma análise recente da Agência Internacional de Energia confirma uma mensagem vital que está agora a ser transmitida por várias fontes: apesar de alguns avanços positivos na forma como as pessoas consomem energia, os padrões atuais de consumo encaminham-nos para um futuro energético insustentável.

Com a crise económica atual, os pacotes de resgate fiscais usados para financiar programas de eficiência energética e investimentos em áreas prioritárias, com a sua relação custo-eficácia inerente e capacidade de redução de despesa futura, poderão fazer da eficiência energética um dos melhores estímulos para revigorar as economias nacionais.

Com o potencial de melhorias na eficiência energética existente na indústria da União Europeia (cerca de 30%), esta torna-se uma estratégia essencial na diminuição dos consumos energéticos das empresas e das emissões de gases com efeito de estufa (GEE), de modo a atingir as metas acordadas.

Estudos realizados no âmbito da eficiência energética na indústria demonstram existirem hoje as ferramentas de medição, controlo e gestão necessárias à melhoria do desempenho energético neste setor. Contudo, verifica-se igualmente a existência de uma lacuna entre as soluções disponíveis, nomeadamente as medidas de utilização racional de energia (URE), e a sua implementação prática.

As vantagens são extensas, tanto em termos de crescimento económico como de criação de empregos. Os potenciais empregos consequentes desta melhoria serão criados tanto nas áreas rurais como nas urbanas, frequentemente no seio das pequenas e médias empresas (PME) e serão empregos locais, que não podem ser deslocalizados.

Além do reforço da competitividade das empresas, da redução da sua fatura e dependência energéticas, da melhoria da eficiência energética advém uma minimização da intensidade energética da sociedade e das emissões de poluentes, incluindo os gases de efeito de estufa.

Portugal possui mecanismos de avaliação de desempenho energético de grandes empresas, através da instituição de auditorias energéticas obrigatórias a empresas com consumos superiores a 500 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por ano. Embora estas perfaçam a maioria do consumo energético na indústria portuguesa, as PME, na sua maioria não abrangidas pelo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, têm um consumo significativo, não individualmente, mas em conjunto. Como já comprovado, empresas de menor dimensão não têm consumos específicos de energia necessariamente menores, devido também à falta de regulação dos seus consumos de energia. Assim, o potencial de poupança que poderá resultar da melhoria da eficiência energética no conjunto destas PME poderá ser significativo.

Com a falta de indicadores energéticos padrão para as empresas se basearem de acordo com o seu tipo de indústria e consumo, torna-se essencial adquirir informação que defina o perfil energético setorial existente, para que assim se possa averiguar o potencial de melhoria da eficiência energética e implementar medidas concretas para aumento da sua eficiência energética através do *benchmarking*.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Indicadores Energéticos, *Benchmarking*.

ABSTRACT

Energy plays an important role in human activities, and is the main motor for economic growth. However, recent studies of the International Energy Agency confirm a vital message that is now being transmitted by several sources: despite some positive advances in the way people consume energy, the current consumption patterns are leading us to an unsustainable future.

With the existing economics crisis, the finance rescue packages used to finance energy efficiency programs and investments in proprietary areas, with their inherent cost-effectiveness relation and ability to reduce future expense, may make energy efficiency one of the best stimulus to reinvigorate national economies.

Assuming that the potential for energy efficiency improvements in the Europe Union are about 30%, this strategy becomes a key-factor in the reduction of energy consumption of the companies and in the emission of greenhouse gases, so that the established goals can be achieved.

Studies have shown the existence of tools for measuring, controlling and managing necessary for the improvement of the energetic performance of the industrial sector. Still, there is a gap between the available solutions, namely the measures for Rational Energy Use, and its practical implementation.

The benefits are extensive, both in terms of economic growth and job creation. The potential jobs resulting from this improvement will be created in the rural and urban areas, often within the SMEs, and will be local jobs that cannot be outsourced.

In addition to strengthening the competitiveness of companies, reducing their bill and energy dependence, improving their energy efficiency minimizes the energy intensity from society and pollutants emission, including greenhouse gases.

Portugal has mechanism for assessing energetic performance of big companies, through the institution of mandatory energy audits for companies that consume more than 500 toe per year. Although these energy intensive companies make up the majority of the energetic consumption of the Portuguese industry, the SME, not covered by the SCGIE, have a significant energy consumption as a whole.

As already proven, smaller companies don't have a necessarily lower specific energy consumption, due also to the inexistence of regulation of their energy consumption. Thus, the potential savings that can result from the improvement of energy efficiency in these companies can be quite significant.

With the lack of standard energy indicators available for the companies to use for the benchmarking process of their industry type and energy consumption, acquiring new data that defines the energetic profile of the existent industry sector becomes essential, so that practical measures can be implemented and the potential improvement of energy efficiency can be calculated.

Key-words: Energy Efficiency, Energy Indicators, Benchmarking

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABELAS	X
NOMENCLATURA	XII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	2
1.1.1. O setor energético Europeu	6
1.1.2. O setor energético Português	8
1.2. SETOR INDUSTRIAL AGROALIMENTAR	12
2. GESTÃO ENERGÉTICA	15
2.1. INDICADORES ENERGÉTICOS	16
2.2. PORTUGAL	17
2.3. ESPANHA.....	19
2.4. E.U.A.....	22
2.4.1. Código SIC	23
2.4.2. Código NAICS	24
2.4.3. Códigos A.R.C.....	25
3. BENCHMARKING SETOR AGROALIMENTAR	27
3.1. PROJETO INOVENERGY	28
3.1.1. Dados.....	31
3.2. MEDIDAS DE UTILIZAÇÃO RACIONAL DE ENERGIA	38
3.2.1. Recomendações IAC	40
3.2.1.1. Sistemas de Combustão.....	43
3.2.1.2. Sistemas Térmicos	43
3.2.1.3. Sistemas de Motores	44
3.2.1.4. Sistemas de ar comprimido	46
3.2.1.5. Sistemas de Iluminação.....	47
3.2.2. Resultados.....	49
4. REFRIGERAÇÃO NO SETOR AGROALIMENTAR.....	52
4.1. REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL.....	52
4.1.1. Refrigeração no Setor Agroalimentar	53
4.2. LEGISLAÇÃO	54
4.3. INDICADORES DOS FLUIDOS REFRIGERANTES	58
4.4. FLUIDOS REFRIGERANTES	60
4.4.1. Tipos de Refrigerantes	61

4.4.1.1.	HCFC-22.....	63
4.4.1.2.	Hidrofluorcarbonetos - HFCs.....	63
4.4.1.3.	Amoníaco.....	64
4.4.1.4.	Dióxido de carbono - CO ₂	66
4.4.1.5.	Hidrocarbonetos - HCs.....	67
4.4.1.6.	Água.....	68
4.5.	TIPOS DE SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO.....	68
4.5.1.	Sistemas centralizados.....	69
4.5.1.1.	Sistemas diretos.....	69
4.5.1.2.	Sistemas Distribuídos Secundários.....	72
4.5.2.	Sistema distribuídos.....	74
4.5.3.	Sistema de absorção.....	74
4.6.	REFRIGERAÇÃO PROJETO INOVENERGY.....	75
4.6.1.	Câmaras de Conservação.....	75
4.6.2.	Levantamento dos Fluidos Refrigerantes.....	79
4.6.2.1.	Alternativas ao R-22.....	82
5.	CONCLUSÕES.....	86
6.	PERSPETIVAS FUTURAS.....	89
7.	BIBLIOGRAFIA.....	90
	ANEXO A – INQUÉRITO DO PROJETO INOVENERGY.....	95
	ANEXO B - DADOS DAS EMPRESAS DO PROJETO INOVENERGY.....	102
	ANEXO C – CONSUMOS ENERGÉTICOS ESPECÍFICOS POR FILEIRA.....	105
	ANEXO D – VALORES DE REFERÊNCIA DOS CEE POR FILEIRA.....	107
	ANEXO E – FATORES DE CONVERSÃO UTILIZADOS PELO PROGRAMA IAC.....	108
	ANEXO F – CARATERÍSTICAS FLUIDOS REFRIGERANTES.....	109
	ANEXO G – EMPRESAS-TIPO POR FILEIRA.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - POUPANÇAS GLOBAIS DE ENERGIA NOS PAÍSES COM MAIOR CONSUMO DE ENERGIA DESDE 1973 ATÉ 2006 [4].....	3
FIGURA 2 - TAXA DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA [4].	3
FIGURA 3 - CONSUMO TOTAL DE ENERGIA POR COMBUSTÍVEL E INTENSIDADE ENERGÉTICA NA UE [2]	7
FIGURA 4 - SALDO IMPORTADOR DE PRODUTOS ENERGÉTICOS [57].....	9
FIGURA 5 - DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA DE PORTUGAL (%) [57]	9
FIGURA 6 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA PELOS DIFERENTES SETORES ECONÓMICOS EM PORTUGAL E NA UE.....	10
FIGURA 7 – EMISSÃO DE GEE EM 10 ³ TONCO ₂ E META IMPOSTA PELO TRATADO DE QUIOTO.	11
FIGURA 8 - VARIAÇÕES NOS CONSUMOS DE ENERGIA POR SUBSETOR NA INDÚSTRIA TRANSFORMADORA ENTRE 1990 E 2006 [4].	12
FIGURA 9 - PAÍSES COM METAS QUANTITATIVAS E MODO DE EXPRESSÃO DAS METAS [6].....	15
FIGURA 10 - CONSUMO ENERGÉTICO DAS EMPRESAS ESTUDADAS	18
FIGURA 11 – CONSUMO DESAGREGADO POR TIPO DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO ₂ E POR TONELADA DE PRODUTO	19
FIGURA 12 - PERCENTAGEM DO CONSUMO DE ENERGIA TÉRMICA E POTENCIAL DE POUPANÇA [18].....	21
FIGURA 13 - EXEMPLO DE DESIGNAÇÃO DO CÓDIGO NAICS [20].....	25
FIGURA 14 – PERCENTAGEM DAS RECOMENDAÇÕES ATRIBUÍDAS ÀS FILEIRAS SELECIONADAS DO SETOR AGROALIMENTAR DOS E.U.A.	26
FIGURA 15 - ENTIDADES ENVOLVIDAS NO PROJETO INOVENERGY E MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DAS SUAS ZONAS DE ATUAÇÃO.....	29
FIGURA 16 - MODELO PREVISIONAL, OUTPUT ESPERADO DO PROJETO INOVENERGY.....	31
FIGURA 17 - RELAÇÃO ENTRE O CEE E A PRODUÇÃO DAS EMPRESAS SELECIONADAS DA BASE DE DADOS IAC	34
FIGURA 18 - RELAÇÃO ENTRE O CEE E A PRODUÇÃO DAS EMPRESAS DO PROJETO INOVENERGY	34
FIGURA 19 - CONSUMO MÉDIO ANUAL DESAGREGADO POR TIPO DE ENERGIA DAS DIFERENTES FILEIRAS ESTUDADAS	35
FIGURA 20 – CONSUMOS TOTAIS ANUAIS MÉDIOS POR FILEIRA E RELATIVA EMISSÃO DE CO ₂	35
FIGURA 21 - CONSUMO E PRODUÇÃO DAS EMPRESAS POR FILEIRA	36

FIGURA 22 – CEE DAS EMPRESAS DO PROJETO INOVENERGY E CEE MÉDIO POR FILEIRA	37
FIGURA 23 – EVOLUÇÃO TEMPORAL DA FRAÇÃO MOLAR DE GASES HALOGENADOS COM LONGA VIDA ATMOSFÉRICA.....	56
FIGURA 24 - SISTEMA CENTRALIZADO DE EXPANSÃO DIRETA [39]	69
FIGURA 25 - SISTEMA DE EXPANSÃO DIRETA EM CASCATA [39]	70
FIGURA 26 - DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DE UM SISTEMA TRANSCRÍTICO DE CO ₂	71
FIGURA 27 - SISTEMA DE EXPANSÃO DIRETA TRANSCRÍTICA DE CO ₂ [39]	72
FIGURA 28 - SISTEMA CENTRALIZADO SECUNDÁRIO [37]	73
FIGURA 29 - SISTEMA DE EXPANSÃO DIRETA DISTRIBUÍDA [39].....	74
FIGURA 30 - NÚMERO E VOLUMETRIA MÉDIA DE CADA CÂMARA POR FILEIRA.....	75
FIGURA 31 - ÁREAS TOTAIS E PORCENTAGEM OCUPADA POR CÂMARAS DE CONSERVAÇÃO [44]	76
FIGURA 32 - POTÊNCIA CONTRATADA, CAPACIDADE NOMINAL DOS COMPRESSORES E ÁREA MÉDIA DAS CÂMARAS POR FILEIRA.....	77
FIGURA 33 – PROPORÇÃO DE CÂMARAS DE CONSERVAÇÃO COM FRIO NEGATIVO E POSITIVO POR FILEIRA E RELATIVO CONSUMO ESPECÍFICO MÉDIO	78
FIGURA 34 - RELAÇÃO ENTRE VOLUMETRIA MÉDIA E CONSUMO ESPECÍFICO ANUAL [37]	78
FIGURA 35 - VOLUMETRIA MÉDIA DAS CÂMARAS E CONSUMO ESPECÍFICO MÉDIO POR CÂMARA.....	79
FIGURA 36 - LEVANTAMENTO DOS REFRIGERANTES UTILIZADOS (PRIMÁRIOS + SECUNDÁRIOS)	79
FIGURA 37 - LEVANTAMENTO DOS REFRIGERANTES UTILIZADOS (PRIMÁRIOS)	80
FIGURA 38 – REFRIGERANTES USADOS POR FILEIRA	81

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CONSUMO TOTAL DE ENERGIA DESAGREGADO POR TIPO DE FONTE DE PORTUGAL [12]	7
TABELA 2 - ESTRUTURA E PRODUÇÃO DO SETOR AGROALIMENTAR PORTUGUÊS EM 1998 E 2010 [15, 17] .	13
TABELA 3 - CARATERIZAÇÃO ENERGÉTICA TOTAL DO SETOR DA ALIMENTAÇÃO, BEBIDA E TABACO ESPANHOL [18]	21
TABELA 4 - MEDIDAS DE POUPANÇA DE CONSUMO DE ENERGIA TÉRMICA E TAXAS DE POUPANÇA NO SETOR AGROINDUSTRIAL ESPANHOL [18]	22
TABELA 5 - CÓDIGO DE A.R.C. DA CATEGORIAS DE ENERGIA DO PROGRAMA IAC	25
TABELA 6 - RECOMENDAÇÕES ATRIBUÍDAS ÀS FILEIRAS SELECIONADAS DO SETOR AGROALIMENTAR DOS E.U.A.	26
TABELA 7 - CÓDIGO DE CAE DAS EMPRESAS DO PROJETO INOVENERGY	31
TABELA 8 - DADOS GERAIS DA FILEIRA CARNE	32
TABELA 9 - CONSUMOS ENERGÉTICOS DAS EMPRESAS AUDITADAS DA FILEIRA CARNE.....	33
TABELA 10 – CEE MÉDIOS DE CADA FILEIRA.....	37
TABELA 11 - AÇÕES DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EXEMPLOS DE INVESTIMENTOS COM CUSTOS CRESCENTES [10].....	39
TABELA 12 - POUPANÇA TEÓRICA CAUSADA PELAS MEDIDAS TRANSVERSAIS AO SETOR INDUSTRIAL	40
TABELA 13 – MEDIDAS URE SELECIONADAS DA BASE DE DADOS IAC	41
TABELA 14 - CARATERÍSTICAS DAS MEDIDAS DE URE RECOMENDADAS POR FILEIRA	42
TABELA 15 - PRESSÕES MÍNIMAS RECOMENDADAS PARA UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO [26]	44
TABELA 16 - MÉDIAS TOTAIS PROJETO INOVENERGY	49
TABELA 17 - MÉDIAS TOTAIS DE POUPANÇA E CUSTO POR FILEIRA.....	50
TABELA 18 - POUPANÇAS RESULTANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	50
TABELA 19 - GRUPOS DE SEGURANÇA DOS DIFERENTES FLUIDOS REFRIGERANTES, DE ACORDO COM A NORMA NF EN 318-1:2000	58
TABELA 20 - POTENCIAL DE DEPLEÇÃO DE OZONO, POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL E TEMPO DE VIDA MÉDIO NA ATMOSFERA PARA DIVERSOS REFRIGERANTES (28)	59
TABELA 21 - COEFICIENTE DE DESEMPENHO COMPARATIVO DE VÁRIOS REFRIGERANTES [32].....	59
TABELA 22 - VALOR DE MERCADO ESTIMADO EM 2009 PARA GRANDES INSTALAÇÕES DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL (29).....	62

TABELA 23 - VALOR DE MERCADO ESTIMADO DE 2008 PARA PEQUENOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL [29].....	62
TABELA 24 - REFRIGERANTES DE SUBSTITUIÇÃO (28)	83
TABELA 25 - SUBSTITUTOS PARA HCFCs EM SISTEMAS INDUSTRIAIS (39).....	83
TABELA 26 - SUBSTITUTOS PARA HCFCs EM ARMAZÉNS FRIGORÍFICOS (39).....	84
TABELA 27 - DADOS GERAIS DA FILEIRA DISTRIBUIÇÃO.....	102
TABELA 28 - CONSUMOS ENERGÉTICOS DAS EMPRESAS AUDITADAS DA FILEIRA DISTRIBUIÇÃO	102
TABELA 29 - DADOS GERAIS DA FILEIRA HORTOFRUTÍCOLAS.....	102
TABELA 30 - CONSUMOS ENERGÉTICOS DAS EMPRESAS AUDITADAS DA FILEIRA HORTOFRUTÍCOLAS	102
TABELA 31 - DADOS GERAIS DA FILEIRA PEIXE	103
TABELA 32 - CONSUMOS ENERGÉTICOS DAS EMPRESAS AUDITADAS DA FILEIRA PEIXE.....	103
TABELA 33 - DADOS GERAIS DA FILEIRA VINHO.....	103
TABELA 34 - CONSUMOS ENERGÉTICOS DAS EMPRESAS AUDITADAS DA FILEIRA VINHO	104
TABELA 35 - CEE POR EMPRESA DA FILEIRA CARNES	105
TABELA 36 - CEE POR EMPRESA DA FILEIRA HORTOFRUTÍCOLAS	105
TABELA 37 - CEE POR EMPRESA DA FILEIRA PEIXES	105
TABELA 38 - CEE POR EMPRESA DA FILEIRA VINHO.....	106
TABELA 39 - CEE POR EMPRESA DA FILEIRA DISTRIBUIÇÃO	106
TABELA 40 - VALORES DE REFERÊNCIA DOS CEEs POR FILEIRA [16] [25] [48].....	107
TABELA 41 - DIFERENTES FLUIDOS REFRIGERANTES E AS SUAS CARATERÍSTICAS	109
TABELA 42 - CARATERÍSTICAS MÉDIAS DAS EMPRESAS DO PROJETO INOVENERGY	110

NOMENCLATURA

ARC – Assessment Recommendation Code
BAT – Melhores Práticas Disponíveis (Best Available Techniques)
CAE – Classificação das Atividades Económicas
CEE – Consumo Energético Específico
CFC – Clorofluorcarboneto
CIE – Consumidora Intensiva de Energia
CO₂e – Equivalente de Dióxido de Carbono
DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia
EPA – Agência de Proteção do Ambiente dos EUA (Environmental Protection Agency)
GEE – Gases com Efeito de Estufa
GWP – Global Warming Potential
HC – Hidrocarboneto
HCC – Hidroclorocarboneto
HCFC – Hidroclorofluorcarboneto
HFC – Hidrofluorocarboneto
IAC – Industrial Assessment Center
IC – Intensidade Carbónica
IE – Intensidade Energética
IEA – Agência Internacional da Energia (International Energy Agency)
IPCC – International Pannel for Climate Change
kgep – Quilograma equivalente de petróleo
KPI – Indicador-chave de Desempenho (Key Performance Indicator)
LT – Temperatura Baixa (Low Temperature)
MMBtu – Milhões de Btu (British Thermal Units)
MT – Temperatura Média (Medium Temperature)
ODP – Ozone Depleting Potential
ODS – Ozone Depleting Substance
Pa - Pascal
PREn – Plano de Racionalização de Energia
PRI – Período de Retorno do Investimento
psig – Libra por polegada quadrada manométrica (Pound per Square Inch Gauge)
RGCE – Regulamento de Gestão do Consumo Energético
SGCIE – Sistema de gestão de consumos intensivos de energia
SIC – Standard Industrial Clasification
tep – tonelada equivalente de petróleo
URE – Utilização Racional de Energia
VAB – Valor Acrescentado Bruto
VEV – Variador Eletrónico de velocidade

1. INTRODUÇÃO

A energia é uma entidade primária e difícil de definir de uma maneira simples. Coloquialmente, é vista como a capacidade de promover trabalho [1]. Assemelha-se a outra qualquer matéria-prima necessária para um negócio: tem custos e impactes ambientais, e necessita de ser bem gerida de modo a aumentar a rentabilidade e competitividade dos seus utilizadores, bem como mitigar os impactes causados [1].

Devido à crise energética mundial que persiste atualmente, desde há vários anos que o preço do petróleo apresenta uma grande variabilidade, e tanto a energia como a procura da sua utilização eficiente despertaram um grande interesse público. Surgiu a necessidade de reduzir a dependência energética nos países que registam altos valores e viu-se aumentada a preocupação geral com a contaminação ambiental.

O aumento dos preços do petróleo veio consequentemente chamar a atenção para o impacte do aumento da procura de energia em resultado do rápido aumento do consumo de energia em alguns países, nomeadamente Índia e China. Dada a escassez de recursos energéticos e a capacidade limitada de produção excedentária, nomeadamente em matéria de hidrocarbonetos, os países importadores de energia estão cada vez mais em concorrência para o acesso aos mesmos recursos energéticos, nomeadamente os provenientes da Rússia, do Médio Oriente e da região do mar Cáspio [2].

As estatísticas mostram que, a nível mundial, tanto o consumo energético como as emissões de CO₂, resultantes deste cada vez maior consumo, apresentam uma tendência crescente no tempo, com um aumento de 22,6% e de 20,9%, em 1990 e 2003 respetivamente, enquanto que as reservas de petróleo apresentam uma tendência decrescente, diminuindo neste mesmo período aproximadamente 35% [3].

O crescimento económico flutuante e altos preços da energia têm desempenhado um papel importante na melhoria da eficiência energética. A fim de satisfazer a crescente procura por bens de consumo, os países acrescentaram capacidade energética mais eficiente, reduzindo a parcela de unidades de produção menores e menos eficientes. Para conter o aumento dos custos de produção, muitas empresas realizaram alterações nas instalações existentes ou investiram em centrais e processos de produção novos e mais eficientes [4].

1.1. Eficiência Energética

A importância da eficiência energética foi evidenciada pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), expondo que os cenários de mitigação e estabilização da concentração dos GEE são caracterizados pela introdução de tecnologias com eficiência energética, tanto para o uso da energia, como para o abastecimento, afirmando ainda que o melhoramento da eficiência energética dos processos industriais é a opção mais significativa para reduzir as emissões de GEE [5].

A eficiência energética é definida na Diretiva Europeia 148/2005 como “*uma razão entre um output de performance, serviço, bens ou energia, e um input de energia*” [1].

Melhorias na eficiência energética resultam numa redução na energia usada para um dado serviço (aquecimento, iluminação, etc.) ou nível de atividade. A redução no consumo de energia é normalmente associada a mudanças tecnológicas, mas nem sempre, dado que pode resultar de uma melhor organização ou gestão ou mudanças comportamentais (“fatores não-técnicos”) [6]. De facto, uma utilização mais eficiente da energia contribui para o crescimento económico e o desenvolvimento industrial, para a manutenção de um nível elevado de segurança no fornecimento energético e para reduzir as emissões de CO₂ [7].

As melhorias na produtividade da energia a nível global resultaram numa grande poupança de energia e emissões de CO₂. Com a intensidade energética de 1990, o consumo em excesso de energia global em 2008 teria sido cerca de 3,6 Gtep (10⁹ toneladas equivalentes de petróleo). Ou seja, a energia não consumida (“*Negajoules*”) atingiu 3,6 Gtep a nível mundial, ou quase 30% do consumo primário [6].

O conceito “*Negajoules*” representa o consumo de energia evitado graças ao aumento da eficiência energética. Por exemplo, o aumento de 13% da eficiência energética dos consumidores finais na UE-27 entre 1996 e 2007 equivaleu a poupanças de energia de cerca de 160 Mtep durante esse período [8].

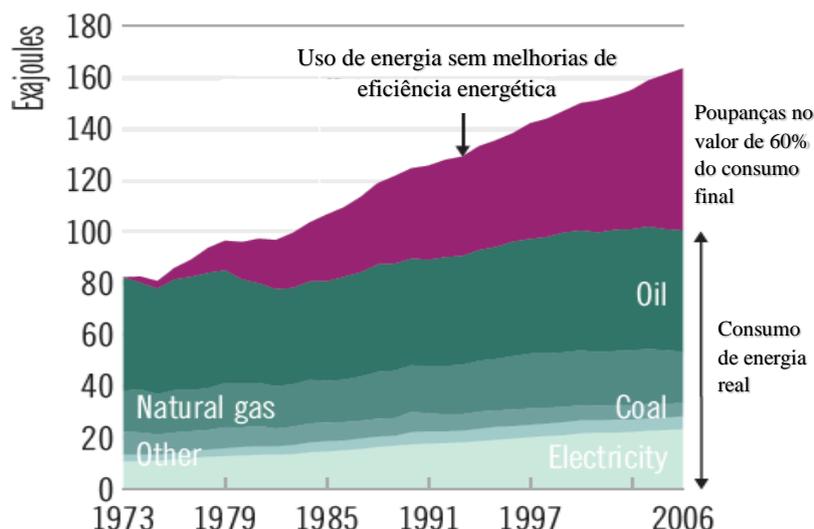


Figura 1 - Poupanças globais de energia nos países com maior consumo de energia desde 1973 até 2006 [4]

As mudanças políticas em resposta aos choques do preço do petróleo na década de 70 fez consideravelmente mais para conter o aumento da procura de energia e reduzir as emissões de CO₂ do que a eficiência energética e as políticas climáticas implementadas desde a década de 90 [4]. A Figura 2 mostra que os ganhos de eficiência observados desde 1990 foram muito menores comparados com décadas anteriores. A média da melhoria de eficiência energética para esta amostra de 11 países membros da IEA, é de cerca de 1% por ano no período de 1990 a 2006, em comparação com 2% por ano entre 1973 e 1990.

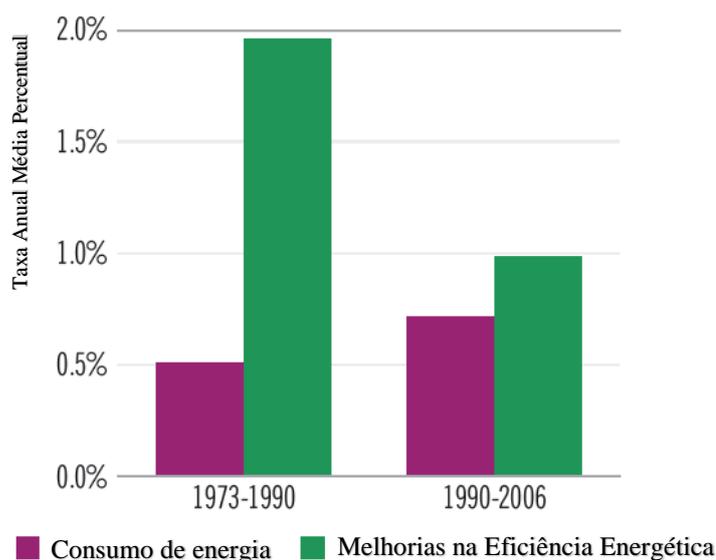


Figura 2 - Taxa de melhoria da eficiência energética [4].

Se a taxa anterior de melhoria da eficiência energética tivesse sido mantida, não teria havido aumento no consumo de energia neste grupo de países desde 1990. Dados recentes mostram alguns sinais de que as tendências estão novamente a mudar, e a taxa de melhoria de eficiência energética poderá ter aumentado ligeiramente nos últimos anos [4].

A eficiência energética é atualmente alvo de forte compromisso global. Os líderes políticos reafirmaram o papel crítico que a melhoria da eficiência energética pode desempenhar na segurança energética, nos objetivos ambientais e económicos. O apoio para a eficiência energética ao longo das últimas quatro décadas, no entanto, tem sido inconsistente [9].

No início do século XXI, os incentivos para a melhoria da eficiência energética aumentaram e alcançou-se a perceção de que muitas barreiras de mercado à eficiência energética existentes atualmente exigem atenção política. Consequentemente, os governos estão mais frequentemente a complementar abordagens baseadas no mercado, com maior apoio político estratégico, para medidas de eficiência energética [9].

A crise económica provavelmente afetará os recursos disponíveis para as instituições governamentais implementarem programa de eficiência energética, a procura de energia e preços da energia. Neste contexto, é possível que a implementação de medidas de eficiência energética possa perder o impulso que tem vindo a ganhar [9].

Qualquer decisão económica relativa à eficiência energética, a nível individual, é baseada numa relação entre um custo imediato e um futuro decréscimo nas despesas energéticas esperadas de uma eficiência melhorada. Quanto maior o preço da energia, observado ou esperado, mais atrativas serão as soluções de eficiência energética [6].

A eficiência energética está sobretudo associada ao controlo e redução do consumo de energia para a mesma riqueza criada (i.e., ao aumento da poupança), embora sejam também necessárias ações específicas no âmbito da produção, transformação e distribuição de energia [7].

É sabido que as medidas de poupança de energia industrial trazem benefícios: redução de custos de contas de energia, minimizando o impacto de aumentos no preço da energia e aumentando produtividade e competitividade a longo prazo. No entanto, a eficiência energética leva também a benefícios além da redução nos custos de energia. Uma pesquisa envolvendo 95 empresas realizada pelo Centro *Pew* [10] revelou que os

benefícios da eficiência energética vão além do dinheiro poupado e das emissões de carbono reduzidas, incluindo a melhoria qualidade do produto e da produtividade.

Embora estudos tenham mostrado que o investimento em tecnologias energeticamente eficientes gerarão poupanças de combustível que contra balanceiam significativamente o custo do investimento, é pouco habitual as empresas fazerem investimentos que melhorem o seu nível de eficiência energética ao seu potencial máximo. A prática da gestão da eficiência energética pode fazer sentido no ponto de vista económico e mesmo assim não ser adotada [10].

O setor industrial já deu passos no sentido da eficiência energética. Motivada por incentivos económicos, é de esperar que a indústria introduza novos melhoramentos significativos nos seus processos e nos equipamentos utilizados (motores elétricos, compressores, etc.) [2].

A nível ambiental, a emissão excessiva de dióxido de carbono (CO₂) e de outros GEE é uma das principais consequências da falta de eficiência no consumo de energia obtida da queima de combustíveis fósseis [7]. Além disso, diversos países, incluindo os da UE-15, comprometeram-se a reduzir as emissões de GEE em 8 % por comparação com os níveis de 1990 com a assinatura do Protocolo de Quioto. Caso as metas propostas não fossem atingidas até 2012, estes países estavam sujeitos a pagar coimas pesadas e o seu prestígio ambiental seria diminuído, metas essas que têm que continuar a ser cumpridas nos anos vindouros [7].

Os fabricantes, especialmente os dos subsectores com necessidades elevadas de energia, reconheceram ganhos acrescidos associados à melhoria da eficiência energética e implementaram uma série de medidas de poupança de energia. Ao mesmo tempo, a eficiência energética e as políticas climáticas desenvolvidas pelos governos ajudaram a estimular o investimento empresarial em novas e, muitas vezes, nas Melhores Tecnologias Disponíveis (BAT – *Best Available Techniques*) (BAT) [4].

Apesar dos recentes e impressionantes ganhos de eficiência (cerca de 29% desde 1990), o setor industrial ainda apresenta um considerável potencial para poupanças de energia adicionais [4].

1.1.1. O setor energético Europeu

No panorama energético mundial, a União Europeia desempenha um papel importante, uma vez que faz parte do grupo dos grandes consumidores de energia, logo depois dos EUA. É um grande consumidor de petróleo (aproximadamente 40% da sua energia provém do petróleo), e tem além disso uma alta dependência energética e em contínuo crescimento (acima dos 50%). Por estas razões, a União Europeia foi pioneira no trabalho para uma eficiente utilização energética, demonstrando também o compromisso com o meio ambiente, que a caracteriza [3].

A energia é um assunto prioritário dentro da União Europeia (EU), por 3 razões [1]:

- Alterações Climáticas: a queima de combustíveis fósseis para a libertação de energia é a maior fonte antropogénica de GEE;
- A continuidade do uso em larga escala de combustíveis fósseis insubstituíveis e a necessidade de alcançar a sustentabilidade;
- A segurança do abastecimento: a UE importa mais de 50% de suas fontes de combustível de energia, e isso deverá aumentar para mais de 70% nos próximos 20 a 30 anos.

O aumento da eficiência no uso de energia é a maneira mais rápida, mais eficaz e mais rentável para abordar estas questões [1].

O setor industrial representa cerca de 20% do consumo de energia primária da UE [11]. Foi também neste setor que se registaram os maiores progressos em matéria de eficiência energética (com um aumento de 30% da intensidade energética ao longo de 20 anos). Contudo, continua a existir uma boa margem para poupanças de energia. Os obstáculos ao investimento em tecnologias eficientes do ponto de vista energético colocam-se de forma mais aguda às PME, especialmente com o aumento do custo da energia e consequente aumento do custo de vida [11].

No contexto industrial, o PAEE-UE (Plano de Ação para a Eficiência Energética da UE) refere que a utilização das BAT e de equipamentos mais eficientes, poderá conduzir a enormes oportunidades de poupança. Para a Indústria Transformadora, prevê-se que o potencial global de poupança possa atingir cerca de 25 %, centrando-se em

equipamentos tais como compressores, bombas, ventiladores e material de iluminação [7].

A melhoria da eficiência energética na UE foi de 1,4% por ano nos anos 90, mas esta taxa diminuiu desde então e mantém-se agora estacionária nos 0,5%, indicando que os atuais esforços estão a ser insuficientes [2].

Na Figura 3 mostra-se o a intensidade energética e consumo energético, desagregado por fonte de energia, da EU. Já para o caso português, encontram-se na Tabela 1 os valores relativos ao consumo energético por tipo de fonte para o ano de 2012.

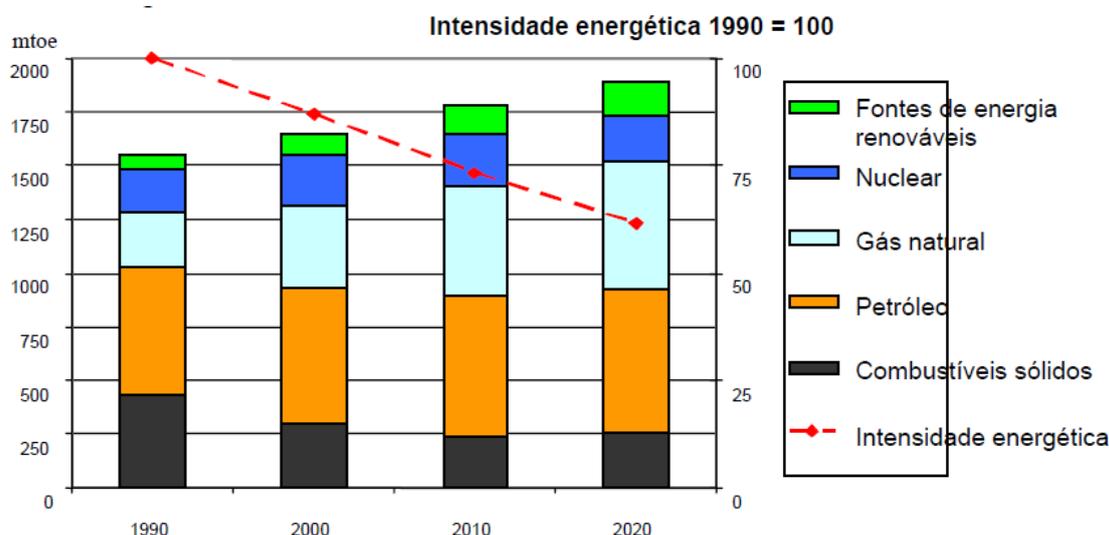


Figura 3 - Consumo total de energia por combustível e intensidade energética na UE [2]

Tabela 1 - Consumo total de energia desagregado por tipo de fonte de Portugal [12]

Carvão		Petróleo		Gás Natural		Saldo Imp. En. Energética		Renováveis		Resíduos Industriais		TOTAL
2915	14,6%	9292	43,3%	3950	18,4%	679	3,2%	4459	20,8%	160	0,7%	21456

Em 2005, os 25 Estados-Membros da UE consumiam cerca de 1.725 Mtep (megatoneladas equivalentes de petróleo) de energia por ano. O preço deste consumo é elevado, na ordem dos 500 mil milhões de euros [2].

De acordo com numerosos estudos [2], o potencial de poupança da UE, equivalente a pelo menos 20% do seu atual consumo de energia, poderá ascender a 60 mil milhões de euros por ano. Estes estudos indicam que cerca de metade dessa poupança

poderia ser obtida com a plena aplicação das medidas existentes, nomeadamente as diretivas comunitárias já em vigor ou propostas [2].

Embora sejam necessários investimentos consideráveis para explorar estas potenciais poupanças – em termos de novos equipamentos energeticamente eficientes e de serviços energéticos – a Europa é líder mundial neste domínio e os serviços energéticos têm em grande parte um carácter local, podendo criar potencialmente, tanto de forma direta como indireta, um milhão de novos postos de trabalho na Europa [2].

A eficiência é uma das formas mais eficazes em termos de custos para melhorar a segurança do aprovisionamento energético e reduzir as emissões de GEE e outros poluentes. Em muitos aspetos, a eficiência energética pode ser encarada como o maior recurso energético da Europa [11].

Foi por esta razão que na União Europeia se fixou um objetivo para 2020 de reduzir 20% o seu consumo de energia primária em comparação com as projeções. Este objetivo traduz-se numa poupança de 368 milhões de tep (Mtep) de energia primária até 2020, em comparação com as projeções do consumo de 1.842 Mtep nesse ano [11].

A fixação de objetivos de eficiência energética é um meio eficaz para incitar à ação e gerar dinamismo nas políticas [11]. A eficiência energética é um assunto importante para todos os países importadores de energia, incluindo os da União Europeia, e deveria ser integrada na sua estratégia global de segurança do aprovisionamento energético [2].

1.1.2. O setor energético Português

A economia portuguesa caracteriza-se por possuir uma intensidade energética e uma intensidade carbónica elevadas e uma dependência muito elevada da importação no que concerne ao consumo de energia primária (cerca de 85 % da energia total necessária, com forte predominância do petróleo), como visto nas Figuras 4 e 5 [7].

Tal como noutras economias com baixa eficiência energética e fortemente dependentes da importação de energia primária, o equilíbrio externo da economia portuguesa é fortemente condicionado pela variação do preço do petróleo. Por isso, nos últimos anos, com a subida do preço do petróleo verificou-se uma perda de competitividade das empresas portuguesas [7].

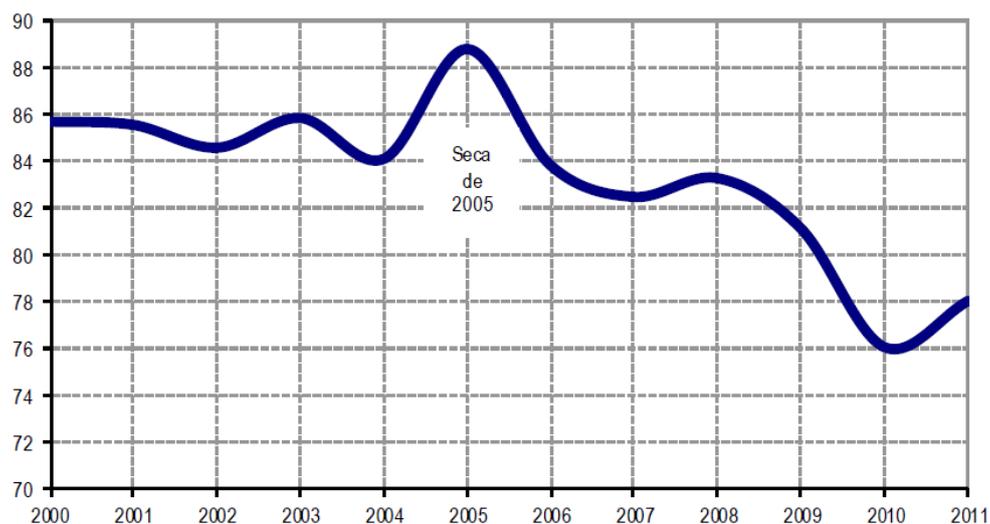


Figura 5 - Dependência energética de Portugal (%) [57]

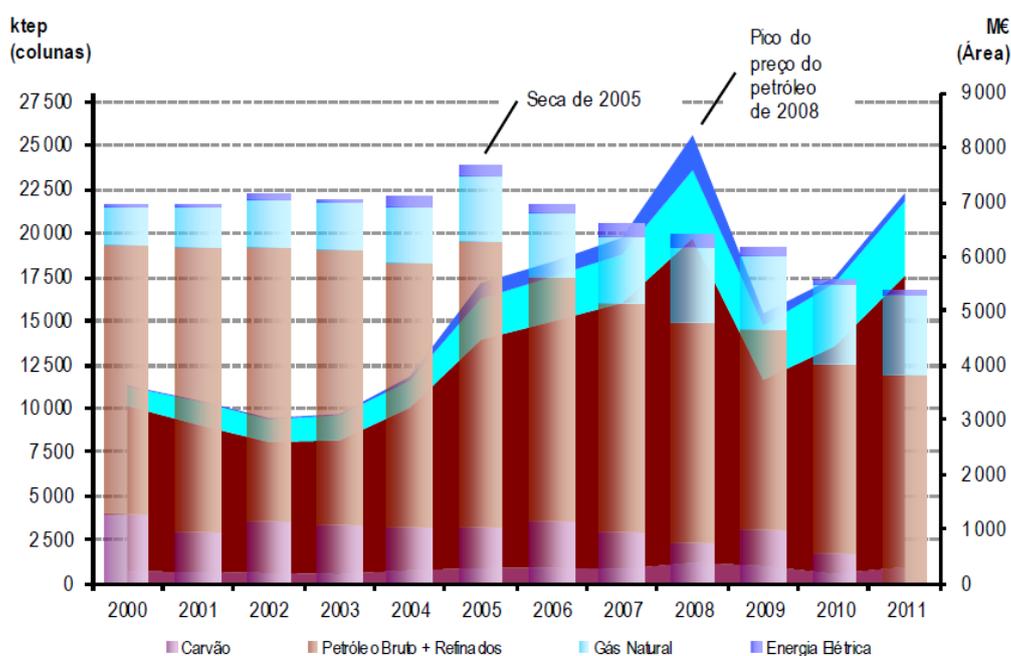


Figura 4 - Saldo Importador de Produtos Energéticos [57]

De acordo com o EUROSTAT (2006), Portugal tem uma dependência energética acima da média europeia (UE-27). Recentemente, através da aposta do governo em energias alternativas, esta dependência desceu para cerca de 76,6 %, mas esta redução na procura de energia de fontes externas aumentou o preço por MW de potência instalada.

Além das óbvias restrições práticas¹ associadas às energias renováveis, o aumento do preço do carvão e do gás natural - sempre necessário para assegurar a produção regular de eletricidade - condiciona ainda mais o preço da energia do utilizador final [13].

A distribuição dos consumos existentes em Portugal é mostrada na Figura 6, com a comparação do panorama europeu. Embora existam semelhanças entre a distribuição do consumo pelas diferentes áreas, é possível reparar que a indústria em Portugal consome mais 5% do que a média do setor industrial europeu.

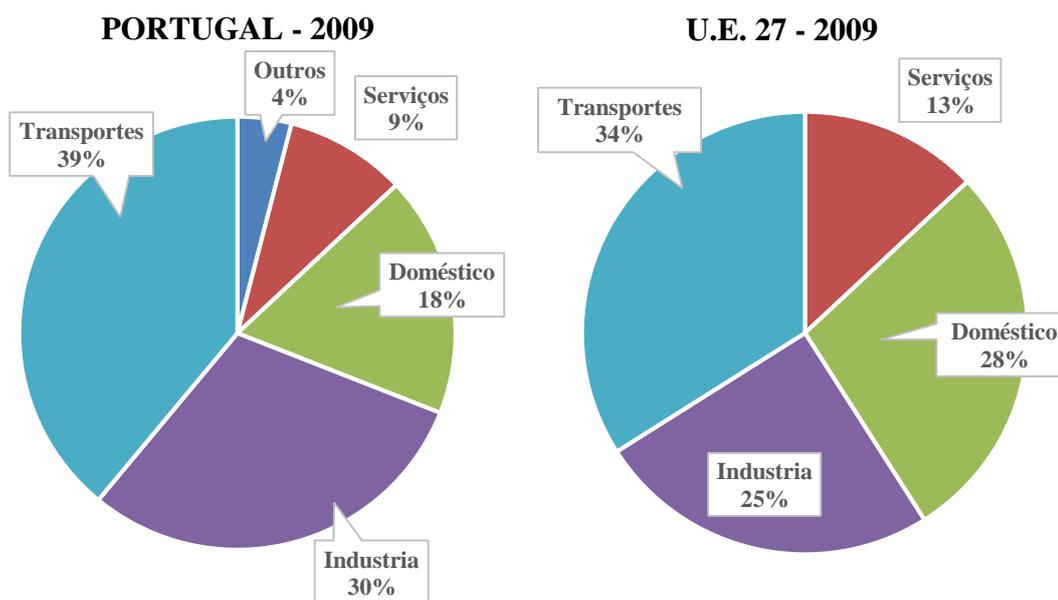


Figura 6 – Distribuição dos consumos de energia pelos diferentes setores económicos em Portugal e na UE

A nível mundial, Portugal comprometeu-se também a diminuir a sua emissão de GEE até à data limite do tratado de Quioto (2012). Embora tenha alcançado a meta (como mostra a Figura 7), pelos dados fornecidos pelo EUROSTAT, é preciso ter em conta a grande dependência de Portugal da energia hídrica, através das barragens, e que um ano com pouca chuva poderá aumentar a necessidade de utilizar fontes de energia fósseis, elevando a emissão de GEE (i.e. ano de 2005 - Figura 5).

Os fatores anteriormente referidos, aliados à recente crise económica na zona euro, levaram a uma contração no consumo de bens manufacturados. É um facto sabido que volumes de produção menores não levam necessariamente a níveis de utilização de

¹ I.e.. Energia Hídrica: ausência de recursos suficientes, Eólica e Geotérmica: insuficiência de locais rentáveis, Solar: pouco rentável.

energia proporcionalmente menores. Em termos práticos, os custos de energia aumentam com valores de produção diminuídos, o que resulta em perdas económicas [13]. Isto é perceptível em empresas industriais pequenas e médias (PME), que em grande maioria compõem a espinha dorsal da indústria portuguesa - cerca de 99% da indústria transformadora nacional [14].

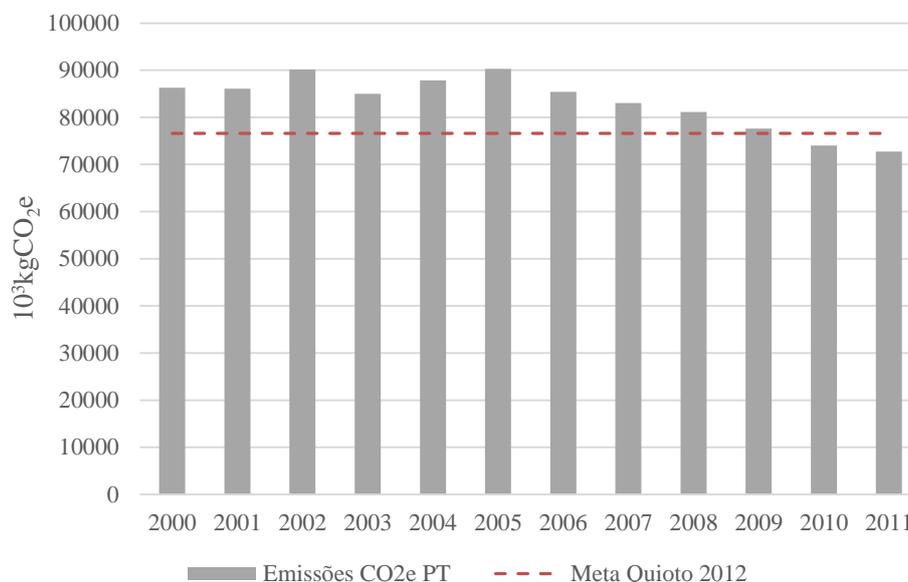


Figura 7 – Emissão de GEE em 10³tonCO₂e e meta imposta pelo tratado de Quioto.

Assim, torna-se essencial olhar atentamente a toda e qualquer medida de eficiência que possa ajudar com os custos aumentados e competitividade reduzida numa economia mundial.

A utilização eficiente, numa base energética estrategicamente adequada é essencial para a competitividade económica de um país. O aumento da eficiência energética na Indústria Transformadora nacional exige, à semelhança dos outros países, uma atitude pró-ativa por parte dos responsáveis industriais para uma atuação em termos de adequação efetiva dos seus equipamentos e processos a novas tecnologias e estratégias atualmente disponíveis [7].

Para que os esforços de poupança sejam bem-sucedidos, são necessários desenvolvimentos tecnológicos suscetíveis de serem levados à prática, bem como medidas de políticas públicas que regulamentem o consumo energético e as emissões de GEE e que estimulem em simultâneo a competitividade económica global das empresas portuguesas [7]. Uma iniciativa para a eficiência energética tem consequências que não se limitam apenas à política energética. Dá um contributo importante para a redução da

nossa dependência energética de países terceiros, num contexto de preços elevados e voláteis do petróleo [2].

1.2. Setor Industrial Agroalimentar

A sociedade moderna depende largamente dos materiais produzidos pela indústria transformadora. Esta indústria caracteriza-se por desenvolver um conjunto de atividades de transformação por diferentes processos, de matérias-primas provenientes de outros setores económicos, em novos produtos [15]. Até há relativamente poucos anos atrás, a maioria das análises energéticas aprofundadas para o setor da transformação eram focadas nos subsectores mais intensivos energeticamente (e.g. aço, cimento, alumínio), deixando outros não tão intensivos de parte (e.g. têxteis, agroalimentar, etc.) [5].

O setor agroalimentar é aquele que a nível mundial, para o período de 1990 a 2006, apresentou um maior aumento no seu consumo energético, como pode ser visto na Figura 8.

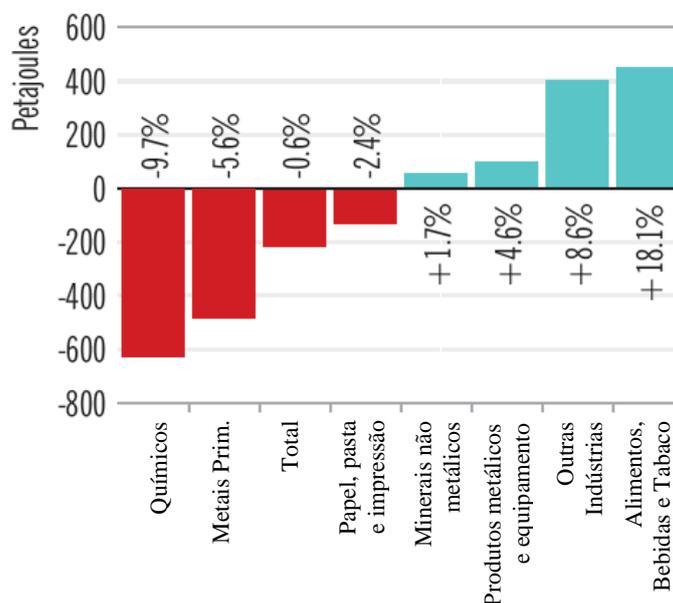


Figura 8 - Variações nos consumos de energia por subsector na indústria transformadora entre 1990 e 2006 [4].

É o maior setor da indústria transformadora na UE (14,9%), empregando 4,25 milhões de pessoas, em cerca de 287.000 empresas. O volume de negócios da indústria agroalimentar europeia ascendeu aos 1.017 biliões de euros em 2011, com um aumento de 6,8% em relação a 2010 [16].

Em Portugal, o setor da Alimentação e Bebidas (CAE 10-Indústria Alimentar e CAE 11-Indústria de Bebidas) representou, em 2010, cerca de 11% do consumo total de energia da indústria transformadora, sendo a mesma responsável por cerca de 30% do consumo total de energia [15].

Tabela 2 - Estrutura e produção do setor agroalimentar português em 1998 e 2010 [15, 17]

	Volume de negócios [M€]	Nº de trabalhadores	Nº de empresas
1998	10.000	107.000	2.098
2010	14.000	110.000	10.500

Há um grande número de processos envolvidos na indústria agroalimentar, desde simples processos de preparação a mais complexos processos químicos, alguns deles muito intensivos em termos energéticos.

O ciclo de eventos que normalmente caracteriza este setor pode ser descrito da seguinte maneira [18]:

1. A primeira fase do processo é a receção e condicionamento da matéria-prima (separação, lavagem, descascamento e corte);
2. Na 2ª fase, a matéria-prima é transformada num produto elaborado. Nesta fase, as técnicas de transformação podem envolver processos de aquecimento/arrefecimento ou fermentação.
3. Estando o produto transformado num produto elaborado, este é embalado, enlatado ou engarrafado, dependendo do produto final;
4. De seguida, é transportado para um armazém, sendo mantido em câmaras frigoríficas ou em ambientes com temperaturas controladas, até ser enviado.

A sua classificação, em termos de indústrias alimentares, quanto ao tipo de produto final, pode ser dividida nas seguintes áreas [15]:

- Abate de animais, preparação e conservação de carnes e de produtos à base de carne;
- Preparação e conservação de peixes, crustáceos e moluscos;
- Preparação e conservação de frutos e produtos hortícolas;
- Produção de óleos e gorduras animais e vegetais;
- Indústria de laticínios;

- Transformação de cereais e leguminosas, fabricação de amidos, de féculas e de produtos afins;
- Fabricação de produtos de padaria e outros produtos à base de farinha;
- Fabricação de outros produtos alimentares;
- Fabricação de alimentos para animais

Temos então, para as diferentes fileiras, diferentes processos:

Carne: Uma quantidade considerável de energia térmica é usada em processos que envolvem tratamentos térmicos, tais como ferver, cozinhar, pasteurizar, esterilizar, secar e fumar. Outras operações que consomem grandes quantidades de energia são refrigeração, congelação, descongelação, limpeza e desinfeção [17].

Peixe: O consumo de energia depende da instalação, dos equipamentos e dos processos de produção de peixe que ocorrem. Processos, e.g. conserva, que envolvem o aquecimento, refrigeração, secagem, entre outros, consomem mais energia do que aqueles que não o fazem, como por exemplo, a filetagem, onde o consumo de energia é baixo (filetagem = 65-87 kWh/ton; conserva = 150-190 kWh/ton) [17].

Hortofrutícolas: Processos que envolvam aquecimento, arrefecimento, secagem, evaporação, esterilização, pasteurização e branqueamento consomem energia significativa. Quase todas as etapas do processo requerem eletricidade. Para a produção de vapor podem ser usadas caldeiras a gás natural. O setor dos legumes congelados é um grande consumidor de eletricidade e de gás natural. A ultracongelação (*deep freezing*) é o processo que utiliza maior quantidade de energia elétrica [17].

Leite: A massa específica do leite (“*raw milk*”) está no intervalo de 1.026-1.034 kg/m³ a 20°C [19], pelo que se considerará nos cálculos deste documento aproximadamente igual à da água a 4°C - 1.000 kg/m³.

Cerca de 80% da energia usada nos laticícios é consumida como energia térmica a partir da queima de combustíveis fósseis para a geração de vapor e água quente. São utilizados para o aquecimento e as operações de limpeza. Os restantes 20% são consumidos como energia elétrica para conduzir máquinas, refrigeração, ventilação e iluminação. As operações mais consumidoras de energia são a evaporação e secagem de leite [17]. É usada mais energia nas fábricas onde é produzida manteiga, bem como o leite para consumo, e onde a produção de leite em pó é maior [17]

2. GESTÃO ENERGÉTICA

O investimento em eficiência energética implica um processo complexo devido a muitos obstáculos e decisores. Para garantir um maior impacto, é necessária a aplicação de várias medidas complementares que irão ajudar a resolver todos os passos para uma implantação eficiente. Estes pacotes de medidas devem combinar ações de informação e comunicação, regulamentos, subsídios, formação e certificação, e devem ser implementados simultaneamente, e não um após o outro [10].

O desempenho em matéria de eficiência energética e a estratégia usada para os programas de racionalização de energia variam muito de um país para outro. A UE e o Japão têm, por exemplo, três a quatro vezes mais eficiência energética – em termos de intensidade energética – que os países da antiga União Soviética ou do Médio Oriente [2].

As metas são expressas de maneiras muito diferentes dependendo do país. A meta poder-se-á referir antes de tudo a uma taxa de poupança de energia ou melhoria da eficiência, que é a meta mais popular usada em cerca de 60 países (comparado com 30 em 2006), como pode ser visto pela Figura 9.

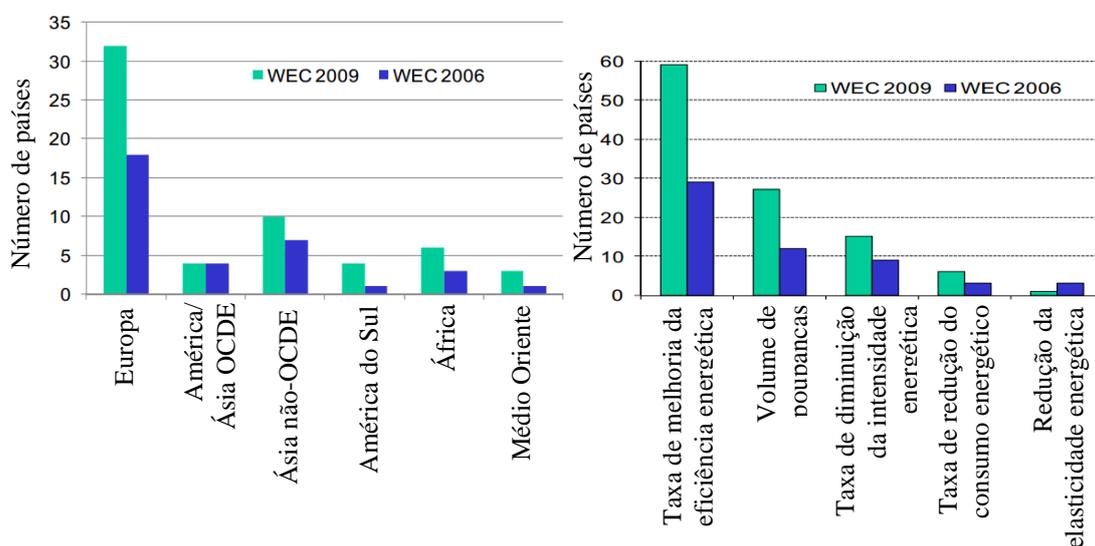


Figura 9 - Países com metas quantitativas e modo de expressão das metas [6]

De acordo com estimativas do Conselho alemão para o desenvolvimento sustentável, cada milhão de toneladas de equivalente petróleo poupado em resultado de medidas e/ou investimentos especialmente adotados para melhorar a eficiência

energética, poderia permitir criar mais de 2.000 postos de trabalho a tempo inteiro, em comparação com o investimento na produção de energia [2].

2.1. Indicadores energéticos

Existem diversos indicadores energéticos que podem ajudar uma empresa a caracterizar o seu desempenho energético e que permitem uma comparação direta com outras do mesmo ou com outro setor.

Segundo o Artigo 7º do Decreto-Lei 71/2008, relativo às auditorias energéticas realizadas à indústria, devem ser utilizados 3 diferentes indicadores energéticos:

- A Intensidade Energética (IE), definida pelo quociente entre o consumo total de energia e o Valor Acrescentado Bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas à mesma; Exemplos de medidas de atividade são, por exemplo, tarefas domésticas - setor residencial, quilómetros-passageiro e quilómetros-tonelada - setor dos transportes, e unidades físicas de produção e o valor do produto interno bruto a preços constantes - setor industrial) [20].
- A Intensidade Carbónica (IC), medida pelo quociente entre o valor das emissões de GEE resultantes das várias formas de energia no processo produtivo e o consumo total energético da instalação.
- O Consumo Específico de Energia (CEE), definido pelo quociente entre o consumo total de energia e o volume de produção. É o indicador mais utilizado no setor industrial. Na sua forma mais simples, o CEE pode ser definido como:

$$CEE = \frac{\text{energia usada}}{\text{bens produzidos}} = \frac{(\text{energia importada} - \text{energia exportada})}{\text{bens ou outputs produzidos}} \quad [1]$$

Assim, este indicador traduz as condições de utilização da energia numa empresa, permitindo análises comparativas, nomeadamente com os consumos específicos de referência, “K”, estipulados pela DGEG para cada setor de atividade. Estes indicadores foram criados nos anos 80’ com o intuito de serem utilizados como ferramenta de *benchmarking* para alguns setores da indústria portuguesa. Ao relacionarem o *input* de energia primária (em quilogramas equivalentes de petróleo - kgep) por unidade de bens produzidos (tonelada), tornam-se ferramentas importantes para auditorias energéticas.

Atualmente encontram-se muito desatualizados (expostos num despacho a 26-9-1986) daí a importância de recolher novos dados.

Embora não seja diretamente de índole energética, o Período de Retorno de Investimento (PRI) avalia a viabilidade de uma medida de URE e o tempo que as empresas demoram a obter retorno do investimento que fizeram com essa medida, relacionando o custo de investimento com a poupança/benefício alcançado. Estudos demonstram que apenas as medidas de URE com PRI inferiores a três anos são economicamente atrativas, já que permitem obter resultados a curto prazo quando comparadas às medidas de PRI superiores [21].

2.2. Portugal

A nível nacional o Decreto-Lei n.º58, 1982 deu origem ao Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE). Aplicável a qualquer instalação consumidora de energia, tinha por objetivo instalar processos de gestão energética, a realização de auditorias energéticas e o cumprimento de Planos de Racionalização do Consumo de Energia (PREn).

O Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril veio substituir o anterior no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia e regulamenta o SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Este Sistema aplica-se apenas às instalações consumidoras intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano. O SGCIE prevê que as instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE) realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, que se elaborem e executem Planos de Racionalização dos Consumos de Energia, estabelecendo acordos de racionalização desses consumos com a DGEG que contemplem objetivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram instalações CIE) [22].

As empresas com consumos energéticos anuais inferiores a 500 tep não são, portanto, sujeitas a auditorias energéticas periódicas obrigatórias, o que leva a que um grande número de empresas, que por falta de obrigatoriedade ou de apoios, não apliquem medidas de URE, existindo potencial de diminuição do seu consumo energético.

A Figura 10 mostra que a larga maioria das empresas estudadas pelo projeto InovEnergy está muito aquém do limite de 500 tep necessário para haver uma auditoria energética obrigatória, havendo apenas uma empresa que ultrapassa esse valor. Na Figura 11 vê-se também que a eletricidade é a fonte de energia predominante, havendo algumas empresas que optam pelo uso de outro tipo de energia, mas mantendo a energia elétrica como a principal fonte. A emissão de GEE é, no entanto, desproporcional, havendo empresas que, embora tenham consumos energéticos relativamente baixos, emitem um elevado valor de kgCO₂e por tonelada de produto final.

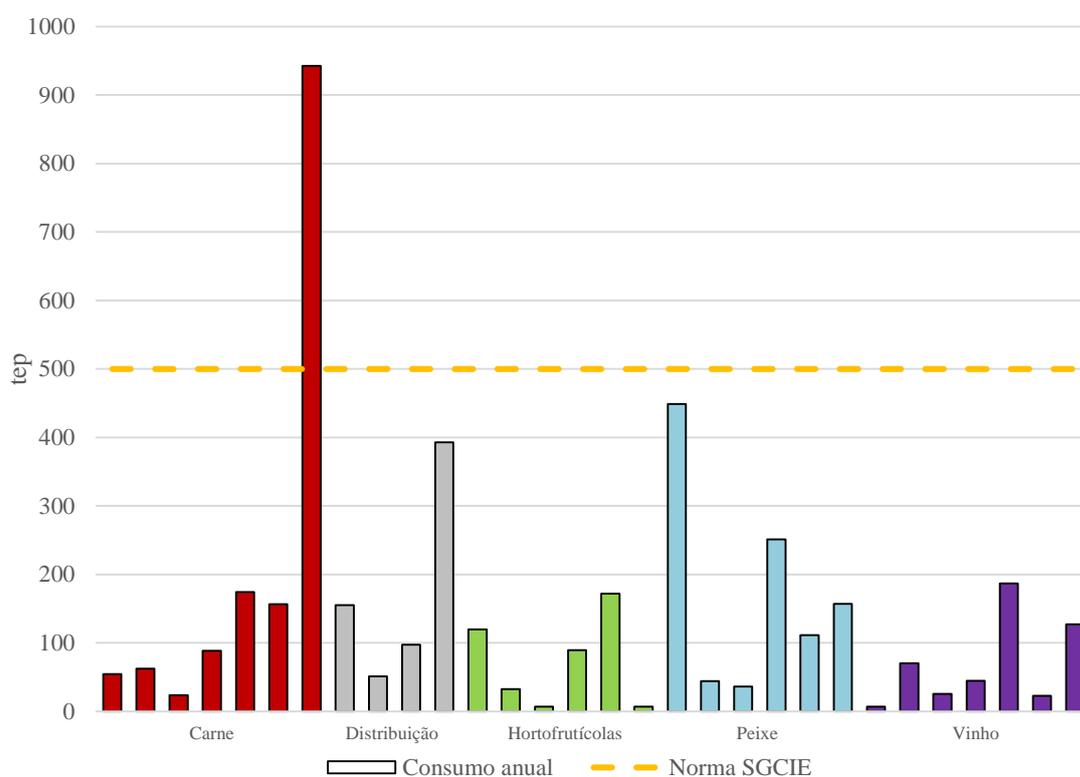


Figura 10 - Consumo energético das empresas estudadas

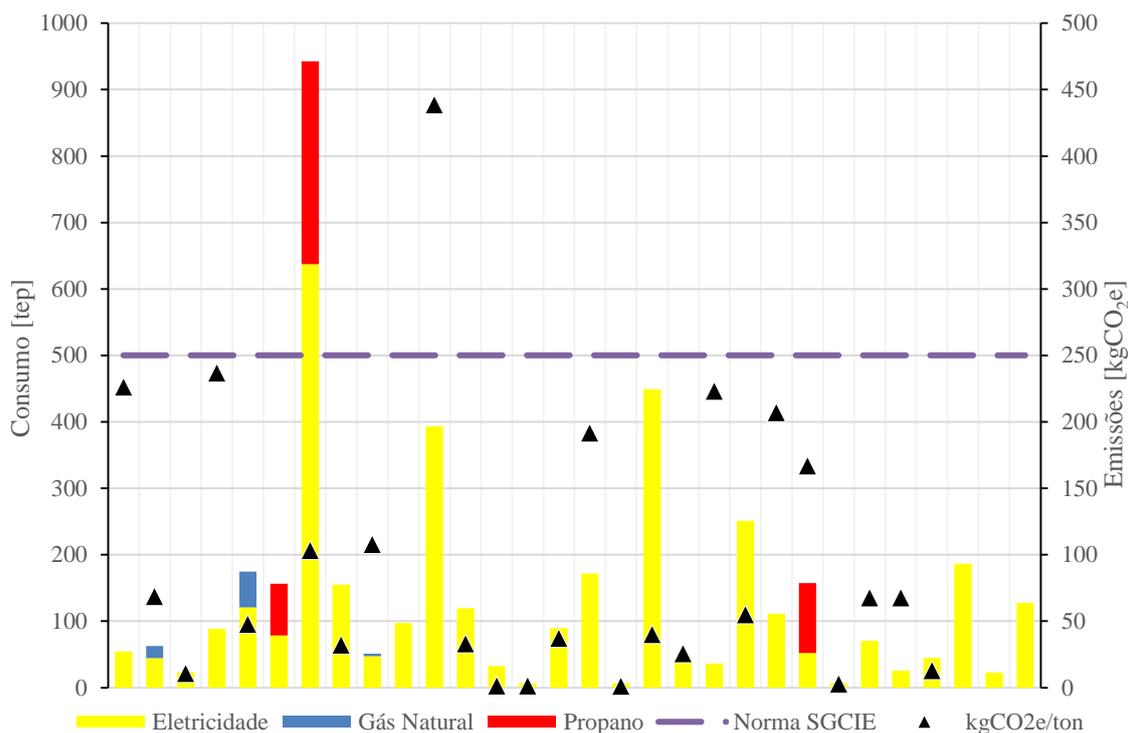


Figura 11 – Consumo desagregado por tipo de energia e emissões de CO₂e por tonelada de produto

2.3. Espanha

Segundo os dados energéticos, tanto Espanha como Portugal fazem parte do grupo dos dez países com maior dependência energética da União Europeia (EU-25). Durante os anos de 2003 e 2004, Portugal ocupou a terceira posição neste grupo, com uma dependência energética de 96,3% e 94,9% respetivamente, e Espanha ocupou a oitava posição em 2003 e a nona em 2004, com 80,2% e 81% [7].

Para além disto, na Espanha a dependência energética sofreu um aumento gradual mais acentuado do que a da União Europeia. Enquanto mais de 50% da energia consumida em Espanha provém do petróleo, o nível de importação de petróleo e gás natural ronda os 99,5% [7].

A Estratégia de Poupança e Eficiência Energética em Espanha aprovada a 28 de Novembro de 2003 propõe para cada um dos principais setores envolvidos uma série de medidas que devem ser implementadas durante o período de 2004-2012 [7].

No âmbito desta estratégia, as medidas aplicáveis ao Setor Industrial espanhol são as seguintes:

- Realização de Auditorias Energéticas;
- Projetos Empresariais de Eficiência Energética (Acordos Voluntários);
- Programas de Ajudas Públicas [7].

As Auditorias Energéticas nos diferentes setores industriais possibilitam o estudo detalhado e exaustivo dos processos produtivos e mais concretamente identificar os principais equipamentos consumidores de energia. Permitem ainda determinar com alguma precisão os investimentos necessários para a execução das medidas detetadas assim como a rentabilidade e viabilidade das mesmas.

Os principais objetivos destas Auditorias Energéticas são:

- Determinar o potencial de poupança de energia nas empresas do setor industrial;
- Facilitar a tomada de decisão dos empresários no âmbito do investimento em Poupança e Eficiência Energética;
- Determinar o *benchmarking* dos processos produtivos auditados.

Os Acordos Voluntários têm como objetivo, fomentar a adoção de medidas de poupança de energia e comprometer as Associações Empresariais e as Indústrias a alcançar o potencial de poupança de energia estabelecido por Setor. No entanto, este compromisso na consecução dos objetivos energéticos não deve comprometer a competitividade das empresas [7].

Para o período 2000-2012, o cenário base da Estratégia de Poupança e Eficiência Energética prevê que o setor industrial espanhol registre um aumento de 14.498 ktep no consumo total de energia, sendo o potencial da poupança de energia detetado cerca de 2.351 ktep até ao ano 2012, o que representa uma poupança de energia de 4,8 % respeitante ao consumo no mesmo ano [7].

O setor da Alimentação e Bebida espanhol (CNAE 15) alcançou os 102.391.516,8 GJ de energia consumida anualmente, sendo dividida em energia elétrica (61%) e energia térmica (caldeiras - 12%, outros processos de equipamento – 25%) [18]. Embora 20% das empresas não tenham sistemas de refrigeração, o consumo destes equivale a 30% do consumo total de energia final do setor.

Tabela 3 - Caraterização energética total do setor da alimentação, bebida e tabaco espanhol [18]*Consumo de Energia*

CNAE	Nº de empresas	Nº de empresas	Carvão e derivados (M€/ano)	Gasóleo (M€/ano)	Fuelóleo (M€/ano)	Outros produtos petrolíferos (M€/ano)	Gás Natural (M€/ano)	Eletricidade (M€/ano)	Outros consumos (M€/ano)	Total (M€/ano)
15. Alimentos, bebida e tabaco	21.531	381.699	3136	209.474	95.515	29.691	235.276	536.829	25.447	1.135.365

Na Figura 12 é possível observar os ganhos esperados na indústria agroalimentar espanhola desagregados por tipo de medida.

Nos processos mais intensivos energeticamente, os potenciais de poupança são consideráveis. A Tabela 4 expõe o potencial de poupança energética para diversas estratégias, estimado entre 10 e 40% do consumo total [18].

Dada a similaridade entre os setores industriais agroalimentar espanhol e português, poder-se-á assumir também uma relação nas medidas que terão potencial de implementação e de poupança energético. Assim, em Portugal também se poderá esperar uma poupança energética na ordem dos 10-40%, apenas pelas medidas acima representadas.

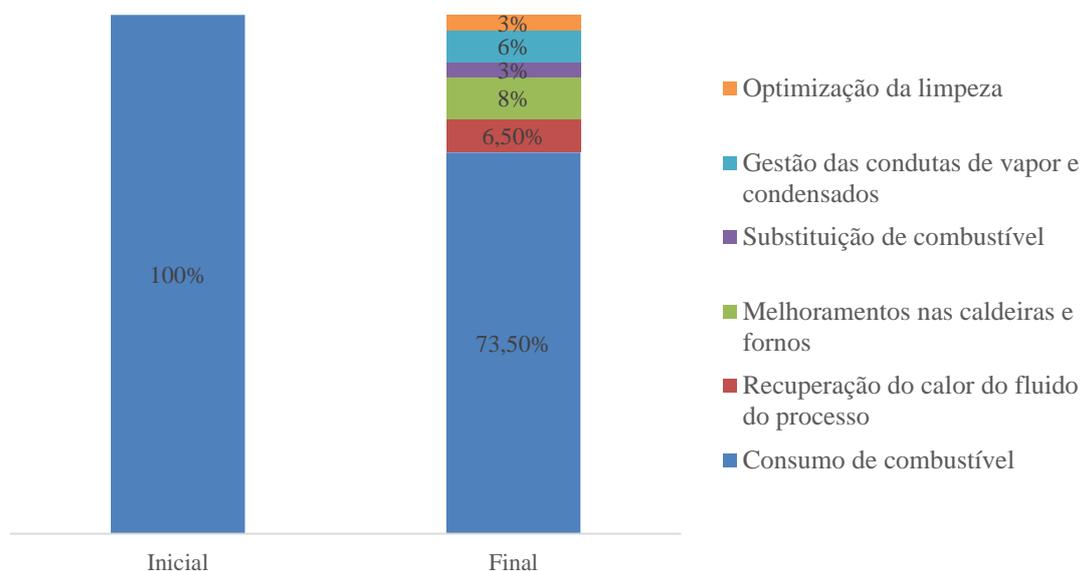
**Figura 12** - Percentagem do consumo de energia térmica e potencial de poupança [18]

Tabela 4 - Medidas de poupança de consumo de energia térmica e taxas de poupança no setor agroindustrial espanhol [18]

	Descrição	Taxa de poupança
Substituição de combustível	Mudança para gás natural	3%
Recuperação de calor	Gases de combustão e ar quente das caldeiras e fornos	3 – 13%
Gestão das condutas de vapor e condensado	Fluidos do processo podem ser recirculados para o tanque de alimentação da caldeira. Isolamento correto é necessário para evitar perdas	1 – 11%
Substituição ou otimização do equipamento ou operação	Condições de combustão otimizadas, limpeza de permutadores de calor	3 – 16%
Taxa global de poupança		10 – 40%

2.4. E.U.A.

O Departamento de Energia dos EUA (DOE) tem vindo a financiar avaliações industriais de energia para PME, sob os auspícios do *Energy Analysis and Diagnostic Center/Industrial Assessment Center* (EADC/IAC), desde 1974. Em outubro de 1995, os centros foram incumbidos de executar apenas avaliações industriais e o nome do programa oficialmente mudado para o “Centro de Avaliação Industrial”. O IAC é gerido pelo Centro de Sistemas de Energia Avançadas da Universidade de Rutgers. As avaliações são realizadas por equipas de professores e alunos de escolas de engenharia e universidades credenciadas e resultaram em mais de 12.000 avaliações e 87.500 recomendações. Atualmente, os centros de avaliação industrial monitorizam também fluxos de resíduos e melhorias de produtividade, além dos fluxos de energia tradicionais [23].

Os Centros de Avaliação Industrial fornecem avaliações de energia, resíduos e produtividade, sem custo para os pequenos e médios fabricantes. As avaliações ajudam as empresas a maximizar a eficiência energética, reduzir o desperdício e melhorar a produtividade. Em média, as ações recomendadas a partir de uma auditoria resultam numa poupança anual de 55.000 \$US. As auditorias são realizadas por equipas de faculdades de engenharia e estudantes de mais de 26 universidades pelos E.U.A.. Uma equipa universitária do IAC realiza uma visita diária e realiza uma auditoria [24].

O programa IAC não só beneficia os fabricantes, mas também fornece uma oportunidade única para os alunos envolvidos no programa de observar uma série de processos de fabrico.

O programa é muito específico sobre as empresas que se qualificam para estas auditorias, dirigidas a PME. Grandes fabricantes pressupõem-se capazes de financiar estes estudos de forma independente através da consultoria. Geralmente, a empresa deve também atender aos seguintes critérios [23]:

- Ter facturamento bruto anual de 100 milhões \$US ou menos;
- Consumo de energia a um custo superior a 100.000 \$US e menos de 2,5 milhões \$US por ano;
- Empregar menos de 500 pessoas;
- Não ter pessoal técnico cuja função principal seja a análise de energia.

Após a visita ao local, a equipa de avaliação elabora um relatório escrito para o fabricante, que inclui informações sobre o uso de energia, processos, tratamento de resíduos e outras operações. Além disso, cada relatório contém várias recomendações específicas, escritas de modo a prever poupanças antecipadas, custos de implementação e períodos de retorno simples. Os dados deste relatório são também formatados e enviados para os gestores da base de dados para inclusão na base de dados do programa. Depois de um intervalo (geralmente entre seis e nove meses), o IAC entra novamente em contacto com o fabricante para acompanhar as recomendações feitas no relatório e determinar o seu nível de implementação [23].

2.4.1. Código SIC

O *Standard Industrial Classification* (SIC) é um sistema de classificação de indústrias por um código de 4 dígitos. Estabelecido nos Estados Unidos, é usado por agências governamentais para classificar áreas industriais.

Os códigos SIC podem ser agrupados em classificações progressivamente mais amplas: grupo da indústria, grupo principal e divisão. Os 3 primeiros dígitos de código SIC indicam o grupo da indústria, e os 2 primeiros o grupo principal. Cada divisão engloba uma série de códigos SIC:

- 0100-0999: Agricultura, Silvicultura e Pesca;

- 1000-1999: Indústria Mineira;
- 2000-3999: Transformação;
- 4000-4999: Transportes, Comunicação, Serviços Sanitários, de Eletricidade e Gás;
- 5000-5199: Indústria Grossista;
- 5200-5999: Indústria Retalhista;
- 6000-6799: Finanças, Seguros e Imobiliário;
- 7000-8999: Serviços;
- 9100-9729 Administração Pública.

Para recolher os dados relativos à fileira agroalimentar, através da base de dados do IAC, utilizaram-se os seguintes códigos SIC relativos ao setor agroalimentar:

- 2011/2013 – Carnes: *Centrais de embalamento de carne/Salsichas e outros produtos de carne preparada*
- 2026 – Laticínios: *Leite*
- 2037 – Hortofrutícolas: *Fruta, Sumos de Fruta e Vegetais congelados*
- 2084 – Vinhos: *Vinhos, Brandy e Espirituosos*
- 2092 – Peixes: *Peixe Congelado ou Preparado Fresco e Marisco*

2.4.2. Código NAICS

O Sistema de Classificação Industrial norte-americano (NAICS) é uma classificação industrial que fornece definições comuns da estrutura industrial do Canadá, México e Estados Unidos. Desenvolvido em conjunto pelas agências estatísticas desses três países, o NAICS foi adotado em 1997 e revisto em 2002, 2007 e em 2012 para aumentar a comparabilidade entre os três países e adicionar novas indústrias [20].

O sistema de numeração NAICS é um código de seis dígitos [20]:

- Os dois primeiros dígitos designam o setor;
- O terceiro dígito designa o subsetor;
- O quarto dígito designa o grupo da indústria;
- O quinto dígito designa a indústria;

- O sexto dígito pode indicar um outro nível de detalhe (para incluir mais detalhes, um país pode criar indústrias nacionais e indicá-lo no sexto dígito).

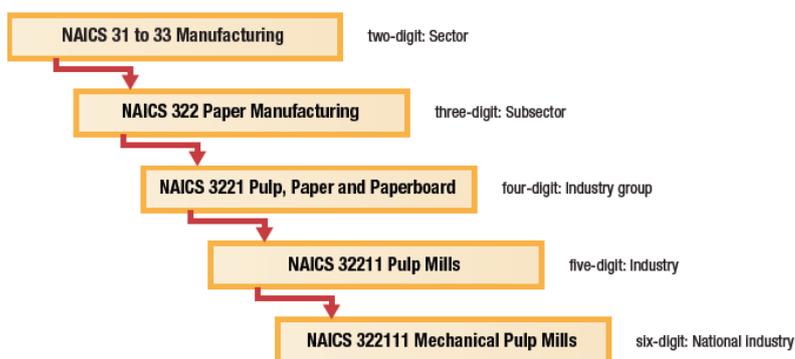


Figura 13 - Exemplo de designação do código NAICS [20]

2.4.3. Códigos A.R.C.

Juntamente com as auditorias do Programa IA, são elaboradas recomendações às empresas para que consigam diminuir os seus consumos energéticos. As recomendações de conservação de energia são classificadas pelo uso de um sistema especialista detalhada, conhecida como Códigos de Recomendação de Auditoria (ARC). Mais de 400 recomendações codificadas diferentes foram divididas em 9 categorias principais de 2 dígitos para energia [25].

Tabela 5 - Código de A.R.C. da Categorias de Energia do programa IAC

ARC	Descrição
2.1xxx	Sistemas de Combustão
2.2xxx	Sistemas Térmicos
2.3xxx	Energia Elétrica
2.4xxx	Sistemas de Motores
2.5xxx	Design Industrial
2.6xxx	Operações
2.7xxx	Edifício e Terrenos
2.8xxx	Custos Acessórios
2.9xxx	Uso de Energia Alternativa

Os resultados do primeiro ano do programa IAC (2001) mostraram uma taxa de quase 45% de implementação das recomendações propostas. Este índice representa a relação entre o número de recomendações que são adotadas, de acordo com os clientes,

com o número de recomendações feitas com resultados conhecidos pelos centros de auditoria [25].

Conseguiram-se apurar, através da base de dados do IAC, as recomendações propostas às empresas das fileiras selecionadas do setor agroalimentar (Carnes, Peixes, hortos, Laticínios e Vinho) nas auditorias realizadas, o número de vezes que foram propostas, as suas poupanças médias, o PRI e a sua taxa de implementação.

A Tabela 6 mostra as recomendações mais vezes apresentadas são relativas aos Sistemas Térmicos, Sistemas de Motores e Edifícios e Terrenos. É possível observar a sua distribuição na Figura 14.

Tabela 6 - Recomendações atribuídas às fileiras selecionadas do setor agroalimentar dos E.U.A.

ARC	Descrição	Vezes Recomendado	Percent. [%]	Poupanças [\$]	PRI	Implement. [%]
<u>2.1xxx</u>	Sistemas de Combustão	234	9,7	12165	0,94	52,936
<u>2.2xxx</u>	Sistemas Térmicos	597	24,6	12476	1,725	45,33
<u>2.3xxx</u>	Energia Elétrica	118	4,9	30023	1,925	32,526
<u>2.4xxx</u>	Sistemas de Motores	694	28,6	6365	1,675	54,688
<u>2.5xxx</u>	<i>Design Industrial</i>	8	0,3	14242	1,08	53,334
<u>2.6xxx</u>	Operações	82	3,4	5509	0,94	48,08
<u>2.7xxx</u>	Edifício e Terrenos	632	26,1	5326	1,825	52,382
<u>2.8xxx</u>	Custos Acessórios	48	2,0	18969	0,96	41,666
<u>2.9xxx</u>	Uso de Energia Alternativa	10	0,4	64954	8,34	0

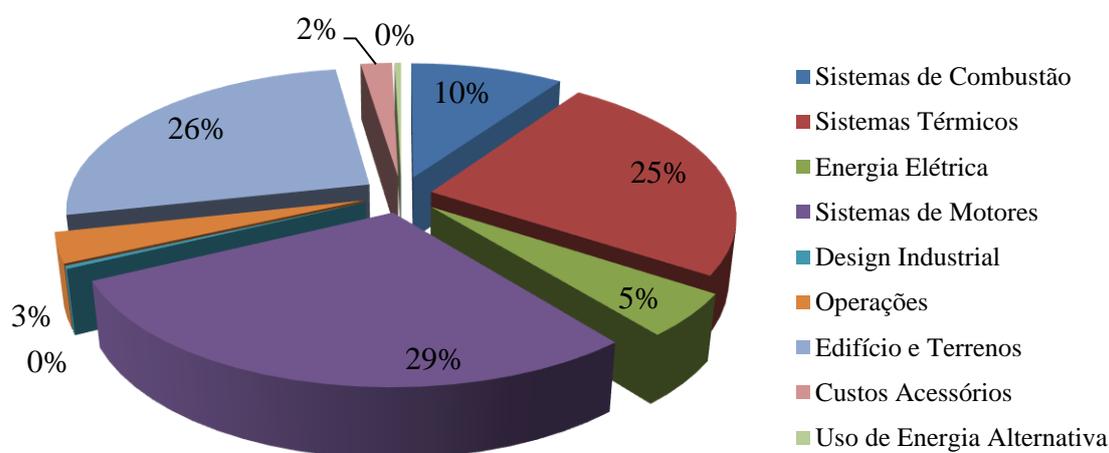


Figura 14 – Percentagem das recomendações atribuídas às fileiras selecionadas do setor agroalimentar dos E.U.A.

3. BENCHMARKING SETOR AGROALIMENTAR

Para enfrentar o desafio de um mercado de energia em constante mudança, uma empresa de sucesso deve ter um programa de gestão de conservação de energia para consistentemente tomar vantagem de todas as oportunidades de conservação de energia. São necessários vários passos básicos para a gestão de energia eficiente:

- Compromisso de Gestão;
- Análise de Dados;
- Análise de oportunidades de conservação de energia;
- Implementação de técnicas de conservação de energia;
- Feedback e análise contínuos [24].

De um modo simples, o *benchmarking* é um ponto de referência. Nos negócios, *benchmarking* é o processo usado por uma organização para avaliar diversos aspetos dos seus processos em relação às melhores práticas, normalmente dentro do seu próprio setor. O processo tem sido descrito como:

- “*Benchmarking é fazer comparações com outras empresas e depois aprender as lições com as lições que essas empresas apresentam.*” – Código de Conduta de *Benchmarking* Europeu;
- “*Benchmarking é a prática de ser humilde o suficiente para admitir que outra pessoa é melhor a qualquer coisa, e ser esperto o suficiente para aprender como ser tão bom quanto ela ou até melhor.*” – Centro de Qualidade e Produtividade Americano [1].

Devido à inexistência de indicadores energéticos atualizados e à falta de dados existentes que possam servir de comparação às empresas no setor agroindustrial português, estas não têm nenhum ponto de referência com o qual possam criar metas para melhoria nos seus consumos ou implementar medidas de URE.

3.1. Projeto InovEnergy

A justificação para uma empresa fazer um investimento que reduza o consumo de energia varia consideravelmente e depende de uma série de fatores. Estes incluem o retorno do investimento, as condições de mercado, o setor, tamanho da empresa, a intensidade de energia, o custo de energia relativo aos custos totais de produção, se a melhoria eficiência energética é um benefício incidental ou acessório de uma melhoria num processo ou equipamento (ou parte de um esforço concertado para implementar um programa de eficiência energética), a situação financeira da empresa, seja num setor em crescimento ou não, e acesso ao financiamento [10].

O obstáculo mais importante ao aumento da eficiência energética é a falta de informação – sobre os custos e a disponibilidade de novas tecnologias, sobre os custos do próprio consumo de energia, a falta de formação dos técnicos sobre a manutenção adequada – e o facto de estes aspetos não serem devidamente tomados em conta pelos participantes do mercado [2]. Neste contexto, surge o projeto InovEnergy.

De âmbito nacional, o Projeto InovEnergy – Eficiência Energética no Setor Agroalimentar industrial visa o levantamento dos perfis de uso de energia de seis subsectores da indústria: carne, peixe, laticínios, vinho, frutas e legumes e conservação e distribuição de alimentos [13].

O Projeto é financiado pelo Sistema de incentivos SIAC no âmbito do COMPETE/POFC, sendo classificado como um projeto-âncora excepcional no âmbito da Estratégia de Eficiência Coletiva do Cluster Agroindustrial do Centro e pretende obter um conhecimento aprofundado não só do uso da energia neste setor, mas também analisar os equipamentos produtores de frio que são, na maioria dos casos, o fator principal nos elevados consumos de energia, um valor estimado em cerca de 30% do custo da estrutura da empresa [13].

Este projeto envolve uma parceria entre 8 entidades no seio de instituições de ensino superior, laboratórios do Estado e Associações de Produtores, nomeadamente o IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco como coordenador do projeto, IPVC – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, IPB – Instituto Politécnico de Bragança, Animaforum – Agrocluster do Ribatejo, UC – Universidade de Coimbra através da ADAI-LAETA, IST – Instituto de Soldadura e Qualidade, IPP Instituto Politécnico de

Portalegre, e UBI – Universidade da Beira Interior, de modo a ser possível recolher os dados necessários através de todo o território continental português [13].

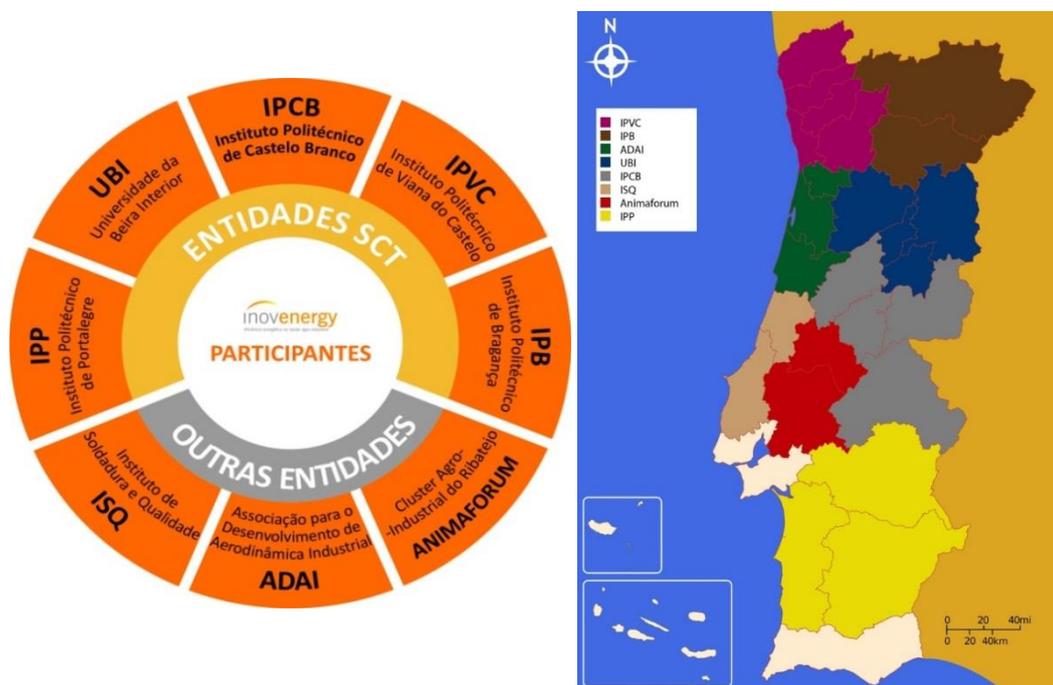


Figura 15 - Entidades envolvidas no projeto InovEnergy e mapa da distribuição das suas zonas de atuação

Até ao momento, não existem estudos em Portugal que caracterizem este setor fundamental, daí a importância da realização de uma pesquisa de energia em todo o país para estabelecer valores Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) energéticos e ambientais que também serviriam para *benchmarking* [13].

A ideia fundamental do projeto é abordar a falta de informação fidedigna no que se refere à produção de frio, de modo a ser possível aplicar medidas de eficiência energética adequadas para maximizar a competitividade das empresas e, também, reduzir a dívida portuguesa inerente à importação de energia e à emissão de GEE.

Este projeto abordará um total de 252 empresas, divididas em 6 fileiras: carne, peixe, laticínios, vinho, frutas e vegetais, e conservação e distribuição alimentar. Cada uma das instituições irá entrar em contacto com um total de trinta e seis empresas, seis por fileira na sua proximidade territorial [13].

Este projeto procura caraterizar as seguintes fatores fundamentais:

- Produção anual para cada subsetor [ton];
- Volume de negócios anual para cada subsetor [M€];
- Consumo específico de energia [tep/ton];
- Custos de energia [€/tep];
- Energia gasta por tonelada [kgep/ton];
- Caraterísticas da construção das câmaras frigoríficas – tipo de isolamento e estado, vedações de portas, dimensões e capacidade média, etc.;
- Caraterísticas técnicas do equipamento de refrigeração (potência, tipo de fluído de refrigeração, sistema de expansão direto/indireto);
- Uso das câmaras de refrigeração – entrada de máquinas, pessoas por hora, variações sazonais, temperaturas de *setpoint*, etc.;
- Valores económicos e administrativos [13].

Na primeira fase do projeto, as empresas foram alvo de auditorias deambulatórias, as denominadas *walkthrough energy audits*, através de um inquérito (ANEXO A) e levantamento dos principais equipamentos consumidores de energia. Numa segunda fase, duas empresas por indústria foram escolhidas com base na sua estrutura operacional e perfis de energia – serão as que apresentarão valores mais próximos das médias calculadas – a ser sujeitas a uma auditoria energética aprofundada, de modo a que haja uma compreensão mais abrangente do consumo de energia permitindo, num estado mais avançado, a recomendação de mais medidas de eficiência energética aplicáveis a cada um dos subsectores da indústria agroalimentar [13].

Numa terceira fase, e com base nas experiências recolhidas anteriormente, um Manual de Boas Práticas será publicado, tal como um *software* para permitir que os gestores das empresas possam rapidamente simular medidas de poupança energética com resultados baseados nas empresas que se apresentaram como modelo em termos de consumo específico – tal é particularmente importante dado que na maioria das vezes, verifica-se uma barreira psicológica em adotar medidas e equipamentos mais eficientes devido à falta de uma formação e informação adequadas na área de gestão de energia [13].



Figura 16 - Modelo previsional, output esperado do projeto InovEnergy

3.1.1. Dados

Foram recolhidos os dados específicos, relativos aos perfis de consumo de energia e estrutura da empresa, de um total de 36 empresas até à data de escrita deste documento.

Estas empresas variavam nos seus códigos de CAE (Classificação da Atividade Económica) como exposto de seguida:

Tabela 7 - Código de CAE das empresas do projeto InovEnergy

Fileira	CAE
Carnes	<u>10110</u> - Abate de gado (produção de carne)
	<u>10130</u> - Fabricação de produtos à base de carne
Distribuição	<u>46311</u> - Comércio por grosso de fruta e de produtos hortícolas, exceto batata
	<u>46320</u> - Comércio por grosso de carne e produtos à base de carne
	<u>46382</u> - Comércio por grosso de outros produtos alimentares, n.e.
Hortofrutícolas	<u>01610</u> - Atividades dos serviços relacionados com a agricultura
	10395 - Preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas por outros processos
	<u>46214</u> - Comércio por grosso de cereais, sementes, leguminosas, oleaginosas e outras matérias-primas agrícolas
	<u>46311</u> - Comércio por grosso de fruta e de produtos hortícolas, exceto batata
Laticínios	<u>10510</u> - Indústrias do leite e derivados
Peixes	<u>10201</u> - Preparação de produtos da pesca e da aquicultura
	<u>10202</u> - Congelação de produtos da pesca e da aquicultura
	<u>10203</u> - Conservação de produtos da pesca e da aquicultura em azeite e outros óleos vegetais e outros molhos
	<u>10204</u> - Salga, secagem e outras atividades de transformação de produtos da pesca e aquicultura
Vinho	<u>0210</u> - Viticultura
	<u>11021</u> - Produção de vinhos comuns e licorosos
	<u>11022</u> - Produção de vinhos espumantes e espumosos

Pelos códigos de CAE recolhidos, é fácil de reparar que o tipo de atividade das empresas difere grandemente, mesmo dentro da própria fileira de estudo. Isso implica diferentes processos e operações, que se podem materializar em perfis energéticos também muito distintos.

Por falta de dados completos em tempo útil, algumas empresas tiveram de ser excluídas das estatísticas. A única a fileira que não foi incluída neste estudo foi a dos Laticínios.

A servir como exemplo, na fileira Carnes, foram auditadas 8 empresas:

Tabela 8 - Dados gerais da fileira Carne

Empresa	CAE	Matérias-primas	Volume de Negócios [M€]	Produção [ton]
Carne_1	10110	Carnes frescas, Enchidos, Fumados	30	11403,5
Carne_2	10110	Carne de Suíno	9	3640
Carne_3	10110	Porco, Vaca, Caprinos	4	1436
Carne_4	10130	Leitões, Ruminantes vários	0,5	891
Carne_5	10130	Presunto	1,2	250
Carne_6	10110	Suíno, Novilho	1	160,64
Carne_7	10110	-	-	-
Carne_8	10110	Carnes várias	3,065	-

Com os dados recolhidos do consumo de eletricidade e combustíveis fósseis, e de acordo com os valores retirados do Despacho n.º 17313/2008, foram obtidos os valores dos consumos de energia em energia primária – tep, para cada empresa. Os valores totais foram depois convertidos de tep para kgep, de modo a que os valores fossem mais perceptíveis.

O mesmo procedimento foi aplicado às restantes fileiras (Peixes, Distribuição, Hortofrutícolas e Vinho), obtendo os resultados que estão dispostos no ANEXO B.

Tabela 9 - Consumos energéticos das empresas auditadas da fileira Carne

Empresa	Eletricidade [tep]	Propano [tep]	Gás Natural [tep]	TOTAL [tep]	Intens. Energ. [kWh/ton]	SEC [kgep/ton]
Carne_5	88,5	-	-	88,5	1646,3	354
Carne_6	54,3	-	-	54,3	1573,1	338
Carne_1	637,6	-	304,8	942,4	260,0	83
Carne_4	44,4	18,1	-	62,5	231,7	70
Carne_2	120,9	53,6	-	174,5	154,5	48
Carne_3	23,5	-	-	23,5	76,1	16
Carne_7	-	-	-	-	-	-
Carne_8	78,6	-	77,8	156,5	-	-
TOTAL (média)	149,7	35,8	191,3	187,8	656,9	151,5

Para servir como comparação, consultou-se a base de dados do programa IAC e retirou-se a informação disponível de empresas de diferentes fileiras às quais foi feita uma auditoria energética. Após selecionar as empresas disponíveis para cada código SIC, selecionaram-se os seus dados, incluindo os seus consumos energéticos e produção. Os valores utilizados para o CEE estão em kgep/ton, (os valores de conversão dos consumos energético para MMBtu efetuados pelo programa IAC encontram-se no ANEXO E).

De modo a comprovar a literatura, e verificar que empresas pequenas normalmente têm um CEE maior, relacionou-se o CEE de cada empresa com a sua produção (Figura 17).

Como se pode observar, os valores do CEE aumentam para valores de produção menores. O mesmo panorama ocorre com as empresas estudadas pelo projeto InovEnergy, como se pode ver na Figura 18.

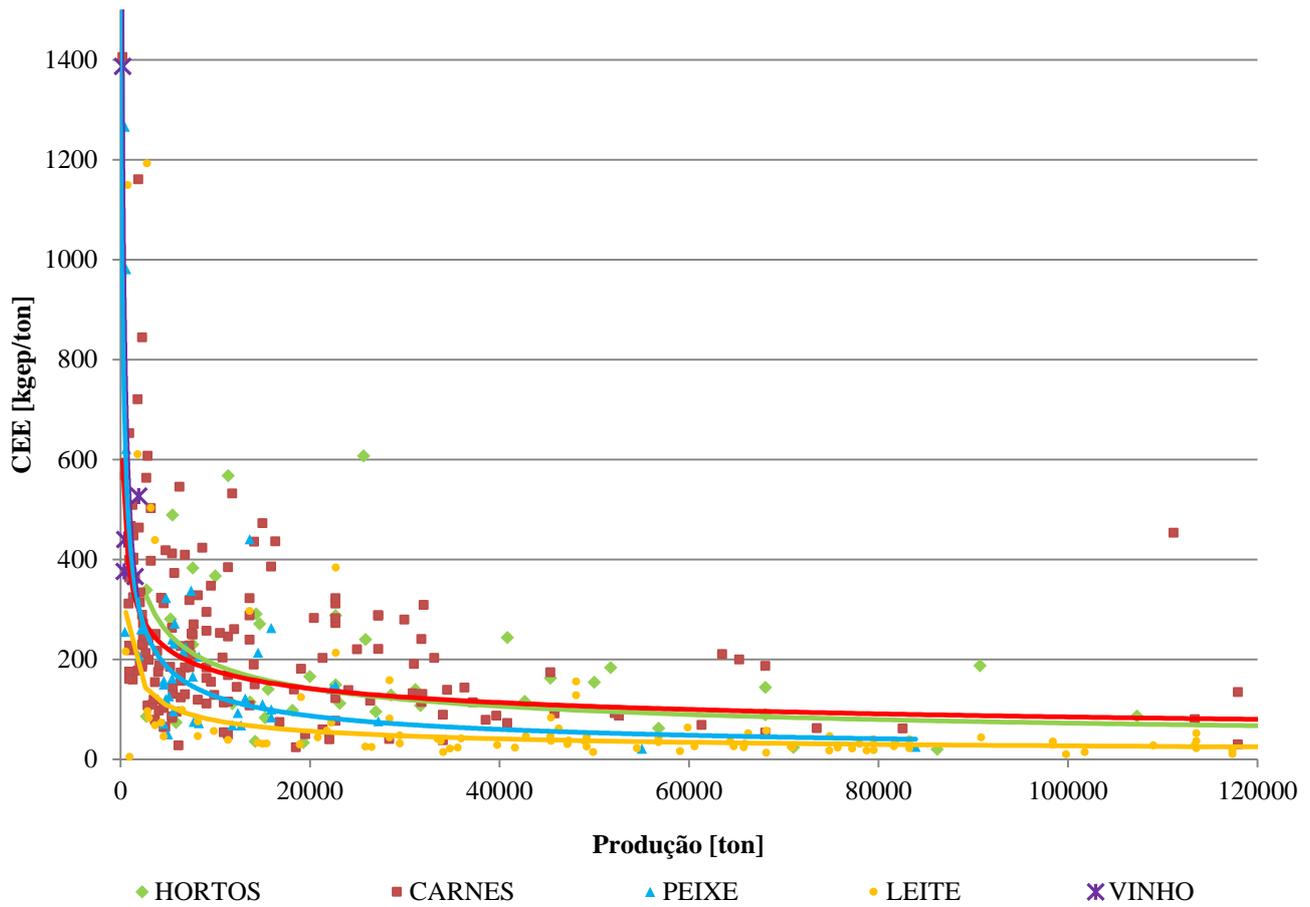


Figura 17 - Relação entre o CEE e a produção das empresas seleccionadas da base de dados IAC

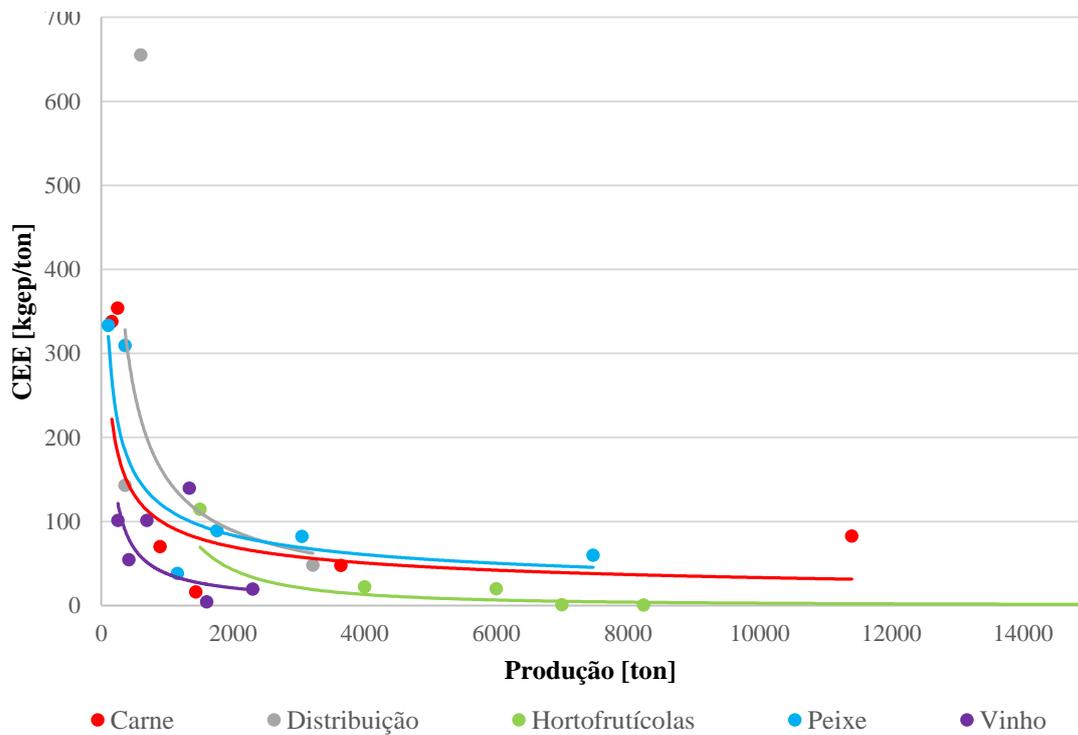


Figura 18 - Relação entre o CEE e a produção das empresas do projeto InovEnergy

Embora as fileiras apresentadas em ambas as figuras não sejam iguais e sejam para países distintos, notam-se semelhanças nos perfis de energia para as empresas com uma produção menor. Isto mostra que, mesmo não tendo grandes consumos de energia, as PME têm potencial e necessidade de poupança de energia, ainda mais nos tempos correntes, de modo a não só aumentar a sua eficiência energética, como a melhorar a sua competitividade na área da indústria em que estão inseridas.

Com os dados recolhidos das diferentes empresas, e com o valor do despacho n.º 15793-D/2013, relativo às emissões de CO₂e por fonte de energia, procedeu-se também ao cálculo das emissões por cada fileira. Calculou-se também o consumo médio total de cada fileira, desagregado por tipo de combustível. Nas fileiras Distribuição, Peixes e Vinho não foram contabilizados os consumos de combustível, dada a existência de apenas uma empresa por fileira com dados de consumo de combustível disponíveis até à data.

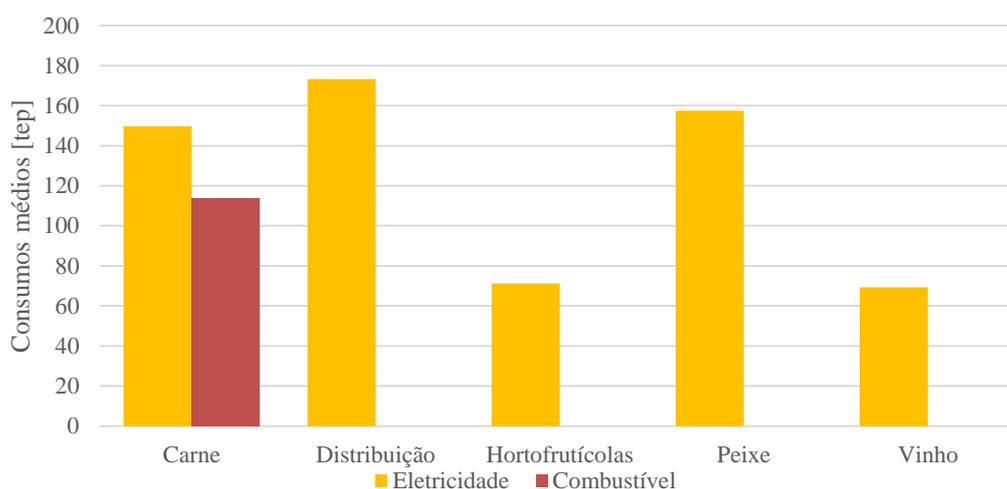


Figura 19 - Consumo médio anual desagregado por tipo de energia das diferentes fileiras estudadas

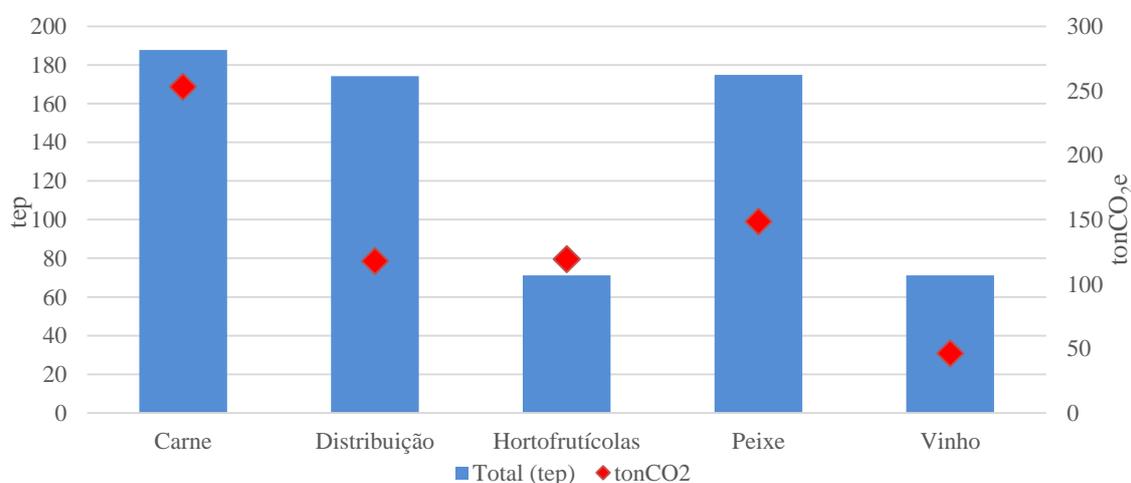


Figura 20 – Consumos totais anuais médios por fileira e relativa emissão de CO₂

De seguida, calculou-se o CEE para cada empresa estudada no projeto InovEnergy, encontrando-se os resultados por fileira no ANEXO C. Comparou-se também os valores do consumo de energia com a produção das empresas por fileira, que se apresentam na Figura 21. No caso das fileiras das Carnes e dos Peixes, os valores das empresas apresentam uma correlação elevada (acima de 0,93). Já no caso dos Hortofrutícolas e Vinho, os pontos praticamente não têm correlação, mostrando que é necessária a recolha de dados de mais empresas para que o valor da correlação aumente e os valores recolhidos do projeto possam ter mais rigor.

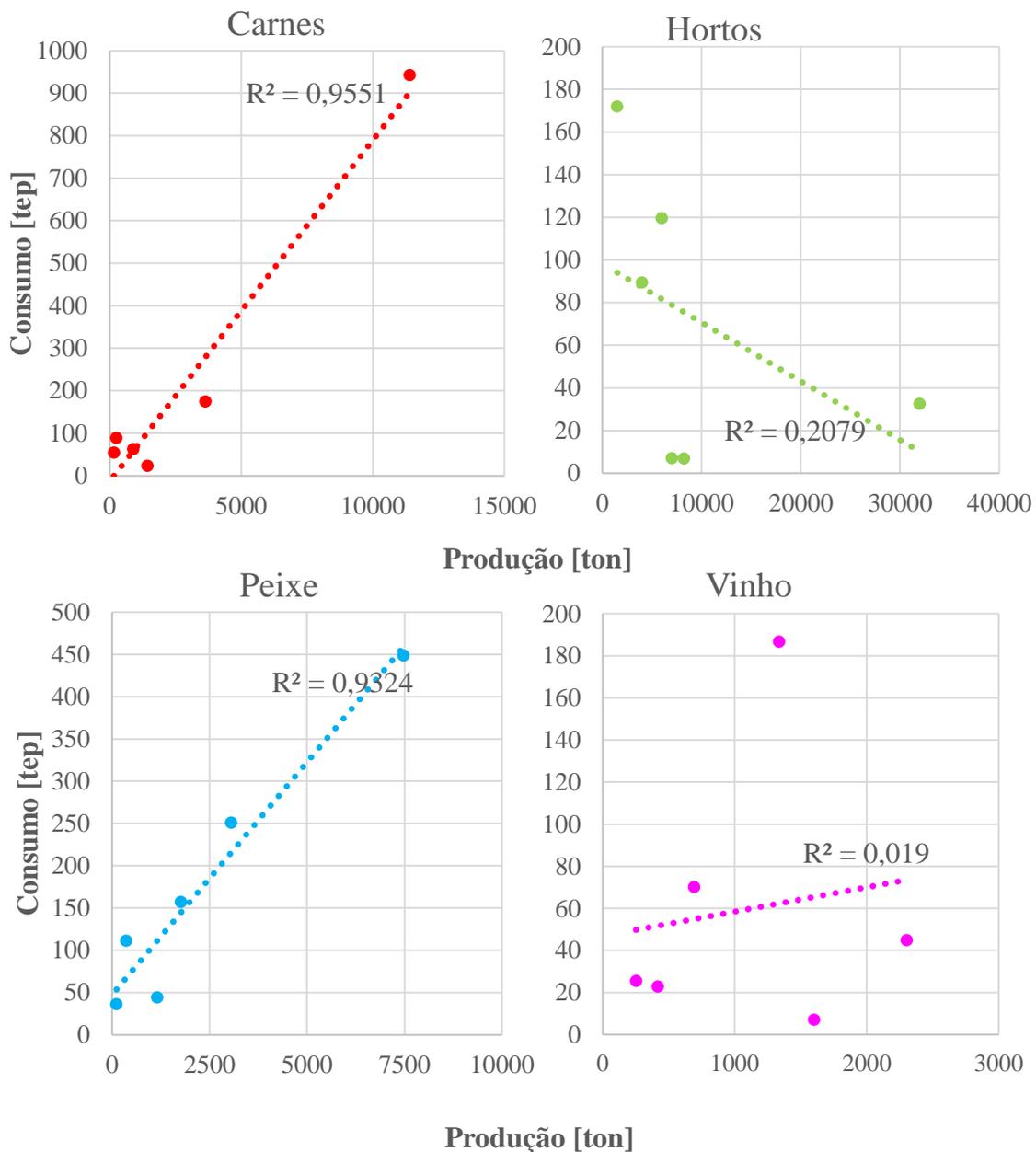


Figura 21 - Consumo e produção das empresas por fileira

Compararam-se os valores os dados recolhidos da base de dados do IAC e das empresas do projeto InovEnergy com CEE de referência do setor, como mostrado na Tabela 10, e elaborou-se a Figura 22. Os valores de referência para cada fileira estão expostos no ANEXO D.

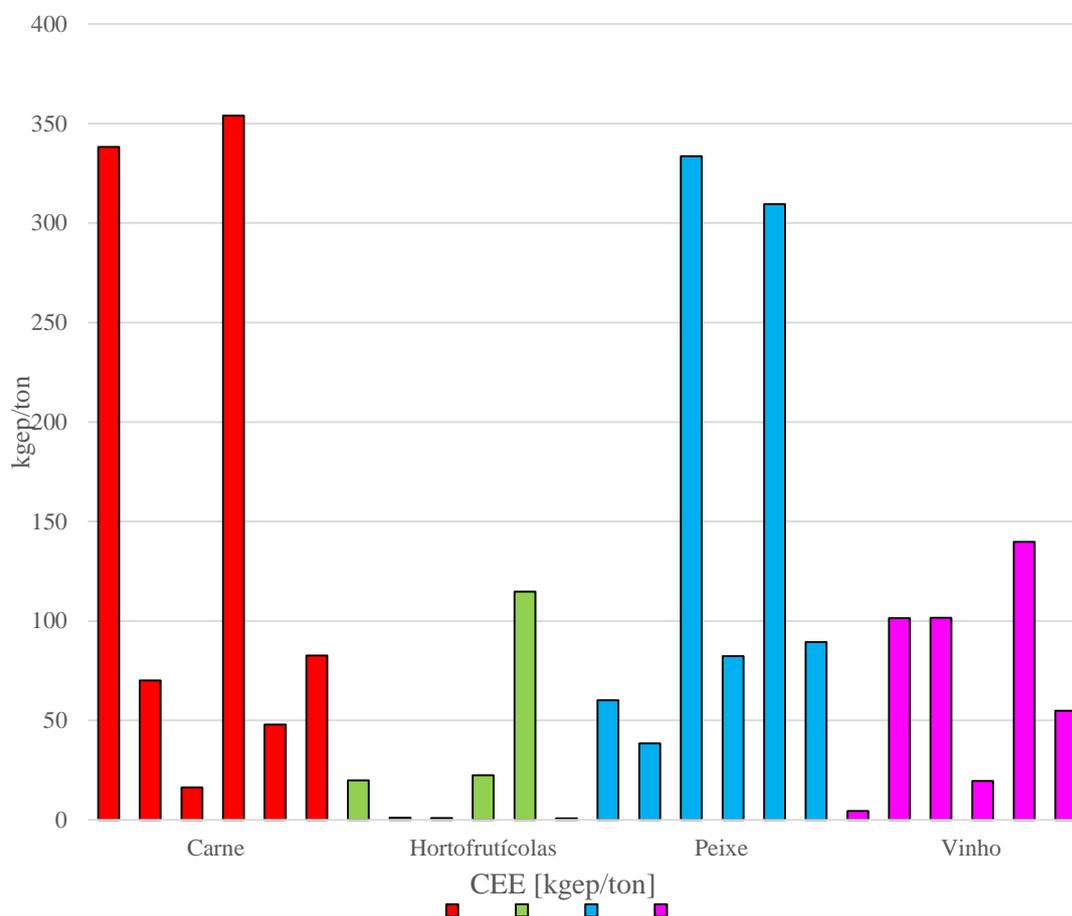


Figura 22 – CEE das empresas do projeto InovEnergy e CEE médio por fileira

Tabela 10 – CEE médios de cada fileira

[kgep/ton]	CEE médio Projeto InovEnergy	CEE médio E.U.A. – Base de dados IAC	CEE de referência
Carnes	151,5	250,6	111,1
Peixe	152,2	274,9	14,6
Hortofrutícolas	26,6	178,4	60,6
Vinho	70,2	3829,3	31,7

É notória diferença de CEEs das fileiras das Carnes e Peixes em relação às restantes. Já pelo contrário, nota-se que a fileira dos Hortofrutícolas é a que tem menor consumo energético por tonelada de produto. Isto dever-se-á à proporção de câmaras de refrigeração com frio negativo utilizadas tanto na fileira das Carnes como na dos Peixes

(abordada com mais detalhe no Capítulo 4.6.1), que requerem mais potência no seus sistemas e consomem consequentemente mais energia, aumentando o seu CEE.

No caso da fileira dos Vinhos, há uma enorme disparidade entre a média do CEE Portuguesa e a média calculada pela base de dados do IAC. Embora os valores de produção médios estejam dentro da mesma ordem de grandeza (média PT - 950 ton/ano; média EUA – 601 ton/ano), notou-se que havia uma grande diferença no nº de funcionários que trabalham para a empresa. Enquanto que, em média, numa empresa portuguesa trabalham 25 pessoas, numa empresa americana da base de dados IAC a média de trabalhadores é cerca de 178. Embora tal não esteja explícito na descrição das empresas na base de dados, a diferença no número de trabalhadores levou a crer que a fase da cultura da vinha esteja incluída no processo produtivo, o que aumentaria o CEE consideravelmente.

Assim, recolheu-se informação relativa ao consumo de energético da fileira dos vinhos, na cultura da vinha/vindima e produção de vinho, separadamente. Os dados apontam para cerca de 2,618 GJ (62,5 kgep) envolvidos no processamento total de 1 tonelada de uvas: em relação à parte da cultura da vinha e vindima cerca de 1,063 GJ (25,4 kgep) e 1,555 GJ (31,7 kgep) para a produção do vinho em si., por tonelada de vinho produzida. Nas empresas portuguesas estudadas, a média encontra-se nos 70,2 kgep/ton de vinho produzido, ou seja, aproximadamente o dobro. Com isto, pode-se deduzir que a informação recolhida da base de dados do IAC se encontra de alguma maneira com erros, dada a discrepância de valores não justificada.

3.2. Medidas de Utilização Racional de Energia

As medidas de URE são soluções para poupar energia, e podem ir desde pequenas alterações na rotina da empresa (comportamentos, hábitos dos trabalhadores, etc.), até grandes projetos de cogeração ou mesmo remodelação do processo produtivo. Em alguns setores, melhorias de baixo custo – ou sem custo – na gestão de energia podem levar a poupanças significativas mesmo antes de qualquer investimento ser necessário [10].

A tabela seguinte mostra exemplos do valor dos investimentos necessários para melhorar a eficiência energética.

Tabela 11 - Ações de melhoria da eficiência energética e exemplos de investimentos com custos crescentes [10]

Nível de Investimento	Ação
Procedimentos Simples	<ul style="list-style-type: none"> • Desligar as luzes e outros equipamentos quando não estão em uso • Mudança organizacional, e.g. mudar para uma taxa mais baixa de energia durante a noite
Investimento de baixo custo	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir iluminação por lâmpadas fluorescentes compactas • Motores com variadores eletrónicos de velocidade (VEV), novas bombas
Custo médio	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição do aquecimento, ventilação e ar condicionado • Novas caldeiras, câmaras frigoríficas • Substituição do gerador de <i>backup</i> • Cogeração
Custo médio-elevado	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Upgrades</i> do equipamento do processo e substituição seletiva de equipamento
Custo elevado	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição da linha inteira de produção • Novas unidades de geração de energia, geração renovável de energia <i>on-site</i> • Transmissão de energia <i>on-site</i>
Custo mais elevado	<ul style="list-style-type: none"> • Nova central, nova instalação

As medidas de URE podem, segundo o SGCIE, ser classificadas como medidas transversais ou medidas setoriais.

As medidas transversais são aquelas que podem ser aplicadas de um modo geral a todos os tipos de indústria, com a particularidade de serem aquelas que poderão proporcionar um maior aumento de eficiência energética no seu conjunto [7]. As medidas setoriais são, como o próprio nome o diz, específicas de cada setor e, embora não tenham a mesma importância em termos energéticos no panorama global da indústria, são importantes para o aumento da competitividade das empresas dentro do seu respetivo setor [7].

De acordo com o PNAEE, as medidas transversais aplicadas ao setor industrial podiam resultar na poupança energética exposta pela Tabela 12.

Tabela 12 - Poupança teórica causada pelas medidas transversais ao setor industrial

Âmbito	Medida/Tecnologia	Poupança Total	
		tep/ano	%
Sistemas acionados por motores elétricos	Otimização de motores	19.115	0,35
	Sistemas de bombagem	2.294	0,04
	Sistemas de ventilação	510	0,01
	Sistemas de compressão	5.161	0,10
	Total	27.080	0,50
Produção de calor e frio	Cogeração	27.000	0,50
	Sistemas de combustão	64.043	1,18
	Recuperação de calor	72.048	1,34
	Frio industrial	1.338	0,02
	Total	164.429	3,04
Iluminação	Total	1.911	0,04
Eficiência do processo industrial / Outros	Monitorização e controlo	10.554	0,20
	Tratamento de efluentes	2.402	0,40
	Integração de processos	94.986	1,76
	Manutenção de equipamentos	24.871	0,46
	Isolamentos térmicos	18.012	0,33
	Transportes	48	0,001
	Formação e sensibilização de recursos humanos	3.166	0,06
	Redução da energia reativa	1.125	0,02
Total das Medidas Transversais	Total	348.584	6,45

Como é notório pelos valores da Tabela 12 do total das poupanças estimadas pelas medidas transversais, quase metade se deve a medidas de melhoramentos na produção de calor e frio (3,04%). De notar também que a percentagem de poupança de certas medidas não chega sequer aos 0,1% de poupança total, mas também são medidas que muitas vezes podem ser de baixo custo e/ou não requerer grandes reestruturações na empresa. Estas medidas, embora de menor peso no total da poupança, são na maioria das vezes aplicáveis à generalidade das empresas, dada a sua transversalidade e simplicidade.

3.2.1. Recomendações IAC

De modo a ter uma fonte comparativa de dados para o setor agroalimentar português, onde os dados são escassos, procedeu-se à recolha das recomendações que são predominantemente aconselhadas às empresas auditadas deste setor na base de dados do

IAC. Para cada fileira estudada no projeto InovEnergy (à exceção da fileira Distribuição, por falta de dados) apuraram-se as 10 recomendações mais vezes atribuídas às empresas.

A cada recomendação é indexada a taxa de implementação, que apura a percentagem de vezes em que a medida é efetivamente implementada. Nos casos em que a medida não é implementada, por razões do sigilo das empresas não é possível saber qual o motivo. Estas medidas são feitas com bases técnicas sólidas, e por ficar na escolha da empresa o implementar ou não da medida, muitas vezes esta poderá não se concretizar por escolha da empresa, e não por ser uma medida pouco eficiente [23].

Assim, analisando as 5 medidas mais recomendadas pelas equipas IAC às empresas de cada fileira, obtiveram-se as recomendações para as diferentes fileiras expostas na Tabela 13. Na Tabela 14, para cada recomendação, expõe-se o relativo código de recomendação IAC, o número de vezes que foi recomendada, a sua poupança em termos monetários, a percentagem de poupança em relação ao consumo energético total da empresa (% Energia Elétrica – Poupança Energia Elétrica; %Energia Primária – Poupança Combustível), o seu custo de implementação, o PRI e a percentagem de implementação da medida. Em relação à percentagem de poupança em termos energéticos, foi discriminado se a poupança é relativa à energia elétrica (energia secundária) ou à energia primária.

Tabela 13 – Medidas URE selecionadas da base de dados IAC

ARC	Descrição
2.1233	Analisar gases de exaustão da caldeira para um rácio adequado de ar/combustível
2.2621	Modificar o sistema de refrigeração para operar a uma pressão menor
2.4111	Usar correias energeticamente eficientes e outros mecanismos melhorados
2.4133	Usar o tipo mais eficiente de motores elétricos
2.4141	Usar múltiplas velocidades de motor para cargas variáveis de bombas, ventiladores e compressores
2.4221	Instalar <i>intakes</i> do compressor de ar nos locais mais frescos
2.4236	Eliminar fugas em condutas/válvulas de gases inertes e ar comprimido
2.7142	Usar lâmpadas e/ou balastos de maior eficiência

Tabela 14 - Caraterísticas das medidas de URE recomendadas por fileira

Vinhos							
ARC	Nº Vezes Rec.	Poupança (\$)	% Energia Elétrica	% Energia Primária	Custo	PRI	% Imp.
2.7142	17	13.830	7,8	-	29.283	3,1	43.75%
2.4141	16	4.595	2,5	-	5.399	1,7	37.50%
2.7135	10	2.459	0,8	-	6.284	2,1	50.00%
2.2511	10	7.306	7,1	2,4	31.564	3,1	30.00%
2.4231	8	3.213	1,4	-	656	0,3	37.50%
TOTAL		31.403	19	2	73.186		

Peixes							
ARC	Nº Vezes Rec.	Poupança (\$)	% Energia Elétrica	% Energia Primária	Custo	PRI	% Imp.
2.7142	35	2.798	0,8	-	6.301	2,2	48.57%
2.4133	23	6.081	1,8	-	14.057	2,6	73.91%
2.2621	19	8.169	4,2	-	2.056	0,8	61.11%
2.4111	17	3.830	2,1	-	5.700	1,7	35.29%
2.2511	13,0	6.317	2,7	5,9	13.454	2,8	38.46%
TOTAL		27.195	12	6	41.568		

Hortofrutícolas							
ARC	Nº Vezes Rec.	Poupança (\$)	% Energia Elétrica	% Energia Primária	Custo	PRI	% Imp.
2.7142	39,0	5.950	1,2	-	10.996	2,4	54.05%
2.4133	34,0	5.918	4,5	-	7.155	2,5	75.76%
2.2621	26,0	15.979	2,7	-	8.717	0,5	66.67%
2.4111	19,0	2.959	0,5	-	2.483	1,3	52.63%
2.1233	18,0	10.062	-	14,5	8.869	0,7	61.11%
TOTAL		40.868	9	15	38.220		

Carnes							
ARC	Nº Vezes Rec.	Poupança (\$)	% Energia Elétrica	% Energia Primária	Custo	PRI	% Imp.
2.7142	101,0	3.272	1,1	-	6.860	1,9	57.73%
2.1233	57,0	4.510	-	2,9	1.656	0,8	68.52%
2.4133	48,0	3.553	1,0	-	8.340	2,2	68.09%
2.4236	43,0	5.727	2,0	-	1.086	0,5	82.05%
2.4221	43,0	1.115	0,3	-	546	0,7	48.84%
TOTAL		18.177	4,5	2,9	18.488		

Apresentam-se, então, nos capítulos de 3.2.1.1 a 3.2.1.5, uma breve explicação das medidas seleccionadas do programa IAC.

3.2.1.1. Sistemas de Combustão

- Analisar gases de exaustão da caldeira para um rácio adequado de ar/combustível (2.1233)

Algumas caldeiras usam níveis de oxigénio em excesso que resultam num consumo desnecessário de energia. Este ar em excesso revela um processo de combustão de baixa eficiência [1, 24]

A diminuição do caudal mássico dos gases de combustão é conseguida através da redução do excesso de ar à entrada da instalação de combustão. Este excesso de ar pode ser minimizado através do ajuste proporcional do fluxo de ar em relação ao fluxo de combustível [7]. O controlo do excesso de ar pode ser manual ou automático, dependendo da rapidez das flutuações da necessidade de calor (output) [1, 7].

A quantidade ótima de O₂ nos gases de exaustão de uma caldeira a gás natural é 2,0%, o que corresponde a 10% de excesso de ar. Já numa caldeira a gasóleo, a quantidade ótima de O₂ é 3,7%, correspondendo a 20% de excesso de ar. Ao controlar a combustão, é possível poupar até 3 ou 4% em combustível numa caldeira a gás natural e gasolina, respetivamente [24].

Como regra geral, tem-se que uma redução de 1 % no excesso de ar (oxigénio) à entrada da instalação de combustão leva a uma redução do consumo de combustível em 1% [7]. Por motivos de segurança e ambientais, a combustão deve sempre decorrer numa atmosfera com pelo menos 5% de excesso de ar [7].

3.2.1.2. Sistemas Térmicos

- Modificar o sistema de refrigeração para operar a uma pressão menor (2.2621)

O CoP de uma unidade de refrigeração é principalmente determinado pela pressão do evaporador e a pressão de condensação. A redução da pressão de condensação eleva o CoP e diminui o consumo de eletricidade [17].

Em muitos casos, os sistemas de refrigeração das empresas estarão a operar a pressões acima do recomendado, e tal leva a um trabalho excessivo realizado pelo compressor, o que originará maiores consumos energéticos. Assim, a redução da pressão do sistema de refrigeração poderá levar a ganhos substanciais (até 21% dos custos de

operação [26]), sendo o investimento necessário para esta medida praticamente nulo. Assim, o PRI desta medida é zero, e os benefícios elevados.

As pressões mínimas recomendadas são as seguintes:

Tabela 15 - Pressões mínimas recomendadas para um sistema de refrigeração [26]

Avaliação	Pressão Mínima [Pa]
Razoável	861.845
Boa	792.897
Melhor	689.476

3.2.1.3. Sistemas de Motores

- Usar correias energeticamente eficientes e outros mecanismos melhorados (2.4111)

Além das ineficiências internas dos motores elétricos que causam perdas de energia, a energia disponível no eixo de transmissão do motor não é transmitida a uma máquina através de uma correia sem perdas de energia adicionais [24]. Estas perdas vêm através de deslizamento, da energia usada para fletir a correia e na compressão e alongamento da mesma [24].

Estudos [27, 28, 29] demonstraram que as correias industriais são cerca de 94% eficientes. Isto quer dizer que 94% da energia transferida para a transmissão do motor é transmitida para a maquinaria como energia útil. As correias dentadas não deslizam e dobram-se mais facilmente que as correias normais, sendo portanto mais eficientes que as normais [24].

Testes comprovaram que correias dentadas, usadas para grandes ou pequenas unidades, mostraram ganhos em eficiência de 2 a 5%, com valores conservadores para a melhoria de eficiência dos 1 aos 3% [24].

- Usar o tipo mais eficiente de motores elétricos (2.4133)

De todos os tipos de motores, os motores elétricos são os mais utilizados. Na União Europeia, os motores elétricos são os equipamentos mais disseminados em todos os setores industriais, usando cerca de 70 % da energia elétrica total consumida na indústria [1, 7]. Em Portugal, são responsáveis por mais de 70 % do consumo de eletricidade da indústria, e por cerca de 30 % do consumo elétrico global do País [7].

Os motores de alta eficiência (MAE), tal como o próprio nome indica, apresentam um rendimento e um fator de potência mais elevados que os motores convencionais. A melhoria de rendimento obtida para os motores de alta eficiência relativamente aos motores convencionais situa-se normalmente nos 3-4%, podendo, no entanto, atingir um máximo de 8% [1, 7].

Apesar de serem mais económicos energeticamente, os motores de alta eficiência, pela sua conceção, são motores que exigem um investimento inicial cerca de 25% a 30% superior em relação aos motores convencionais [1, 7]. No entanto, na maioria dos casos, a substituição de um motor convencional por um motor de alta eficiência é justificada, sendo o investimento amortizado em 1 a 2 anos [7].

- Usar múltiplas velocidades de motor para cargas variáveis de bombas, ventiladores e compressores (2.4141)

Vários estudos apontam para a utilização de Variadores Eletrónicos de Velocidade (VEVs), como a medida com maior potencial de poupança em sistemas motorizados devido ao seu papel extremamente importante na poupança direta de energia [7].

Na indústria em Portugal, o sobredimensionamento de motores de indução é uma situação muito frequente, devido à utilização sistemática de fatores de segurança muito elevados [7]. Assim, para a maioria das aplicações, seria benéfico em termos de consumo de energia eléctrica e de desempenho global, se a velocidade do motor se ajustasse às cargas ou necessidades do processo [7, 17].

Os VEVs convertem a tensão da rede de 50 Hz numa tensão contínua e em seguida sintetizam uma frequência variável sob controlo externo do utilizador que pode ir de 0 a 150 Hz consoante o tipo de aplicações [7].

As principais vantagens resultantes da aplicação dos VEVs a motores eléctricos na indústria são [1, 7]:

- Economias de energia até 50 % ou mais, com um valor médio de 20 - 25 %;
- Redução dos picos de potência durante o arranque e a paragem do motor;
- Aumento da duração do motor;
- Aumento do fator de potência, correspondendo a uma diminuição da parcela da energia reativa na fatura energética;

- Possibilidade de *bypass* em caso de falha;
- Amplas gamas de velocidade, binário e potência;
- Melhorias no controlo do processo, na qualidade do produto, e em última análise, na produtividade;
- Diminuição da quantidade de partes mecânicas, dado o carácter compacto dos VEVs e estes incorporarem já diversos tipos de proteções para o motor, que deixam assim de ser adquiridas isoladamente.

3.2.1.4. Sistemas de ar comprimido

O ar comprimido é uma forma versátil, flexível e segura de transmitir energia, utilizado em todas as instalações industriais. De facto, mais de 10 % da energia eléctrica consumida numa indústria é utilizada em ar comprimido [1, 7]. Contudo, perto de 20 % desta energia é perdida devido a fugas de ar, à má utilização do ar comprimido ou à negligência da manutenção [7].

Em termos energéticos, o rendimento global de um sistema de ar comprimido depende dos rendimentos individuais dos vários componentes que o compõem e das interdependências existentes entre esses componentes [7]. O potencial global de economia de energia associado a um sistema de ar comprimido é, normalmente, em média, da ordem dos 30 %, ainda que cada medida possa conduzir a economias distintas e variáveis de instalação para instalação [1, 7].

- Instalar *intakes* do compressor de ar nos locais mais frescos (2.4221)

A localização do compressor e a qualidade do ar de entrada influenciam significativamente a quantidade de energia eléctrica consumida por um sistema de ar comprimido [30].

Não é incomum haver compressores localizados em quartos fechados dentro das instalações ou em caves, onde normalmente há falta de ar fresco para alimentar os compressores, deixando os motores a comprimir ar ambiente, que está normalmente a uma temperatura mais elevada que o ar exterior [1]. É estimado um aumento de 1-2% da potência requerida para cada aumento de 5°C na temperatura do ar [1].

Quando possível, a entrada de ar para o compressor deve ser dirigida para fora do edifício, de preferência no lado norte ou no mais frio [1]. Dado que a temperatura média

do ar exterior está normalmente bem abaixo da temperatura da divisão do compressor, é compensatório usar o ar exterior [24]. O potencial de poupança de energia na diminuição da temperatura do ar de entrada resulta do facto do ar frio ter massa específica superior, e por isso um certo aumento de pressão pode ser obtido com menor redução do volume de ar. Assim, o compressor não precisará de trabalhar tanto para obter a pressão requerida [24].

– Reduzir pressão do ar comprimido para o mínimo requerido (2.4231)

Na indústria é prática corrente produzir ar comprimido a pressão elevada e depois expandi-lo até à pressão desejada, com grandes perdas neste procedimento. A solução mais energeticamente favorável é a produção de ar comprimido à pressão mínima requerida (e.g., a redução de pressão do compressor de 8,2 bar para 6,9 bar permite ganhos energéticos de 9,1 % na potência de compressão) [7, 17].

Como regra de base, pode afirmar-se que para uma redução de 1 bar na pressão de trabalho da rede, a redução em energia eléctrica associada pode atingir os 6% [7].

– Eliminar fugas em condutas/válvulas de gases inertes e ar comprimido (2.4236)

De todas as medidas conducentes a poupanças energéticas, a redução de fugas de ar comprimido é, de longe, a medida mais importante, sendo aplicável a quase todos os sistemas de ar comprimido [1, 7, 31].

A maior parte dos utilizadores de ar comprimido é pouco sensível à importância de um programa regular de deteção de fugas, em parte porque as fugas são invisíveis e porque geralmente não provocam danos [7]. Uma rede de distribuição concebida e instalada corretamente pode diminuir significativamente as fugas de ar comprimido. Contudo, a medida essencial deste tópico tem a ver com uma manutenção adequada [7].

As fugas de ar comprimido podem representar 15-25 % do custo total de produção de ar comprimido. Uma manutenção eficiente e inspeções periódicas permitem reduzir este valor para 5 - 10 % [1, 7].

3.2.1.5. Sistemas de Iluminação

A higiene e segurança no trabalho é o critério de prioridade para os requisitos dos sistemas de iluminação [1].

A energia elétrica consumida nas instalações de iluminação nos diferentes setores de atividade (indústria, serviços e doméstico) representa aproximadamente 25 % do consumo global do país, e cerca de 5 % a 7 % do consumo global de energia elétrica de uma instalação industrial. Trata-se portanto duma área onde a utilização de equipamentos mais eficazes se traduzirá em reduções significativas de consumos energéticos [7].

Assim, procura-se hoje em dia instalar equipamentos que proporcionem os níveis de iluminação necessários e recomendados ao desempenho das atividades, reduzindo quer o consumo de energia elétrica quer os custos de manutenção dos sistemas [7].

Estas medidas de URE podem ser aplicadas em todos os casos estudados e resultar em elevados ganhos de eficiência energética, com investimentos e PRIs relativamente baixos [1].

– Instalar sensores de ocupação (2.7135)

A instalação de sensores de ocupação ou temporizadores num sistema de iluminação permite que as luzes estejam ligadas apenas durante os períodos de atividade, reduzindo o consumo energético [24].

Os sensores de presença, no entanto, só funcionam eficientemente se forem bem selecionados e se as lâmpadas sobre as quais irão atuar forem incandescentes ou fluorescentes com balastos eletrónicos [7].

A utilização de temporizadores ou sensores crepusculares (células fotoelétricas) na iluminação exterior permite que a iluminação seja ligada apenas quando é necessária, evitando assim consumos de energia em períodos de boa iluminação natural [24].

– Usar lâmpadas e/ou balastos de maior eficiência (2.7142)

A iluminação com maior eficiência tem estado em foco nos últimos anos. Novas tecnologias levaram a lâmpadas inovadoras que têm uma vida mais longa e que requerem menos potência com uma redução mínima no seu fluxo luminoso [24]. As reduções do consumo de energia elétrica nas instalações de iluminação passam, portanto, pela utilização de lâmpadas de elevada eficiência energética [7].

A maioria destas lâmpadas foram desenhadas como substitutas diretas para as lâmpadas ineficientes antigas, por isso as luminárias existentes podem ser utilizadas na

maioria dos casos. No entanto, devido à potência reduzida necessária das novas lâmpadas, as luminárias existentes terão que ser com balastros de potência reduzida [24].

Todas as lâmpadas fluorescentes têm um elevado rendimento luminoso, baixo consumo e vida útil longa. Duram 8 a 10 vezes mais do que as lâmpadas incandescentes convencionais e economizam cerca de 85 % de energia [7].

3.2.2. Resultados

Com os resultados obtidos das poupanças possíveis por fileira, procedeu-se ao cálculo de uma empresa tipo, que tivesse como valores de consumo a média das empresas da sua fileira. Com os valores médios desta empresa, calcularam-se as eventuais poupanças inerentes à implementação das recomendações propostas, especificamente para cada fileira.

Assim, elaborou-se a Tabela 16, onde estão expostos os dados médios do projeto InovEnergy. Dada a falta de dados para as fileiras da Distribuição (pelo IAC) e dos Laticínios (pelo projeto InovEnergy), estas fileiras foram deixadas de fora da análise.

Tabela 16 - Médias totais Projeto InovEnergy

	Carnes	Peixes	Hortos	Vinhos
Produção Anual [ton]	2.964	1.908	9.790	950
Área implantação média [m²]	2.635	2.891	6.217	4.470
Dimensão Empresa [nº func.]	Pequena (<50)	Pequena (<50)	Pequena (<50)	Pequena (<50)
Volume de negócios [M€]	7,0	4,6	4,1	3,1
CEE [kgep/ano]	151,5	152,2	26,6	70,2
Consumo Energia Elétrica [kWh/ano]	696.202,1	732.099	828.119,2	322.218
Custo Energia Elétrica [€/ano]	67.181,8	75.855	94.856	35.626
Consumo Combustível [tep/ano]	113,6	- ²	-	- ²
Custo Combustível [€/ano]	69124,5	- ²	-	- ²

Com os dados obtidos das recomendações da base de dados do IAC (Tabela 17), calcularam-se os valores de poupança totais possíveis com a implementação das 5 medidas por fileira, e a relativa poupança monetária anual. Calcularam-se também os valores das emissões de kgCO₂e e o investimento monetário necessário para diminuir 1 tep de consumo.

² Dada a falta de dados nestas fileiras, não se calculou a média do consumo de combustível.

Tabela 17 - Médias totais de poupança e custo por fileira

Fileira	TOTAL			
	Poupança [\$]	% Poupança Energia Elétrica [kWh]	% Poupança Combustível [tep]	Custo [\$]
Vinhos	31.403	19	2	73.186
Peixes	27.195	12	6	41.568
Hortos	40.868	9	15	38.220
Carnes	18.177	4,5	2,9	18.488

Tabela 18 - Poupanças resultantes da implementação das medidas

	TOTAL			
	Carnes	Peixes	Hortos	Vinhos
Poupança Energia Elétrica [kWh/ano]	31.329	84.923	44.718	62.833
Poupança Eletricidade [€]	3.023	8.799	5.122	6.947
Poupança Combustível [tep/ano]	3,3	-	-	-
Poupança Combustível [€]	2005	-	-	-
Poupança Total [tep]	10,0	18,3	9,6	13,5
Poupança Total [€]	5.028	8.799	5.122	6.947
€_{investido}/tep_{poupado}	847	534	361	373
€_{poupado}/tep_{poupado}	501	482	533	514
PRI	1,7	1,1	0,7	0,7
Total poupança kgCO₂e	7.607	12.229	6.439	9.048

De acordo com a Tabela 18, é possível ver a diferença do possível impacto das medidas implementadas.

Com as recomendações selecionadas, uma empresa tipo da fileira Carnes poderia, eventualmente, poupar cerca de 10 tep do seu consumo energético total, o que equivale a 5,3% do consumo total médio (187,8 tep). Com o PRI mais elevado das 4 fileiras (1 ano e 9 meses), os benefícios totais das medidas implementadas poderiam ascender aos 5028 €.

Na fileira dos Peixes, uma empresa tipo poderia poupar cerca de 18,3 tep de energia com a implementação destas medidas de URE. Isto equivaleria a 10% da energia total consumida (sendo o consumo total médio 174,9 tep). O investimento desta poupança poderia ser amortizado ao fim de aproximadamente 1 ano e 2 meses, sendo a poupança monetária total cerca de 8.799 €.

Na fileira dos Hortofrutícolas, uma empresa poderá em média poupar 9,6 tep de energia total, o que equivale a 13,5% do total consumido. Estas medidas poderão economizar à empresa cerca 5.122 €, com um PRI de 9 meses.

A fileira do Vinho é a que tem a maior percentagem de poupança média de energia, com 13,5 tep pela implementação das medidas a equivaler a 19% do consumo total médio de uma empresa. Assim, uma empresa poderá economizar cerca de 6.947 € com um PRI de 9 meses.

Quanto ao investimento necessário para a poupança de 1 tep no consumo total da empresa, nota-se que a fileira das Carnes é aquela que necessita de um maior investimento, enquanto que nas fileiras dos Hortofrutícolas e do Vinho são as que necessitam de um investimento menor.

Em relação à poupança monetária que advém da diminuição de 1 tep no consumo total da empresa, todas as fileiras se aproximam do mesmo valor – 500 € por tep.

Quanto às emissões de CO₂e evitadas com a implementação destas medidas de URE, os valores vão dos 6.439 kgCO₂e na fileira dos Hortofrutícolas, aos 12.229 kgCO₂e na fileira dos Peixes.

4. REFRIGERAÇÃO NO SETOR AGROALIMENTAR

A contínua melhoria da nossa compreensão dos sistemas climáticos, combinada com a preocupação cada vez maior em vários níveis sobre a racionalização do consumo de energia, tem criado uma necessidade sem precedentes do desenvolvimento de sistemas de refrigeração com o mínimo de impacto no meio ambiente, e do aumento da performance destes mesmos sistemas [32, 33].

A refrigeração é o processo de extrair calor duma fonte a baixa temperatura de uma substância ou de um meio a refrigerar, e de transferi-lo para outro meio a uma temperatura mais elevada. A refrigeração é, portanto, a obtenção de temperaturas abaixo daquela a que o ambiente local se encontra, sendo o seu principal propósito o condicionamento térmico (e.g. preservação de alimentos ou ar condicionado) [34].

As substâncias utilizadas nas aplicações de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor representam mais de 70% das substâncias destruidoras de ozono – ODS. Este setor é também um dos setores mais importantes em termos de consumo de energia na sociedade atual. Embora uma estimativa seja difícil de fazer, para os países desenvolvidos a utilização de eletricidade neste setor varia entre os 10 e 30% do total consumido [35].

Embora seja a sua principal aplicação, a refrigeração não é apenas importante para o armazenamento e transporte de alimentos, sendo também necessária para casas de abate, adegas de fermentação de bebidas alcoólicas, indústria dos gelados, lojas de frutas e vegetais, etc. É usada conforto humano, em espaços refrigerados (ar condicionado), como também na otimização de crescimento vegetal e animal, eletrónica e operação de máquinas de precisão, pistas de gelo artificiais e parques de neve, etc. [34].

4.1. Refrigeração Industrial

Produzir frio é muito mais complicado do que produzir calor: enquanto que a humanidade produz calor há 500.000 anos, a refrigeração começou apenas a ser usada há cerca de 150 anos [34].

A refrigeração industrial é muito significativa em termos de tamanho e importância económica, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento [36].

Os sistemas de refrigeração industriais são caracterizados primariamente pelo tamanho do seu equipamento e pela gama de temperatura abrangida pelo setor [35]. As suas extrações de calor vão desde os 10kW até aos 10MW, normalmente com temperaturas de evaporação entre os -50°C até aos 20°C. Já a carga de refrigerante utilizada pode variar dos 20kg às 60 toneladas [36].

É difícil de avaliar o tamanho global do mercado de refrigeração industrial porque abrange um largo leque de aplicações. No entanto, a nível mundial, o volume global total de armazéns frigoríficos é cerca de 300 milhões de m³, sendo possível armazenar continuamente cerca 350 milhões de toneladas de bens [35, 37].

O futuro da humanidade, e do seu fornecimento de alimentos em particular, depende da disponibilidade de energia suficiente e de métodos de refrigeração eficientes. A eficiência energética é, portanto, um dos assuntos atuais mais importantes a ter em conta no setor industrial [35]

4.1.1. Refrigeração no Setor Agroalimentar

A refrigeração é usada para refrigerar e congelar alimentos durante o seu processamento, de modo a prolongar o seu tempo de vida, como também para tornar o seu manuseamento ou processamento mais fácil [35]. A primeira referência histórica à refrigeração refere-se à preservação de alimentos, e mesmo hoje em dia 90% da energia da utilizada na refrigeração é aplicada na preservação de alimentos [34].

A nível mundial, as vendas de alimentos refrigerados e congelados no setor industrial representam 1.200 biliões de dólares, cerca de 30 Mton de produtos congelados e 350 Mton de produtos refrigerados por ano [36, 37]. Para além disso, cerca de 80% dos alimentos que são consumidos foram processados em unidades industriais de processamento que usam processos de refrigeração e aquecimento [37].

A escolha do processo depende da maneira que o produto é distribuído, seja embalado ou não, robusto ou frágil, processado ou cru [35]. O melhor tipo de refrigeração não é, portanto, sempre o que tem a temperatura mais baixa, dado que outros fatores entram na equação. Assim, os frutos tropicais devem ser mantidos à temperatura de 15°C,

vegetais e fruta entre 0°C os 10°C, alguns laticínios entre os -3°C e os 3°C, marisco e peixe entre os -1°C e -5°C, carne entre -1°C e 5°C, e gelados e alimentos congelados entre os -18°C e -28°C [34].

Existe atualmente a perceção negativa pública de que os alimentos congelados terão sempre qualidade inferior quando comparados aos produtos frescos. Na verdade, se alimentos de boa qualidade forem congelados profissionalmente imediatamente após a colheita, pesca ou cozedura, deverão ter um tempo de vida nas prateleiras aumentado e qualidade superior quando descongelados. As taxas de degradação poderão ser substancialmente reduzidas se uma porção maior dos alimentos fosse congelada antes da distribuição. Se a perceção pública dos alimentos congelados for melhorada, poderá haver um aumento significativo neste setor do mercado [35].

4.2. Legislação

Devido à sua extensa utilização tanto no setor comercial e industrial, como nos sistemas de HVAC, e às enormes cargas de refrigerantes muitas vezes utilizadas, estes afetam consideravelmente o meio ambiente, podendo provocar graves danos tanto localmente, como globalmente.

A fuga de 1kg de refrigerante tem o mesmo impacte ambiental que o causado por uma carrinha a percorrer 16.000 km e, dado que sistemas de refrigeração comerciais, industriais ou de HVAC podem sofrer fugas de até 30% da sua carga de refrigerante anualmente, é essencial evitar que estas aconteçam e que os danos causados pelo refrigerante vazado sejam mínimos [38]. Mesmo em bons sistemas de refrigeração, haverá sempre uma ligeira fuga de refrigerante, a rondar cerca 2 a 3% da carga do sistema por ano [39].

É também inevitável que haja um pequeno número de falhas catastróficas, que resultem na perda total da carga de refrigerante. Para um típico modelo novo de refrigeração de expansão direta (DX) com o refrigerante mais utilizado na europa (R-404A), por exemplo, é estimado uma fuga média de refrigerante de 15%. Em alguns países as fugas deverão menores, mas noutros poderão ser mais elevadas, devido aos diferentes níveis de experiência e técnica existentes [39].

A legislação existente para as substâncias destruidoras da camada de ozono e as alterações climáticas estão a induzir modificações no tipo de equipamento e refrigerante usado na indústria [37]. Têm havido mudanças impressionantes nos últimos anos, e consequentemente existem agora várias opções menos nocivas para a camada de ozono para o meio ambiente em geral.

A situação mais conhecida mundialmente, e que é considerada por muitos o maior sucesso em termos de diplomacia global, foi a erradicação do uso de Clorofluorcarbonetos -CFCs, com a implementação do protocolo de Montreal.

Há trinta anos os CFCs eram largamente utilizados no setor industrial em muitos países europeus, particularmente as misturas [35]. A produção de clorofluorcarbonetos para uso comercial começou com o R-12 no início de 1931, R-11 em 1932, R-114 em 1933 e R-113 em 1934. O primeiro hidrofluorcarboneto a ser usado como refrigerante, o R-22, começou a ser produzido em 1936 [40]. Estes CFCs eram considerados praticamente inócuos, não inflamáveis e altamente estáveis, além de oferecerem boas propriedades termodinâmicas e compatibilidade com materiais a baixo custo [40].

Passou-se cerca de meio século desde a sua introdução até ser descoberto, no fim dos anos 70, que estes podiam ter um impacto negativo em 2 problemas globais: depleção da camada de ozono estratosférico e, com importância secundária, aquecimento global pelo aumento do efeito de estufa da atmosfera [34].

Em setembro de 1987, 24 nações assinaram o Protocolo de Montreal para substâncias destruidoras da camada de ozono, entrando em vigor a 1 de Janeiro de 1989. Este acordo ambiental internacional limitava originalmente a produção de CFCs específicos a 50% dos níveis de 1986 até ao ano 1998, e apelava a um congelamento na produção de certas substâncias halogenadas aos níveis de 1986, começando em 1992 [35].

O afastamento dos CFCs no fim dos anos 80, induzido pelo protocolo de Montreal, apresentou problemas particulares no setor industrial dado que os fluidos de substituição, com ODP menor ou nulo, não eram adequados para a abrangente gama operacional necessária. Em alguns sítios isto resultou num rápido retorno à tecnologia com R-717 (amoníaco). Noutros países a readoção do R-717 encontrou maior resistência e a adoção de refrigerantes com menor ODP foi acompanhada com a generalização do uso de sistemas com refrigerantes secundários [35].

A produção de CFCs foi descontinuada há 15 anos em países desenvolvidos, e a sua descontinuação em países em desenvolvimento terminou em 2010 [35]. Como é possível observar pela Figura 23, embora já tenham sido descontinuados há largos anos, a presença de CFCs na atmosfera ainda é abundante, dado o seu prolongado tempo de vida atmosférica.

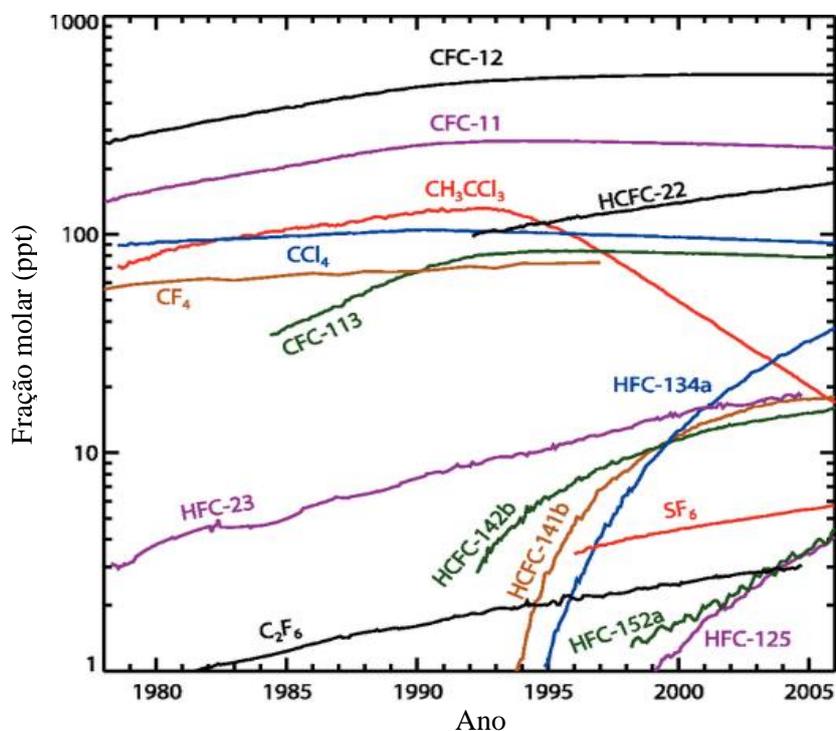


Figura 23 – Evolução temporal da fração molar de gases halogenados com longa vida atmosférica

Atualmente na UE existem diversas normas que controlam as substâncias usadas no sistema industrial, limitando o uso de ODS e encorajando a transição dos utilizadores para substâncias mais “amigas do ambiente”.

- O regulamento (CE) n.º 2037/2000 do parlamento europeu e do conselho de 29 de Junho de 2000 relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono tem o intuito de mitigar e controlar o uso de substâncias com ODP. Os HCFCs são o principal tipo de substâncias a que este regulamento se destina, sendo proibido o seu uso em sistemas em serviço depois de 31-12-2009. A nível mundial, para os países em vias de desenvolvimento foi acordado um agendamento controlado, consistindo num congelamento no consumo de HCFCs pelo ano 2016 e uma eliminação gradual até ao ano 2040 [35].
- O regulamento (CE) n.º 842/2006, transposta para Decreto-Lei n.º 56/2011, a 21 de Abril em Portugal, tem o intuito de reduzir as emissões de

hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e SF₆. A regulamentação europeia sobre o uso de gases fluorados encoraja os utilizadores a considerar o uso de sistemas com refrigerantes naturais.

Os utilizadores de HCFCs em sistemas industriais mais pequenos estão agora a deparar-se com a escolha de mudar ou não para HFCs e enfrentar a possibilidade de uma descontinuação gradual, ou então mudar para R-717 ou R-744 e lidar com as mudanças nas práticas de funcionamento que estes refrigerantes requerem [35].

A nível global, um número significativo de equipamentos de refrigeração instalados utiliza ainda CFCs e HCFCs. Embora a produção destes refrigerantes para novos equipamentos seja proibida, os sistemas antigos que ainda usam este tipo de refrigerantes têm o fornecimento assegurado por um certo tempo.

Na Europa, onde a operação com HCFC-22 “virgem” foi proibida no início de 2010, alguns utilizadores armazenaram refrigerante adicional, sobrecarregando os sistemas com o novo HCFC-22 antes do final do ano de 2009 e depois recolhendo o refrigerante em excesso, que é depois classificado como reciclado. Esta prática não está estritamente fora da lei, mas não vai de encontro com o espírito da regulamentação [35]. Como consequência, a procura por CFCs e HCFCs continuará a existir, embora menos substancialmente.

No setor industrial é provável que a adoção de refrigerantes naturais e com melhor COP por utilizadores que anteriormente usavam HCFC-22 e HFCs reduzirá o GWP associado à energia consumida através do aumento da eficiência, como também eliminará o GWP criado por eventuais fugas de refrigerante.

Existe atualmente um sistema de classificação de segurança para os refrigerantes utilizados no mercado, pela norma NF EN 378-1:2000, em que são atribuídas siglas de acordo com o nível de toxicidade e inflamabilidade, como mostra a Tabela 19.

Tabela 19 - Grupos de segurança dos diferentes fluidos refrigerantes, de acordo com a norma NF EN 318-1:2000

	Grupo de segurança	
	Maior inflamabilidade	A3
Menor inflamabilidade	A2	B2
	A2L ³	B2L ¹
Sem propagação por chama	A1	B1
	Menor toxicidade	Maior toxicidade

4.3. Indicadores dos Fluidos Refrigerantes

Para quantificar os efeitos negativos relativos de diferentes refrigerantes em relação aquecimento global e destruição da camada de ozono, foram definidas 2 variáveis [34]:

- ODP: Potencial de Depleção de Ozono (*Ozone Depleting Potential*) relativo ao efeito do CFC R-12.
- GWP: Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential*) relativo ao efeito do CO₂.

Uma substância é classificada como tendo um GWP ultra baixo com GWP <30, muito baixo com GWP <100, baixo com GWP <300, moderado com GWP <1.000, alto com GWP <3.000, muito alto com GWP <10.000 e extremamente alto com GWP ≥10.000 [35]. Atualmente, ao escolher um refrigerante, procura-se um com baixo GWP e ODP nulo [41].

Na Tabela 20 podem-se comparar o ODP e GWP de diversos refrigerantes.

³ A2L e B2L são refrigerantes com menor inflamabilidade, com uma velocidade de combustão ≤10 cm/s

Tabela 20 - Potencial de Depleção de Ozono, Potencial de Aquecimento Global e tempo de vida médio na atmosfera para diversos refrigerantes (28)

Refrigerante	Fórmula	ODP	GWP	Tempo de vida (anos)
R-11	CCl ₃ F	1	4000	50
R-12	CCl ₂ F ₂	1	8500	100
R-1234yf	CH ₂ CF ₂ CF ₃	0	4	
R-134a	CH ₂ FCF ₃	0	1300	13
R-152a	CH ₃ CHF ₂	0	130	2
R-22	CHClF ₂	0,055	1700	13
R-290	C ₃ H ₈	0	11	<1
R-404A	Mistura	0	3700	
R-407C	Mistura	0	1600	
R-410A	Mistura	0	1700	
R-600	C ₄ H ₁₀	0	3	<1
R-717	NH ₃	0	0	0
R-744	CO ₂	0	1	100

- COP: O coeficiente de desempenho é o índice da eficiência de um ciclo termodinâmico ou de um sistema térmico. É usado o termo COP em vez de eficiência térmica devido a este poder ser maior do que a unidade. Para uma instalação frigorífica, o COP é definido como a razão entre a potência frigorífica e a potência de compressão (ambos em kJ/kg) [33].

A Tabela 21 mostra o COP de diferentes refrigerantes com base num ciclo de operação padrão (temperatura de evaporação de 258K (-15°C), temperatura de condensação de 303K (29,85°C), 0 K de sub-arrefecimento e 0 K de sobreaquecimento).

Tabela 21 - Coeficiente de desempenho comparativo de vários refrigerantes [32]

Desempenho comparativo de refrigerantes		
N.º	Nome	CoP
R-717	Amoníaco	4,84
R-290	Propano	4,74
R-600	Butano	4,68
R-22	Clorodifluorometano	4,65
R-134a	Tetrafluoroetano	4,60
R-407C	R-32/R-125/R-134a (23/25/52)	4,51
R-410A	R-32/R-125 (50/50)	4,41
R-404A	R-125/R-143a/R-134a (44/52/4)	4,21
R-507	R-125/143a (50/50)	4,18
R-744	Dióxido de Carbono	2,96

4.4. Fluidos refrigerantes

A vasta maioria das operações de refrigeração e ar condicionado são alcançadas com máquinas frigoríficas (frigoríficos), onde um fluido de trabalho interno – o refrigerante - é processado ciclicamente [34].

Um refrigerante é qualquer substância que age como um agente térmico, pela absorção de calor de outro corpo ou substância. No ciclo de compressão de vapor, o refrigerante é o fluído de trabalho do ciclo [33].

Atualmente existem no mercado mais de 100 refrigerantes, incluindo misturas, embora aproximadamente 20 constituam a esmagadora maioria do uso a nível global, e mesmo este número tenderá a diminuir para 10 ou 12 à medida que o equipamento mais antigo que usa opções com GWP ou ODS é retirado do mercado, e que os fabricantes convirjam para os refrigerantes preferidos para o futuro [35]. O que é necessário com esta grande escolha é ter uma noção clara dos diferentes tipos de sistemas de refrigeração e dos refrigerantes que usam, juntamente com os problemas inerentes ao desuso dos refrigerantes atuais, com alto GWP [39].

Não existe um refrigerante ideal e cada refrigerante tem as suas características físicas e termodinâmicas que podem ser ou não adequadas ao sistema [33].

Segundo a *Environmental Protection Agency* (EPA) dos E.U.A., poder-se-ia definir um refrigerante ideal da seguinte maneira:

“Além de ter as propriedades termodinâmicas desejadas, um refrigerante ideal deverá ser não tóxico, não inflamável, completamente estável dentro de um sistema, ambientalmente benigno mesmo no que diz respeito aos produtos de decomposição, e abundantemente disponível ou fácil de produzir. Deverá ser também auto lubrificante (ou compatível com lubrificantes), compatível com outros materiais usados para contruir e servir sistemas de refrigeração, fácil de manusear e detetar, e de baixo custo. Não necessitaria de pressões extremas, tanto altas como baixas. Existem outros critérios, mas nenhum refrigerante atual é ideal, mesmo tendo como base a lista parcial. Além disso, não é provável que seja descoberto nenhum refrigerante ideal no futuro.”

A progressão histórica do uso dos refrigerantes pode ser resumida a 4 distintos períodos distintos [33, 35]:

- 1830s-1930s: usados basicamente fluidos naturais que funcionassem como refrigerantes; principalmente solventes familiares e outros fluidos voláteis incluindo éteres, amoníaco (NH₃, R-717), dióxido de carbono (CO₂, R-744), dióxido de enxofre (SO₂, R-764), formato de metilo (HCOOCH₃, R-611), HCs, água (H₂O, R-718), tetracloreto de carbono (CCl₄, R-10), hidroclorocarbonetos (HCCs), e outros; muitos deles são agora denominados “refrigerantes naturais”.
- 1931-1990s: valorização da segurança e durabilidade; usados principalmente clorofluorcarbonetos (CFCs), hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs), hidrofluorcarbonetos (HFC), amoníaco, e água.
- 1990-2010s: proteção da camada de ozono estratosférico; usados principalmente HCFC's (para transição), HFCs, amoníaco, água, HCs e CO₂.
- 2010-?: mitigação do aquecimento global; futuros refrigerantes ainda por determinar, mas deverá incluir refrigerantes com ODP baixo ou nulo, GWP baixo e elevada eficiência; deverá incluir também, pelo menos numa fase inicial, HFCs insaturados (Hidrofluorolefinas), amoníaco, CO₂, HCs e água.

Praticamente todos os refrigerantes inicialmente usados eram inflamáveis, tóxicos, ou ambos, e alguns também eram altamente reativos [40].

4.4.1. Tipos de Refrigerantes

Existem diversos tipos de classificações possíveis para os refrigerantes. Por propósito, podem ser distinguidos 2 tipos de refrigerantes:

- Refrigerantes primários, que são os fluidos de trabalho de uma máquina frigorífica, e.g. n-butano, R-134a, NH₃, CO₂. Recebem calor da carga e, depois de alguns processos, libertam-no no meio ambiente.

- Refrigerantes secundários, que são fluidos auxiliares usados para transportar o efeito de baixa temperatura para efeitos mais convenientes, e podem ser água arrefecida até aos 0°C, ou fluidos anticongelantes: glicóis, misturas, etc.

O projeto InovEnergy tem como foco o uso de refrigerantes principais, e não sistemas com refrigerantes secundários. Assim, neste estudo serão abordados principalmente os refrigerantes utilizados em sistemas de refrigeração diretos.

A nível mundial, no que toca aos sistemas industriais, o R-717 é o refrigerante mais comum (Tabela 22), embora com variações regionais significativas a nível global

[35]. Os sistemas industriais mais pequenos usam mais frequentemente condensadores refrigerados a ar e, nestes casos, o refrigerante mais provável de ser utilizado é um HFC, embora, em países em desenvolvimento, o HCFC-22 seja ainda permitido para estes pequenos sistemas (Tabela 23). No caso de substâncias com ODP serem já proibidas, é então provável que o refrigerante utilizado seja o R-404A e o R-507A para sistemas de baixas temperaturas, e o HFC-134a para os de altas temperaturas [35].

Tabela 22 - Valor de mercado estimado em 2009 para grandes instalações de refrigeração industrial (29)

	Total de vendas de condensadores (milhões de \$)	Mercado total estimado (milhões de \$)	Proporção do uso de R-717
UE/Rússia	42	830	90%
América do Norte	77	1500	95%
Índia/China	45	900	90%

Embora as grandes instalações de refrigeração tenham enormes consumos de energia, as pequenas e médias instalações, perfazem um maior número, e o seu impacto somado no consumo de energia é considerável.

Tabela 23 - Valor de mercado estimado de 2008 para pequenos sistemas de refrigeração industrial [29]

	Mercado total estimado (milhões de \$)	% Uso de R-717	% Uso de HCFC-22	% Uso de HFCs
Europa/Rússia	200	25%	10%	65%
América do Norte	300	10%	80%	10%
Índia/China	500	5%	90%	5%

É notória uma discrepância dos grandes para os pequenos consumidores na proporção de refrigerante usado nos seus sistemas. Enquanto que nos pequenos sistemas existe alguma variabilidade no tipo de refrigerante utilizado, de acordo com a zona geográfica e nível de desenvolvimento da região, nos grandes sistemas o uso do refrigerante R-717, amoníaco, é indiscutível e alcança níveis de 90% ou mais na proporção da sua utilização tanto nos EUA e Europa, como também nos países asiáticos.

Também é de notar a diferença no uso de HCFC-22 dos países europeus para o resto das regiões. Tal dever-se-á à legislação imposta aos países pertencentes à UE que, como se pode ver na Tabela 23, influencia grandemente o tipo de refrigerante usado.

4.4.1.1. HCFC-22

O uso de HCFC-22 está a decair nas aplicações de processamento de alimentos e câmaras frigoríficas na maioria dos países desenvolvidos [36].

Nos países onde o seu uso é ainda permitido em novos sistemas, o HCFC-22 é ainda comum. Não foi ainda suplantado por nenhuma mistura de HFC porque é mais barato que qualquer uma das misturas e normalmente oferece melhores eficiências de sistema. Nos locais onde era largamente utilizado em sistemas industriais pequenos e sistemas comerciais pesados, foi substituído pelo R-404A, que tem um GWP significativamente maior, mas ODP nulo [35].

Existe ainda uma grande quantidade de HCFC em sistemas industriais, particularmente HCFC-22. A carga individual do sistema pode ser elevada, atingindo em alguns casos várias toneladas de refrigerante. Estes sistemas tendem a ter um tempo de vida mais extenso que o equipamento comercial, muitas vezes durando mais de 20 anos, mas as taxas de fugas podem ser elevadas, particularmente em centrais mais antigas [35].

Sendo abordado na secção capítulo 4.6.2., o R-22 é um refrigerante que mesmo tendo terminado a sua produção em 2010 na EU, e tendo um fim eminente nas aplicações de refrigeração, é ainda um refrigerante muito utilizado nas pequenas e médias empresas em Portugal, indo contra a tendência europeia da proporção do uso deste refrigerante.

Segundo a norma NF EN 378-1:2000, a sigla de segurança do R-22 é a A1.

4.4.1.2. Hidrofluorcarbonetos - HFCs

Os HFCs estão atualmente a ser utilizados como substitutos para o CFC-12, R-502 e HCFC-22 em certas regiões [36]. Têm sido utilizados geralmente em sistemas de baixa carga de modo a reduzir as consequências económicas da perda de refrigerante.

Os HFCs preferidos para as aplicações de processamento e armazenamento frigorífico de alimentos são o HFC-134a e misturas de HFC, tais como o R-404A, R-507A, R-407C e o R-410A [36].

Atualmente, na Europa, o R-404A é o refrigerante mais comumente usado. Embora não seja tóxico e tenha um ODP nulo, tem um GWP elevado [39].

A cilindrada necessária do compressor para o R-410A é cerca de 30% menor que a do R-404A, por isso os custos de equipamento, incluindo as condutas instaladas,

deverão ser menores, embora as pressões de operação sejam maiores. O principal obstáculo ao seu uso é provavelmente o preço elevado do refrigerante, principalmente quando comparado ao do R-717 e ao R-744. Quando a carga de refrigerante num sistema está na ordem das toneladas, o custo dessa carga poderá ser uma parte significativa do custo total da instalação [35].

Embora não haja nenhuma alternativa singular para o HCFC-22 para uso em sistemas industriais, o HFC-15 tem aproximadamente a relação pressão/temperatura certa. No entanto, tem uma temperatura crítica extremamente baixa (66°C) e por isso seria extremamente ineficiente se usado em sistemas industriais [35].

Surpreendentemente o R-410A não tem sido utilizado de forma mais abrangente em sistemas industriais, dado que tem um ponto de ebulição baixo à pressão atmosférica (-51,4°C), glide muito baixo (menos de 0,2K a 40°C) e a sua temperatura crítica é quase igual à do R-404A [35].

Os opositores aos HFCs argumentam que estes representam riscos ambientais ou de segurança que não se justificam com a disponibilidade de alternativas com “refrigerantes naturais” [35].

Embora haja grande diversidade de HFCs enquanto refrigerantes, a grande maioria classifica-se como A1 em relação ao grupo de segurança, segundo a norma NF EN 378-1:2000.

4.4.1.3. Amoníaco

O amoníaco, ou R-717, é produzido através da combinação de azoto livre e hidrogénio sujeitos a alta pressão e temperatura, na presença de um catalisador. É indubitavelmente o refrigerante mais usado em sistemas industriais, especialmente em instalações de média e grande dimensão [33, 35].

O amoníaco foi usado pela primeira vez num sistema de compressão de vapor em 1873 [40]. Tem reforçado a sua posição como o principal refrigerante dos grandes sistemas de refrigeração industrial, para câmaras frigoríficas, armazenamento e processamento de alimentos, especialmente na UE, onde os HCFCs estão banidos de serem utilizados em novas centrais [32, 35, 37]. Não se adequa, no entanto, a sistemas de refrigeração domésticos, não só devido à sua incompatibilidade com os materiais

utilizados normalmente (i.e. cobre), mas também aos limites práticos impostos pela legislação existente [32].

As suas propriedades termodinâmicas e de transferência de calor são muito superiores às dos halogéneos e as suas vantagens práticas são também boa tolerância a óleos lubrificantes, baixa poluição na presença de água, fácil deteção e baixo preço [33].

O R-717 é inflamável em concentrações relativamente altas, mas é difícil de acontecer a ignição e como resultado as conflagrações de R-717 são muito raras. Os produtos da combustão são azoto e água, por isso não há consequências tóxicas.

O maior problema posto pelo R-717 é a sua toxicidade aguda, embora o seu odor pungente assegure que concentrações baixas, relativamente inofensivas, são facilmente notórias e garantem um aviso prévio do perigo [35].

Apesar dos perigos inerentes à sua utilização, mais de 100 anos de experiência e aperfeiçoamento na área de refrigeração industrial permitiram uma clara perceção daquilo que necessita de ser feito para evitar acidentes com o seu manuseamento [32]. O amoníaco pode ser detetado por cheiro a concentrações de 5 ppm no ar, causando irritação no trato respiratório e nos olhos apenas quando atinge concentrações de 100 ppm [34, 42].

O amoníaco é apetecível enquanto refrigerante devido [32, 33, 35]:

- Ao seu calor latente extremamente elevado, que permite um maior efeito refrigerador por unidade de massa escoada que qualquer outro refrigerante usado nos sistemas convencionais de compressão de vapor;
- À sua relativamente baixa densidade enquanto gás, que sucede num aumento da cilindrada do compressor, quando em comparação com os refrigerantes de fluorcarbonetos, mais pesados;
- À sua elevada temperatura crítica, tornando-a adequada para equipamentos refrigerados a ar em ambientes com temperaturas elevadas, ao contrário de todos os HFCs;
- À sua velocidade acústica, muito maior que qualquer outro refrigerante, podendo assim ser usadas maiores velocidades de gás para projetar as condutas, válvulas e juntas, e também o compressor;
- À capacidade de melhor funcionar na presença de contaminantes como a água e óleo que os fluorcarbonetos

- Ao seu baixo valor de GWP e ODP nulo.
- COP elevado.

A norma NF EN 378-1:2000 coloca o R717 no grupo de segurança B2, confirmando as características anteriormente admitidas de alta toxicidade e baixa inflamabilidade [42].

4.4.1.4. Dióxido de carbono - CO₂

O CO₂ é um componente da nossa atmosfera que é essencial à vida. Embora seja o refrigerante que atualmente atrai mais atenção pelo seu potencial, o CO₂ não é uma novidade no setor refrigeração.

O seu uso no ramo da refrigeração começou a meados do séc. XIX e aumentou consistentemente, atingindo um pico nos 1920s. A sua utilização decresceu com a introdução dos CFCs na indústria, que operam a pressões muito menores. O seu uso continuou, mas maioritariamente em sistemas em cascata para processos e aplicações industriais [43].

Segundo o IPCC, o CO₂ oferece as seguintes vantagens:

- Excelentes propriedades termofísicas, que originam elevadas transferências de calor;
- Compressão eficiente e sistemas compactos, devido à sua elevada capacidade volumétrica;
- Não inflamável e baixa toxicidade;
- Custos de sistema reduzidos a temperaturas de evaporação inferiores a 45°C (dependendo do design do sistema);
- Largamente acessível a baixo custo [36].

As únicas desvantagens técnicas do CO₂ são a alta temperatura do seu ponto triplo e a baixa temperatura do ponto crítico. Consequentemente, como substância pura, não pode ser refrigerante alternativo [33]. Outra condicionante e o maior desafio para sistemas que utilizem CO₂ como fluido refrigerante, é a sua elevadíssima pressão de operação – aproximadamente 50 bar. Se a instalação sofrer uma paralisação para manutenção, avaria, corte de energia ou alguma outra razão, o refrigerante dentro da instalação começará a receber o calor ambiente e a sua pressão aumentará [33, 35]. Uma possível de objeção ao

CO₂ é a de ser um gás que provoca o efeito de estufa, mas na verdade este gás encontra-se disponível em enormes quantidades como produto residual de outras atividades (centrais termoelétricas, por exemplo), podendo ser reaproveitado como matéria-prima para sistemas de refrigeração [33].

O R-744 não pode, então, ser usado exatamente do mesmo modo que os outros refrigerantes industriais. Precisa de ser acoplado/emparelhado com um refrigerante com temperatura mais elevada num sistema em cascata, devido à sua baixa temperatura crítica de 31°C, ou então usado num sistema transcrito. Os sistemas transcritos têm sido usados em sistemas comerciais e pequenos, mas não existem compressores no mercado que possam garantir as elevadas temperaturas de operação requeridas para um sistema industrial de R-744 desta maneira [35].

Ao CO₂ foi atribuída sigla A1 segundo a legislação NF EN 378-1:2000, relativo à segurança da sua utilização.

4.4.1.5. Hidrocarbonetos - HCs

Os refrigerantes comercializados utilizados no setor agroalimentar incluem o HC-290, HC-1270 e misturas de HC-290/600a. Estes refrigerantes possuem pressões de vapor muito similares às do HCFC-22 e do R-502 [36].

Oferecem uma excelente eficiência e compatibilidade com a maioria dos materiais e lubrificantes. No entanto as precauções necessárias para prevenir que haja ignição são significativamente mais caras que aquelas necessárias para os sistemas de R-717. O HC-290 é similar ao HCFC-22 e ao R-717 em termos de temperaturas e pressão de operação, e requer compressores de tamanho idêntico, sendo assim um potencial refrigerante de substituição [35].

Não são ainda muito utilizados na refrigeração industrial, exceto nos locais onde já são exigidas medidas de segurança adicionais de exigência para garantir que o refrigerante que vaze do sistema não entre em combustão, como por exemplo em centrais petroquímicas.

Embora não causem problema pela sua toxicidade, podem por em causa a segurança de uma instalação devido à sua inflamabilidade. Várias normas nacionais e europeias permitem o uso de HCs em aplicações industriais e estabelecem requerimentos

de segurança específico [36]. São classificados como substâncias do grupo de segurança A3, segundo o NF EN 378-1:2000.

4.4.1.6. Água

Normalmente a água não se adequa à maioria das aplicações industriais porque o seu ponto triplo está situado muito ligeiramente acima dos 0°C e porque, apesar do seu calor latente muito elevado, a cilindrada necessária para uma ação de refrigeração típica é extremamente alta [35].

Pode ser usado numa mistura com outro fluido refrigerante para ser usado como refrigerante num sistema de refrigeração secundário (e.g. glicol).

4.5. Tipos de Sistema de Refrigeração

Um sistema de refrigeração consiste numa combinação de equipamentos e de componentes ligados numa ordem sequencial de modo a produzir efeito refrigerante. Por si só, a escolha do refrigerante não define qual o melhor sistema a ser utilizado numa aplicação ou processo. A escolha do tipo de equipamento tem um papel crucial, e certos equipamentos são apenas sustentáveis com certos tipos de refrigerante ou estrutura operacional. A combinação destes dois elementos ditará qual o melhor sistema a aplicar para um certo tipo de atividade.

Existem diferentes tecnologias atingir o objetivo do sistema, que é a refrigeração. Porém, a mais utilizada aproveita o princípio da compressão de vapor, em que o arrefecimento é obtido pela remoção de calor no ambiente a refrigerar através da evaporação de um líquido a baixa pressão [33].

As câmaras frigoríficas normalmente operam a 2 níveis de temperatura: uma média (MT) e outra baixa (LT). Os produtos congelados têm que ser armazenados abaixo dos -18°C, e é normal que se mantenha o armazém entre os -22°C e os -26°C de modo a providenciar um fator de segurança na eventualidade de uma avaria no sistema. Já os produtos refrigerados são por norma mantidos entre os 0°C e os 4°C, embora a fruta, produtos de pasteleria e vegetais sejam armazenados entre os 8°C e os 12°C [35].

Além dos equipamentos isolados e unidades de condensação, que trabalham num ciclo de refrigeração normal, sem condicionantes, existem outros sistemas que serão descritos nas seções seguintes.

4.5.1. Sistemas centralizados

4.5.1.1. Sistemas diretos

Os sistemas centralizados são muito comuns em supermercados/hipermercados, dividindo-se em sistemas diretos ou indiretos.

A solução de DX centralizada, compreendendo dois sistemas completamente separados (LT e MT), é típica de sistemas que estão a ser instalados em supermercados pela Europa atualmente [39].

Cada sistema utiliza um conjunto de multi-compressores central, que consiste em compressores semi-herméticos recíprocativos ou rotativos, que variam em número, de 3 a 8 [39].

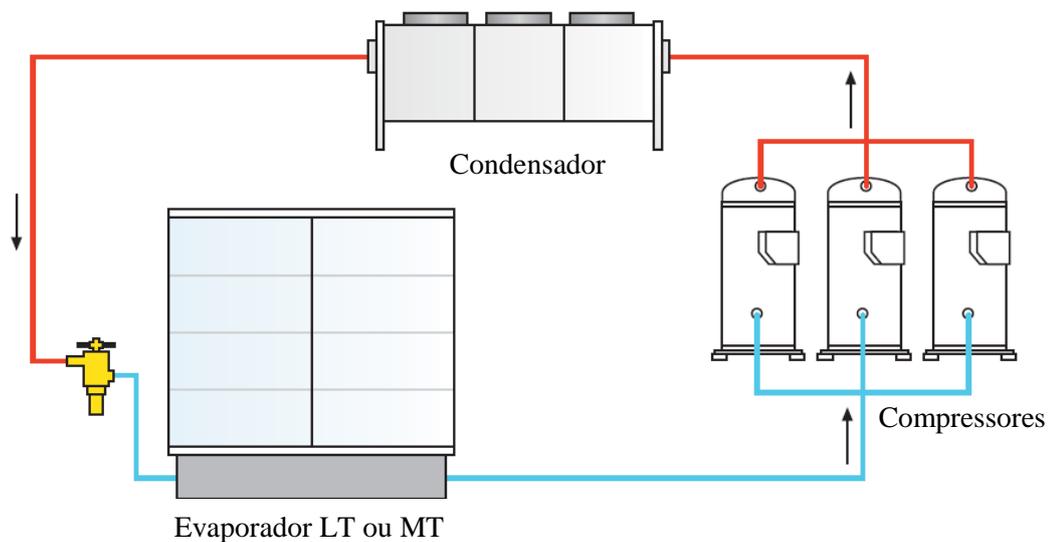


Figura 24 - Sistema centralizado de expansão direta [39]

– Sistema de expansão direta em cascata

Um sistema em cascata consiste em dois sistemas de refrigeração de andar simples separados: um sistema a trabalhar a temperaturas mais baixas de evaporação e um outro sistema que executa melhor o ciclo a temperaturas de condensação mais elevadas (Figura

25). Estes dois sistemas são ligados por um permutador dentro do qual o evaporador do sistema mais elevado recebe o calor libertado do condensador do sistema mais baixo [33].

Neste sistema, um sistema de DX centralizado é usado para as cargas de MT e o sistema de LT tem um circuito separado que liberta o calor na etapa de sucção do sistema de MT [39].

A principal vantagem de um sistema em cascata é de poderem ser usados refrigerantes, equipamentos e lubrificantes diferentes para os dois sistemas [33].

A diferença de temperatura requerida para conseguir a transferência de calor através deste permutador de calor extra representa uma ligeira perda no que toca à eficiência energética, quando comparado com um sistema de expansão direta [39].

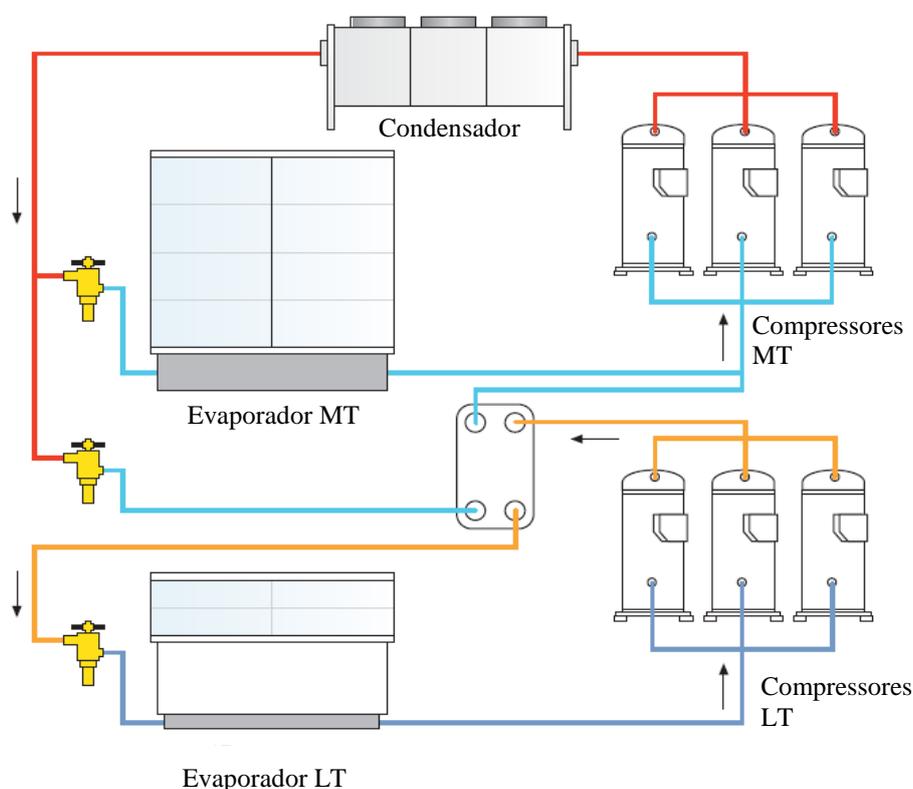


Figura 25 - Sistema de expansão direta em cascata [39]

É desejável haver uma troca de calor entre o refrigerante líquido do condensador da cascata e o refrigerante do vapor que sai do evaporador do sistema mais baixo. O refrigerante líquido pode arrefecer antes de entrar no evaporador do sistema mais baixo num permutador de calor destinado a essa função. Devido à temperatura de evaporação ser baixa, não há perigo da temperatura da descarga ser demasiado alta após o processo de compressão do sistema de temperatura mais baixa [33].

Uma desvantagem do sistema em cascata é ter de existir um diferencial de temperatura entre a condensação do sistema mais baixo e a evaporação do sistema mais elevado para a transferência térmica no permutador. Como consequência desse diferencial de temperatura há maior consumo de energia [33].

– Sistema de expansão transcritical de CO₂

Os circuitos de refrigeração neste tipo de sistema operam a pressões bem maiores que os sistemas convencionais. Isto requer o uso de componentes e técnicas de montagem que não são comuns no setor da refrigeração hoje em dia, como por exemplo nos supermercados [39].

Este modelo utiliza o refrigerante R-744 (CO₂) tanto no sistema de MT como do LT. Os compressores LT trabalham para aumentar a pressão vapor para o nível dos evaporadores de MT [39].

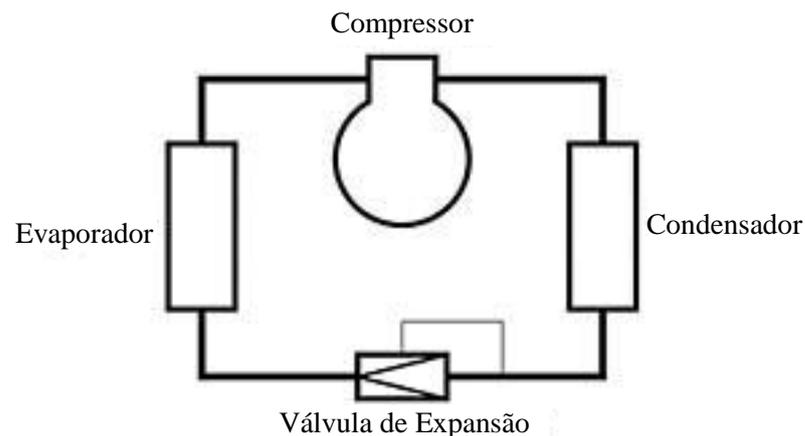


Figura 26 - Diagrama de blocos simplificado de um sistema transcritical de CO₂

A temperaturas-ambiente superiores a aproximadamente 23°C, os compressores descarregam o gás acima da pressão crítica do R-744 (74 bar). O condensador atua então como um refrigerador de gás e reduz a temperatura do gás de descarga sem o condensar [39].

O fluido refrigerado passa por uma válvula redutora de pressão, onde parte condensa e resto continua como gás. Líquido e gás são separados num recipiente *flash* (*flash vessel*) controlado pela válvula redutora de pressão a uma pressão à volta dos 34-40 bar. O líquido é então distribuído aos sistemas MT e LT através da tubagem de líquidos

a esta pressão intermédia. O gás *flash* é “sugado” pelos compressores de MT, através de um dispositivo de expansão adicional [39].

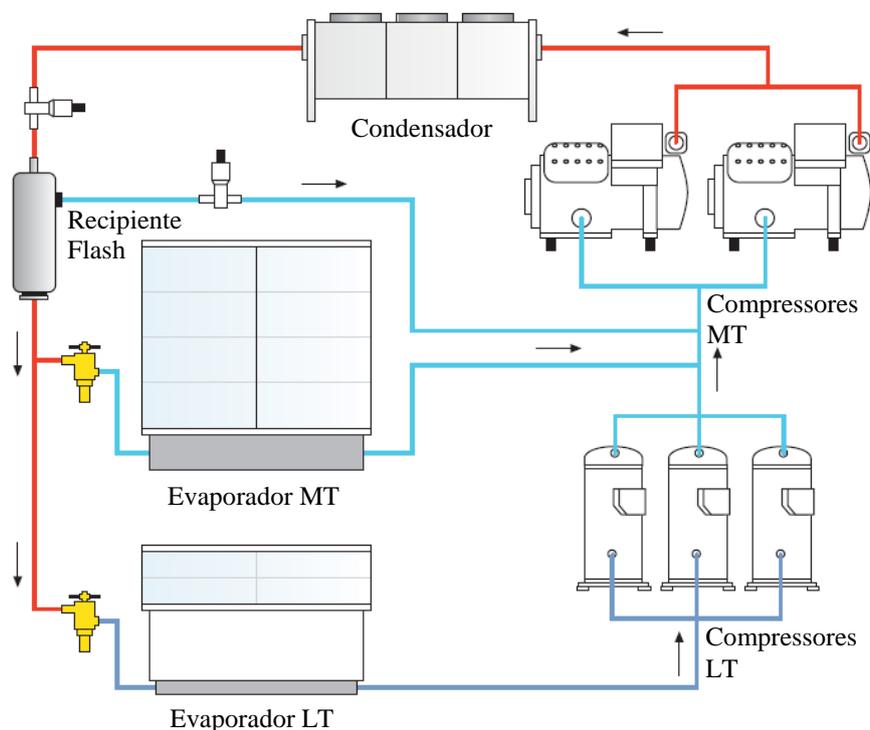


Figura 27 - Sistema de expansão direta transcritical de CO₂ [39]

4.5.1.2. Sistemas Distribuídos Secundários

Neste tipo de sistema um refrigerante secundário distribui o fluido de arrefecimento de MT pelo sistema. O modo de funcionamento para a parte do sistema de LT é idêntico ao do sistema em cascata [39].

O calor das câmaras refrigeradas é transferido para o permutador de calor de MT através da circulação de um fluido secundário. O Fluido de Transferência de Calor (HTF – *Heat Transfer Fluid*) que é normalmente usado é o MonoPropilenoGlicol (MPG – *MonoPropyleneGlycol*) para aplicações de MT, e acetato de potássio ou outros para aplicações LT [37].

Os permutadores de calor podem estar localizados perto dos compressores e agrupados com um condensador arrefecido a ar, resultando numa carga reduzida de refrigerante de MT e conseqüentemente a menos fugas [39].

Sistemas com refrigerante secundário requerem uma bomba para circular o refrigerante pelo supermercado, havendo também uma queda de temperatura extra no

permutador de calor. O permutador de calor requer uma diferença de temperaturas para promover a transferência de calor e de modo que a temperatura de evaporação seja menor que a temperatura do refrigerante secundário, levando a um aumento no consumo de energia do compressor [39].

Os sistemas secundários exigem menos esforço de refrigeração que as soluções de DX [39]. Embora os custos iniciais sejam cerca de 15% mais elevados que nos sistemas diretos habituais, existe um interesse cada vez maior nestes sistemas devido [37]:

- À sua reduzida carga de refrigerante (desde 50 a 75% menor);
- À possibilidade de usar refrigerantes inflamáveis ou tóxicos localizados numa sala de máquinas separada da área principal de operação;
- À fácil modificação da disposição dos mostruários na área de vendas num supermercado, por exemplo.

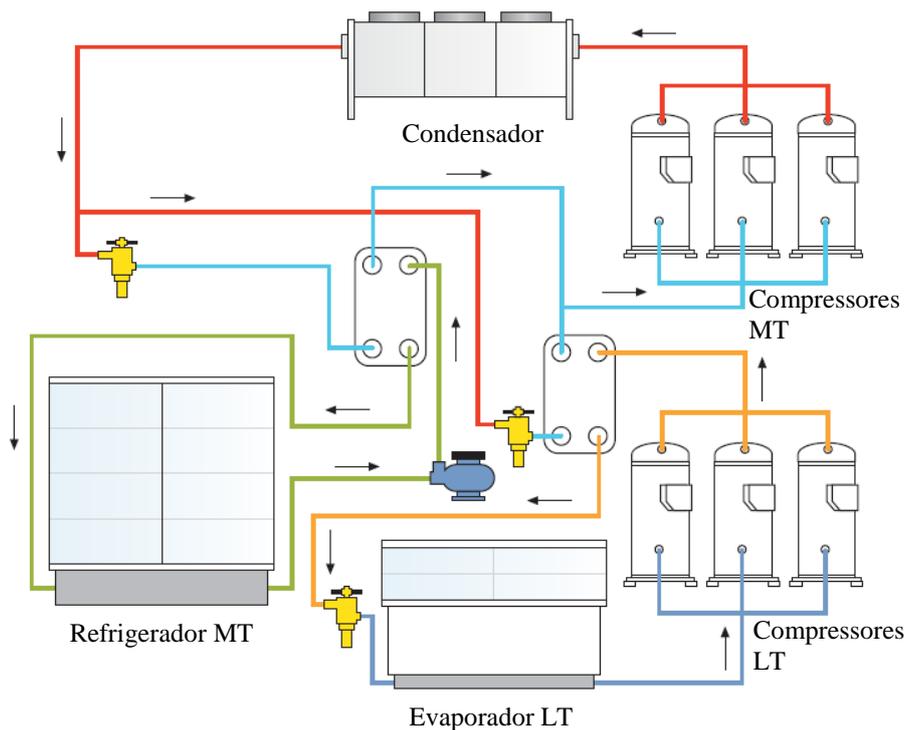


Figura 28 - Sistema Centralizado Secundário [37]

4.5.2. Sistema distribuídos

Os sistemas distribuídos são similares aos de expansão direta centralizada, exceto no facto que os compressores estão normalmente localizados adjacientemente ao, ou dentro do, invólucro do condensador [39].

Estes sistemas são usados em grandes supermercados e consistem em diversas unidades que reduzem a extensão do percurso do refrigerante e a sua carga [37], tendo o menor custo de investimento dos sistemas possíveis [39].

Em vez de uma sala de máquinas central, um número mais pequeno de compressores é montado dentro de cada condensador, como mostrado na Figura 29.

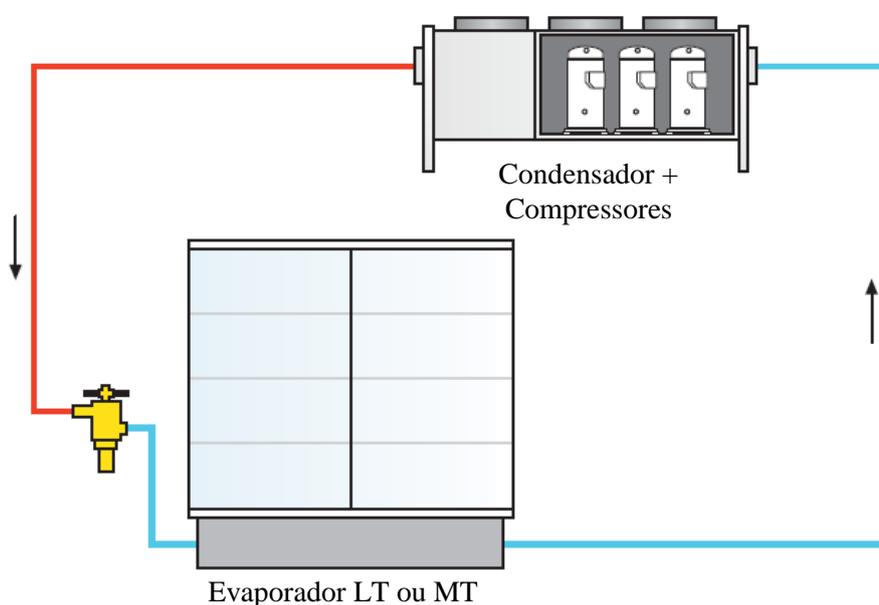


Figura 29 - Sistema de Expansão Direta Distribuída [39]

4.5.3. Sistema de absorção

Os sistemas de absorção são principalmente usados para processos de refrigeração de alimentos, bebidas, químicos e fármacos, onde já existe calor residual no sistema. Existe, no entanto, um aumento no setor dos alimentos, quando é usada geração *on-site*, providenciando uma fonte de calor residual [35].

Os sistemas de absorção que utilizam “aqua-amonia” podem ser utilizados para aplicações de temperatura baixa, facilmente chegando a temperaturas de refrigeração. É por causa disto que o amoníaco é usado como refrigerante. Os sistemas de absorção só são eficientes quando existe uma fonte abundante de calor a uma temperatura elevada

para guiar o sistema. Não é normalmente económico usar combustível com o único intuito de por o regenerador de um sistema de absorção a trabalhar, particularmente em sistemas de temperaturas baixas, porque a célula de rejeição de calor é significativamente maior que uma análoga num sistema de compressão a vapor eléctrico [35].

4.6. Refrigeração Projeto InovEnergy

Como parte do projeto InovEnergy, foi necessário proceder a um inventariado dos fluidos refrigerantes utilizados nas empresas da indústria agroalimentar portuguesa, como também caracterizar as câmaras frigoríficas (temperatura de *setpoint*, volume e potência), de modo a criar um perfil do setor relativamente aos sistemas de refrigeração utilizados e diferenças de consumos nas diferentes fileiras, para assim poder apresentar soluções para a melhoria da eficiência energética.

4.6.1. Câmaras de Conservação

Através dos dados fornecidos pelas auditorias energéticas do projeto InovEnergy [44] - altura, largura e pé direito, foi possível calcular-se o volume médio das câmaras frigoríficas das empresas. Assim, obteve-se o seguinte gráfico.

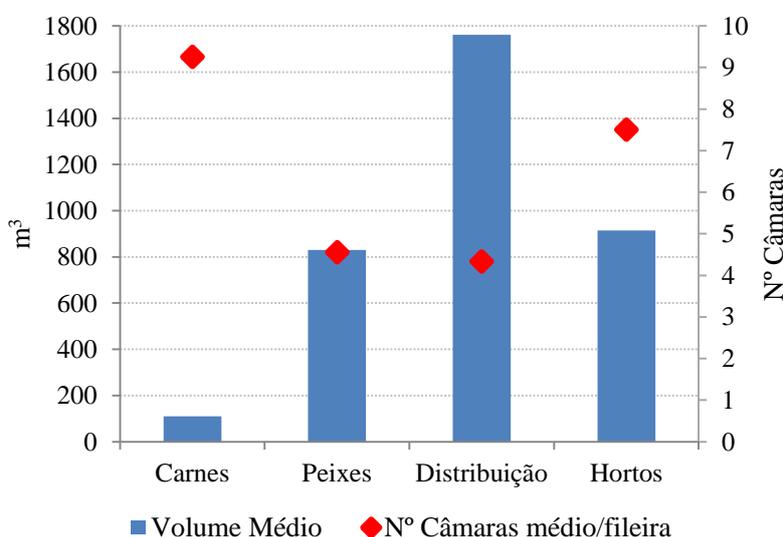


Figura 30 - Número e volumetria média de cada câmara por fileira

A Figura 30 mostra que existe uma grande discrepância entre o número médio de câmaras e o seu volume médio por fileira. Na fileira das Carnes, por exemplo, é possível observar que embora o volume médio das câmaras frigoríficas seja pequeno relativamente

às outras fileiras, o número de médio de câmaras por empresa é o maior das 4 fileiras estudadas. Já na fileira Distribuição, ocorre o oposto, havendo grandes volumes, para um número relativamente pequeno de câmaras.

Relacionou-se também a área em média ocupada pelas câmaras climatizadas com a área de implementação média por fileira. Assim, obteve-se a Figura 31.

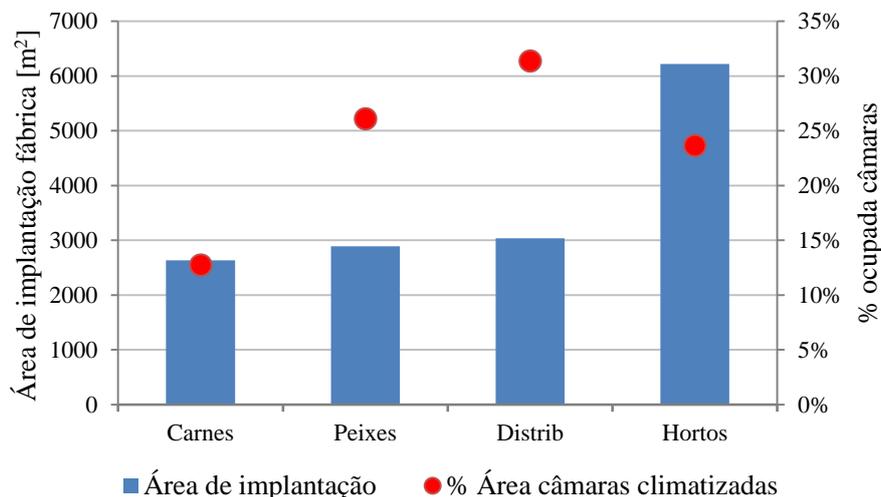


Figura 31 - Áreas totais e percentagem ocupada por câmaras de conservação [44]

Verifica-se que as fileiras da distribuição e peixes são as que têm uma maior percentagem de área ocupada por câmaras climatizadas (31 e 26%, respetivamente), enquanto que as carnes possuem o menor valor – 13%. Tal dever-se-á ao facto de que as empresas da fileira Carnes possuem um maior número de etapas no seu processo produtivo [44]. De modo a saber qual é o valor relativo ao consumo de energia médio relativo à refrigeração por cada fileira, relacionou-se a área média das câmaras com a potência elétrica contratada/instalada e, nas empresas que foi possível apurar, a potência elétrica nominal dos compressores. Os dados preliminares calculados vão de acordo com a literatura, aproximando a potência dos compressores a 65% da potência total instalada [45, 46].

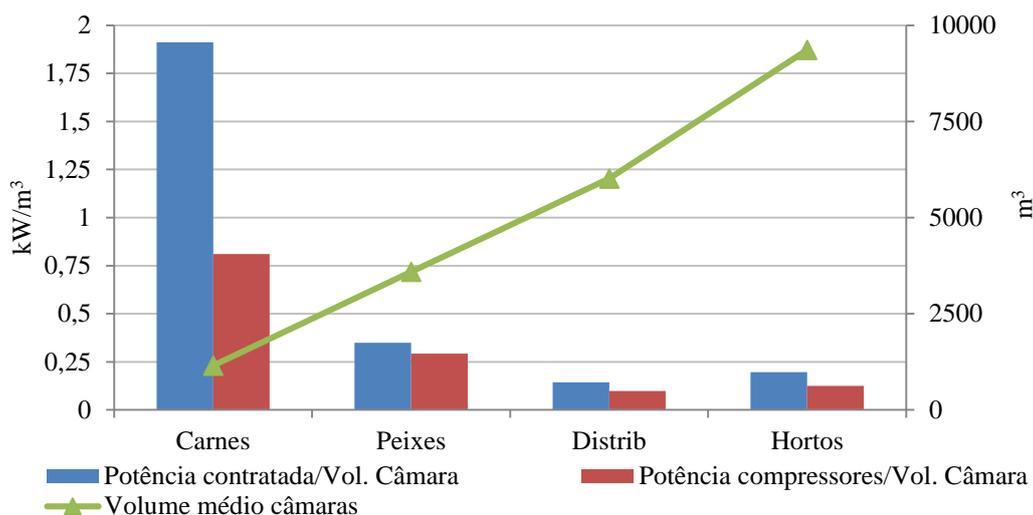


Figura 32 - Potência contratada, capacidade nominal dos compressores e área média das câmaras por fileira

Na Figura 32 é bastante notório que o volume total de câmaras médio típico da fileira Hortofrutícolas é bastante superior ao dos restantes, algo que contrasta (e que chega a ser quase inversamente proporcional para todas as fileiras) com as potências instaladas das instalações. Nesta fileira em particular, tal dever-se-á à proporção de câmaras que se dedicam ao frio positivo do total de câmaras da fileira (como exposto na Figura 33), sendo que estas câmaras não requerem tanta energia e conseqüentemente menos potência dos compressores, ao invés daquelas que se dedicam ao frio negativo, mais predominantes noutras fileiras. Já na fileira das Carnes pode observar-se exatamente o contrário, onde as câmaras frigoríficas típicas têm um volume menor, mas necessitam de muito mais potência que as restantes fileiras.

Na Figura 33 apresenta-se a distribuição percentual entre as câmaras de refrigeração, onde a temperatura é positiva ($T_{setpoint} > 0^{\circ}\text{C}$), e as de congelados, onde a temperatura é negativa ($T_{setpoint} < 0^{\circ}\text{C}$), tal como a energia consumida relativa às câmaras de conservação. Na fileira das carnes é evidente o consumo elevado de energia (quase o dobro do 2º maior), mesmo não sendo a fileira que têm maior proporção de câmaras de frio, nem a maior área por câmara. Comparando o volume médio da câmara com o consumo específico de energia obtém-se o gráfico da Figura 33. Já na Figura 34 pode-se observar a relação entre o consumo específico médio por câmara de cada fileira com a volumetria média das câmaras.

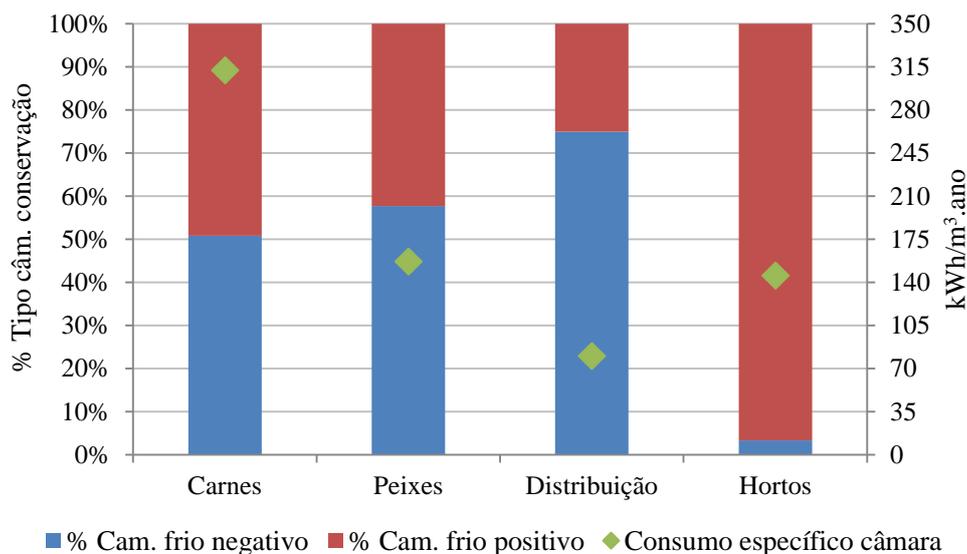


Figura 33 – Proporção de câmaras de conservação com frio negativo e positivo por fileira e relativo consumo específico médio

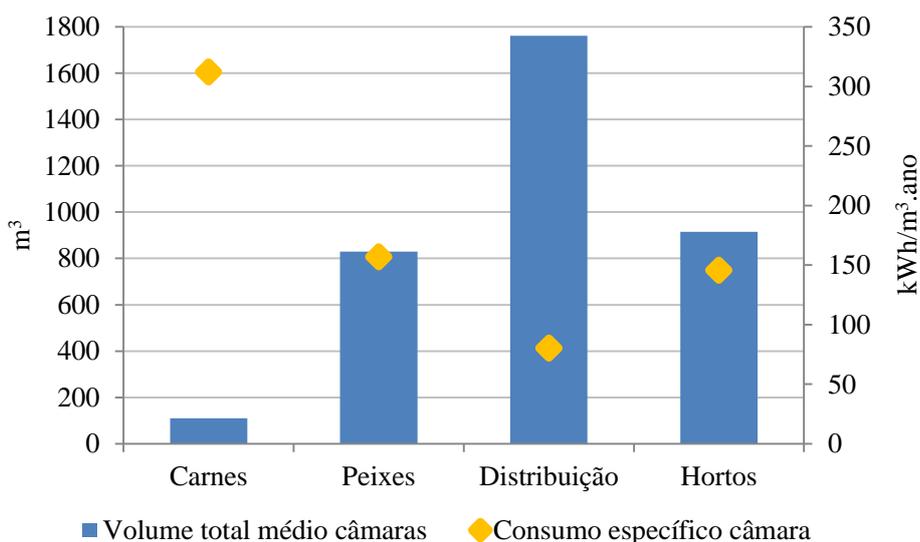


Figura 34 - Relação entre volumetria média e consumo específico anual [37]

Como se pode observar na Figura 35, e confirmando aquilo que ilustra a Figura 32 e na Figura 34, o consumo específico é inversamente proporcional ao volume médio da câmara. Assim, câmaras muito pequenas, mas numerosas, como acontece no setor das Carnes, irão consumir mais energia por m^3 refrigerado que o setor da distribuição, onde existe um menor número de câmaras médio por empresa, mas com volumes médios maiores. É, então, inversamente proporcional a relação entre a volumetria média da câmara com o consumo específico da mesma, como corroborado pela Figura 35.

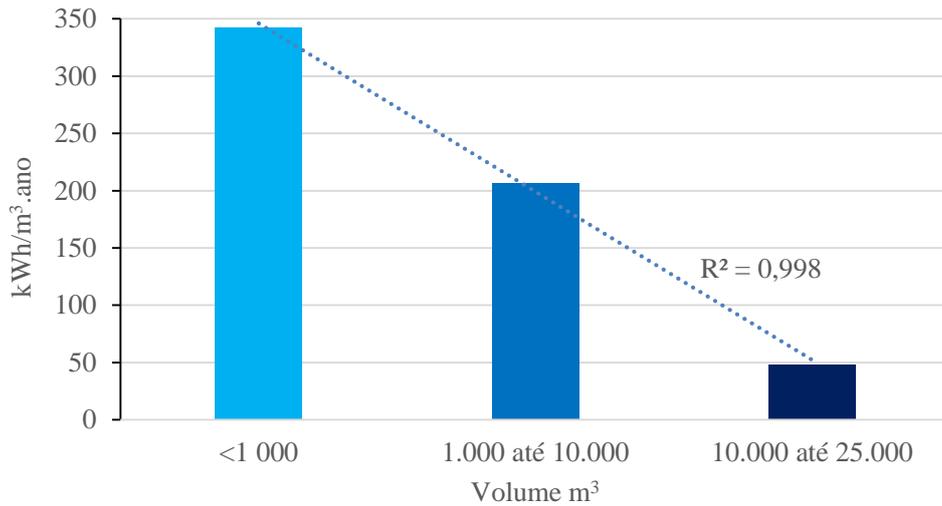


Figura 35 - Volumetria média das câmaras e consumo específico médio por câmara

4.6.2. Levantamento dos Fluidos Refrigerantes

Através da informação recolhida da base de dados dos diferentes parceiros do projeto InovEnergy, foi efetuada a Figura 36 que demonstra a totalidade dos refrigerantes utilizados no setor.

Foram recolhidos os dados relativamente aos fluidos refrigerantes usados de 204 empresas até ao momento.

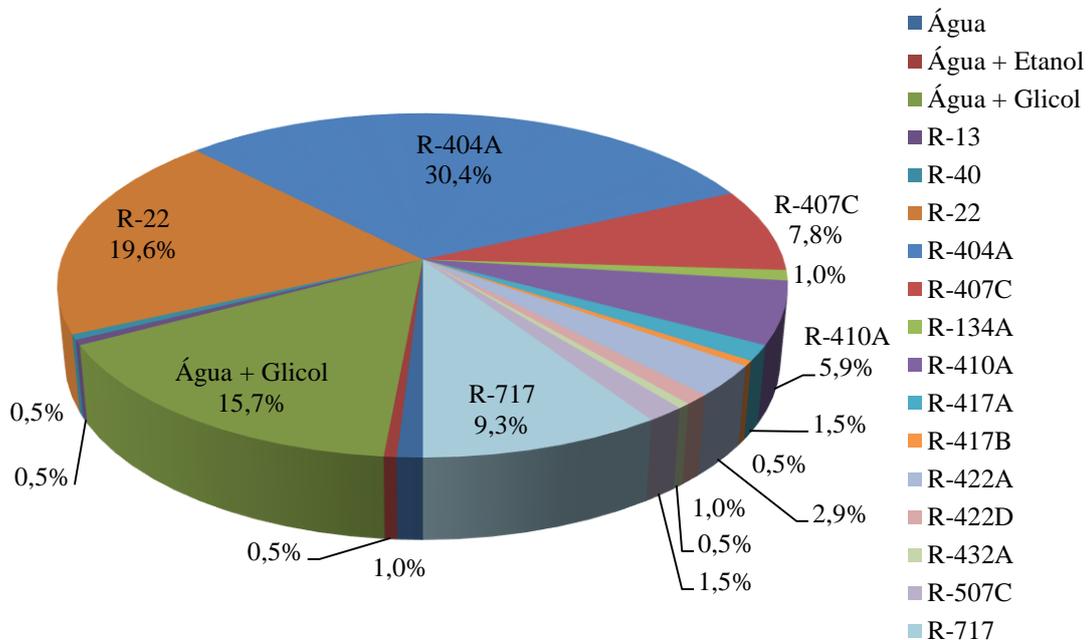


Figura 36 - Levantamento dos refrigerantes utilizados (primários + secundários)

Dado que a importância do projeto incide principalmente sobre o uso de refrigerantes principais, os refrigerantes secundários não serão contabilizados (água, água+etanol e água+glicol). Assim sendo, retirando os refrigerantes secundários da contagem total dos refrigerantes obtém-se a Figura 37.

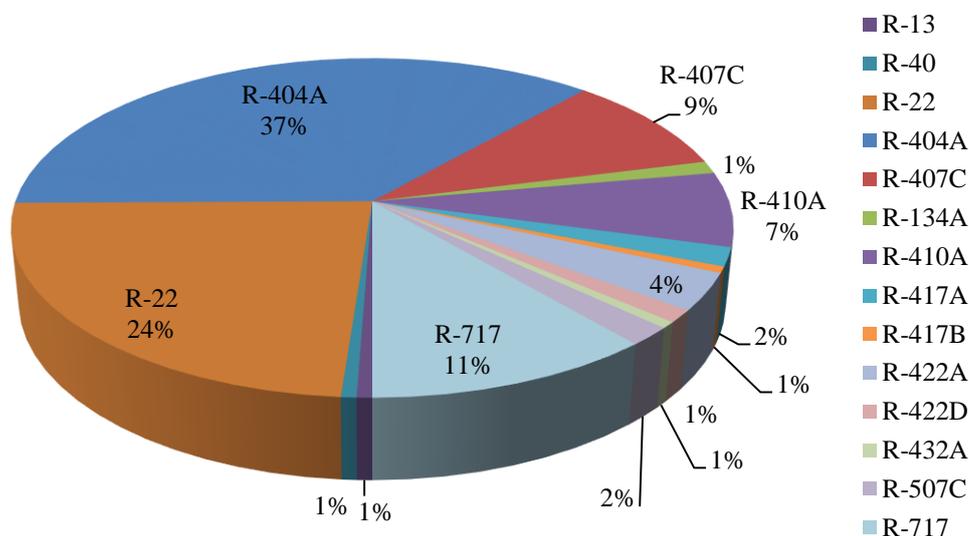


Figura 37 - Levantamento dos refrigerantes utilizados (primários)

Como é possível aferir pela Figura 37, o refrigerante mais utilizado no setor agroalimentar é o R-404A com 38% do uso total, seguido do R-22, com 24%. Estes 2 refrigerantes somados perfazem mais de metade, contabilizando 62% do total dos refrigerantes usados nas empresas deste setor.

Dada a complexidade do setor agroalimentar, e as diferentes atividades existentes nas 6 fileiras estudadas, foram separados os refrigerantes usados por fileira, e apresenta-se na Figura 38 os 3 refrigerantes mais utilizados em cada caso.

Como é possível observar pelos gráficos, há uma grande heterogeneidade no que refere ao tipo de refrigerantes utilizados de fileira para fileira. No entanto, existem refrigerantes comuns a fileiras diferentes e com percentagens semelhantes.

- O R-404A é utilizado em todas as fileiras do setor agroalimentar, e maior parte das vezes com percentagens superiores a 40%; embora seja o refrigerante mais utilizado na UE em sistemas de refrigeração, tem um GWP elevado;

- O R-22, um HCFC, ocupa o top-3 dos refrigerantes mais utilizados em todas as fileiras (com exceção dos vinhos). Este refrigerante foi proibido de ser usado em novos sistemas a partir de 2010, sendo que o R-22 agora usado provém apenas de inventários limitados, que num futuro próximo terão que ser substituídos por outro refrigerante. Um quinto das empresas auditadas (40 em 204) utiliza atualmente este refrigerante nas suas operações. Existe, portanto, um grande potencial de diminuição do GWP dos refrigerantes usados, pela escolha correta do sistema refrigerante substituto.

Dada a falta à informação relativa à carga de refrigerante existente nos sistemas de refrigeração das empresas, e aos próprios sistemas, não foi possível proceder ao cálculo das possíveis fugas existentes nos sistemas por ano e o relativo impacte em termos de efeito de estufa ou destruição da camada de ozono. Assim, sendo o R-22 um dos refrigerantes mais usados e o único com ODP (à exceção de uma empresa que ainda utiliza R-13, um CFC) tal como grande GWP, e não sendo legal utilizá-lo em novos sistemas na UE, procedeu-se à pesquisa de possíveis substitutos. Estando o seu fim não muito longínquo, esta substituição de refrigerante poderá não ser encarada como um encargo às empresas, mas sim como uma oportunidade de eliminar o ODP dos seus sistemas de refrigeração, como também diminuir a o seu GWP.

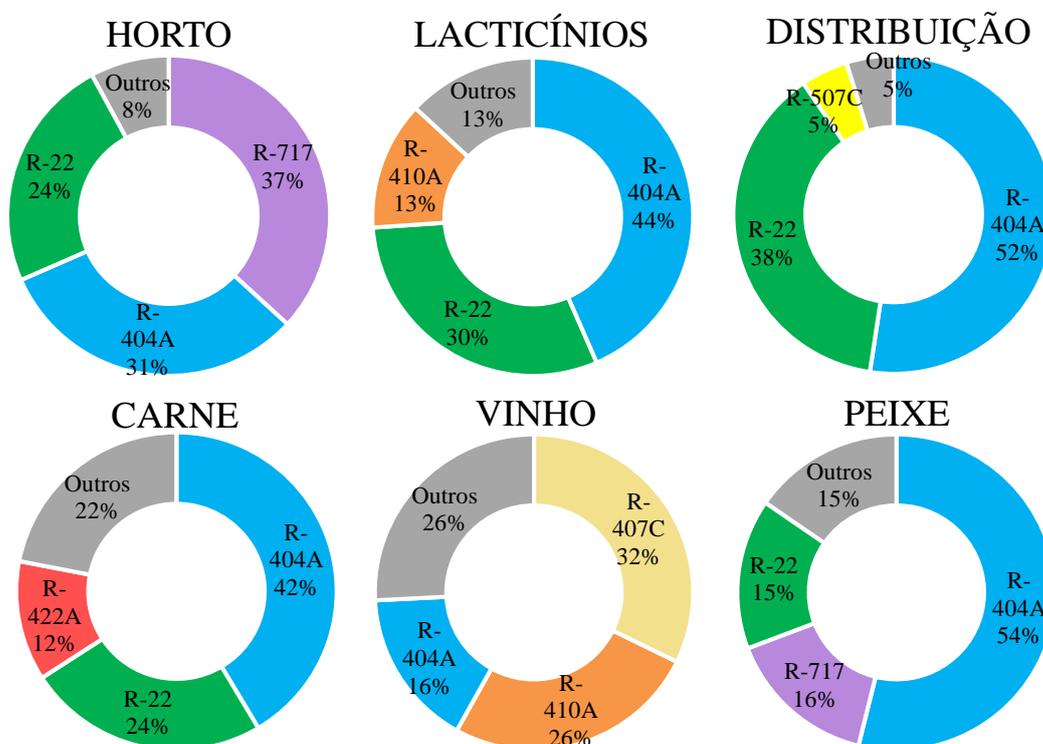


Figura 38 – Refrigerantes usados por fileira

4.6.2.1. Alternativas ao R-22

Quando é necessário escolher um refrigerante em detrimento de outro, é necessário ter em conta estes 4 critérios [32]:

1. Ter comprovada segurança e estar em conformidade com as mais recentes normas;
2. Ser ecológico, sem ODP e com baixo GWP;
3. Oferecer disponibilidade a longo prazo a um custo de capital razoável;
4. Fornecer um desempenho igual ou melhor que o da atual melhor tecnologia, para manter o consumo de energia baixo.

Existem novos refrigerantes em desenvolvimento capazes de diminuir o consumo energético dos sistemas de refrigeração entre 2 e 20% embora, a longo prazo, as únicas 5 opções importantes para o ciclo de compressão a vapor em todos os setores de refrigeração e A/C sejam os seguintes refrigerantes [7, 35]:

- Amoníaco (R-717);
- Dióxido de carbono (CO₂; R-744);
- Hidrocarbonetos e misturas (HCs, HC-290, HC-600a, HC-1270, etc.);
- Hidrofluorcarbonetos (HFCs, HFCs insaturados - HFO);
- Água (R-718).

Nenhum dos refrigerantes acima mencionados é perfeito; todos têm as suas vantagens e desvantagens que devem ser consideradas pelos governos, fabricantes de equipamentos e utilizadores. O amoníaco, o CO₂ e os HCs, por exemplo, têm um GWP baixo ou nulo, enquanto a maioria dos HFCs tem um GWP relativamente alto (não se aplica às HFOs, que têm GWP baixo); o amoníaco é mais tóxico que as outras opções, e juntamente com os HCs são inflamáveis a partir de certos níveis [35].

Estas cinco escolhas de refrigerante estão em diferentes fases de desenvolvimento ou comercialização. Os HFCs com alto GWP estão abrangentemente mais aplicados em vários setores, o amoníaco e os HCs experienciam um crescimento em setores onde podem ser facilmente acomodados, e para certas aplicações o equipamento com CO₂ está a ser mais desenvolvido [35].

Tabela 24 - Refrigerantes de substituição (28)

Gama de Temperatura	Aplicações	Refrigerante	Substituto
[-25°C,0°C]	Refrigeração no geral	CFC: R-12 HCFC: R-22	R-134a, R-290, R-600a, R-290/R-600a R-410A, R-600 se <1 kW; R-717 se >10 kW
[-50°C,-25°C]	Refrigeração de baixa temperatura de alimentos	CFC: R-502	R-507, R-407A, R-407B
<-50°C	Ultracongelação	CFC: R-13	R-23

Os sistemas que usam HCFC-22 podem ser convertidos para refrigerantes com zero ODP, mas é difícil igualar as condições de operação do HCFC-22, e por isso a conversão envolve normalmente uma troca de equipamento. Antes de pensada uma opção de alteração de refrigerante, deve ser tomada em consideração a idade do sistema e o custo de substituição por um novo sistema, mais eficiente, e os riscos inerentes ao uso do substituto a longo prazo [35]. É de notar, no entanto, que qualquer que seja o refrigerante a substituir o R-22, não funcionará num sistema de R-22, e não funcionará tão bem e será tão eficiente como o R-22 [47].

No *website* da EPA, são fornecidos substitutos para os HCFCs, o principal foco no caso da indústria agroalimentar portuguesa. Nesta tabela (Tabela 25), é também dada a informação se para o novo refrigerante é apenas necessário um ajuste no sistema, ou se é necessário a alteração do sistema/dos seus componentes.

Tabela 25 - Substitutos para HCFCs em sistemas industriais (39)

Refrigerante a ser substituído	Substituto	<u>A</u> juste/ <u>N</u> ovo equipamento
R-22 e misturas contendo HCFCs	R-410A	N
	R-404A	A,N
	R407C	A,N
	R-507,507A	A,N
R-22, misturas contendo R-22 e/ou R-142b	Compressão de vapor de R-717	N
	R-744	N
	R-290	A,N
	R-600	A,N
	R-1270	A,N

No caso dos armazéns frigoríficos, embora sejam quase idênticos os substitutos, existem algumas pequenas diferenças.

Tabela 26 - Substitutos para HCFCs em armazéns frigoríficos (39)

Refrigerante a ser substituído	Substituto	Ajuste/Novo equipamento
R-22 e misturas contendo HCFCs	R-410A	N
	R-404A	A,N
	R407C	A,N
	R-507,507A	A,N
R-22, misturas contendo R-22 e/ou R-142b	Compressão de vapor de R-717	N
	R-744	N
	R-600	A,N
	R-1270	A,N

De seguida, são explicadas as implicações da substituição do HCFC-22 para um dos substitutos.

– Conversão para HFC

Existem numerosas misturas para a substituição do HCFC-22 em sistemas DX, mas não há nenhuma que consiga igualar a relação pressão/temperatura do HCFC-22 sem *glide* significativo (sendo o *glide* a diferença entre pontos de ebulição dos diferentes componentes do fluido refrigerante), e por isso estas misturas são muito menos comuns em sistemas inundados onde o fracionamento da mistura é uma preocupação [35].

– Conversão para R-717

Existem muito poucos casos de conversão de um sistema com HCFC-22 para R-717. Normalmente os compressores e condensadores são adequados para ambos os refrigerantes, e as tubagens são normalmente de aço soldado nos grandes sistemas. Se os evaporadores tiverem tubagens de cobre, precisam então estas de ser substituídas. Na maioria dos casos, em todos os países, esta conversão não se aplica a sistemas existentes com HCFC-22 [35].

– Conversão para Hidrocarbonetos

Ao contrário do R-744 e do R-717, é tecnicamente viável remover HCFC-22 de sistemas existentes e substituí-lo com HC-290. No entanto é muito provável que o sistema resultante não obedeça às regras de segurança relativas ao uso de hidrocarbonetos, dado que a quantidade de refrigerante não obedecerá com as restrições de carga e a infraestrutura elétrica não estará devidamente protegida. Uma possível consequência de

uma descontinuação dos HCFCs em países em via de desenvolvimento poderá ser o aumento do uso deste tipo de conversão, sem a fiscalização adequada [35].

– Conversão a R-744

A elevada pressão de operação dos sistemas de R-744 torna improvável a possibilidade de conversão de um sistema R-22 para um a operar com R-744. A conversão para um sistema em cascata é possível, reduzindo bastante a carga de fluorcarbonetos no sistema. No entanto, esta substituição é complicada e pode ser bem mais económico substituir o sistema inteiro, especialmente se já tem mais de 10 anos de idade [35].

De modo a se poder fazer uma comparação mais abrangente dos refrigerantes mencionados, elaborou-se a Tabela 41 do ANEXO F, com as diferentes características inerentes a cada refrigerante explícitas.

5. CONCLUSÕES

A fase inicial do projeto InovEnergy veio expor que, frequentemente, as empresas apresentam um código CAE secundário, o que significa que ocasionalmente valores distintos para a energia, produção e rentabilidade são encontrados quando comparados os resultados entre empresas. Isto torna a extrapolação de valores médios para cada subsetor industrial complexa, impossibilitando uma compreensão total apenas com a observação dos equipamentos e preenchimento de inquéritos. Este facto enfatiza a necessidade da realização de um maior número de auditorias energéticas mais detalhadas. Esta falta de correlação entre os valores ocorreu também no tratamento preliminar dos dados recolhidos da base de dados IAC para este trabalho. Verificaram-se grandes desvios dos valores de consumos e produção das empresas dentro da mesma fileira, o que dificultou a seleção das auditorias energéticas da base de dados para análise, dada a existência de empresas que produzem vários produtos finais distintos, e conseqüentemente múltiplas classificações SIC/NAICS, mostrando que esta ocorrência não se cinge apenas ao setor agroindustrial português.

A recolha dos dados de consumo energético relativamente às empresas do projeto InovEnergy permitiu calcular a média dos CEEs para cada fileira, permitindo a comparação desses valores com os valores retirados da base de dados do IAC, e com CEEs de referência. A comparação do CEE com a produção, mostrou que o CEE é maior para empresas com níveis de produção menores, enfatizando a necessidade de regular os consumos de empresas com consumos inferiores a 500 tep.

Com os valores de referência recolhidos, foi possível notar que as fileiras portuguesas estudadas têm um valor médio de CEE superior aos valores de referência, com a única exceção ocorrendo com os Hortofrutícolas, o que evidencia o potencial em ganhos de eficiência energética que poderá ser explorado nestas fileiras.

Através das recomendações recolhidas da base de dados do IAC para as diferentes fileiras estudadas, foi possível calcular uma poupança energética média para cada fileira, com valores a ascenderem até aos 18,3 tep de energia primária poupada, e aos 8800 euros poupados anualmente.

No que se refere à análise às câmaras de conservação das empresas do projeto InovEnergy conclui-se que a fileira das Carnes é a que apresenta o maior nº de câmaras de conservação por empresa, sendo estas de menor capacidade (volumetria). Com caraterísticas opostas, a fileira da Distribuição é caracterizada pelo menor número de câmaras, mas de maior dimensão.

Dada a menor percentagem de área dedicada à conservação, constata-se que a fileira das Carnes é a que dispõe de maiores áreas para outras operações (e.g. transformação e processamento) e, por conseguinte, maior necessidade de mão-de-obra. Por outro lado, é a fileira da Distribuição a que apresenta maiores áreas dedicadas ao armazenamento de longo prazo. É ainda a fileira com maior percentagem de câmaras de frio negativo, contrariamente às fileiras das carnes e das Hortofrutícolas.

É também possível constatar uma relação inversa entre o consumo específico das câmaras de armazenamento e a sua dimensão (i.e., câmaras de menor volumetria apresentam um consumo específico bastante superior às de maior volumetria), como se verifica na fileira das carnes. Tal dever-se-á a um fator fundamental – a taxa de infiltração de ar húmido e quente, por sua vez potenciada dois fatores: uma menor volumetria das câmaras (para a mesma área de aberturas) e um maior número de acessos/hora. A humidade assim ministrada nas câmaras, aliada à localização dos evaporadores (geralmente instalados por cima dos acessos às câmaras), faz com que os ciclos de descongelação sejam mais frequentes, agravando ainda mais o consumo específico.

Surpreendentemente, verifica-se também que quanto maior a percentagem de câmaras de frio positivo existente, maior o consumo específico. Tal facto será explicado pela maior taxa de infiltração, causada pelo maior número de acessos/hora existentes nas câmaras de frio positivo quando comparadas às câmaras de frio negativo, com períodos permanência dos produtos maiores.

Por último, é possível concluir que o refrigerante mais utilizado é o R404-A, um HFC cumprindo as imposições do Protocolo de Quioto, indo de encontro também à tendência europeia. No entanto, o segundo refrigerante mais usado é o R-22, um HCFC. Tal será sinónimo de empresas mais antigas, com instalações ainda não abrangidas pela nova regulamentação, que apenas as obriga a proceder à sua substituição da carga de refrigerante no caso de fugas totais/ Graves. Dada a inevitável substituição e respetivo ajuste a curto prazo das instalações a operar com o R-22, verifica-se uma boa

oportunidade para melhorar não só os impactes ambientais diretos, através de uma escolha de refrigerantes de substituição com menores índices de GWP e ODP, mas também, através de uma análise do ponto de vista energético, beneficiando a eficiência ao optar por refrigerantes com propriedades termodinâmicas mais favoráveis.

6. PERSPETIVAS FUTURAS

Após a elaboração deste trabalho, é notória a falta de informação sobre os indicadores energéticos a nível nacional, como dos consumos das empresas que não estão abrangidas pelo SGCIE. Com o avançar do projeto InovEnergy e de outros idênticos, é de esperar que haja uma maior base de dados a nível nacional, onde as empresas se possam basear e procurar informação para realizar *benchmarking* à sua empresa e comparar determinados indicadores.

Seria interessante comparar os valores das empresas da fileira dos Laticínios, que não estiveram acessíveis a tempo para serem utilizados na estatística desta dissertação, com os dados recolhidos da base de dados IAC, de modo a relacionar os CEEs e também aferir o possível impacte na redução do consumo energético que as medidas de URE mais vezes recomendadas pelo programa IAC teriam na média das empresas portuguesas.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Comissão Europeia, “Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency,” 2008.
- [2] Comissão das Comunidades Europeias, “Livro Verde sobre a eficiência energética ou "Fazer mais com menos",” Bruxelas, 2005.
- [3] C. C. C. F. C. RECET, “Guia de Boas Práticas de Medidas de Utilização Racional de Energia (URE) e Energias Renováveis (ER),” RECET, Fundación CARTIF, 2007.
- [4] Internacional Energy Agency, “Towards a more efficient future - Applying indicators to enhance policy,” OECD/IEA, Paris, France, 2009.
- [5] C.A. Ramírez, M. Patel, K. Blok, “How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European countries,” vol. 31, pp. 2047-2048, 2006.
- [6] World Energy Council, “Energy Efficiency: A Recipe for Success,” London, UK, 2010.
- [7] V. Magueijo, M. C. Fernandes, H. A. Matos, P. N. Clemente, J. P. Calau, J. Carneiro e F. Oliveira, “Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um Enquadramento Tecnológico Sucinto,” ADENE - Agência para a Energia, 2010.
- [8] ADEME, “Overall Energy Efficiency Trends and Policies in the EU-27,” 2009.
- [9] N. Jollands e S. Pasquier, “Working paper - Innovations in National Energy Efficiency,” Pairs, França, 2009.
- [10] Institute for Industrial Productivity, J. Reinaud e A. Goldberg, “The Boardroom Perspective: How does Energy Efficiency Policy Influence Decision Making in Industry,” Internacional Energy Agency, Institute for Industrial Productivity, 2011.
- [11] Comissão Europeia, “Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões,” 2011.

- [12] DGEG, “Energia em Portugal: Principais Números,” [Online]. Available: file:///C:/Users/Jo%C3%A3o%20Filipe%20Correia/Downloads/i011852.pdf.
- [13] V. R. Ferreira, J. B. Ribeiro, A. R. Gaspar, J. J. Costa e A. V. Oliveira, “InovEnergy – a project for energy efficiency in the agro-food industry sector,” pp. 1-2, 2012.
- [14] IAPMEI, “Sobre as PME em Portugal,” 2008.
- [15] L. C. A. IAPMEI, “Estratégia de Eficiência Energética em PME,” IAPMEI, 2012.
- [16] FoodDrink Europe, “Annual Report 2012”.
- [17] Comissão Europeia, “Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries,” 2006.
- [18] Aranda-Usón, Alfonso ; Ferreira, Germán; Mainar-Toledo, M.D.; Scarpellini, Sabina, “Energy consumption analysis of Spanish food and drink, textile, chemical and non-metallic mineral products sectors,” *Energy*, vol. 42, pp. 480-482, 2012.
- [19] JEK/JUG, “Density Measurement in Dairy Industry,” 2009.
- [20] N. R. C. O. o. E. Efficiency, “Industrial Consumption of Energy (ICE) Survey - Summary Report of Energy Use in the Canadian Manufacturing Sector 1995–2010,” 2012.
- [21] A. C. S. Brazão, Políticas para a Promoção da Eficiência Energética na Indústria Portuguesa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2012, p. 1.
- [22] ADENE. [Online]. Available: <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SGCIE/SGCIE/Enquadramento/Paginas/welcome.aspx>. [Acedido em 14 03 2014].
- [23] Center for Advanced Energy Studies (CAES), “IAC Assessment Database Manual,” 2011.
- [24] M. R. Muller e K. Papadaratsakis, “Self-Assessment Workbook For Small Manufacturers,” 2003.

- [25] Rutgers, The State University of NJ, “Savings generated by the Industrial Assessment Center Program: Fiscal Year 2001”.
- [26] D. Reindl, “Industrial Refrigeration Systems: Floating Head Pressure Control For Peak Energy Performance,” 2012.
- [27] Advanced Manufacturing Office of the US Department of Energy, [Online]. Available:
https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_assistance/pdfs/replace_vbelts_motor_systemts5.pdf. [Acedido em 14 03 2014].
- [28] Maintenance Technology, “Switching To Synchronous Belt Drives For Energy Savings,” [Online]. Available: <http://www.mt-online.com/september2009/switching-to-synchronous-belt-drives-for-energy-savings>. [Acedido em 14 03 2013].
- [29] National Renewable Energy Laboratory, “Energy Tips: Replace V-Belts with Cogged or Synchronous Belt Drives,” [Online]. Available: <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/27833.pdf>. [Acedido em 2013 03 14].
- [30] B. Cardoso, *Auditorias Energéticas na Indústria Agro-alimentar: Fileira dos Vinhos*, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da FCTUC, 2014, p. 41.
- [31] P. Radgen e E. Blaustein, “Compressed Air Systems in the European Union: Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions,” 2001. [Online].
- [32] A. Pearson, “Refrigeration with Ammonia,” *Elsevier*, vol. 31, pp. 545-548, 2008.
- [33] A. M. V. Ajuda, “Comparabilidade Energética Entre Sistemas de Ciclo de 1 Andar e de 2 Andares,” pp. 1-8, 25-26, 2009.
- [34] Isidoro Martinez, “Refrigeration,” 2013.
- [35] UNEP, “2010 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee,” 2011.
- [36] IPCC/TEAP, S. Sicars e S. Devotta, “Refrigeration - IPCC/TEAP Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System,” 2005.

- [37] F. Billiard, “Refrigerating Equipment, Energy Efficiency and Refrigerants,” pp. 1, 3.
- [38] Real Zero UK, “Guide to Good Leak Testing,” pp. 1-2, 2008.
- [39] C. T. EMERSON, “Refrigerant Choices for Commercial Refrigeration: Findind the Right Balance”.
- [40] EPA, “<http://www.epa.gov/ozone/snap/refrigerants/safety.html>,” [Online]. [Acedido em 14 03 2014].
- [41] Johnson Controls, “Safety Considerations for Adopting zero-ODP and low-GWP Refrigerants,” [Online]. Available: http://www.unep.org/ozonaction/Portals/105/documents/virtualexpo/II-Johnson%20Controls_Jay%20Kohler.pdf. [Acedido em 14 03 2013].
- [42] D. Ribeiro, Sala de Máquinas de uma Instalação Frigorífica a R717, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013, p. 16.
- [43] ARCH News, “<http://www.achrnews.com/articles/co2-as-refrigerant-the-transcritical-cycle>,” [Online]. [Acedido em 17 03 2014].
- [44] V. Ferreira, F. Lamas, A. Gaspar, J. Costa e J. Baranda, “Caracterização dos sistemas de refrigeração da indústria agroindustrial,” pp. 1, 3-5, 2014.
- [45] Evans, J.A., Foster, A.M., Huet-J.-M., Reinholdt L., Fikiin K., Zilio C., Houska, M., Landfeld, A., Bond, C., Scheurs, M., van Sambeeck, T.W.M., “Specific energy consumption values for various refrigerated food cold stores,” *ENB*, 2013.
- [46] Evans, J.A., Hammond, E.C., Gigiel, A.J., Reinholdt, L., Fikiin, K., Zilio, C., “Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores,” *Applied Thermal Engineering*, 2013.
- [47] EPA, [Online]. [Acedido em 17 03 2014].
- [48] Smyth, M., Russell, J., “From graft to bottle - Analysis of energy use in viticulture and wine production and the potential for solar renewable technologies,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, p. 1990, 2009.
- [49] Eurostat e R. Keenan, “Statistical aspects of the energy economy in 2009,” 2010.

- [50] EPA, “<http://www.epa.gov/ozone/snap/refrigerants/lists/indproc.html>,” [Online]. [Acedido em 17 03 2014].
- [51] IPCC, “https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-2-6.html,” [Online]. [Acedido em 14 03 2014].
- [52] US Department of Energy, “IAC Assessment Datase Manual 10.2,” CAES, 2011.
- [53] Lynde, “R290 Refrigerant Grade Propane: high quality natural refrigerant”.
- [54] National Refrigerants, “Refrigerant Reference guide,” 2004.
- [55] IPCC, “<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=144>,” [Online]. [Acedido em 14 03 2014].
- [56] Sustainable Energy Ireland, “Refrigerants Choice, Regulatory Requirements and Energy Efficiency,” 2009.
- [57] Direção Geral de Energia e Geologia, “Energia em Portugal - Principais Números,” 2013.
- [58] Comissão Europeia, “Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency,” 2008.
- [59] Iberdola, “Manual de Boas Práticas Energéticas,” 2008. [Online].
- [60] Ramirez , C. A.; Blok, K.; Patel, M., “Adding apples and oranges: The monooring of energy in the dutch food industry,” *Energy Policy*, pp. 1727-1728, 2006.

ANEXO A – INQUÉRITO DO PROJETO INOVENERGY



INQUÉRITO DE RECOLHA DE DADOS NAS EMPRESAS

SECTOR: Carne <input type="checkbox"/> Peixe <input type="checkbox"/> Lácteos <input type="checkbox"/> Hortofrutícola <input type="checkbox"/> Vinho e Vinha <input type="checkbox"/> Distribuição <input type="checkbox"/>
NÚMERO DE INQUÉRITO:
DATA:

1. DADOS GERAIS DA INDÚSTRIA

1.1 Empresa

Nome ou designação social:		
Endereço da sede:		
Localidade:	Código Postal:	Coordenadas GPS:
Concelho:	Distrito:	
Telefone:	Fax:	Email:
Pessoa a contactar:		Cargo:
Telefone:	Email:	

2. SECTOR DA ACTIVIDADE DE INDÚSTRIA

Designação:
Classificação de actividade - CAE:

3. CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA

Empresa ¹ : Micro <input type="checkbox"/> Pequena <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> PME <input type="checkbox"/> Grande <input type="checkbox"/>
Ano de entrada em funcionamento:
Número de trabalhadores:
Área coberta da fábrica (m ²):
Horário de trabalho/turnos:
Volume de negócios da Empresa em 2010 (€):
VAB ² relativamente ao preço de mercado em 2010 (€):
Realizam exportações? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Se sim, qual o volume de Exportação (€)? _____
Quais os mercados para que exportam? _____

Fez investimento em I&D em 2010 (€)? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Se sim, qual o montante (€)? _____

¹ Classificação das empresas:

Dimensão	Número de Efectivos	Volume de Negócios ou Balanço Total
Micro	< 10	<= 2 Milhões de Euros
Pequena	< 50	<= 10 Milhões de Euros
PME	< 250	<= 50 Milhões de Euros (VN) ou <= 43 Milhões de Euros (BT)
Média	As PME que não forem micro ou pequenas empresas	

² Valor acrescentado bruto. Fórmula de cálculo: VAB = (Volume de negócios) + (Variação de existências) + (Trabalhos para a própria empresa) + (Proveitos suplementares) – (Custos das mercadorias vendidas e das matérias consumidas) – (Fornecimentos e serviços externos).

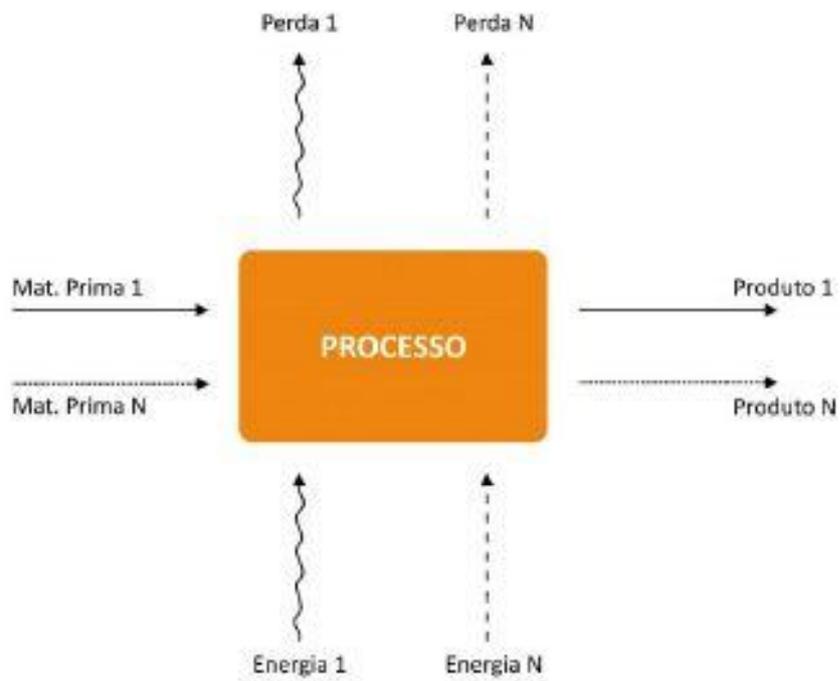
6. CARACTERÍSTICAS DO TARIFÁRIO E DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Fornecedor actual de energia eléctrica da indústria:
Opção Tarifária actual:
Ciclo Horário:
Potência Instalada (kW):
Valor médio do Factor de Potência:
Existe alguma unidade de condensadores eléctricos na indústria? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Existem dados disponíveis sobre variações diárias e sazonais do consumo de electricidade? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Existe uma curva de carga diária? (anexar fotocópia) Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>

7. DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS POR EQUIPAMENTOS OU SECTORES

Desagregação de consumos por equipamentos ou sectores produtivos		Quantidade
ELECTRICIDADE	Força motriz - motores (kWh)	
	Refrigeração (kWh)	
	Aquecimento (kWh)	
	Iluminação (kWh)	
	Movimentação (kWh)	
	Outros (kWh)	
	Total (kWh)	
OUTROS CONSUMOS		
	Total	

8. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO



9. CARACTERÍSTICAS DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS

NÚMERO DA CÂMARA:
Tipo de Produtos:
Condições externas: Temperatura = °C; Humidade relativa = %
Condições internas: Temperatura = °C; Humidade relativa = %
Dimensões: Comprimento = m; Largura= m; Altura= m
Capacidade nominal: Toneladas
Capacidade média: Toneladas
Tipo de construção e materiais: Sandwich <input type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Alvenaria com revestimento <input type="checkbox"/> Outro _____
Tipo de isolamento e vedação: Poliuretano <input type="checkbox"/> Cortiça <input type="checkbox"/> Esferovite <input type="checkbox"/> Outro _____
Tipo de piso da câmara: Betão <input type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> Poliéster <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Outro _____
Isolamento das tubagens Neoprene <input type="checkbox"/> Poliuretano <input type="checkbox"/> Lã de rocha <input type="checkbox"/> Outro _____
Localização da câmara (<i>Layout</i>): Câmara interior <input type="checkbox"/> Câmara exterior <input type="checkbox"/> Observações:

Fontes de calor:

Iluminação
 Incandescente Fluorescente Led Outro _____ Potência instalada _____

Frequência e modo de utilização
 < 1 pessoa/hora 1 pessoa/hora 2 a 5 pessoas/hora 6 a 10 pessoas/hora
 > 10 pessoas/hora Entrada de máquinas Existência canais transportadores
 Outro _____

Ganhos térmicos
 Anomalias: Borrachas deficientes Isolamento afectado Juntas afectadas
 Acessos: Com antecâmara climatizada Sem antecâmara climatizada Porta com fecho
 Porta manual Existência de cortinas

Produto
 Tipo: _____
 Quantidade: _____
 Temperatura de entrada (°C): _____
 Temperatura da câmara (°C): _____
 Temperatura de conservação do produto (°C): _____
 Tipo de embalagem: _____
 Movimentação diária: _____

10. Características do sistema de frio das câmaras

Expansão directa
 Expansão indirecta
 Unidades individuais
 Centrais frigoríficas
 Unidades frigoríficas compactas
 Outras: _____

11. Fluidos frigorigéneos

Existe Plano de substituição? Sim Não

12. Sistema de ar comprimidoSistemas individualizados Sim Não Sistema central Sim Não **13. Características dos geradores de fluidos térmicos:**

Número de gerador: _____

Tipo de gerador

Caldeira de vapor Caldeira de água Fluido térmico Outro _____

Características dos geradores

Potência (kW) _____ Capacidade (Kg/hora) _____ Pressão de serviço (Bar) _____

Recuperador de calor

Combustível

Electricidade Fuel Gasóleo Lenha Gás Outros _____

Sistemas de distribuição:

Isolamento tubagens Estado do isolamento: Bom Razoável Mau **14. No âmbito da melhoria de eficiência energética já fez alguns investimentos?**Sim Não

Se sim, quais e quando? _____

Para investir na melhoria de eficiência energética qual o investimento médio previsto?

_____ €

ANEXO B - DADOS DAS EMPRESAS DO PROJETO

INOVENERGY

DISTRIBUIÇÃO

Tabela 27 - Dados gerais da fileira Distribuição

Empresa	CAE	Matérias-primas	Volume de Negócios [M€]	Produção [ton]
Dist_1	46382	Peixes, Carnes, Marisco, Vegetais, Caça	12,3	3217,1
Dist_2	46311	Hortícolas vários congelados	1,3	600
Dist_3	46320	Carnes suínas e bovinas, transformados	1,3	359
Dist_4	46382	-	10	-

Tabela 28 - Consumos energéticos das empresas auditadas da fileira Distribuição

Empresa	Eletricidade [tep]	Propano [tep]	TOTAL [tep]	Intens. Energ. [kWh/ton]	SEC [kgep]
Dist_2	393,1	-	393,1	3047,6	655,2
Dist_3	47,4	4,0	51,4	614,5	143,3
Dist_1	155,0	-	155,0	224,1	48,2
Dist_4	97,4	-	97,4	-	-
TOTAL (média)	173,3	4,0	174,3	1295,4	282,2

HORTOFRUTÍCOLAS

Tabela 29 - Dados gerais da fileira Hortofrutícolas

Empresa	CAE	Matérias-primas	Volume de Negócios [M€]	Produção [ton]
Horto_1	46311	Batatas, Hortícolas	13,843	32000
Horto_2	46214	Morangos, Pimentos	2,255	8237,7
Horto_3	46311	Hortofrutícolas	3	7000
Horto_4	46311	Kiwis	1	6000
Horto_5	10395	Maças	2	4000
Horto_6	01610	Hortícolas	3,5	1500

Tabela 30 - Consumos energéticos das empresas auditadas da fileira Hortofrutícolas

Empresa	Eletricidade [tep]	Intens. Energ. [kWh/ton]	SEC [kgep]
Horto_6	172,0	1333,0	115
Horto_5	89,5	260,1	22
Horto_4	119,6	231,7	20
Horto_1	32,4	11,8	1
Horto_3	7,0	11,6	1
Horto_2	6,9	9,7	1
TOTAL (média)	71,2	309,7	26,6

PEIXE**Tabela 31** - Dados gerais da fileira Peixe

Empresa	CAE	Matérias-primas	Volume de Negócios [M€]	Produção [ton]
Peixes_1	10201	Sardinha	9	3500
Peixes_2	10204	Bacalhau	12	3000
Peixes_3	10203	Pescado para conservas	5	1760
Peixes_4	10201	Peixe médio congelado	2	1016,4
Peixes_5	10202	Sardinha	4,5	600
Peixes_6	10204	Bacalhau congelado	2	360
Peixes_7	10204	Bacalhau verde e congelado	1,8	360
Peixes_8	10202	Pescada	0,68	26
Peixes_9	10203	-	-	-

Tabela 32 - Consumos energéticos das empresas auditadas da fileira Peixe

Empresa	Eletricidade [tep]	Gás Natural [tep]	Intens. Energ. [kWh/ton]	SEC [kgep]
Peixe_8	36,2	-	1551,3	334
Peixe_7	111,4	-	1439,3	309
Peixe_3	52,3	104,9	138,3	89
Peixe_2	251,0	-	382,8	82
Peixe_1	449,0	-	279,6	60
Peixe_4	44,4	-	178,7	38
Peixe_9	-	-	-	-
Peixe_5	-	-	-	-
Peixe_6	-	-	-	-
TOTAL (média)	157,4	104,9	661,7	152,2

VINHO**Tabela 33** - Dados gerais da fileira Vinho

Empresa	CAE	Matérias-primas	Volume de Negócios [M€]	Produção [ton]
Vinho_1	11021	Uvas tintas e brancas	0,845	1600
Vinho_2	11022	Uvas tintas e brancas	3,5	692,9
Vinho_3	0210	Uvas tintas e brancas	1	251,8
Vinho_4	11021	Uvas tintas e brancas	3,3	2302,7
Vinho_5	11021	Uvas tintas e brancas	12	1337
Vinho_6	11021	Uvas tintas e brancas	0,669	417,2
Vinho_7	11021	Uvas tintas e brancas	-	-
Vinho_8	11021	Uvas tintas e brancas	300000	50

Tabela 34 - Consumos energéticos das empresas auditadas da fileira Vinho

Empresa	Eletricidade [tep]	Intens. Energ. [kWh/ton]	SEC [kgep]
Vinho_5	186,8	649,8	140
Vinho_2	70,3	471,6	101
Vinho_3	25,6	472,1	101
Vinho_6	22,9	254,9	55
Vinho_4	44,9	90,7	20
Vinho_1	7,1	20,8	4
Vinho_7	127,4	-	-
Vinho_8	-	-	-
TOTAL (média)	69,3	326,6	70,2

ANEXO C – CONSUMOS ENERGÉTICOS ESPECÍFICOS POR FILEIRA

Tabela 35 - CEE por empresa da fileira Carnes

CARNES		
Empresa	CEE [kgep/ton]	CEE [GJ/ton]
Carne_5	354	14,821
Carne_6	338	14,151
Carne_1	83	3,475
Carne_4	70	2,931
Carne_2	48	2,010
Carne_3	16	0,670
TOTAL (média)	151,5	6,345

Tabela 36 - CEE por empresa da fileira Hortofrutícolas

HORTOFRUTÍCOLAS		
Empresa	CEE [kgep/ton]	CEE [GJ/ton]
Horto_6	115	4,815
Horto_5	22	0,921
Horto_4	20	0,837
Horto_1	1	0,042
Horto_3	1	0,042
Horto_2	1	0,042
TOTAL (média)	26,6	1,115

Tabela 37 - CEE por empresa da fileira Peixes

PEIXES		
Empresa	SEC [kgep/ton]	SEC [GJ/ton]
Peixe_8	334	13,983
Peixe_7	309	12,937
Peixe_3	89	3,726
Peixe_2	82	3,433
Peixe_1	60	2,512
Peixe_4	38	1,591
TOTAL (média)	152,2	6,372

Tabela 38 - CEE por empresa da fileira Vinho

VINHO		
Empresa	SEC [kgep/ton]	SEC [GJ/ton]
Vinho_5	140	5,862
Vinho_2	101	4,229
Vinho_3	101	4,229
Vinho_6	55	2,303
Vinho_4	20	0,837
Vinho_1	4	0,168
TOTAL (média)	70,2	2,940

Tabela 39 - CEE por empresa da fileira Distribuição

DISTRIBUIÇÃO		
Empresa	SEC [kgep/ton]	SEC [GJ/ton]
Dist_4	48	2
Dist_3	143	6
Dist_1	655	27
TOTAL (média)	282,2	11,8

ANEXO D – VALORES DE REFERÊNCIA DOS CEE POR FILEIRA

Tabela 40 - Valores de referência dos CEEs por fileira [16] [25] [48]

Produtos	Consumo de Energia (kgep/ton produto)		Observações
	Eletricidade	E. Térmica	
Carnes (carcaças)	7,2-23,9	11,4-21,5	Mínimo para vaca/ovelha, máximo para aves e porco
	18,6-45,4		
Carne Processada	16,7	94,3	
	111,1		
Peixe fresco, refrigerado ou congelado	14,3	0,2	
	14,5		
Peixe preparado ou preservado	11,5	25,4	
	36,9		
Vegetais e Fruta Congelada	17,6	43,0	
	60,6		
Vinho - Viticultura	25,4		
Vinho – Produção	31,7		
Leite e iogurte	3,6 - 59,7	4,3 - 35,8	Mínimo para leite líquido, máximo para especialidades
	0,09 – 1,11 *		
Queijo	1,9 - 69,3	3,6 - 109,9	Depende do tipo de queijo e do ciclo de produção.
	0,06 – 2,08*		
Leite pó e soro de leite em pó	1,4 - 78,8	71,7 - 477,7	Combustível Máximo para produtos de soro
	0,85 – 6,47*		
*dados aproximados a kWh/litro, assumindo que 1 litro de leite = 1kg de leite			

ANEXO E – FATORES DE CONVERSÃO UTILIZADOS PELO PROGRAMA IAC

EQUIVALENTE ENERGÉTICO

1 kWh -----	3.412 BTU
1 Therm -----	100.000 BTU
1 pé cúbico de Gás Natural -----	1.000 BTU
1 galão Fuelóleo #2 -----	140.000 BTU*
1 galão Fuelóleo #4 -----	144.000 BTU*
1 galão Fuelóleo #6 -----	152.000 BTU*
1 galão Propano -----	91.600 BTU*
1 ton Carvão -----	28.000.000 BTU*

ANEXO F – CARATERÍSTICAS FLUIDOS REFRIGERANTES

Tabela 41 - Diferentes fluidos refrigerantes e as suas caraterísticas

	Designação Refrigerante	Composição	GWP (100 anos)	ODP	Aplicações Típicas	Classificação Segurança (Toxicidade/Inflamabilidade)	Eficiência	COP
Refrigerantes Naturais	R-717	Amoníaco (NH ₃)	<1	0	Todas as gamas de temperaturas usadas em sistemas industriais	B2 - Tóxico	Boas propriedades termodinâmicas	4,84
	R-744	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	0	Sobretudo aplicações de LT	A1 – Não inflamável	Boas propriedades termodinâmicas	2,96
	R-290	Propano (C ₃ H ₈)	3	0	Limitado a pequenas cargas	A3 – Altamente Inflamável	Boa performance	4,74
	R-1270	Propeno (C ₃ H ₆)	3	0	Limitado a pequenas cargas	A3 – Altamente Inflamável	Boa performance	
HFC	H-134a	Tetrafluoroetano	1300	0		A1		4,60
HFC – mistura	R-404A	R-125/R-143a/R-134a (44/42/4)	3260	0	LT/MT	A1	Perda de eficiência vs. R-22; maior probabilidade de fugas	4,21
	R-407A		1770	0	MT/HT	A1	Perda de eficiência vs. R-22; maior probabilidade de fugas	
	R-407C	R-32/R-125/R-134a (23/25/52)	1520	0	Melhor para MT/HT	A1	Maior capacidade que o R-22; pequena perda na performance	4,51
	R-410A	R-32/R-125 (50/50)	1720	0	MT/HT	A1		4,41
	R-507	R-125/143a (50/50)	3300	0	LT/MT	A1	Perda de eficiência vs. R-22	4,18

ANEXO G – EMPRESAS-TIPO POR FILEIRA

Tabela 42 - Características médias das empresas do Projeto InovEnergy

	Carnes	Peixes	Dist.	Hortos	Vinhos	Lact.
Produção Anual [ton]	2964	1908	1392	9790	950	-
Área implantação média [m²]	2635	2891	3036	6217	4470	-
Dimensão Empresa [nº func.]	Pequena (<50)	Pequena (<50)	Pequena (<50)	Pequena (<50)	Pequena (<50)	-
Volume de negócios [M€]	6,966429	4,6	5,3	4,1	3,1	-
Potência Instalada [kW]	235	256	265	276	230	-
Tipo de Sistema de Refrigeração	Expansão Direta	Expansão Direta	Expansão Indireta	Expansão Indireta	-	-
Refrigerante usado	R-404A	R-404A	R-404A	R-717	R-407C	R-404A
Nº de Câmaras	9	5	4	8	-	-
Vol. Câmara [m³]	111	830	1762	915	-	-
LT ou MT	MT	LT	LT	MT	-	-
Consumo Específico [kgep/ano]	151,5	152,2	282,2	26,6	70,2	-