



Sérgio Filipe Mateus Rodrigues

Licenciado em Engenharia do Ambiente

Estudo e Sugestões de Melhorias de Eficiência Energética numa Empresa do Sector Industrial De Carnes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Energias Renováveis – Conversão Eléctrica e Utilização Sustentável

Orientador: Ana Luísa Fernando, Professora Doutora, FCT - UNL

Co-orientador: Pedro Pereira, Professor Doutor, FCT - UNL

Presidente: Professor Doutor Mário Ventim Neves

Arguente: Professor Doutor Nuno Lapa

Vogal: Professora Doutora Ana Luísa Fernando



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2015

Estudo e Sugestões de Melhorias de Eficiência Energética numa Empresa do Sector Industrial de Carnes

Copyright © Sérgio Filipe Mateus Rodrigues, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à professora Ana Luísa Fernando pela disponibilidade, atenção, dedicação, empenho e considerações pertinentes indispensáveis para a minha orientação e para a realização desta dissertação. Obrigado.

Ao professor Pedro Pereira por me ter ensinado, por me ter instruído na matéria essencial para a elaboração da tese e da minha vida profissional futura, pela paciência que disponibilizou para ouvir as minhas dificuldades e pela sua atenção para fornecer sugestões e orientações importantes. Obrigado.

Aos elementos da Empresa estudada pela disponibilidade em me receberem, em me aceitarem no seu seio de trabalho, por me instruírem sobre as actividades do seu dia-a-dia, sobre o trabalho que realizam e a importância do que fazem, pela disponibilidade essencial de informação, pelas considerações, sugestões e indicações muito valorizadas. Obrigado.

Aos meus pais por estarem sempre presentes, por serem uma força silenciosa e um apoio incondicional, por se sacrificarem pelo meu bem-estar, pelo meu desenvolvimento pessoal e profissional. Obrigado.

Aos meus irmãos por me criticarem, por me fazerem pensar, por me fazerem duvidar de mim mesmo, por me permitirem evoluir, por me permitirem quebrar barreiras e principalmente por estarem sempre do meu lado, apoiando-me e sendo uma mão amiga guiando-me pelo caminho correto. Obrigado.

À Patrícia por estar presente nos bons e nos maus momentos, por ter a paciência de me aturar, por me aceitar como sou melhor que ninguém, por ser a minha melhor amiga, por me permitir sonhar e por me fazer crer que consigo alcançar qualquer feito, por nunca desistir de mim e principalmente por me tornar melhor todos os dias. Obrigado.

Aos meus amigos por estarem presentes, pelos momentos de lazer e divertimento, por serem uma escapatória ao quotidiano e por me fazerem rir e sorrir. Obrigado.

Resumo

Desta dissertação resultou uma análise ao consumo energético associado aos produtos mais comercializados por uma Empresa, inserida no sector industrial de carnes, e de respectivas medidas de gestão de energia eléctrica e de implementação de tecnologia térmica para otimizar a eficiência energética da instalação. A avaliação realizada nesta dissertação permitiu identificar os processos que mais energia consomem, nomeadamente todos os produtos que envolvem a fumagem. Com base nestes resultados a empresa pode identificar as prioridades em termos de redução e melhoria da eficiência energética. O estudo de gestão da energia eléctrica permitiu concluir que é mais proveitoso manter em funcionamento os processos pontuais durante os períodos nocturnos ou durante o fim-de-semana, permitindo, no segundo caso, obter uma poupança de 16% nos custos associados de cada vez que se colocar a linha de produção de peito de peru fumado entre o período semanal para o período entre sexta-feira e domingo, visto ser a linha de produção estudada que mais energia eléctrica consome. Na análise de pré-aquecimento dos fluidos utilizados na empresa através de recuperadores de calor, concluiu-se que é mais benéfico pré-aquecer a água utilizada para o processo de fumagem, visto obter-se uma poupança económica de 6 € e 11,8 m³ de gás natural por aplicação, ou seja, de cada vez que é utilizada água pré-aquecida através deste procedimento, tendo-se obtido valores de poupança energética entre 24 e 60% para os vários fluidos estudados.

Palavras-chave: Consumo Energético, Eficiência Energética, Energias Renováveis, Gestão de Energia, Indústria Alimentar, Indústria de Carnes.

Abstract

From this dissertation resulted an analysis of the energy consumption associated with the most sold products by a Company, inserted in the industrial meat industry, and respective measures of electrical energy management and implementation of thermal technology to optimize the energy efficiency of the installation. The assessment carried out in this thesis identified the processes that consume more energy, namely all products that involve smoking. Based on these results the company can identify priorities in terms of reduction and improving energy efficiency. The study of electrical energy management concluded that it is more profitable to keep running the punctual processes during the night periods or during the weekends, allowing in the second case, get a 16% savings in associated costs every time that the smoked turkey breast production line is placed between the weekly period to the period between Friday and Sunday, since its the studied production line which consumes more electric energy. In the analysis of pre -heating fluids used in the company through heat exchangers, it was concluded that it is more beneficial to preheat water used for the smoking process, since it's possible to obtain an economic saving of 6 € and 11.8 m³ of natural gas per application, i.e., each time it is used water preheated by this procedure, yielding energy savings between 24 and 60 % for the many studied fluids.

Keywords: Energy Consumption, Energy Efficiency, Renewable Energies, Energy Management, Food Industry, Meat Industry.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. <i>Motivação</i>	1
1.2. <i>Objectivos</i>	1
1.3. <i>Organização da dissertação</i>	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. <i>A energia e o consumo energético</i>	3
2.2. <i>A indústria alimentar</i>	10
2.2.1. <i>A indústria de carnes</i>	10
2.2.2. <i>Qualidade e tecnologias de preservação</i>	12
2.3. <i>O Consumo energético na indústria alimentar</i>	15
2.4. <i>Eficiência energética e energias renováveis: potencial energético e custo de aquisição</i>	18
2.4.1. <i>Potencial energético associado à implementação de medidas de eficiência energética.</i>	19
2.4.2. <i>Custos de implementação de medidas de eficiência energética</i>	22
2.4.3. <i>Potencial energético associado à implementação de tecnologias de energias renováveis</i>	23
2.4.4. <i>Custos de implementação de tecnologias de energias renováveis</i>	25
2.5. <i>A eficiência energética na indústria</i>	27
3. Materiais e métodos.....	37
3.1. <i>A Empresa</i>	37
3.2. <i>Integração no programa do Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN)</i>	37
3.3. <i>Recolha de informação</i>	38
3.4. <i>Informação sobre os produtos e linhas de produção</i>	39
3.5. <i>Medição dos volumes das câmaras de refrigeração e congelação</i>	42
3.6. <i>Cálculos auxiliares</i>	42
3.6.1. <i>Consumo eléctrico das linhas de produção</i>	43
3.6.2. <i>Custo de aquisição da energia eléctrica associado às linhas de produção</i>	44
3.6.3. <i>Consumo eléctrico dos sistemas de ventilação</i>	47

3.6.4.	Custo de aquisição da energia eléctrica associado aos sistemas de ventilação das câmaras de armazenamento	48
3.6.5.	Cálculo da poupança energética através da implementação de permutadores de calor para reaproveitamento térmico	49
3.6.6.	Custo de poupança da energia térmica associado aos permutadores de calor e de combustível consumido	54
4.	Análise e discussão de resultados	56
4.1.	<i>Medidas de eficiência energética adoptadas pela Empresa</i>	<i>56</i>
4.2.	<i>Sugestões de melhoria de eficiência energética</i>	<i>58</i>
4.2.1.	Consumos energéticos das linhas de produção	58
4.2.2.	Consumo eléctrico das câmaras de armazenamento nas fases de pré-produção, produção e pós-produção	59
4.2.3.	Custo associado ao consumo eléctrico das linhas de produção	61
4.2.4.	Custo associado às câmaras de armazenamento na fase de pós-produção.....	64
4.2.5.	Redução na quantidade de calor produzida, custo associado e quantidade de combustível consumido, com e sem a implementação de um sistema de permutação de calor	68
5.	Conclusões e considerações	70
6.	Sugestões de estudos futuros	72
7.	Referências	74
Anexo I		76
Anexo II		84

Lista de Tabelas

Tabela 2. 1 – Metas de Poupança Nacionais de Consumo Energético previsto no PNAEE para os anos de 2016 e 2020.....	8
Tabela 2. 2 – Peso dos processos no consumo energético do sector de processamento de carnes.....	15
Tabela 2. 3 – CEE de referência na indústria de carnes (energia primária)	16
Tabela 2. 4 – Valores de CEE de referência para produtos de carne consoante a fase de processo e o tipo de energia primária na Holanda	17
Tabela 2. 5 – Valores de CEE de referência consoante o tipo de tecnologia de preservação e condição de processamento do produto de carne.....	18
Tabela 2. 6– Estimativas do crescimento do potencial energético por ano dos vários sectores nas diferentes zonas a nível global para 2010-2050	20
Tabela 2. 7 – Custos totais da implementação de medidas de eficiência energética na procura de energia final em 2005	22
Tabela 2. 8 – Custos específicos para a melhoria de medidas de eficiência energética	22
Tabela 2. 9 – Poupança obtida através da implementação de medidas de eficiência energética na procura de energia final em 2005.....	23
Tabela 2. 10 – Projeção do Potencial em ExaJoule (EJ/ano) de energia eléctrica, térmica e primária a partir do recurso a FER para as diferentes áreas globais.....	24
Tabela 2. 11 – Custo inerente às tecnologias de Energias Renováveis no para ano de 2010, e previsão para o ano de 2020-2030 para produção de electricidade.....	25
Tabela 2. 12 – Custo inerente às tecnologias de Energias Renováveis no para o ano de 2010, e previsão para o ano de 2020-2030 para produção de energia térmica	26
Tabela 2. 13 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para motores eléctricos.	29
Tabela 2. 14 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para sistemas de produção de calor e frio.....	29
Tabela 2. 15 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para sistemas de iluminação.	29
Tabela 2. 16 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para políticas de gestão de energia.....	30
Tabela 2. 17 – Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para políticas de gestão energética.....	31
Tabela 2. 18 - Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para motores eléctricos.....	31
Tabela 2. 19 – Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para bombas.....	32
Tabela 2. 20 - Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para tecnologias de ar comprimido.....	33

Tabela 2. 21 – Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para sistemas de iluminação.	34
Tabela 2. 22 - Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para a distribuição de calor e vapor na indústria.	35
Tabela 3. 1 – Massas iniciais de referência dos produtos em estudo.....	43
Tabela 3. 2 – Tarifas para Energia Ativa em Média Tensão	44
Tabela 3. 3 - Períodos tetra-horários de consumo eléctrico associados aos períodos sazonais de Inverno	45
Tabela 3. 4 - Períodos tetra-horários de consumo eléctrico associados aos períodos sazonais de Verão.....	45
Tabela 3. 5 - Tempos de referência estabelecidos para as câmaras de armazenamento	47
Tabela 3. 6– Número de dias para os diferentes períodos mensais	49
Tabela 3. 7 - Parâmetros a conhecer para o cálculo da troca de calor entre fluidos	53
Tabela 4. 1 – Dados recolhidos para a linha de produção do peito de peru fumado	39
Tabela 4. 2 – Dados para cálculos intermédios do consumo energético das câmaras de armazenamento pós-produção.....	40
Tabela 4. 3 – Custos das linhas de produção em estudo associados ao consumo eléctrico	62
Tabela 4. 4 – Temperaturas utilizadas para o cálculo do calor produzido para aquecimento.	68
Tabela 4. 5 – Valores de calor produzido com ou sem implementação do permutador de calor e respectiva redução de custos e de combustível.	69
Tabela I. 1 – Dados recolhidos para a linha de produção da salsicha fresca de peru	76
Tabela I. 2 - Dados recolhidos para a linha de produção da perna de peru recheada	76
Tabela I. 3 - Dados recolhidos para a linha de produção dos nuguetes de frango pré-fritos	77
Tabela I. 4 – Dados recolhidos para a linha de produção dos escalopes de frango panados	78
Tabela I. 5 – Dados recolhidos para a linha de produção de Cordon Bleu	79
Tabela I. 6 – Dados recolhidos para a linha de produção de assados de coxa de frango	79
Tabela I. 7 – Dados recolhidos para a linha de produção de fiambre de peito de frango	80
Tabela I. 8 – Dados intermédios para o cálculo do consumo energético	80
Tabela I. 9 - Valores finais dos custos individuais e totais das câmaras da fase de pós-produção na época de Verão.....	81
Tabela I. 10 - Valores finais dos custos individuais e totais das câmaras da fase de pós-produção na época de Inverno	82

Lista de Figuras

Figura 2. 1 – Evolução do consumo energético na Europa em toneladas de equivalentes de petróleo (tep).....	4
Figura 2. 2 – Consumo energético associado aos países da União Europeia em 2013.....	5
Figura 2. 3 – Evolução do consumo energético em Portugal.....	6
Figura 2. 4 – Representação da quota parte de consumo energético final por sector na União Europeia e em Portugal.....	7
Figura 2. 5 – Evolução percentual da energia produzida a partir de fontes renováveis no consumo bruto de energia final em Portugal.....	9
Figura 2. 6 - Evolução percentual da energia produzida a partir de fontes renováveis nos sectores de aquecimento e arrefecimento, eletricidade e transportes em Portugal.....	9
Figura 2. 7 – Percentagem de venda de cada produto alimentar no ano de 2013.....	10
Figura 2. 8 – Processos do Sector de Carnes.....	11
Figura 2. 9 – Projeção da procura de energia final nos vários sectores para os diferentes cenários estudados por Krewitt et al (2009).....	21
Figura 3. 1 – Instrumento para medição de distâncias a laser – BOSCH PLR25.....	42
Figura 3. 3 – Tipos de permutadores. (a) Equi-corrente, (b) Contra-corrente, (c) e (d) Fluxo cruzado.....	50
Figura 3. 4 - Permutador de calor entre os gases de escape a o óleo alimentar/água.....	51
Figura 4. 1– Fatores por escalão de faturação de energia reativa indutiva.....	57
Figura 4. 2 – Fluxograma energético de produção de fiambre de peito de frango.....	41
Figura 4. 3 – Energia consumida nas linhas de produção em estudo.....	58
Figura 4. 4 – Tempo necessário para processar a massa inicial de referência.....	59
Figura 4. 5 – Energia consumida pelas câmaras nas fases de pré-produção e produção.....	60
Figura 4. 6 – Energia consumida pelas câmaras nas fases de pós-produção.....	61
Figura 4. 7 – Custos totais das linhas de produção em estudo associados ao consumo elétrico no período de Inverno e Verão.....	63
Figura 4. 8 – Custo associado ao trabalho das câmaras de armazenamento dos produtos congelados no período.....	65
Figura 4. 9 – Custo associado ao trabalho das câmaras de armazenamento dos produtos frescos.....	66
Figura 4. 10 – Custo associado ao trabalho das câmaras de armazenamento dos produtos fumados.....	67
Figura II. 1 - Fluxograma energético de produção de assados de coxa de frango.....	85
Figura II. 2 - Fluxograma energético de produção de fiambre de Cordon Bleu.....	86
Figura II. 3 - Fluxograma energético de produção de escalopes de frango panados.....	87
Figura II. 4 - Fluxograma energético de produção de noguetes de frango pré-fritos.....	88
Figura II. 5 - Fluxograma energético de produção de peito de peru fumado.....	89
Figura II. 6 - Fluxograma energético de produção de escalopes de salsicha fresca de peru.....	90

Figura II. 7 - Fluxograma energético de produção de escalopes de perna de peru recheada 91

Lista de Abreviaturas e Siglas

BAT	Best Available Technologies
CE	Comissão Europeia
CEE	Consumo Específico de Energia
CEEi	Consumo específico de energia por massa de produto produzida
CEi	Consumo eléctrico associado a determinada linha de produção
CGN	Custo do gás natural
CHP	Combined Heat and Power
CITEVE	Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal
Cm	Caudal mássico do fluido
cp	Calor específico do fluido a aquecer
CT	Custo total do consumo eléctrico das linhas de produção
EDP	Energias de Portugal
Ei	Energia primária consumida para a produção de produto
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ESC	Energia Solar Concentrada
FER	Fontes de Energia Renováveis
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
INE	Instituto Nacional de Estatística
LED	Light Emitting Diode
mi	Massa de produto produzida
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
O&M	Operação e Manutenção
PCIcomb	Poder Calorífico Inferior do combustível
Pi	Potência da máquina utilizada no processo daa linha de produção
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas

PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis
PV	Prazo de Validade
Q	Calor produzido para aquecimento do fluido
Q'	Calor produzido com pré-aquecimento do fluido
q(permutador)	Potência térmica do permutador
QREN	Quadro de Referência Estratégica Nacional
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
tep	toneladas equivalentes de petróleo
Teq	Temperatura de equilíbrio
Tf	Temperatura do fluido frio
Tf'(Óleo Térmico)	Temperatura de saída do óleo térmico após aquecimento do óleo alimentar
Ti	Tarifa associada a determinado período tetra-horário
ti	Tempo de processamento da massa de referência
Tq	Temperatura do fluido quente
Ts	Temperatura do óleo térmico à saída da caldeira
UE	União Europeia
V	Volume do fluido a aquecer
Vcomb	Volume de combustível necessário sem pré-aquecimento
Vcomb'	Volume de combustível necessário com pré-aquecimento
ρ	Densidade relativa do fluido a aquecer
$\Delta T(f)$	Diferença de temperatura associado ao fluido frio

1. Introdução

1.1. *Motivação*

Desde a época Industrial que os combustíveis fósseis, recursos não renováveis em tempo sustentável, têm tido uma importância significativa no desenvolvimento das populações, incluindo o modo como nos deslocamos e na evolução do aproveitamento de vida útil da população.

Deste modo, têm sido criadas medidas que permitam analisar a melhor forma de aproveitar e utilizar fontes energéticas que sejam mais sustentáveis, como por exemplo, a partir de fontes renováveis. A procura de um uso mais eficiente dos recursos fósseis permite que o impacto humano sobre o ambiente seja menor ou mitigado. As medidas de eficiência energética é uma das principais razões ao combate do consumo excessivo, e irracional, dos combustíveis fósseis e dos seus custos substanciais associados, assim como do desperdício energético excessivo.

Aliada a esta preocupação ambiental e social, encontra-se a preocupação económica relacionada com os custos financeiros da exploração dos recursos energéticos. Esta problemática afecta todos os sectores (industrial, residencial, transportes, comercial, serviços, agrícola) de modo a que começa a ser valorizado pensar sobre as medidas possíveis de serem tomadas e consideradas sobre a melhor maneira de se otimizar os recursos energéticos e como reaproveitá-los. Desta forma, é possível procurar a consciencialização dos benefícios económicos e ambientais da adopção de comportamentos sustentáveis e ecológicos.

1.2. *Objectivos*

Com esta dissertação pretende-se propor e dar a conhecer medidas para a optimização dos recursos energéticos numa empresa do sector industrial alimentar, nomeadamente no sector de transformação de carnes aviárias.

De forma específica pretende-se:

- Expor e analisar os benefícios das referidas medidas na redução dos custos financeiros inerentes ao uso dos recursos energéticos.
- Apresentar meios de reaproveitamento de efluentes energéticos no sector tecnológico.
- Demonstrar a variação de custo em relação ao recurso de energia eléctrica da empresa com base na alteração de horário de produção.

- Propor medidas genéricas para uma melhor gestão energética, sustentável, em relação às perdas e gastos supérfluos de energia.

Desta forma pretende-se contribuir activamente com ideias e soluções para a utilização racional de energia na indústria do sector de carnes aviária.

1.3. Organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos:

Capítulo 1 – é mencionado o que motivou à realização da presente dissertação, assim como os principais objectivos a atingir e a organização da sua estrutura.

Capítulo 2 – onde é realizada a revisão da literatura, descrevendo sumariamente os tópicos relacionados com o aproveitamento racional de energia, ou seja, dados estatísticos sobre consumo energético nacional e europeu, sobre o consumo energético na indústria alimentar e tecnologias de preservação alimentar associadas ao consumo de energia, potencial e custos associados às tecnologias de eficiência energética e utilização das tecnologias de energias renováveis, e finalmente uma breve demonstração do potencial de poupança na adopção de medidas de eficiência energética associadas às tecnologias na indústria alimentar-

Capítulo 3 – são apresentados os materiais e métodos utilizados para a realização do caso de estudo, nomeadamente para a análise de sugestões de melhorias na gestão de energia eléctrica e térmica da empresa.

Capítulo 4 – são discutidos os resultados obtidos e realizadas comparações entre as melhores medidas a serem adoptadas, quais as principais áreas com necessidade de intervenção e as medidas que apresentam resultados mais promissores a nível de poupança energética.

Capítulo 5 – é realizada uma análise conclusiva dos principais resultados obtidos e considerações a ter em conta.

Capítulo 6 – são apresentadas algumas sugestões de melhorias de políticas e gestão de eficiência energética analisadas no presente documento, para estudo num futuro próximo.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. *A energia e o consumo energético*

A energia, segundo o US Energy Information Administration (2015), é descrita como a capacidade de realizar trabalho em energia potencial ou energia cinética. Por outro lado, a Comissão Europeia Internacional (2015) descreve a energia como uma quantidade escalar que pode aumentar ou diminuir consoante recebe ou produz trabalho. Esta pode ser gerada em forma de calor, electricidade ou movimento.

A energia eléctrica precisa de ser produzida a partir de fontes de energia primária - energia potencial (queda de água – barragens), cinética (movimento do vento – eólica) ou através da produção por calor (rotação de um rotor a partir de expansão de um fluido – térmica). É um tipo de energia com características bastante específicas, em relação às outras, principalmente pelo facto de não poder ser armazenada em elevadas quantidades, nem infinitamente. Para ser economicamente viável, o seu consumo deve ser imediato, ou seja, deve ser transportada ao cliente final imediatamente após a sua produção (Gómez-Exposito et al., 2009). Calor, ou seja energia térmica, é representativo da energia em movimento. A temperatura representa a medida escalar quantificável dos efeitos e presença de calor. O calor é caracterizado pela sua transferência quando estão presentes dois ou mais corpos, em contacto, a diferentes temperaturas, ou quando esteja presente um gradiente de temperatura. Esta transferência ocorre sempre do corpo quente (temperatura mais elevada) para o corpo frio (temperatura mais baixa), até ser alcançado o equilíbrio térmico (Ozisik, 1993, Thirumaleshwar, 2006)

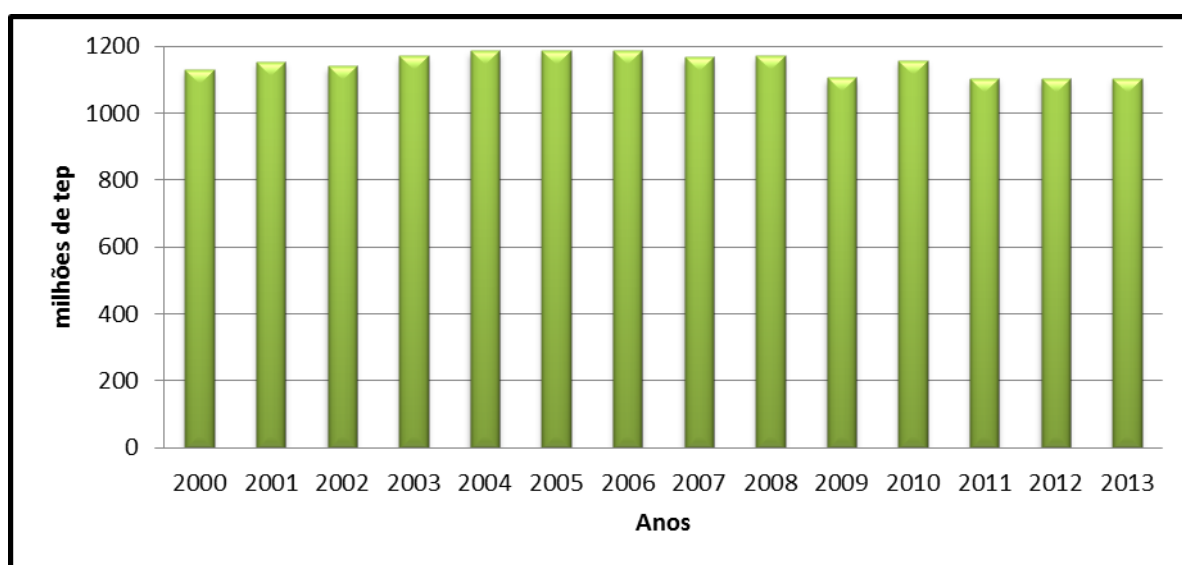
Associado à energia está o consumo energético. A US Energy Information Administration (2015) define o consumo energético como o uso/gasto de energia como fonte de calor, potência ou de energia primária para fins de processo de manufacturação. Energia primária entenda-se como a energia gerada a partir de substâncias puras, ou seja, é obtida quando se utilizam fontes naturais (biomassa, carvão, entre outros) que ao serem processadas e transformadas produzem a energia necessária para outros fins (Bravo, 2013).

O consumo energético tem sido sempre uma grande preocupação a nível mundial. As fontes energéticas fósseis são limitadas, e por isso existe a necessidade de um pensamento consciente e sustentável no seu uso. Segundo o Eurostat (2015), tem-se observado desde o início do novo Milénio um aumento constante do consumo energético final na Europa, facto que se relaciona pelo constante aumento

da população e das suas necessidades. Entenda-se como consumo energético final toda a energia fornecida aos sectores de indústria, transportes, residencial, serviços e agricultura.

No entanto, há cerca de cinco anos o consumo tem decrescido gradualmente, o que pode ser representativo da preocupação crescente e da consequente intervenção nesta área com medidas e acções de eficiência energética e, principalmente, devido à recessão económica. Desde a crise financeira que atingiu muitos países (e.g. Grécia e Itália) da União Europeia (UE) nos finais da década de 2000-2010 que o investimento no sector energético tem decrescido substancialmente, devido ao aumento do custo de compra da energia e cortes de subsídios de apoio financeiro neste sector, diminuindo consequentemente o consumo energético dos mesmos países (Azevedo, 2013).

Tal evolução pode ser observada, de seguida, na figura 2.1.



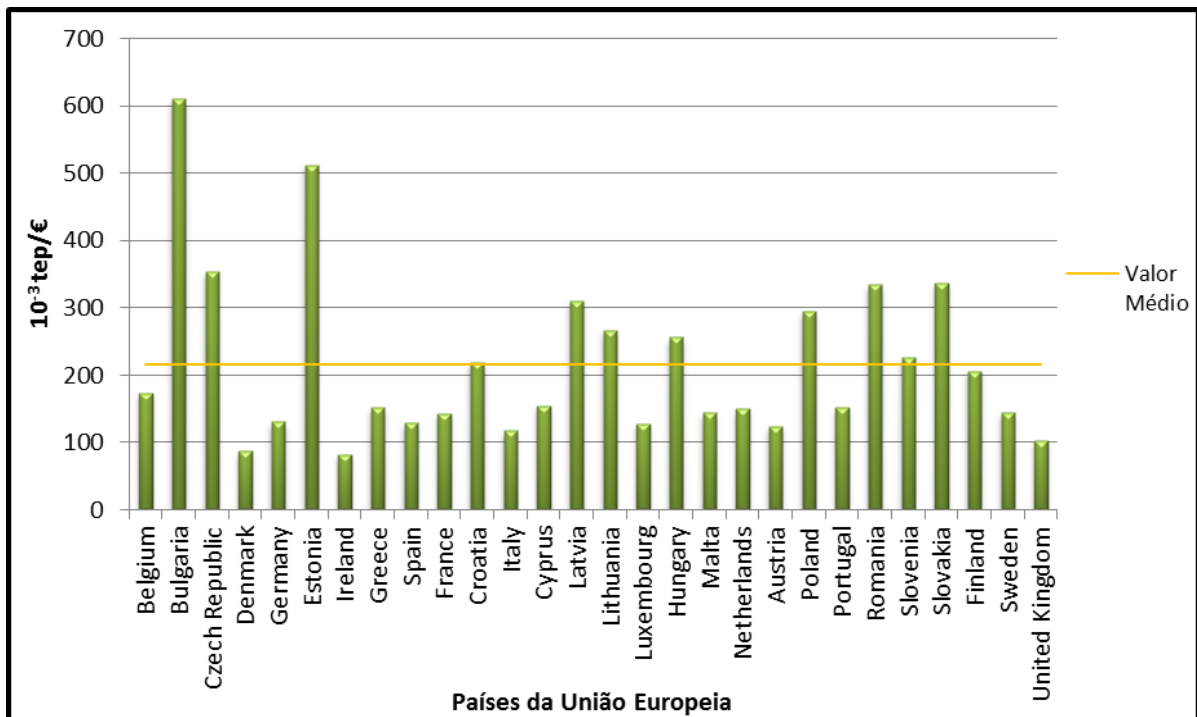
Fonte: Eurostat (2015)

Figura 2. 1 – Evolução do consumo energético na Europa em toneladas de equivalentes de petróleo (tep)

Existem países que, devido às suas características (densidade populacional, sector tecnológico, crescimento económico, entre outros), possuem uma participação mais ou menos acentuada no desenvolvimento da intensidade energética a nível Europeu. Este indicador representa a relação entre o consumo interno bruto de energia e do Produto Interno Bruto (PIB) para um determinado ano civil. Mede o consumo de energia de uma economia e a sua eficiência energética global. O consumo interno bruto de energia é calculado através da soma do consumo interno bruto de cinco tipos de fontes energéticas: carvão, electricidade, petróleo, gás natural e energias renováveis. O índice de intensidade de energia é determinado dividindo-se o consumo interno bruto pelo PIB nacional.

O índice de intensidade de energia é determinado dividindo-se o consumo interno bruto pelo PIB

Analise-se agora a figura 2.2 que demonstra a diferença da intensidade energética dos diferentes países pertencentes à UE para o ano de 2013 (dados do ano mais recente registado pelo Eurostat).

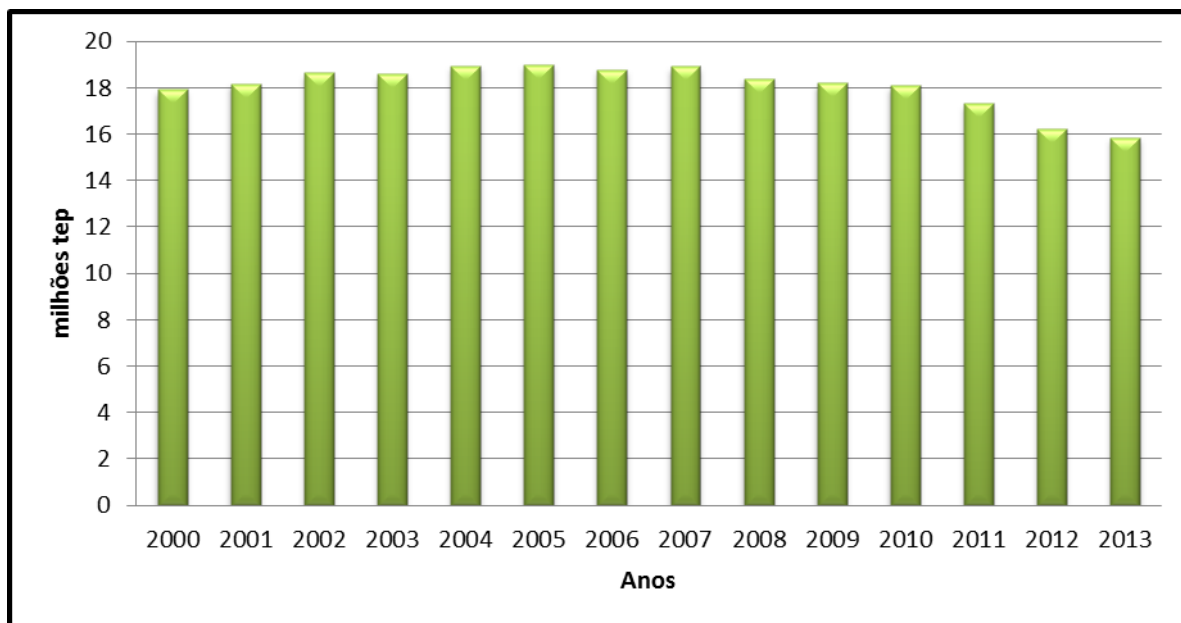


Fonte: Eurostat (2015)

Figura 2. 2 – Intensidade energética associada aos países da UE em 2013

Altos níveis de intensidade energética representam custos acrescidos associados a um crescimento económico baixo, desta forma pretende-se que o consumo energético seja o mais baixo possível em relação ao crescimento do PIB nacional. No caso da UE, a Bulgária destaca-se pela negativa, como sendo o país que apresentou a maior intensidade energética no ano de 2013. Portugal, por outro lado, encontra-se com um nível de intensidade energético positivo, visto este ser inferior à intensidade energética média dos países da UE. A intensidade energética pode ser diminuída através da adopção de mais e melhores medidas de eficiência energética, diminuindo assim o consumo energético associado.

A figura 2.3 demonstra a evolução do consumo energético nacional entre 2000 e 2013.

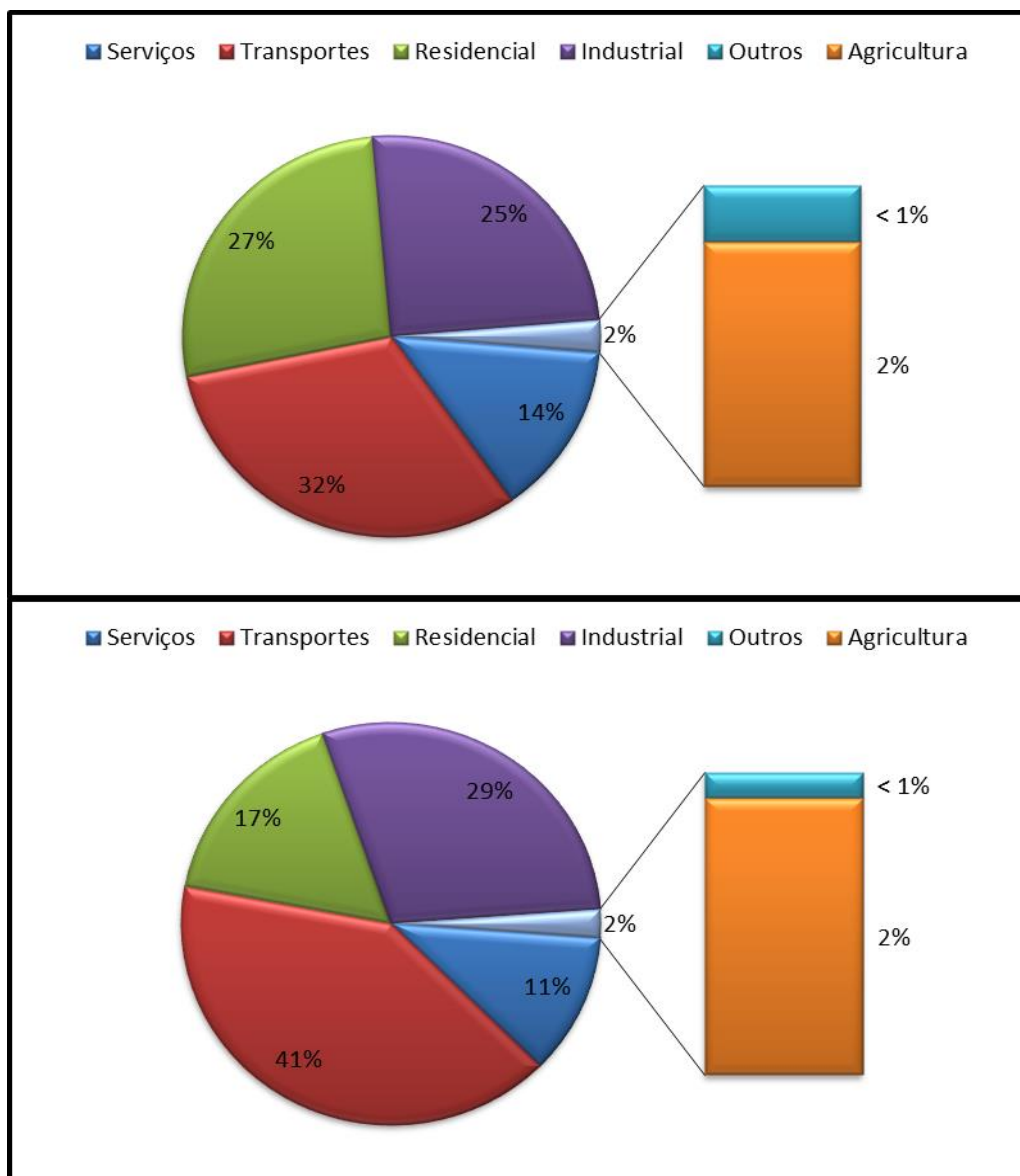


Fonte: Eurostat (2015)

Figura 2. 3 – Evolução do consumo energético em Portugal

É possível notar um aumento crescente até o ano 2007, seguido de um decréscimo progressivo do consumo energético até ao ano de 2013. Tal comportamento verificou-se igualmente para o consumo total dos países da UE (figura 2.1). Este facto deveu-se principalmente devido à forte recessão económica que atingiu Portugal no ano de 2007, e pelas mesmas razões apresentadas para a UE, deixando de haver investimentos e apoios financeiros no sector de produção e venda de energia, originando aumentos das taxas e do custo de energia, originando uma redução do poder de compra do consumidor final. Por forma a combater esta crise energética deverão ser adoptadas política e medidas de eficiência energética, assim como aumentar a produção a partir de fontes renováveis (Azevedo, 2013).

Este tipo de consumo, como mencionado anteriormente, está associado ao consumo energético final, ou seja, a energia fornecida aos diferentes sectores na sua forma final (e.g. energia eléctrica). Assim, torna-se necessário perceber quais os sectores que possuem necessidades energéticas mais elevadas, podendo-se observar essa informação na figura 2.4.



Fonte: Eurostat (2015)

Figura 2. 4 – Representação da quota-parte de consumo energético final por sector na UE em Portugal

A figura 2.4 demonstra os sectores onde ocorre um maior consumo energético e, conseqüentemente, a necessidade de fornecimento de energia aos diferentes sectores. Como tal, observa-se uma participação mais activa por parte dos sectores industrial, residencial e transportes, pelo que se conclui que estes são os principais sectores onde se deverá intervir na redução do consumo excedente e superficial de energia.

A Agência Internacional de Energia (2015) define a eficiência energética pela eficiência do aproveitamento de trabalho útil, ou seja, um produto que forneça maior quantidade de trabalho pelo mesmo

gasto energético, ou que forneça a mesma quantidade de trabalho por menor gasto energético, é considerado mais eficiente energeticamente. A mesma agência explica a energia renovável como o tipo de energia que provém de fontes naturais e que sejam capazes de se renovarem mais rapidamente do que o ritmo a que são consumidas.

O Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) definido para 2016 e o Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis (PNAER) definido para o horizonte de 2020 prevêem metas para a redução do consumo energético final e primário através do uso de medidas de eficiência energética e a partir do recurso a fontes renováveis.

As metas de poupança previstas no PNAEE para os diferentes sectores são demonstradas na tabela 2.1.

Tabela 2. 1 – Metas de Poupança Nacionais de Consumo Energético previstos no PNAEE para os anos de 2016 e 2020

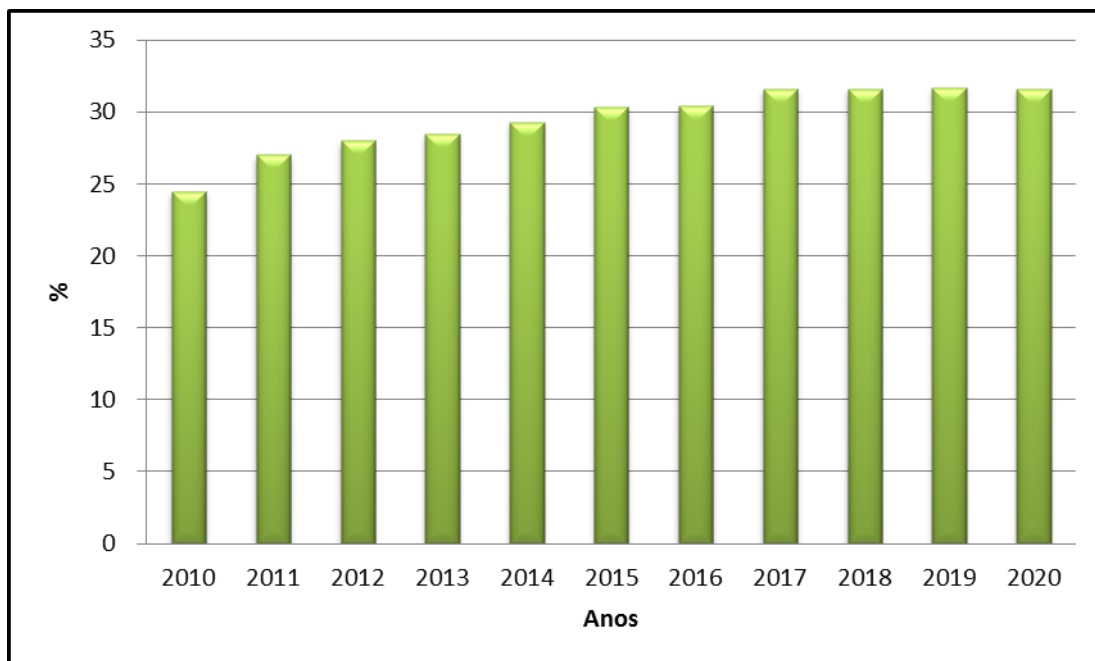
<i>Sector</i>	<i>Metas de Poupança</i>					
	Energia Poupada (tep)		2016 (tep)		2020 (tep)	
	Final	Primária	Final	Primária	Final	Primária
Transportes	252 959	252 959	344 038	343 683	408 414	406 815
Residencial e Serviços	267 008	371 147	634 265	836 277	857 493	1 098 072
Indústria	177 895	179 812	365 309	377 221	471 309	521 309
Agricultura	0	0	30 000	30 000	40 000	40 000

Fonte: PNAEE (2013)

A energia poupada apresentada na tabela 2.1 refere-se à quantidade de energia poupada ao se ter adoptado as medidas de eficiência energética do PNAEE entre 2008 e o cenário de referência da média de consumo energético final e primário nacional nos anos de 2001-2005.

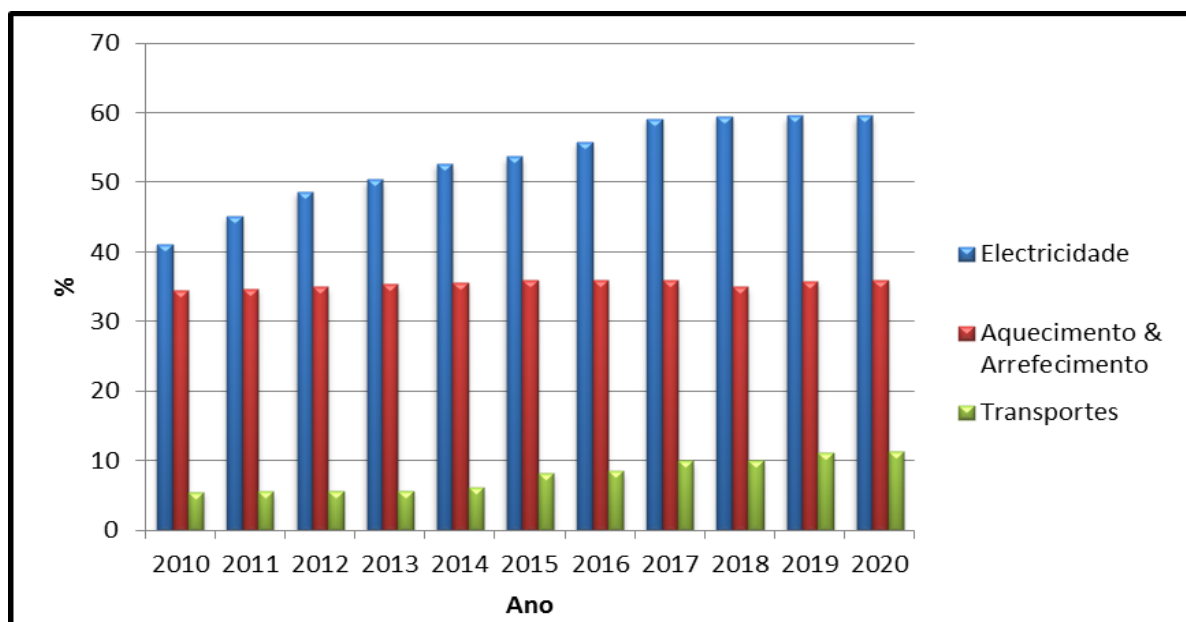
A nível Europeu pretende-se que os países da União Europeia reduzam até 2020 cerca de 20% dos consumos de energia primária (PNAEE, 2013).

O PNAER 2020 promove a adesão crescente do recurso às FER e prevê metas para um aumento considerável de consumo energético bruto final a partir destas fontes, o que representa um aspecto muito positivo na redução de bens não renováveis utilizados para produção. Por outro lado, prevê uma evolução positiva na produção de energia a partir de FER para os sectores de aquecimento e arrefecimento, electricidade e transportes até o ano de 2020. As figuras 2.5 e 2.6 exemplificam esta evolução percentual estimada a nível nacional.



Fonte: PNAER (2013)

Figura 2. 5 – Evolução percentual da energia produzida a partir de fontes renováveis no consumo bruto de energia final em Portugal



Fonte: PNAER (2013)

Figura 2. 6 - Evolução percentual da energia produzida a partir de fontes renováveis nos sectores de aquecimento e arrefecimento, electricidade e transportes em Portugal

O objectivo, como apresentado na figura anterior (figura 2.5), passa por atingir a meta de 31% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia até 2020. Por outro lado,

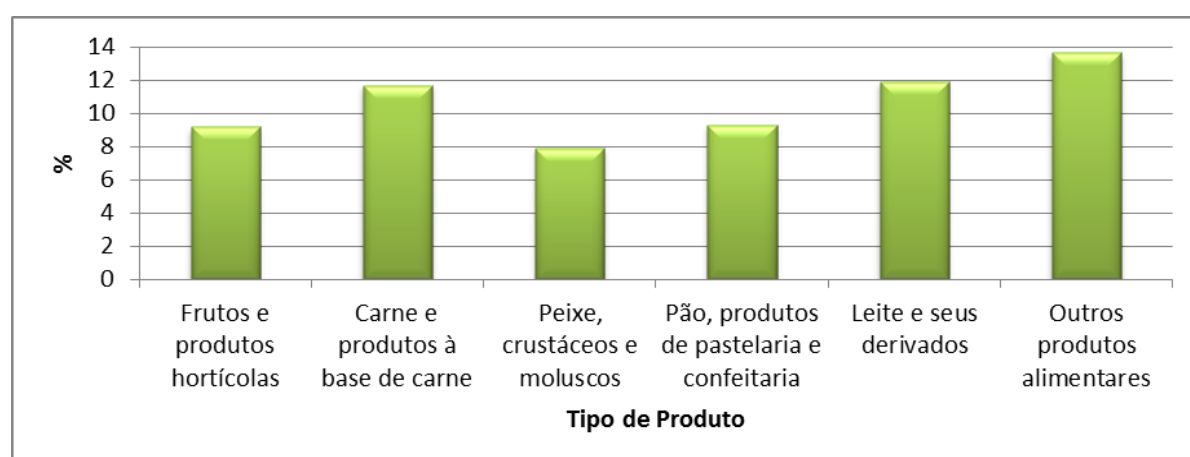
a Comissão Europeia (CE) definiu que a quota de energia proveniente de FER no consumo final bruto deverá ser de 20% até 2020, sendo que as metas nacionais pretendem ultrapassar fortemente as metas estabelecidas pela União Europeia face a este assunto. A figura 2.6 apresenta a previsão de aumento mais acentuado, de produção de energia a partir de FER, no sector eléctrico, acompanhando as tendências e evolução das tecnologias renováveis atuais (PNAER, 2013).

2.2. A indústria alimentar

2.2.1. A indústria de carnes

O presente estudo centra-se no sector industrial e, especificamente, na área alimentar de produção e transformação de carnes. Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), e consoante o relatório de Estatísticas de Produção Industrial de 2013, a indústria alimentar representou 13,9% do peso total de vendas de produtos e prestação de serviços em 2013. Destaca-se como a actividade industrial com a quota parte financeira mais elevada de vendas a nível nacional para o mesmo ano, o que resultou num valor de 10,53 mil milhões de euros, do total de 75,8 mil milhões de euros, em vendas.

Do sector alimentar, como indica o INE, no relatório sobre as Estatísticas do Comércio de 2013, os frutos e produtos agrícolas, carne e produtos à base de carne, peixe, crustáceos e moluscos, pão, produtos de pastelaria e confeitaria, leite e seus derivados, e outros produtos alimentares, representaram 63,7% de todos os produtos vendidos neste sector em 2013. A figura 2.7 demonstra o peso de venda de cada produto para o ano em análise.

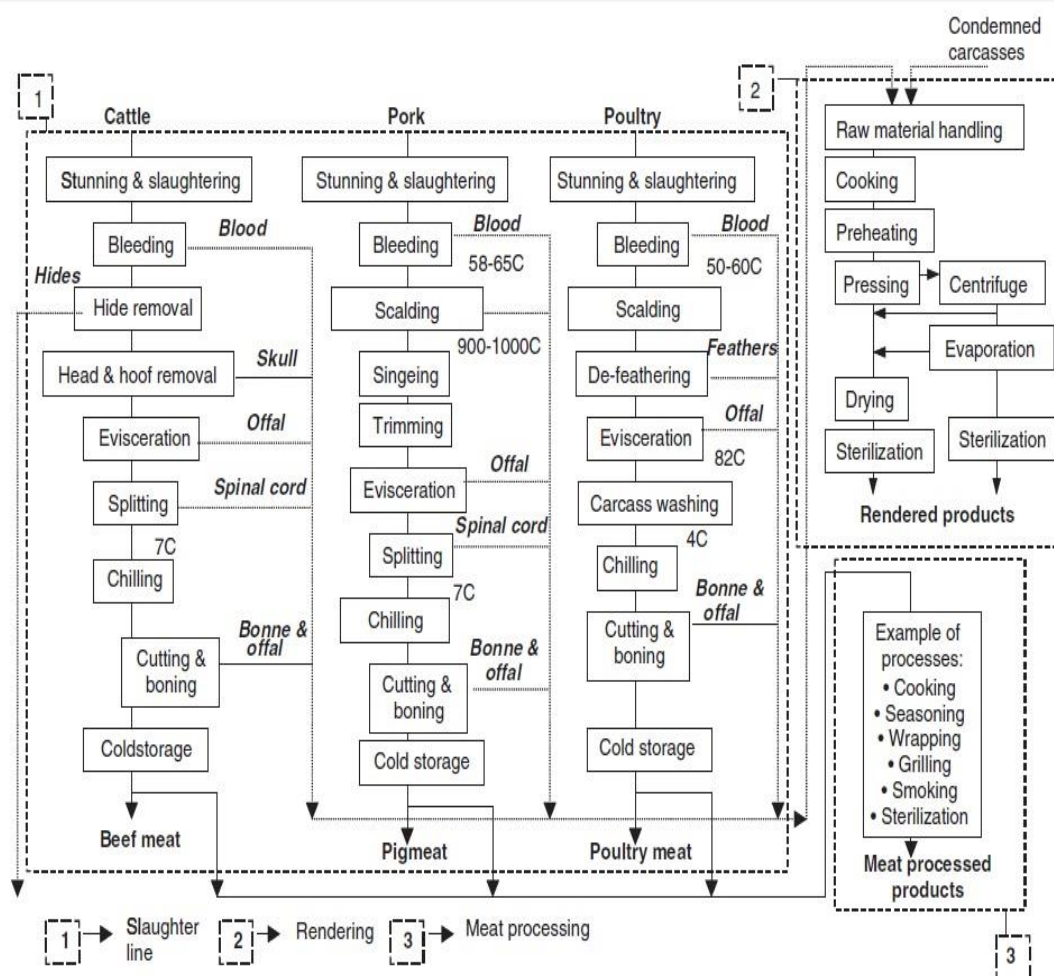


Fonte: INE, Estatísticas do Comércio (2014)

Figura 2. 7 – Percentagem de venda de cada produto alimentar no ano de 2013

Para além dos “outros produtos alimentares” que contêm todos os produtos não mencionados, existem 2 tipos de produtos que se destacam ao ultrapassar o patamar dos 10% de venda total, nomeadamente, os produtos de carne e à base de carne e o leite e seus derivados.

A presente dissertação centrar-se-á na fase de processamento da carne, ou seja, após o processamento da linha de matadouro. A figura 2.8 demonstra, de uma forma sucinta, os processos do sector de carnes.



Fonte: Ramírez et al. (2004)

Figura 2. 8 – Processos do sector de carnes

O sector de carnes carece sempre da procura, das necessidades e da aprovação do consumidor. Para tal, é exigido das empresas transformadoras produtos de qualidade e uma preocupação crescente face à saúde e à segurança alimentar dos seus clientes.

2.2.2. Qualidade e tecnologias de preservação

Cardello (1995) afirma que a qualidade alimentar deve ser avaliada através do julgamento e aceitação do consumidor. A qualidade dos produtos deve ser definida com base nas exigências do consumidor final, e esta informação deve ser recolhida durante a fase inicial do desenvolvimento do produto alimentar para que esta seja tida em conta com os critérios definidos pelas empresas. Grunert (2005) declara que para além desta dimensão subjectiva, existe ainda uma dimensão objectiva que se fundamenta nas características físico-químicas dos produtos alimentares, os quais são estudados por forma a otimizar os factores positivos (i.e., textura e sabor) e/ou mitigar os factores negativos (i.e., elementos patogénicos). A relação entre estas duas perspectivas deverá ser benéfica por forma a se obter um entendimento mútuo, tanto por parte do produtor como do consumidor.

Para preservar a qualidade da carne fresca devem ser utilizadas medidas para preservar a proliferação de bactérias patogénicas presentes no produto. Apesar de existirem outras características importantes relacionadas com a preservação e tempo de vida útil do alimento (cor, textura e sabor), são os organismos microscópicos e patogénicos o factor mais prejudicial para a saúde, pelo que se deve agir por forma a mitigá-los. Para tal existem três métodos comumente utilizados para esta função, nomeadamente: controlo de temperatura, humidade e processos inibitórios (Zhou, et al., 2010). Para o controlo de temperatura e humidade estudar-se-á os processos de refrigeração, super-refrigeração e congelação, enquanto que para o processo de controlo inibitório estudar-se-á o processo de empacotamento dos produtos de carne (um dos processos inibitórios, mas não o único).

Os processos de preservação atrás indicados serão abordados tendo em vista o facto de serem as tecnologias consumidoras de energia utilizadas pela empresa em questão da presente dissertação, as quais serão abordados ao longo do documento nos seguintes capítulos (3. Materiais e Métodos, e 4. Análise de Resultados).

Refrigeração

O sistema de refrigeração é essencial para preservar a qualidade da carne. Podendo existir dois processos distintos, refrigeração do ar por convecção natural (tubagem de congelação) ou convecção forçada (ventoinhas), a que obtém melhores valores de eficiência é o uso de ventoinhas, pois permitem um controlo eficiente da temperatura e uma velocidade de acção maior, comparativamente. A refrigeração atua ao diminuir a temperatura e humidade relativa do produto até ao ponto de inibição da actividade e proliferação microbiológica. A velocidade a que o produto é refrigerado influencia as

características físicas da carne fresca, devendo ser controlada consoante a necessidade do produtor/consumidor (Zhou, et al., 2010).

Super-refrigeração

O termo “super-refrigeração” pretende descrever o processo de “congelamento parcial” dos produtos alimentares, em que apenas uma parte da água contida no produto é congelada. A temperatura dos alimentos é reduzida até cerca de 1-2°C abaixo do valor de congelamento, a qual em seguida é estabilizada, mantendo-se assim durante a fase de armazenamento e distribuição. Este método é utilizado normalmente de forma eficiente em produtos marítimos, tendo-se observado um grau de utilização positivo deste processo na indústria de carnes para armazenamento. A principal vantagem deste processo é permitir um aumento do prazo de validade (PV) do produto entre 1,4 - 4 vezes superior ao método tradicional de refrigeração. No entanto pode alterar de várias maneiras as características físico-químicas da carne (Zhou, et al., 2010).

Congelamento

O processo de congelamento baseia-se na redução de temperatura da carne para um valor muito abaixo do ponto de congelamento da água (0°C). Tem como objectivo a longa preservação do produto e minimizar a propagação e crescimento bacteriano ao máximo, assim como minimizar as alterações químicas e deterioração que possam ocorrer no produto. O grau e velocidade de congelamento dependem das características térmicas da carne, assim como da temperatura do meio envolvente. Quanto mais baixa for a temperatura envolvente, mais rápido será o processo de congelamento e menor será o valor da temperatura obtido (Zhou et al., 2010). O estudo de Hansen et al. (2004) sugere que a temperatura ideal para a congelamento de carnes deve ser de -55°C, por forma a otimizar a qualidade da carne e diminuir as alterações enzimáticas e outros efeitos físico-químicos negativos que possam ocorrer no produto.

Outro método de preservação de carne muito utilizado, e essencial, pelas indústrias alimentares é o do empacotamento/acondicionamento em embalagem. Este é um processo de extrema importância, porque permitirá proteger o produto dos agentes deteriorantes presentes no exterior. As principais vantagens consistem na prevenção da perda de odor, da perda de sabor, da perda de cor, da perda de nutrientes, de mudanças na textura, entre outros (Zhou et al., 2010). Os principais tipos de embalamen-

to utilizados actualmente são a embalagem a vácuo, embalagem com alteração de atmosfera (atmosfera protectora) e embalagem activa.

Embalagem a vácuo

A capacidade de retirar o oxigénio do interior do pacote tem como objectivo minimizar as reacções de oxidação no seu interior e mitigar a presença/propagação de bactérias aeróbias. Este processo é efectuado pela remoção do ar atmosférico através de uma mistura de gases, antes de ser selado através de calor para permitir um isolamento apropriado (Zhou et al., 2010, Belcher, 2006).

Embalagem com alteração de atmosfera

O empacotamento através da alteração da atmosfera no seu interior permite criar uma atmosfera protectora que melhora as condições de preservação da carne. Neste caso, os constituintes gasosos, e a sua quantidade, são alterados por forma a criar uma barreira protectora entre o produto e a humidade e outros gases durante o armazenamento. É um processo menos usado que o empacotamento a vácuo, mesmo este último sendo um tipo de processo mais oneroso, comparativamente (Zhou et al., 2010, Mcmillin 2008).

Embalagem activa

Este processo caracteriza-se pela introdução de agentes/componentes que irão reagir com a atmosfera presente no interior, por forma a otimizar e aumentar o tempo de vida útil do produto na prateleira. Este é um tipo de empacotamento inteligente e activo, pois os agentes introduzidos no interior analisam as alterações a nível do ambiente e reagem/atuam assim da melhor forma para proteger o produto no seu interior através de meios activos e passivos. Um dos benefícios é também de não precisar de uma monitorização contínua através de controlo de atmosfera de empacotamento (Zhou et al. 2010).

Por fim existe ainda outro método de preservação utilizado e que tem acompanhado as tendências das necessidades da sociedade no presente século, nomeadamente os produtos fumados e curados.

Fumagem e cura

O processo de fumagem e cura permite a preservação dos produtos, pois em conjunto com processos de secagem e de salinização diminui/inibe a actividade microbiana dos produtos alimentares devido à presença das propriedades antibióticas e antioxidantes presentes no fumo proveniente da madeira (Llave et al., 2015).

A indústria de carnes tem exigido um esforço progressivo dos recursos energéticos para o processamento de carne. O facto de actualmente se produzir produtos finais variados para venda - carne embalada a vácuo, desossada, pré-cozinhada, pronto-a-comer – traduz-se num aumento de procura energética em combustíveis e electricidade (Ramírez et al., 2004).

2.3. O Consumo energético na indústria alimentar

O estudo de Ramírez et al. (2004) centra-se na análise dos consumos energéticos da indústria de carnes na Holanda, França, Alemanha e Reino Unido. Nos quatro países estudados verificou-se um aumento significativo (entre 14 a 32% durante o período de 1990-2001 entre os quatro países) na procura de energia e do Consumo Específico de Energia (CEE). Ramírez et al. afirmam que de toda a energia consumida neste sector, 40-60% são destinados ao processamento de carnes, sendo que as fontes de energia primária principais utilizadas nesta indústria são o gás natural e a electricidade. A electricidade é utilizada principalmente para os processos de refrigeração e congelação, os quais representam entre 45-90% de toda a energia eléctrica utilizada durante o horário laboral e quase 100% durante o período não laboral. A tabela 2.2 demonstra a quota energética utilizada para os diferentes processos no sector de processamento de carne.

Tabela 2. 2 – Peso dos processos no consumo energético do sector de processamento de carnes

<i>Sector</i>	<i>Electricidade</i>		<i>Combustíveis</i>	
	Processo	%	Processo	%
Processamento de Carne	Corte e Mistura	40	Limpeza e Desinfecção	25
	Refrigeração e Congelação	40		
	Empacotamento	10	Aquecimento Espaços	15
	Iluminação	10		

Fonte: Ramírez et al. (2004)

Observa-se que os processos industriais de transformação e preservação de carne são os principais consumidores de energia eléctrica nesta indústria. Neste caso, o consumo de combustíveis é utilizado principalmente para fins de limpeza e desinfecção de material (por exemplo para aquecimento da água) e para o aquecimento (por exemplo através de ar condicionado).

O CEE representa um indicador para conhecer a energia despendida por unidade de massa de produto final obtido (MJ/t). Regra geral, o CEE pode ser obtido através da seguinte equação (Ramírez et al, 2004):

$$CEEi = \frac{Ei}{mi} \quad (2.1)$$

Em que $CEEi$ representa o consumo específico de energia por massa de produto (MJ/t), Ei a energia primária consumida de produto, mi a massa de produto produzida (toneladas de peso de carcaça limpa, no caso de uma indústria de matadouro).

Na indústria de carnes, Ramírez et al. (2004) apresentam dados de CEE de referência apresentados na tabela 2.3.

Tabela 2. 3 – CEE de referência na indústria de carnes (energia primária)

<i>Produto</i>		<i>Unidades</i>	<i>CEEref</i>
Matadouro	Vaca, ovelha e vitela	MJ/t de carcaça limpa	1 390
	Aves Domésticas	MJ/t de carcaça limpa	3 096
	Porco	MJ/t de carcaça limpa	2 097
Carne Processada		MJ/t produto final	5 500
Renderização		MJ/t material cru processado	1 625

Fonte: Ramírez et al. (2004)

Outro estudo de Ramírez et al. (2005) apresenta valores de CEE por tipo de energia primária, combustíveis e electricidade, para a produção de produtos do sector alimentar na Holanda. No caso da indústria de carnes, os valores apresentados são os demonstrados na tabela 2.4.

Tabela 2. 4 – Valores de CEE de referência para produtos de carne consoante a fase de processo e o tipo de energia primária na Holanda

<i>Produto</i>		<i>Unidades</i>	<i>CEE</i> <i>(electricidade)</i>	<i>CEE</i> <i>(combustíveis e calor)</i>	<i>CEE</i> <i>(total)</i>
Matadouro	Vaca, ovelha	MJ/t de carcaça limpa	341	537	878
	Aves Domésticas	MJ/t de carcaça limpa	1 008	576	1 584
	Porco	MJ/t de carcaça limpa	465	932	1 397
Carne Processada		MJ/t produto final	750	3 950	4 700
Renderização		MJ/t material cru processado	234	1 042	1 276

Fonte: Ramírez et al. (2005)

Em ambas as situações observa-se que o processamento de carne é o processo que consome mais energia por tonelada de produto, sendo o processamento de aves domésticas, por sua vez, mais custoso energeticamente quando comparado com o processamento dos outros animais. O recurso a estas tecnologias de processamento carece de políticas energéticas e um pensamento consciente e pró-activo no seu bom aproveitamento.

Para além desta informação disponibilizada, ainda foi efectuado por Ramírez et al. (2004) um levantamento de CEE de referência para o processamento dos vários tipos de carne em matadouro, consoante o tipo de tecnologia de preservação (refrigeração ou congelação) usado e consoante a condição de processamento do produto (inteiro ou cortado e desossado). Essa informação pode ser observada na tabela 2.5.

Tabela 2. 5 – Valores de CEE de referência consoante o tipo de tecnologia de preservação e condição de processamento do produto de carne

<i>Produto</i>		<i>Unidades</i>	<i>CEEref</i>			
			<i>Inteiro e Fresco</i>	<i>Inteiro e Congelado</i>	<i>Cortado, Desossado e Refrigerado</i>	<i>Cortado, desossado e Congelado</i>
Mata-ta-douro	Vaca, ovelha	MJ/t de	1 390	2 110	2 146	2 866
	Aves Domésticas	carcaça limpa	2 093	3 128	2 849	3 884
	Porco		3 096	4 258 - 5 518	3 852	5 014 - 6 274

Ramírez et al (2004)

Comparativamente, o processo de congelação de carne consome mais energia específica que o processo de refrigeração. Cortar e desossar os produtos exige um maior consumo energético, visto terem de ser utilizados processos tecnológicos para esse efeito, ao contrário de se manter a carcaça inteira. Quanto maior for o número de processos envolvidos, maior será o consumo de energia associado.

2.4. Eficiência energética e energias renováveis: potencial energético e custo de aquisição

O recurso a tecnologias de energia renovável e políticas de eficiência energética permitem obter várias vantagens a nível socioeconómico, ambiental e energético. Algumas dessas vantagens são descritas nos trabalhos de Worrel et al. (2001) e Goldemberg (2004), sendo algumas delas:

- Melhoria da qualidade de saúde ambiental e humana ao reduzir as emissões de CO₂ e outros poluentes para o ambiente, provenientes do uso de combustíveis fósseis;
- Criação de emprego local em desenvolvimento de projectos, serviços, operação e manutenção, produção, entre outros;
- Diversificação de oferta energética e um aumento da segurança energética; a médio e longo prazo prolongam a disponibilidade dos combustíveis fósseis para as necessidades energéticas;
- Redução significativa dos indicadores de pobreza ao permitirem acesso a água potável e a alimentos cozinhados, disponibilizar electricidade para fins energéticos (e.g. geração de luz), redução

do tempo despendido para actividades essenciais, entre outros. Estes meios podem ser disponibilizados através do recurso a produção de energia a partir de FER, visto ser possível utilizar a energia eólica e fotovoltaica em zonas sem acesso aos métodos convencionais (e.g. fábricas de produção térmica através de combustão de combustíveis fósseis);

- Melhorias no sector de produção ao otimizar a performance de equipamentos, aumentar o rendimento energético, aumentar a qualidade dos produtos e a confiança na produção;
- Redução de custos de manutenção na indústria, aumento nas condições de segurança de trabalho, poupanças energéticas, redução da necessidade de monitorização e controlo;

Para além dos inúmeros benefícios de se adoptar medidas nestas áreas, é possível ainda contabilizar e quantificar o potencial energético e os custos inerentes a estas tecnologias.

2.4.1. Potencial energético associado à implementação de medidas de eficiência energética

As medidas de eficiência energética podem actuar em vários tipos de serviços energéticos, nomeadamente (Krewitt et al. 2009):

- Iluminação;
- Equipamentos;
- Motores / máquinas;
- Geradores;
- Climatização – Ar condicionado, frigoríficos, congeladores, entre outros;
- Políticas Energéticas;
- Caldeiras;
- Climatização – Aquecimento de espaços, água, entre outros;
- Reaproveitamento térmico;
- Optimização da utilização de combustíveis;
- Outros;

Krewitt et al. (2009) efectuaram um estudo sobre estimativas do crescimento de potencial energético nos vários sectores, a nível global, através da implementação de diversas medidas de eficiência energética. A seguinte figura demonstra resumidamente o grau de optimização a nível energético por ano nos diferentes sectores para o período entre 2010 e 2050, após serem adoptadas as várias medidas de eficiência energética estudadas por Krewitt et al. (2009).

Tabela 2. 6– Estimativas do crescimento do potencial energético por ano dos vários sectores nas diferentes zonas a nível global para 2010-2050

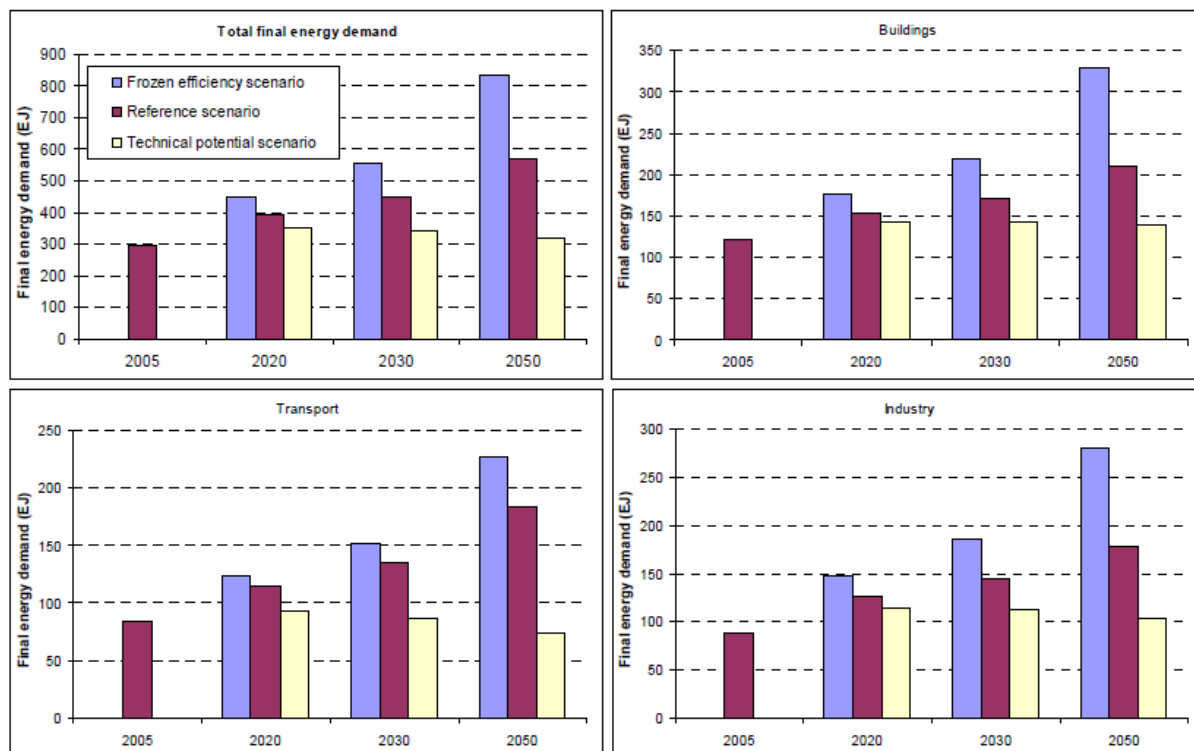
<i>Região</i>	<i>Edifícios e Agricultura (%)</i>	<i>Industria (%)</i>	<i>Transportes (%)</i>	<i>Procura total de energia (%)</i>	<i>Sector de Transformação (%)</i>
OCDE Europa	2,6	2,2	2,9	2,2	1,1
OCDE América Norte	2,5	2,3	3	2,6	0,9
OCDE Pacífico	2	2,2	2,8	2,5	1
Economias em transição	2	2,3	2,8	2,2	2,3
China	2	2,6	2,4	2,4	1,5
Índia	2,2	2,6	2,4	2,4	1,6
Resto da Ásia em desenvolvimento	2	2,4	2,6	2,3	0,9
Médio Oriente	2,2	2,8	2,9	2,6	1,9
América Latina	2,2	2,5	2,9	2,5	1,7
África	1,8	2,3	2,8	2,1	1,7
Mundo	2,2	2,4	2,4	2,4	1,4

Fonte: Krewitt et al. (2009)

Observa-se um crescimento homogéneo entre os diferentes sectores na ordem dos 1 a 3 %, destacando-se o sector de transformação pela negativa, ao apresentar os valores mais baixos de evolução em relação aos outros sectores, com uma evolução cerca de menos 1% dos restantes sectores a nível mundial.

Neste estudo foram estabelecidos 3 cenários diferentes: cenário de eficiência zero, cenário de referência e cenário de potencial técnico. Resumidamente, o cenário de eficiência zero representa a evolução da procura de energia sem serem adoptadas quaisquer medidas de eficiência energética; o cenário de referência projecta estimativas do potencial de eficiência energética na procura de energia consoante as tendências de medidas atuais; e o cenário de potencial técnico consiste nas previsões obtidas através da implementação das melhores medidas de eficiência energética conhecidas actualmente e de tecnologias em investigação que melhoram significativamente o consumo energético. A

figura 2.9 apresenta a diferença das projecções do potencial energético dos 3 cenários, na procura de energia final global, para os vários sectores mencionados anteriormente.



Fonte: Krewitt et al. (2009)

Figura 2. 9 – Projecção da procura de energia final nos vários sectores para os diferentes cenários estudados por Krewitt et al. (2009)

É relevante salientar que existe um decréscimo notório na procura de energia final, no cenário de potencial tecnológico em relação aos outros dois cenários, e que este decréscimo torna-se mais proeminente consoante mais longa for a data de projecção. Tal verifica-se para os 4 sectores apresentados. Se apenas for tido em conta o decréscimo do consumo energético, conclui-se que compensa adoptar as medidas de eficiência energética que diminuam a procura de energia ao máximo e que permitam obter um maior retorno a longo-prazo.

2.4.2. Custos de implementação de medidas de eficiência energética

O estudo de Krewitt et al. (2009) realça também os custos inerentes das medidas de eficiência energética. Embora sejam muitas e variadas, conseguiram simplificar os custos por sector, e o valor percentual da poupança atingida com estas melhorias, nos países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) Europa e na China, não apresentando desta vez valores a nível global. As seguintes tabelas resumem os dados obtidos por Krewitt et al. (2009).

Tabela 2. 7 – Custos totais da implementação de medidas de eficiência energética na procura de energia final em 2005

<i>Custo (Milhares de Milhões de €)</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>China</i>
Procura total de energia final	66	80
Transportes	80	35
Edifícios e Agricultura	29	79
Indústria	-43	-34

Fonte: Krewitt et al. (2009)

Tabela 2. 8 – Custos específicos para a melhoria de medidas de eficiência energética

<i>Custos Específicos (€/GJ final)</i>	<i>OCDE Europa</i>	<i>China</i>	<i>Custos médios de ambas as regiões</i>
Procura total de energia final	4	6	5
Transportes	15	28	18
Edifícios e Agricultura	4	12	8
Indústria	-14	-7	-10

Fonte: Krewitt et al. (2009)

Os custos negativos advêm quando os benefícios das medidas de eficiência energética são muito maiores em comparação com os custos de investimento, operação e manutenção (O&M) e implementação (Krewitt et al., 2009).

A indústria é o sector que apresenta maiores custos-benefícios visto apresentarem valores de custos negativos em comparação com os outros sectores. Este facto pode ocorrer devido à possibilidade de maior facilidade de integração das medidas e tecnologias de eficiência energética em sistema com as tecnologias utilizadas na indústria e por haver muita versatilidade no tipo de medidas a adoptar. Por outro lado, o sector dos transportes apresenta o custo mais caro, na implementação deste tipo de medidas, na OCDE Europa (80 mil milhões de euros). Na China o sector de edifícios e agricultura apresentou um custo de 79 mil milhões de euros no investimento do mesmo tipo de medidas energéticas.

A tabela 2.9 apresenta as poupanças obtidas em 2005 nos diferentes sectores em relação à procura de energia final na OCDE Europa e na China.

Tabela 2.9 – Poupança obtida através da implementação de medidas de eficiência energética na procura de energia final em 2005

<i>Poupança em procura de energia final</i>	<i>OCDE Europa (%)</i>	<i>China (%)</i>
Procura total de energia final	29	30
Transportes	32	25
Edifícios e Agricultura	32	37
Indústria	22	25

Fonte: Krewitt et al. (2009)

Contrariamente à análise do custo-benefício realizada anteriormente, a indústria é o sector que apresenta os valores mais baixos de poupanças na procura de energia final. Por outro lado, o sector de edifícios e agricultura apresenta a poupança percentual mais elevada, possivelmente por possuírem um aproveitamento maior de eficiência energética nas áreas críticas de consumo.

2.4.3. Potencial energético associado à implementação de tecnologias de energias renováveis

A obtenção de energia a partir de FER pode provir a partir de várias e diferentes fontes naturais. As principais tecnologias utilizadas para obtenção de energia a partir destas fontes actualmente são (Krewitt et al., 2009):

- Energia Fotovoltaica;
- Energia Solar-Térmica;
- Energia Hidreléctrica;
- Energia Eólica;
- Energia proveniente da Biomassa;
- Energia Geotérmica;
- Energia dos Oceanos e Marés;

Krewitt et al. (2009) realizaram no mesmo trabalho outro estudo sobre a projecção do potencial energético e custo da utilização das tecnologias de energias renováveis a nível global. Para o ano de 2020 obtiveram a seguinte análise de resultados do potencial de cada tipo de energia renovável mencionado:

Tabela 2. 10 – Projeção do Potencial em ExaJoule por ano (EJ/ano) de energia eléctrica, térmica e primária a partir do recurso a FER para as diferentes áreas globais

<i>Potencial Técnico</i>											
Região	Potência Eléctrica (EJ/ano)						Calor (EJ/ano)			Energia Primária (EJ/ano)	
	Fotovoltaico	ESC*	Eólica "onshore"	Eólica "offshore"	Hidreléctrica	Oceanos	Geotérmica	Solar	Culturas de biomassa energética	Resíduos de biomassa	
África	478,1	2 787,3	26,9	0,7	6,3	3,6	0,4	21,14	9,4	0	3
Médio Oriente	84,8	739,1	4,8	0,2	1	1,5	0,1	3,8	1,7	0	0,6
OCDE Pacífico	150,2	969,9	52	1,5	1,1	5,9	0,4	6,9	2,6	6	2,5
Resto da Ásia	91	5,9	8,2	4,5	6,2	29,9	0,6	11	19,4	0	10,5
América Latina	78,8	191,5	35,2	4,7	8,6	8,8	0,5	15,9	10,2	9,9	6,1
Economias em transição	77,3	130,6	63,4	4,2	4,6	0	0,6	13,7	5,3	9,8	5,1
América do Norte	56	222,6	154,8	3,1	5,7	9,1	0,6	14,8	21,8	13,8	11,8
OCDE Europa	22,2	2,6	179	5,7	7	5	0,2	5,1	21,4	4	7
China	65,2	38,3	3,9	0,7	5,2	1,5	0,5	8,7	16	0	7
India	22,3	68,2	1,3	0,3	1,8	0,8	0,2	3	5,5	0	4,9
Mundo	1 125,9	5 156,1	368,6	25,6	47,5	66,2	4,5	104	113,1	43,4	58,6

*ESC – Energia Solar Concentrada

Fonte: Krewitt et al. (2009)

É demonstrado que se espera obter maior quantidade de energia eléctrica a partir da energia solar, principalmente através do recurso a tecnologias ESC, porque se prevê que a produção energética a partir desta tecnologia represente 77% de toda a produção de electricidade a nível mundial para o ano de 2020. A produção térmica proveniente de energias renováveis provirá principalmente a partir da energia solar-térmica na América do Norte e nos países pertencentes à OCDE Europa, e também a partir de energia geotérmica em África com valores de 21,8, 21,4 e 21,4 EJ/ano, respectivamente. A nível de energia primária será obtida a maior quantidade através das colheitas de biomassa com um valor energético representativo de 13,8 EJ/ano, quase 32% da total produzida.

Também foi estudada a previsão dos custos e estimativas relacionadas com a implementação e a utilização das tecnologias de energias renováveis.

2.4.4. Custos de implementação de tecnologias de energias renováveis

A tabela 2.11 demonstra os custos inerentes ao investimento e processos de Operação e Manutenção (O&M) em 2010 e a previsão das mesmas tecnologias entre 2020 e 2030 para as tecnologias de geração eléctrica.

Tabela 2. 11 – Custo inerente às tecnologias de energias renováveis para ano de 2010, e previsão para o ano de 2020-2030 para produção de electricidade.

	Tipo Custo	Unidades	2010		2020-2030	
			Varição	Estimativa	Varição	Estimativa
Fotovoltaico	Investimento	€/kW	2 800 – 4 420	3 000	1 000 – 1 530	1 050
	O&M	€/(kW.ano)	-	30	-	10
ESC	Investimento	€/kW	3 600 – 5 050	5 050	3 300 – 3 700	3 500
	O&M	€/(kW.ano)	-	200	-	140
Eólica						
"onshore"	Investimento	€/kW	970 – 1 100	1 050	850 – 900	880
	O&M	€/(kW.ano)	-	40	-	35
"offshore"	Investimento	€/kW	1 800 – 3 000	2 770	1 100 – 1 800	1 700
	O&M	€/(kW.ano)	-	120	-	75
Biomassa						
Instalação de Biomassa	Investimento	€/kW	2 000 – 2 600	2 200	1 500 – 2 300	2 000
	O&M	€/(kW.ano)	-	130	-	120
Biomassa CHP	Investimento	€/kW	1 750 – 4 600	3 900	1 650 – 3 100	2 600
	O&M	€/(kW.ano)	-	-	-	-
Geotérmica	Investimento	€/kW	4 000 – 15 000	12 000	3 200 – 8 050	6 350
	O&M	€/(kW.ano)	-	450	-	235
Hídrica						
Grande hídrica	Investimento	€/kW	8 00 – 4 400	2 000	8 00 – 4 350	2 200
	O&M	€/(kW.ano)	-	80	-	90
Pequena hídrica	Investimento	€/kW	2 000 – 5 600	3 500	1 800 – 5 200	4 000
	O&M	€/(kW.ano)	-	180	-	200
Oceanos						
Barragem de marés	Investimento	€/kW	1 600 – 3 200	2 400	1 400 – 2 800	2 100
	O&M	€/(kW.ano)	-	95	-	85
Corrente de marés	Investimento	€/kW	5 600 – 8 000	6 800	4 000 – 6 400	5 200
	O&M	€/(kW.ano)	-	270	-	210
Ondas	Investimento	€/kW	3 000 – 12 000	7 000	1 500 – 4 000	2 000
	O&M	€/(kW.ano)	-	280	-	80

Fonte: Krewitt et al. (2009)

A tabela 2.12, por sua vez, apresenta os custos e estimativas relacionadas com a implementação de tecnologias de energia renovável produtoras de energia térmica no ano de 2005 e as previsões para os anos 2020-2030.

Tabela 2.12 – Custo inerente às tecnologias de Energias Renováveis para o ano de 2010, e previsão para o ano de 2020-2030 para produção de energia térmica

	<i>Custo (€/kW)</i>			
	2005		2020-2030	
	Variação	Estimativa	Variação	Estimativa
Colectores Solares				
Sistemas de pequena escala	240 – 800	630	-	250
Sistemas de grande escala	240 – 800	300	-	220
Geotérmica				
Geotérmica profunda	50 – 720	500	55 – 600	500
Geotérmica superficial	500 – 1 500	1 300	170 – 1 220	1 100
Biomassa				
Sistema de aquecimento em pequena escala	380 – 1 800	790	-	700
Instalação de aquecimento		650	-	480

Fonte: Krewitt et al. (2009)

No primeiro caso nota-se que a tecnologia de energia renovável com maior custo de investimento e O&M é o da energia geotérmica, com estimativas a rondar os 12 000 €/kW e 450 €/kW.ano, respectivamente no ano de 2010, e com estimativa de previsão no valor de 6350 €/kW e 235 €/kW.ano, respectivamente entre 2020-2030. Por outro lado, a tecnologia que exhibe um custo menos oneroso, e o qual se prevê que continue assim, é a de energia eólica (ventos onshore – no sentido do mar para a costa) apresentando valores estimados de investimento e O&M de 1050 €/kW e 40 €/(kW.ano), respectivamente no ano de 2010 e uma estimativa de previsão de 880 €/kW e 35 €/(kW.ano), respectivamente entre 2020-2030.

Para a obtenção de energia térmica, os custos mais dispendiosos apresentam-se na energia geotérmica (profundidade superficial/bombas de calor) com estimativas de investimento de 1300 €/kW no ano de 2005 e estimativas de previsão no valor de 1050 €/kW para 2020-2030. Os custos menos dispendiosos verificam-se na tecnologia solar-térmica com sistemas em grande escala, apresentando em 2005 uma estimativa de 300 €/kW e uma previsão de custos estimada em 220 €/kW entre 2020-2030.

Ou seja, os índices de custo/produção observados permitem concluir que é mais vantajoso investir na produção e investigação de tecnologias eólicas e solares na produção eléctrica e térmica, respectivamente.

2.5. A eficiência energética na indústria

As medidas de eficiência energética podem actuar e ser adoptadas em todos os sectores, tanto a nível tecnológico ou de gestão racional de energia. O “Documento de Referência para as Melhores Tecnologias Disponíveis (BAT – Best Available Technologies) para a Eficiência Energética” de 2009, redigido pela CE estabelece as melhores tecnologias disponíveis, planos de gestão e monitorização energética no sector industrial. Das muitas políticas de gestão energética e tecnologias de funcionamento energético mencionados no documento, são definidos os seguintes como as melhores tecnologias disponíveis para o aproveitamento energético:

- A nível de instalação e políticas de gestão energética:
 - Gestão de eficiência energética;
 - Planeamento e estabelecimento de objectivos e metas:
 - Melhoria contínua da relação com o ambiente;
 - Identificação dos aspectos de eficiência energética de uma instalação e de oportunidades para poupanças energéticas;
 - Uma abordagem de sistemas de gestão de energia;
 - Estabelecer e rever objectivos e indicadores de eficiência energética;
 - Benchmarking;
 - Design de Eficiência Energética;
 - Aumento de processos de integração;
 - Incentivar iniciativas de eficiência energética;
 - Prestar formação, e optar pela experiência;
 - Controlo de processos eficiente;
 - Manutenção;
 - Monitorização e controlo das medições;

- A nível de sistemas, processos e actividades ou equipamentos que funcionam a energia:
 - Combustão:
 - Reduzir o fluxo mássico de combustível-gases através da redução do ar em excesso;
 - Sistemas de vapor;
 - Recuperadores de calor;
 - Cogeração;
 - Produção de energia eléctrica;
 - Subsistemas de controlo de motores eléctricos;
 - Sistemas de ar comprimido;
 - Sistemas de bombagem;
 - Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC);
 - Iluminação;
 - Processos de secagem, separação e concentração.

Os dois estudos seguintes abordam a análise de eficiência energética quantificável de algumas destas tecnologias mencionadas anteriormente. Pretende-se conhecer de que forma ao se adoptar algumas destas medidas é possível melhorar eficientemente e activamente o sector industrial de carnes.

No estudo intitulado “Plano sectorial de melhoria da eficiência energética em Pequenas e Médias Empresas (PME) – sector agrícola”, de 2012, e realizado pelo Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal (CITEVE) discute-se e relata-se dados sobre as medidas de eficiência energética e metas atingidas pelo PNAEE na redução do consumo energético na indústria no ano de 2005. As tabelas seguintes (2.13, 2.14, 2.15 e 2.16) demonstram a poupança energética obtida a partir dos planos de eficiência energética encontradas no ponto 7 – Sistema de Eficiência Energética na Indústria do PNAEE para várias tecnologias industriais, nomeadamente: o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) e o Programa para a Energia Competitiva na Indústria (CITEVE, 2012).

Tabela 2. 13 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para motores eléctricos.

<i>Motores eléctricos</i>		
Medidas e/ou tecnologias	Poupança Energética	
	tep/ano	%
Optimização de motores	19 115	0,35
Sistemas de bombagem	2 294	0,04
Sistemas de ventilação	510	0,01
Sistemas de compressão	5 161	0,1
Total	27 080	0,5

Fonte: CITEVE (2012)

Tabela 2. 14 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para sistemas de produção de calor e frio.

<i>Produção de calor e frio</i>		
Medidas e/ou tecnologias	Poupança Energética	
	tep/ano	%
Cogeração	27 000	0,5
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

Fonte: CITEVE (2012)

Tabela 2. 15 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para sistemas de iluminação.

<i>Iluminação</i>		
Medidas e/ou tecnologias	Poupança Energética	
	tep/ano	%
Substituição de lâmpadas mais eficientes (total)	1 911	0,04

Fonte: CITEVE (2012)

Tabela 2. 16 – Poupança energética (em tep e %) obtida em 2005 a partir das medidas de eficiência energética estipulado pelo PNAEE para políticas de gestão de energia.

<i>Eficiência do processo industrial</i>		
Medidas e/ou tecnologias	Poupança Energética	
	tep/ano	%
Monitorização e controlo	10 554	0,2
Tratamento de efluentes	2 402	0,04
Integração de processos	94 986	1,76
Manutenção de equipamentos consumidores de energia	24 871	0,46
Isolantes térmicos	18 012	0,33
Transportes	48	0,001
Formação e sensibilização dos recursos humanos	3 166	0,06
Redução da energia reactiva	1 125	0,02
Total	155 164	2,87

Fonte: CITEVE (2012)

As tabelas anteriores (tabelas 2.13, 2.14 e 2.15) permitem concluir que houve uma poupança energética significativa no ano de 2005, apresentando um valor total de redução no consumo energético industrial de 248 584 tep/ano ou 6,45%. Das quatro medidas observadas é pertinente notar que os sistemas de produção de calor e frio obtiveram um maior valor percentual de poupança de energia (3,04%), seguindo-se os processos de políticas de gestão de energia (2,87%). Nestes casos destacam-se como mais eficientes os sistemas de combustão, os recuperadores de calor e os processos de integração de vários sistemas.

Outro estudo que apresenta opções de medidas de eficiência energética semelhantes na indústria alimentar é o apresentado por Galitsky et al. (2003) sobre a indústria de moagem de milho. Este estudo apresenta as mesmas opções interessantes, porque descreve medidas para optimização energética de equipamentos que se encontram em funcionamento em grande parte do sector de transformação, podendo ser aplicadas na indústria de carnes. Estas medidas apresentam valores significativos de melhoria no aproveitamento energético, os quais serão descritos resumidamente nas seguintes tabelas (tabelas 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22), consoante o tipo de tecnologia estudado (Galitsky et al., 2003).

Tabela 2. 17 – Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para políticas de gestão energética.

<i>Políticas de Gestão Energética</i>			
Medida	Poupança / Solução menos eficiente	Descrição	Retorno (anos)
Programas de Gestão Energia	5 - 10%	Implementação de sistemas de controlo e monitorização energética	3,5
Combined Heat and Power (CHP)	20 - 30%	Substituir uma caldeira de produção de vapor tradicional por uma turbina a gás padrão de uma unidade CHP	-
Combustíveis Alternativos	33 TBtu/ano	Pré-aquecer o biogás e reduzir a humidade relativa para níveis inferiores a 60% após o queimador	1,7

Fonte: Galitsky et al. (2003)

Tabela 2. 18 - Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para motores eléctricos.

<i>Motores</i>			
Medida	Poupança / Solução menos eficiente	Descrição	Retorno (anos)
Dimensionamento	> 1,2%	Redução do pico de carga - correcção do sobredimensionamento dos motores	-
Motores mais eficientes	1 - 1,5%/ano	Substituição dos motores utilizados por motores mais eficientes energeticamente	2,9 - 5,1
Varição de Velocidade	82 320 kW.h/ano	Implementação de um variador de velocidade no motor de um ventilador em grande escala	3,6

Fonte: Galitsky et al. (2003)

Tabela 2. 19 – Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para bombas.

<i>Bombas</i>			
Medida	Poupança/ Solução me- nos eficiente	Descrição	Retorno (anos)
Operação & Manutenção	2 - 7%	Implementação de medidas de O&M (ver Galitsky et al. (2003))	1
Monitorização	5 - 10%	Implementação de medidas de monitorização (ver Galitsky et al. (2003))	-
Bombas mais eficientes	2 - 10%	Substituir as bombas utilizadas por bombas mais eficientes energeticamente	-
Motores das bombas mais eficientes	2 - 5%	Utilização de motores mais eficientes energeticamente nas bombas	-
Dimensionamento	15 - 25%	Correcção do sobredimensionamento das bombas - i.e. substituir por uma bomba de menor dimensões/potência	< 1
Uso de várias bombas	10 - 50%	Implementação de sistemas de bombas em paralelo para variação de carga	0,5
Aparar o impulsor	< 75%	Aparar o impulsor quando existe um diferencial de pressão muito elevado na taxa de fluxo de operação	< 3
Controlo	61,50%	Controlar o funcionamento das bombas, desligando-as quando não são necessárias ou durante os períodos de ponta	< 1
Variação de Velocidade	20 - 50%	Implementação de um variador de velocidade no motor de uma bomba	< 2
Dimensionamento da tubagem	5 - 10%	Dimensionamento correto das tubagens consoante o tipo de instalação	-
Correias de transmissão	1%	Substituição das correias de transmissão em "V" por acoplamentos directos	-
Revestimento da superfície	2 - 3% /ano	Comparativamente às superfícies sem revestimento	-

Fonte: Galitsky et al. (2003)

Tabela 2. 20 - Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para tecnologias de ar comprimido.

<i>Ar comprimido</i>			
Medida	Poupança / Solução menos eficiente	Descrição	Retorno (anos)
Manutenção	Variável	Implementação de medidas de O&M (ver Galitsky et al. (2003))	-
Monitorização	Variável	Implementação de medidas de monitorização (ver Galitsky et al. (2003))	-
Redução de Fugas	20%	Reparação e manutenção de fugas nas tubagens, reguladores de pressão, etc.	-
Redução da temperatura de entrada do ar	1% /3 °C	Importação ar fresco para arrefecimento	2 - 5
Maximizar a Pressão do Ponto de Condensação na Entrada de Ar	86 - 98%	Implementação de secadores por adsorção ou secadores de refrigeração	-
Sistemas de controlo	8 - 12%/ano	Implementação de sistemas de controlo (start/stop, Load/Unload, modulating, variable speed control, multi step)	-
Dimensionamento do diâmetro dos tubos	3%/ano	Dimensionamento correto dos tubos para o sistema de compressor utilizado	-
Recuperador de Calor para pré-aquecimento da água	20 -90%	Recuperador de calor para utilização em aquecimento de espaços, aquecimento de água, etc.	< 1
Varição de Velocidade nos motores compressores	15%/ano	Implementação de um variador de velocidade no motor compressor	-
Motores de alta eficiência	2%/ano	Substituição dos motores utilizados por motores de eficiência energética mais elevada	< 3

Fonte: Galitsky et al. (2003)

Tabela 2. 21 – Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para sistemas de iluminação.

<i>Iluminação</i>			
Medida	Poupança/ Solução menos efi- ciente	Descrição	Retorno (anos)
Iluminação Diária	70%	Aumentar a quantidade de luz diurna nos espaços de utilização (através de janelas, prateleiras de luz, etc.)	-
Luzes Fluorescentes	82%	Substituição das luzes incandescentes por luzes fluorescentes ou luzes fluorescentes compactas	< 1
Tubos T-8 ou halogenetos metálicos	50 - 58%	Substituição de tubos T-12 por tubos T-8 ou halogenetos metálicos	< 1,5
Halogenetos metálicos ou luzes de sódio de alta pressão	50 - 60%	Substituição de luzes de mercúrio por halogenetos metálicos ou luzes de sódio de alta pressão	-
Luzes Fluorescentes de alta intensidade	50%	Substituição de halogenetos metálicos padrão por luzes fluorescentes de alta intensidade	-
Balastro electrónico	12 - 25%	Substituição de balastros indutivos por balastros electrónicos	-
Light Emiting Diode (LED)	90%	Substituição das luzes incandescentes por LED	-
Melhoria do Sistema	30 - 90%	Combinação das medidas anteriores	-

Fonte: Galitsky et al. (2003)

Tabela 2. 22 - Medidas e consequente aproveitamento de poupança energético e retorno de implementação para a distribuição de calor e vapor na indústria.

<i>Distribuição de Calor e Vapor</i>			
Medida	Poupança / Solução menos eficiente	Descrição	Retorno (anos)
Caldeiras - Melhorar o controlo de processo	-	Optimização da relação de mistura ar/combustível através de monitorização e controlo	-
Caldeiras - Redução da quantidade de gás de combustão	2 - 5%	Reparação de fugas na caldeira e na chaminé	-
Caldeiras - Redução do excesso de ar	2,5 - 8%	Redução do excesso de ar utilizado na mistura ar/combustível para 15%	< 0,25
Caldeiras - Dimensionamento	3 - 8%	Correto dimensionamento do design da caldeira	-
Caldeiras- Melhorar o isolamento	6 - 26%	Utilizar melhores medidas de isolamento com baixo calor específico	-
Caldeiras - Manutenção	10%	Implementação de medidas de manutenção (ver Galitsky et al. (2003))	-
Caldeiras - Recuperação de calor da combustão de gás	1,97 MW/ano gás natural	Implementar 1 economizador para pré aquecimento da água a partir do calor dos gases de combustão	1,6 - 2,5
Caldeiras - Retorno de condensado	10%	Reutilização do condensado quente da caldeira	1,1
Caldeiras - Recuperação de vapor	0,5 - 1,3% combustível	Recuperação do vapor produzido para aquecimento de espaços e pré aquecimento da água da caldeira	1,5 - 2,7
Distribuição - Melhorar o isolamento	2 - 13% combustível	Utilizar mais e melhores tipos de isolamento para prevenir desperdícios nos sistemas de vapor	0,33 - 1,5
Distribuição - Manutenção dos purgadores de vapor	10%	Monitorizar os purgadores de vapor e repará-los se necessário	< 1
Distribuição - Monitorização automática dos purgadores de vapor	5%	Implementar um sistema de monitorização automático em parceria com medidas de manutenção	1
Distribuição - Reparação de Fugas	3%	Implementação de programas de inspeção e manutenção em relação às fugas das tubagens	-

Fonte: Galitsky et al. (2003)

As tabelas anteriores (tabelas 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22) demonstram que através de um bom planeamento e adaptação é possível melhorar o consumo e a eficiência energética no sector industrial e alimentar, por forma a reduzir custos associados aos desperdícios energéticos. Neste caso a iluminação é o sector onde se observa um maior grau de significância (12-118%) de optimização energética, visto ser possível implementar melhores medidas atuais que consomem menos energia eléctrica para produzirem a mesma quantidade de iluminação. Para além desta característica, apresentam períodos de retorno relativamente reduzidos (inferiores a 1 ano e meio). No entanto contradiz os valores

mencionados pelo estudo do CITEVE (2012), porque a iluminação foi onde se verificou o menor valor de poupança energética percentual na indústria para o ano de 2005 (valor total de 0,04%).

3. Materiais e métodos

3.1. A Empresa

A Empresa estudada é uma empresa integrada no sector industrial, mais especificamente no sector de processamento e transformação da carne de aves.

A procura do nível óptimo de qualidade e segurança alimentar tem sido uma constante preocupação para esta organização, tendo por isso obtido o certificado de sistema Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) em 2014. Tendo a necessidade constante de satisfazer as exigências dos seus clientes, a Empresa estudada tem procurado evoluir no sentido de satisfação, tendo por isso apresentado mais e melhores soluções alimentares, nomeadamente: os tradicionais cortes de frango e charcutaria de aves, produtos pré-cozinhados e produtos pronto-a-comer.

3.2. Integração no programa do Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN)

A Empresa candidatou-se ao programa Sistema de Incentivo à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico, programa QREN que visa apoiar projectos de empresas que destacam actividades de investigação industrial e/ou de desenvolvimento experimental, conducentes à criação de novos produtos, processos ou sistemas ou à introdução de melhorias significativas em produtos, processos ou sistemas existentes (COMPETE, 2015).

Assim, é necessário realizar vários procedimentos face às actividades de processo, tecnológicas, energéticas, composição de produtos, entre outras. Mais especificamente, a presente dissertação enquadra-se no estudo para a flexibilização e optimização dos processos desenvolvidos a nível produtivo e energético. Este assunto engloba a análise e procura da resposta para os seguintes pontos:

1. Levantamento de recursos, humanos, materiais e energéticos necessários aos produtos de formulação revista;
2. Estudo da viabilidade do processo avaliando custos directos, indirectos, layout, enquadramento no planeamento de produção;

3. Estudo da viabilidade do processo avaliando custos directos, indirectos, layout, enquadramento no planeamento de produção;
4. Levantamento de recursos, humanos, materiais e energéticos necessários aos novos processos tecnológicos desenvolvidos;
5. Estudo da viabilidade do processo avaliando custos directos, indirectos, layout, enquadramento no planeamento de produção;

Como tal, centrou-se a análise dos recursos energéticos e consequentes medidas de optimização energética nos produtos que sofreram alterações de composição e de processos tecnológicos, nomeadamente: nuguetes de frango pré-frito, salsicha fresca de peru, Cordon Bleu, assados de coxa de frango, fiambre de peito de frango, peito de peru fumado, perna de peru recheada e escalopes de frango panados.

3.3. Recolha de informação

A informação recolhida e utilizada para a criação da base de dados sobre as linhas de produção dos produtos mencionados anteriormente foram disponibilizados pela empresa e/ou obtidos através do acompanhamento e observação pessoal dos vários processos, nomeadamente na contagem dos tempos médios de produção com recurso a um cronómetro digital e das potências activas registadas nas chapas de identificação dos equipamentos (vide Anexo I). Para as pesagens dos produtos foram utilizadas as balanças industriais presentes na empresa e para essas pesagens foram utilizados caldeiros que albergam cerca de 200 kg de produto no seu interior. Foram construídos fluxogramas de consumo energético das linhas de produção, os quais podem ser observados em Anexo II. Como tal, foi recolhida informação sobre os seguintes parâmetros:

- Potência máquinas (kW);
- Potência dos sistemas de ventilação (kW);
- Tempo de produção (horas);
- Informação adicional sobre as caldeiras, sistemas de pressurização, características do óleo alimentar, entre outros.

3.4. Informação sobre os produtos e linhas de produção

Tal como foi referido em 3.3 foi recolhida e criada uma base de dados para todos os tipos de produtos, e respectivas linhas de produção, com informação referente aos pontos indicados no mesmo subcapítulo (3.3). A tabela 3.1 demonstra este caso em relação ao peito de peru fumado, sendo possível observar o mesmo tipo de informação para os outros produtos (Anexo I).

Tabela 3.1 – Dados recolhidos para a linha de produção do peito de peru fumado

<i>Peito Peru Fumado</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Armazenamento (C12)	1,065	-	-	216
Picagem	20,86	0,025	0,5215	-
Mistura	9,7	0,75	7,275	-
Armazenamento (C12)	1,065	-	-	216
Enchimento	6	0,75	4,5	-
Fumagem	21,1	72	1 519,2	-
Cura	-	-	-	-
Fatiagem	10	1,7	17	-
Acondicionamento (Atmosfera Protetora)	29,6	0,2	5,92	-
Identificação	0,15	3,33	2,1645	-
Deteção Metais	0,5	-	-	-
Armazenamento (Charcutaria-C17)	2,1	-	-	403
Preparação Encomendas	-	-	-	-
Armazenamento (C7)	11,4	-	-	4 058
Acondicionamento (Veículo Transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	113,54	78,755	1 556,581	-

Pelo mesmo método registou-se informação referente aos tempos de referência de funcionamento das câmaras de armazenamento (tabela 3.2), encontrando-se em Anexo I as tabelas com os cálculos intermédios para os custos de funcionamento das mesmas câmaras.

Tabela 3. 2 – Dados para cálculos intermédios do consumo energético das câmaras de armazenamento pós-produção

<i>Tipo Produto</i>	<i>Câmaras Pós-Produção</i>	<i>Potência (kW)</i>	<i>Tempo Funcionamento (horas)</i>	<i>Consumo Energético (kW.h)</i>
Produtos Congelados (183 dias PV)	C6	4,4	2 160	9 504
			1 440	6 336
			720	3 168
	C16	8,8	2 160	19 008
			1 440	12 672
			720	6 336
Produtos Frescos (6 e 7 dias PV)	C7	11,4	96	1 094,4
			48	547,2
			24	273,6
Produtos Fumados (90 dias PV)	C7	11,4	1 440	16 416
			720	8 208
			360	4 104
	C17	2,1	1 440	3 024
			720	1 512
			360	756

Tal como abordado no subcapítulo 3.3 também foram criados fluxogramas de consumo energético dos processos e linhas de produção dos produtos estudados. A figura 3.1 demonstra o fluxograma criado para o fiambre de peito de frango, podendo ser observados os fluxogramas energéticos para os restantes produtos em Anexo II. As fases de processo que não apresentam consumos energéticos resultam da não utilização de meios energéticos para a sua execução (e.g. processos de preparação de encomendas).

Fiambre de Peito de Frango

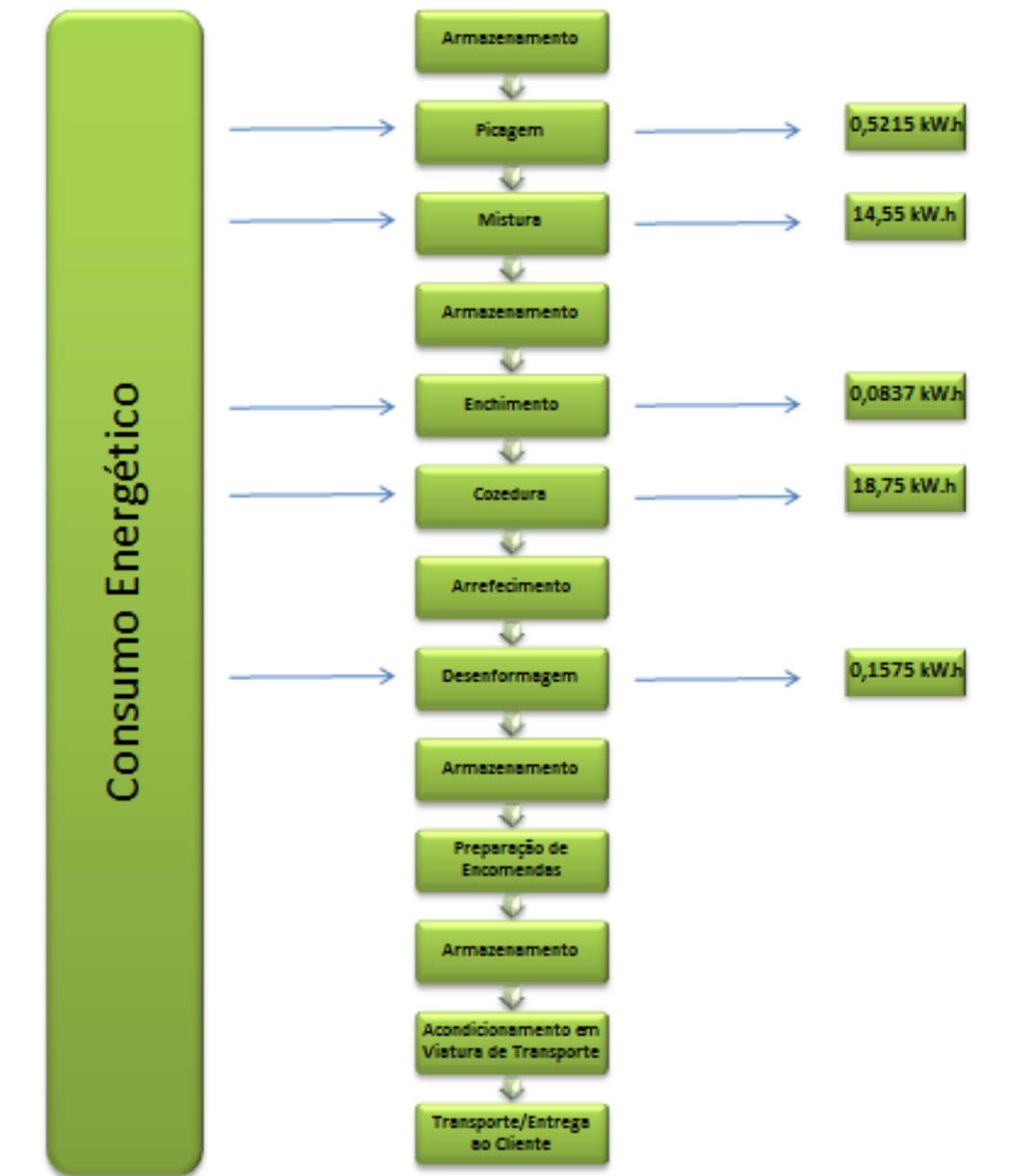


Figura 3.1 - Fluxograma energético de produção de fiambre de peito de frango

De seguida serão apresentados e discutidos os resultados principais obtidos através das metodologias utilizadas na presente dissertação, e com recurso à informação recolhida e apresentada no presente subcapítulo.

3.5. *Medição dos volumes das câmaras de refrigeração e congelação*

Tendo em conta que a empresa não possuía registos sobre as dimensões das câmaras de refrigeração e congelação, para tal foi disponibilizado um instrumento utilizado para este tipo de medições. Esta ferramenta (Bosch PLR25) utiliza um laser para obter medições mais exactas e precisas, podendo ser observado na figura 3.2.



Fonte: http://www.mytoolstore.com.au/product_images/1/323/PLR25_19341_zoom.jpg

Figura 3. 2 – Instrumento para medição de distâncias a laser – BOSCH PLR25

3.6. *Cálculos auxiliares*

Para se conhecer e analisar as necessidades energéticas da empresa foi necessário proceder ao cálculo de alguns parâmetros, nomeadamente:

- Cálculo do consumo eléctrico das linhas de produção em estudo (kW.h);
- Cálculo do custo de aquisição da energia eléctrica das linhas de produção (€);
- Cálculo do consumo eléctrico dos sistemas de ventilação presentes nas câmaras de refrigeração e congelação associados às linhas de produção (kW.h);
- Cálculo do custo de aquisição da energia eléctrica dos sistemas de ventilação das câmaras (€);

- Cálculo da poupança energética ao se utilizarem permutadores de calor para reaproveitamento do calor contido nos gases de escape provenientes das caldeiras (kW.h);
- Cálculo da poupança ao se utilizar permutadores de calor (€) e de volume de combustível (m³).

Os pontos acima apresentados serão a seguir abordados de uma forma detalhada, onde serão considerados os passos de resolução dos mesmos.

3.6.1. Consumo eléctrico das linhas de produção

Para calcular o consumo eléctrico teve-se em conta as potências das máquinas de produção e o tempo de processamento de uma massa de referência (kg) de produto. As massas iniciais foram definidas consoante o valor médio da massa utilizada para a fase inicial de processo. Por exemplo, os noguetes possuem uma fase de picagem, sendo que a picadora apenas consegue processar cerca de 200 kg. Por outro lado, a perna de peru recheada que sofre inicialmente uma fase de malaxagem, são processados cerca de 500 kg nesta fase. A tabela 3.3 demonstra as massas iniciais de referência de produto consideradas para as várias linhas de produção.

Tabela 3. 3 – Massas iniciais de referência dos produtos em estudo

<i>Produtos</i>	<i>Massa inicial (kg)</i>
Fiambre Peito Frango	200
Assados Coxa Frango	500
Cordon Bleu	300
Escalopes Frango Panados	500
Noguetes Frango Pré-Fritos	200
Peito Peru Fumado	200
Salsicha Fresca Peru	200
Perna Peru Recheada	500

Sabendo o tempo que demora a processar as massas de produto estabelecidas, foi possível calcular o consumo eléctrico associado ao processamento da referida quantidade. Considerou-se que as máquinas funcionam sempre à sua potência máxima. Para tal utilizou-se a equação 3.1:

$$CEi = \sum_{i=1}^n (Pi \times ti) \quad (3.1)$$

Em que CEi representa o consumo eléctrico (kW.h) da respectiva linha de produção, Pi a potência activa da máquina utilizada em determinado processo (kW), ti o tempo de processamento da massa de referência num dado processo (h), i o número da máquina a ser utilizada em determinado processo e n a quantidade de máquinas existente em todo o processo.

3.6.2. Custo de aquisição da energia eléctrica associado às linhas de produção

Sendo a Empresa uma empresa Industrial, esta é alimentada a média tensão. A Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) estipulou para o ano de 2015 os seguintes valores de tarifas (€/kW.h) para a energia activa a média tensão:

Tabela 3. 4 – Tarifas para Energia Activa em Média Tensão

<i>Energia Activa</i>	<i>Períodos</i>	<i>Horário</i>	<i>Tarifas (€/kW.h)</i>
Tarifas de Médias Utilizações	I, IV	Horas de ponta	0,1395
		Horas de cheia	0,1081
		Horas de vazio normal	0,0751
		Horas de super vazio	0,0642
	II, III	Horas de ponta	0,1452
		Horas de cheia	0,1082
		Horas de vazio normal	0,0789
		Horas de super vazio	0,0703

Fonte: ERSE, 2015

Tendo atribuídas tarifas de médias utilizações, representa-se de seguida os períodos tetra-horários de funcionamento da empresa durante o período de Inverno (I e IV) e o período de Verão (II e III).

Tabela 3. 5 - Períodos tetra-horários de consumo eléctrico associados aos períodos sazonais de Inverno

<i>Inverno</i>				
Períodos	Vazio	Super Vazio	Ponta	Cheia
Segunda a Sexta	00:00-02:00		09:30-12:00	07:00-09:30
		02:00-06:00		12:00-18:30
	06:00-07:00		18:30-21:00	21:00-24:00
Sábados	00:00-02:00			09:30-13:00
	06:00-09:30			
	13:00-18:30	02:00-06:00	-	
	22:00-24:00			18:30-22:00
Domingos	00:00-02:00			
	06:00-24:00	02:00-06:00	-	-

Fonte: Registo da factura da electricidade da Empresa

Tabela 3. 6 - Períodos tetra-horários de consumo eléctrico associados aos períodos sazonais de Verão

<i>Verão</i>				
Períodos	Vazio	Super Vazio	Ponta	Cheia
Segunda a Sexta	00:00-02:00			07:00-09:15
	06:00-07:00	02:00-06:00	09:15-12:15	12:15-24:00
Sábados	00:00-02:00			09:00-14:00
	06:00-09:00			
	14:00-20:00	02:00-06:00	-	
	22:00-24:00			20:00-22:00
Domingos	00:00-02:00			
	06:00-24:00	02:00-06:00	-	-

Fonte: Registo da factura da electricidade da Empresa

Para calcular o custo de aquisição da energia eléctrica foi necessário considerar os diferentes valores de tarifas para os diferentes períodos do dia. Assim, existiu a necessidade de definir uma hora inicial de funcionamento de produção e uma hora de término (sendo esta o tempo total de processamento de cada produto). Desta forma foi considerado o início do trabalho laboral às 7:00 da manhã, visto não ser um entrave à empresa que funciona em período diurno e nocturno.

O cálculo utilizado para o custo total do consumo de energia eléctrica foi a equação 3.2:

$$CT = \sum_{i=1}^n (Pi \times \sum_{j=1}^x (Ti, j \times ti, j)) \quad (3.2)$$

Em que CT representa o custo total do consumo eléctrico das linhas de produção (€), Pi a potência ativa da máquina de determinado processo (kW), Ti a tarifa associada a determinado período tetra-horário (€/kW.h), ti o número de horas de funcionamento da máquina durante o período tetra-horário específico (h), i o número da máquina a ser utilizada em determinado processo, n a quantidade de máquinas existente em todo o processo, j a tarifa a ser utilizada em determinado tempo de funcionamento e x a quantidade de tarifas utilizadas para todo o processo.

Sabendo que a Empresa funciona durante o período semanal e de fim-de-semana (sábado e domingo) tanto em período nocturno como diurno, e para saber a diferença de custo possível de se obter ao colocar em funcionamento as linhas de produção do período semanal para o período de domingo (sendo o período semanal com custo eléctrico inferior), utilizou-se a seguinte expressão:

$$\Delta\text{CustoTotal} = \text{CustoTotal}(\text{Semanal}) - \text{CustoTotal}(\text{Do min go}) \quad (3.3)$$

Todos os custos são representados em euros (€).

No ponto 4.2.3 será apresentada uma sugestão de melhoria de gestão de energia eléctrica em relação à linha de produção do peito de peru fumado, ou seja, colocar a produção deste produto entre sexta-feira e domingo, porque foi a que apresentou consumo eléctrico mais elevado no seu processamento, comparativamente com as outras linhas de produção estudadas. O custo associado a essa medida é apresentado na equação 3.4:

$$\text{CustoMelhoria} = \text{Custo}(\text{Semanal}) + \text{Custo}(\text{Sabado}) + \text{Custo}(\text{Do min go}) \quad (3.4)$$

Onde os custos correspondem ao custo de um dia total de produção de peito de peru fumado em euros (€). Para saber a poupança percentual entre a medida de gestão iniciada na equação 3.4 e o custo total de se produzir os 3 dias da linha de produção de peito de peru fumado durante a semana, recorreu-se à seguinte expressão:

$$\text{PoupançaCustoEnergético} = 100 - \left(\frac{\text{CustoMelhoria}}{\text{CustoTotal}(\text{Semanal})} \times 100 \right) \quad (3.5)$$

Em que *PoupançaCustoEnergético* representa a poupança percentual entre o custo total de produção de peito de peru fumado durante a semana e o custo total de produção de se produzir o mesmo produto entre sexta-feira e domingo (%).

Colocar em uma linha de produção em funcionamento durante o fim-de-semana tem custos laborais acrescidos em relação ao funcionamento semanal. No entanto, tal facto não foi tido em conta para os cálculos da presente dissertação, sendo uma possível análise a ter em consideração em estudos futuros.

3.6.3. Consumo eléctrico dos sistemas de ventilação

Foi utilizado o cálculo 3.1 para conhecer o consumo eléctrico associado aos sistemas de ventilação das câmaras exceptuando o facto de não existir um tempo definido para o processamento de uma linha, mas sim a definição de tempos de referência de funcionamento. Para tal teve-se em consideração a premissa de que os produtos apenas podem permanecer na Empresa 2/3 do PV de cada produto e a definição de tempos de referência médios de ocupação dos produtos nas câmaras de acondicionamento para as fases pré-produção, produção e pós-produção. A tabela 3.2 exemplifica as circunstâncias estabelecidas para este caso.

Tabela 3. 7 - Tempos de referência estabelecidos para as câmaras de armazenamento

		<i>Tempos de Referência de Ocupação Médio (horas)</i>			
Produtos	PV Produtos (dias)	Tempo de ocupação dos produtos nas fases de Pré-Produção e Produção	Tempo de ocupação dos produtos nas fases de Pós-Produção		
Noguets Frango Pré-Fritos	183	1	2 160	1 440	720
Cordon Bleu					
Escalopes Frango Panados					
Assados Coxa Frango					
Peito Peru Fumado	90		1 440	720	360
Fiambre Peito Frango					
Perna Peru Recheada	7		96	48	24
Salsicha Fresca Peru	6				

O tempo de referência estabelecido nas fases de pré-produção e produção foi escolhido com base em estimativas e tempos médios, visto os produtos não poderem permanecer muito tempo “parados” entre processos para não perderem qualidade. Permanecem o tempo necessário, não podendo ser períodos de intervalo muito elevados. Por outro lado, na fase de pós-produção (preparação de encomendas, expedição, etc.) teve-se em conta três períodos de referência com base na premissa de que os produtos não podem permanecer um período superior a 2/3 do período de prazo de validade após a sua produção, como mencionado anteriormente, por forma a estipular três tempos diferentes em que as câmaras estarão em funcionamento consoante os produtos estejam mais ou menos tempo em permanência nas câmaras de expedição. Os produtos congelados, como os noguetes e Cordon Bleu por exemplo, podem permanecer largos períodos nas câmaras de congelados, visto terem um prazo de validade 30 vezes superior ao da salsicha de peru, por exemplo, que precisa de ser expedido em intervalos de tempo inferiores.

Para um melhor entendimento posterior, definir-se-á os produtos entre congelados (PV de 183 dias), frescos (PV de 6 e 7 dias) e fumados (PV de 90 dias).

Considerou-se que o sistema de ventilação funciona a tempo contínuo, sendo no entanto importante notar que os sistemas de ventilação apenas são utilizados quando as portas estão abertas para manter a temperatura interna desejada, não sendo necessária a sua utilização quando as portas se mantêm fechadas.

Desta forma utilizou-se a equação 3.1 adaptada a esta situação, em que P_i representa a potência do sistema de ventilação de determinada câmara de armazenamento e t_i o tempo de funcionamento constante do sistema de ventilação, consoante o tempo de referência definido para a ocupação dos produtos. As câmaras de armazenamento consideradas foram as C7 e C17 para os produtos fumados, C7 para os produtos frescos, C6 e C16 para os produtos congelados.

3.6.4. Custo de aquisição da energia eléctrica associado aos sistemas de ventilação das câmaras de armazenamento

Apenas foi tido em conta o cálculo do custo da energia eléctrica nas câmaras pós-produção, porque esta fase pode possuir longos períodos de espera (ver tabela 3.7) e retenção dos produtos na câmara. Como tal, foi admitido que os sistemas de refrigeração e congelação das câmaras estejam em constante funcionamento para preservação dos produtos.

Para saber o custo inerente ao consumo eléctrico dos sistemas de ventilação das câmaras de armazenamento em fase pós-produção foi necessário definir a quantidade média de dias úteis e de fim-de-semana num mês, e iniciando a contagem no primeiro dia útil da semana. Para tal considerou-se que um mês possui em média 30 dias. Desta forma, foram tidos em conta 20 dias úteis, e 5 fins-de-semana, ou seja, 5 dias de Sábado e 5 dias de Domingo por mês, como pode ser observado na tabela 3.8.

Tabela 3. 8– Número de dias para os diferentes períodos mensais

<i>Período</i>	<i>Semanal</i>	<i>Sábados</i>	<i>Domingos</i>	<i>Total</i>
nº de dias	20	5	5	30

Como os tempos médios de referência definidos para as câmaras pós-produção não excedem os 3 meses (2 160 horas), os cálculos foram considerados para períodos de Inverno e Verão separadamente.

Para calcular o custo total foi utilizada a equação 3.2 tendo em conta os períodos de funcionamento dos sistemas de ventilação das câmaras estipulados na tabela 3.7.

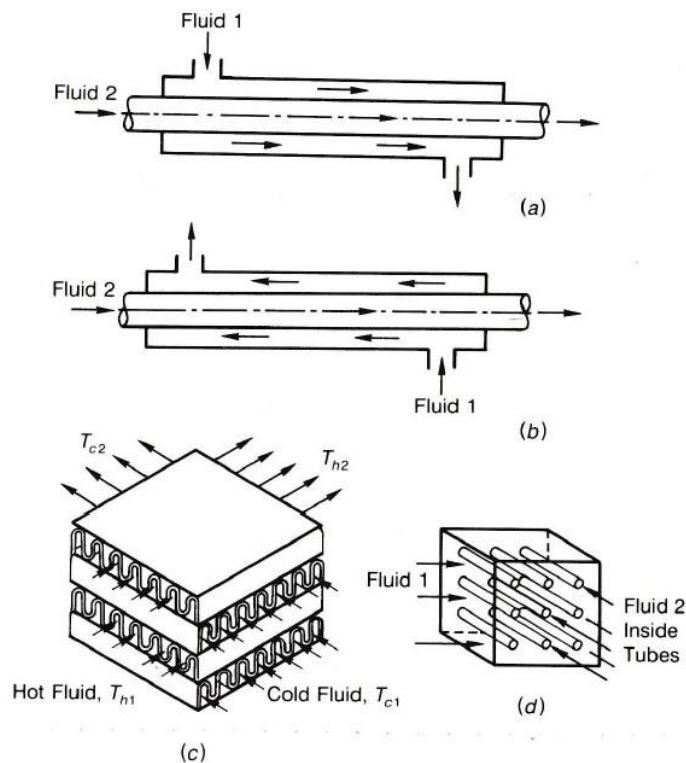
3.6.5. Cálculo da poupança energética através da implementação de permutadores de calor para reaproveitamento térmico

Pensou-se, e por sugestão da empresa, em utilizar algum método de reaproveitamento do calor contido nos gases de escape proveniente da combustão de fluidos nas caldeiras. Tendo em conta que as linhas de produção mencionadas anteriormente recorrem ao aquecimento de óleo de fritar (óleo de girassol), óleo térmico e água, considerou-se utilizar um sistema de permutação de calor para pré aquecer estes fluidos antes de serem aquecidos à temperatura desejada pelas caldeiras.

Um permutador de calor é um instrumento de transferência térmica de um fluido quente para um fluido frio. Normalmente esta troca é realizada por convecção entre o fluido quente e o material constituinte da separação física dos fluidos, o qual é depois transferido por condução entre esse material físico, e por último o fluido frio é aquecido por convecção através do calor proveniente da separação sólida (Kakaç, 1991).

Com este sistema pretendeu-se reduzir o esforço térmico das caldeiras e o consumo do combustível utilizado (gás natural). Para realizar uma análise de transferência de calor há que considerar se a

transferência de calor será estacionária (um ou mais fluidos imóveis), em fluxo contracorrente, equicorrente ou a fluxo cruzado. De seguida pode-se observar as diferenças entre os tipos de permutadores mencionados, sem que haja mistura dos fluidos.



Fonte: Kakaç (1991)

Figura 3.3 – Tipos de permutadores. (a) Equicorrente, (b) Contracorrente, (c) e (d) Fluxo cruzado

Para a presente análise pretende-se ter em consideração três factores: viabilidade energética de pré-aquecer o óleo de girassol usado nos processos de fritura, pré-aquecer a água utilizada no processo de fumagem dos produtos de charcutaria e/ou pré-aquecer o óleo térmico, usado para o aquecimento do óleo alimentar e da máquina da assar, antes de ser reaquecido pela caldeira. Para tal será utilizado o fluido dos gases de escape como agente permutador por forma a aproveitar o calor contido nos mesmos.

Para o estudo do pré aquecimento do óleo de girassol utilizado na cozinha industrial da Empresa, e da água utilizada em forma de vapor de água sobreaquecido para a fumagem dos produtos de charcutaria, será tido em conta a permutação de calor entre um depósito estanque onde serão armazenados os dois fluidos. A transferência de calor dar-se-á entre o repositório dos fluidos e o fluxo dos gases de escape. Desta forma deverá ser tido em conta que o tanque deve ser constituído por um material

bom condutor de energia térmica (por exemplo alumínio). A seguinte figura permite visualizar a ideia pretendida.

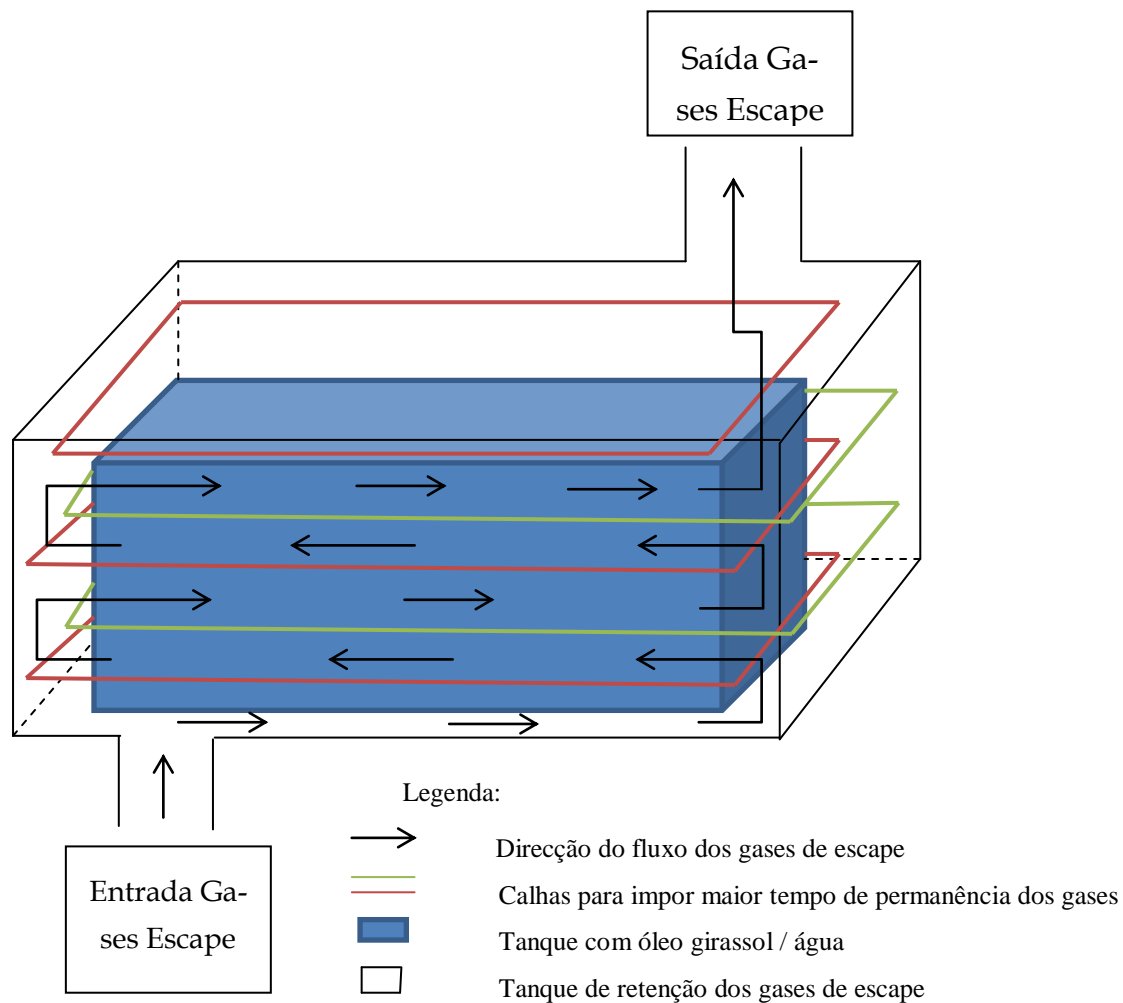


Figura 3. 4 - Permutador de calor entre os gases de escape a o óleo alimentar/água

Para se proceder à análise energética deste sistema há que tecer antes algumas considerações. Para otimizar a transferência de calor e minimizar as perdas de cargas e de calor, deverá ser considerado a colocação do repositório perto da casa das caldeiras, porque é uma zona com uma temperatura amena devido às próprias caldeiras e ao aquecimento dos fluidos que ocorre no seu interior, assim como das tubagens que transportam os fluidos. A casa das caldeiras também é caracterizada por ser encontrar perto da cozinha industrial e dos fumeiros, permitindo minimizar as perdas no transporte dos fluidos. O tanque exterior, por onde circulam os gases de escape, deverá ser revestido com material isolante, como por exemplo lã de vidro ou lã de rocha para minimizar as perdas de calor para o exterior.

Para permitir uma maior troca de calor, e garantir assim ao máximo o equilíbrio térmico, o fluido de escape deve ser mantido em contacto com o depósito do fluido que se pretende aquecer o máximo de tempo possível. Para tal devem ser utilizados obstáculos (calhas/anteparas) para obrigar os gases de escape a percorrer a maior distância possível (como sugerido na figura 3.4).

O óleo alimentar só é substituído quando atinge um valor de compostos polares de 24%, embora o limite legislado seja de 25%. Como tal, o óleo alimentar é substituído após cerca de 7-8 dias de processamento dos produtos pré-cozinhados, sendo no entanto necessário a reposição regular de pequenas quantidades de óleo devido ao óleo alimentar que fica retido nos produtos. Se o óleo for resposto a uma temperatura bastante superior não provocará um choque térmico com o óleo que está a ser utilizado no processo de fritura, pelo que não será necessário um gasto energético tão acentuado como aconteceria devido à elevada queda de temperatura do óleo caso a reposição fosse realizada com óleo a temperatura ambiente.

Segundo a lei zero da termodinâmica, quando existe um material mais quente que esteja em contacto com outro, estes tendem a arrefecer/aquecer até atingirem uma temperatura de equilíbrio térmica, caso estejam em contacto tempo suficiente para que tal aconteça (Çengel et al., 2001). A temperatura dos gases de escape registada pela observação do termómetro presente na tubagem dos mesmos foi cerca de 200°C.

Para obter a temperatura e equilíbrio térmico utilizou-se a seguinte equação:

$$T_{eq} = \frac{(T_q - T_f)}{2} \quad (3.6)$$

Em que T_{eq} representa a temperatura de equilíbrio entre os dois fluidos (°C), T_q a temperatura do fluido quente (°C) e T_f a temperatura do fluido frio (°C).

Para saber a quantidade de calor necessária para aquecer o óleo alimentar à temperatura pretendida, com e sem pré-aquecimento, assim como dos outros fluidos em estudo, recorreu-se à seguinte expressão adaptada de Kakaç (1991):

$$Q = m \times C_p \times (T_q - T_f) = V \times \rho \times C_p \times (T_q - T_f) \quad (3.7)$$

Sendo que Q representa o calor produzido para aquecimento (kJ), m a massa do corpo/fluido que se pretende aquecer (kg), V o volume do corpo/fluido que se pretende aquecer (dm^3), ρ a densidade relativa do corpo/fluido que se pretende aquecer (kg/dm^3), C_p o calor específico do corpo/fluido que se pretende aquecer ($\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$), T_q a temperatura a que se pretende aquecer o fluido (°C) e T_f a temperatura a que o fluido se encontra à entrada da caldeira (°C).

A tabela 3.9 apresenta os parâmetros necessários para o cálculo 3.4, o que permitirá conhecer a poupança em foram de calor ao se pré aquecer os fluidos.

Tabela 3. 9 - Parâmetros a conhecer para o cálculo da troca de calor entre fluidos

	<i>Parâmetros</i>		
	V (dm³)	ρ (kg/dm³)	Cp (kJ/kg.°C)
Água	1 200	1	4,23 ^[1]
Óleo Girassol	1 200	0,9205 ^[2]	2,197*10 ⁻³ ^[2]
Óleo Térmico	1 000	0,875 ^[3]	* ^[3]

*0,0079 kJ/(kg.°C) a 20°C / 0,0097 kJ/(kg.°C) a 160°C

Fontes: [1] Çengel et al. (2001), [2] Gunstone (2011), [3] Ficha técnica do óleo térmico (Empresa)

Segundo o Eurostat, o preço de compra do gás natural praticado em 2014 no 2º semestre em Portugal era de 13,17 €/GJ. Assim, é possível observar a diferença do custo da energia gerada pela caldeira de vapor com e sem pré-aquecimento da água.

Os volumes foram definidos relacionando o volume máximo de óleo alimentar que a fritadeira pode albergar. Para tal foi definido o volume do tanque da figura 3.4 como 1200 dm³. O volume do óleo térmico foi definido por facilidade de cálculo.

Por outro lado, estudou-se o pré aquecimento do óleo térmico sabendo que a caldeira que aquece o óleo térmico funciona com um circuito fechado, logo o caudal de óleo térmico é constante, não havendo troca de massa entre sistemas. Como tal pretendeu-se adoptar o estudo realizado anteriormente, mas utilizando um sistema de permutação equicorrente ou contracorrente entre os gases de escape e o óleo térmico. Assim, considerou-se o reaquecimento do óleo após já ter sido utilizado uma vez para aquecer o óleo alimentar ou a máquina de assar, e antes de voltar à caldeira.

Assumindo o mesmo conceito de equilíbrio térmico, sabe-se que o óleo térmico sai da caldeira a cerca de 220 °C para aquecer o óleo alimentar a cerca de 170 °C, por exemplo.

Primeiramente calculou-se a temperatura de saída do óleo térmico após o aquecimento do óleo alimentar através seguinte expressão:

$$Tf'(ÓleoTérmico) = Ts - \left(\frac{Tq - Tf}{2}\right) \quad (3.8)$$

Em que Tf' representa a temperatura de saída após aquecimento do óleo alimentar (°C), Ts a temperatura à saída da caldeira do óleo térmico (°C), Tq a temperatura a que se pretende aquecer o óleo de girassol (°C) e Tf a temperatura inicial a que se encontra o óleo de girassol (°C).

De seguida recorreu-se à equação 3.3 para calcular a temperatura de equilíbrio entre os gases de escape e o óleo térmico após aquecimento do óleo de girassol (sistema de permutação já utilizada pela Empresa para aquecer o óleo de girassol para fritura através do óleo térmico, que por sua vez é aquecido pela caldeira). Para saber a quantidade de calor reduzido para reaquecer o óleo térmico após a permuta de calor com os gases de escape foi utilizada a equação 3.4. O último passo consistiu em saber a potência do permutador, considerando estar convenientemente isolado e sem perdas de calor, através da seguinte equação:

$$q(\text{permutador}) = A \times U \times \Delta T_{\text{médio}} = Cm \times cp \times \Delta T(q) = Cm \times cp \times \Delta T(f) \quad (3.9)$$

Em que $q(\text{permutador})$ representa a potência do permutador utilizado (kW), A a área de permutação (m^2), U o coeficiente global de transmissão de calor ($kW/(m^2 \cdot ^\circ C)$) Cm o caudal mássico do fluido (kg/s), Cp o calor específico do corpo/fluido que se pretende aquecer ($kJ/kg \cdot ^\circ C$), ΔT a diferença de temperatura associado ao fluido (°C).

3.6.6. Custo de poupança da energia térmica associado aos permutadores de calor e de combustível consumido

Segundo o Eurostat, o preço de compra do gás natural praticado em 2014 no 2º semestre era de 13,17 €/GJ. Assim, é possível observar a diferença do custo da energia produzida com e sem pré-aquecimento dos fluidos através da seguinte equação.

$$Poupança = Custo - Custo' = (Q \times CGN) - (Q' \times CGN)' \quad (3.10)$$

Em que $Poupança$ retrata a diferença económica em se implementar um permutador de calor (€), Q a quantidade de calor produzido sem pré-aquecimento do fluido (GJ), Q' a quantidade de calor produzido com pré-aquecimento do fluido (GJ) e CGN o custo do gás natural (€/GJ).

Para conhecer a poupança energética percentual entre a metodologia com ou sem pré-aquecimento recorreu-se à seguinte relação:

$$PoupançaEnergética = 100 - \left(\frac{Q'}{Q} \times 100 \right) \quad (3.10)$$

Onde *PoupançaEnergética* explicita a quantidade reduzida de calor produzido em percentagem (%), *Q'* a quantidade de calor utilizada para aquecer o fluido após pré-aquecimento e *Q* a quantidade de calor utilizada para aquecer o fluido sem pré-aquecimento.

Para o cálculo da poupança energética não foi tido em conta o custo de investimento do sistema de permutação, apenas a diferença entre o custo da quantidade de calor produzida para aquecer os fluidos com e sem pré-aquecimento.

Para o cálculo de poupança de combustível utilizou-se a seguinte expressão:

$$Q_{caldeira} = V_{comb} \times PCI_{comb} \quad (3.11)$$

$$V_{comb} = \frac{Q_{caldeira}}{PCI_{comb}}$$

Em que *Vcomb* representa o volume de combustível necessário para produzir a quantidade de calor pretendida (m^3), *Qcaldeira* a quantidade de calor produzida no sistema com ou sem pré-aquecimento (kJ) e *PCIcomb* o Poder Calorífico Inferior (PCI) do combustível utilizado (kJ/m^3).

Para saber a poupança de combustível recorreu-se à seguinte equação:

$$PoupançaComb = V_{comb} - V_{comb}' \quad (3.12)$$

Em que *Vcomb* representa o volume de combustível necessário para produzir a quantidade de calor pretendida sem pré aquecimento (m^3), *Vcomb'* representa o volume de combustível necessário para produzir a quantidade de calor pretendida com pré aquecimento (m^3).

Tal como referido anteriormente, o combustível utilizado é o gás natural, o qual apresenta um valor de PCI de $38\,718\,kJ/m^3$ segundo a Energias de Portugal (EDP).

4. Análise e discussão de resultados

4.1. *Medidas de eficiência energética adoptadas pela Empresa*

Embora o estudo de optimização energética seja centrado sobre as linhas de fabrico mencionadas anteriormente, a Empresa já implementou algumas melhorias a nível geral que reduziram substancialmente os custos inerentes a desperdícios energéticos em cerca de 5 mil €/mês. Estas medidas foram as seguintes:

- Implementação de um sistema fotovoltaico de microprodução

Desta forma é possibilitada a produção de energia eléctrica, a partir de uma fonte renovável, para suplantarem o consumo energético da Empresa. Nos casos em que a produção seja superior ao consumo, esta é vendida à rede, possibilitando assim obter um ganho financeiro extra, e reduzir na compra de electricidade à entidade fornecedora. A produção descentralizada é considerada uma boa opção visto possuir baixos custos de obtenção da tecnologia, fornecer energia de qualidade, baixo nível de risco e períodos de produção curtos e locais (Hiremath et al., 2009).

- Substituição das lâmpadas do edifício por lâmpadas LED

As lâmpadas LED possuem um tempo de vida útil elevado, assim como um elevado factor de poupança energético (tabela 2.8 e 2.14 – CITEVE, 2012, e Galitsky et al., 2003). A desvantagem é serem normalmente mais onerosas que as tradicionais, no entanto este fato pode ser superado por encomendas em grande escala, tal como aconteceu no caso da Empresa.

- Reaproveitamento de energia térmica através de bombas de calor

A energia térmica em forma de calor perdida na refrigeração das arcas frigoríficas de armazenamento foi valorizada em aquecimento de ar condicionado e de água sanitária, permitindo um aproveitamento inteligente e aproveitando o que seriam perdas deste sistema em forma de calor (Çengel et al., 2001).

- Variadores de velocidades e chama modelante

Os geradores e caldeiras presentes na empresa são de nível industrial. Isto quer dizer que possuem potências muito elevadas (geradores de aproximadamente 200 kW e caldeiras entre os 1 e 2 MW) e são uns dos principais factores geradores de consumo energético. Para evitar que estes sejam usados a toda a sua potência, quando tal não é necessário, foram colocados variadores de velocidades nos geradores, bombas e chama modelante nas caldeiras. Desta forma a Empresa pode variar a potência de funcionamento destes instrumentos, para que apenas produzam consoante a necessidade, ou seja, se a carga industrial apenas estiver a solicitar 65% da capacidade dos geradores, então estes podem ser colocados a funcionar a 70% da sua potência total, evitando assim gastos energéticos supérfluos. Segundo Almeida et al. (2005) os variadores de velocidades são o sistema tecnológico de motores com maior potencial em poupança energética, permitindo ainda um melhor controlo de processo, menor desgaste nos equipamentos mecânicos, menor ruído acústico e poupanças energéticas significativas (ver capítulo 2.5).

- Banco de Condensadores

A energia reactiva numa instalação industrial, se não for reduzida, é um dos principais prejuízos financeiros associado à energia eléctrica em empresas. Para haver compensação do factor de potência foram instalados condensadores em paralelo com a carga. Desta forma é possível reduzir o seu valor através da produção de energia reactiva capacitiva e evitar as taxas pesadas associadas aos escalões da energia reactiva indutiva (Grebe, 1996). Pode-se observar o factor multiplicativo desses escalões na seguinte figura:

	Descrição	Fator multiplicativo
Escalão 1	Para $0,3 \leq \text{tg } \varphi < 0,4$	0,33 (a partir de 1.1.2012)
Escalão 2	Para $0,4 \leq \text{tg } \varphi < 0,5$	1,00
Escalão 3	Para $\text{tg } \varphi \geq 0,5$	3,00

Fonte: EDP, 2015

Figura 4. 1– Factores por escalão de facturação de energia reactiva indutiva

Desta forma, é possível observar que o factor de análise ($\text{tg}\phi$) deve ser inferior a 0,3 para diminuir os custos da energia reactiva.

4.2. Sugestões de melhoria de eficiência energética

4.2.1. Consumos energéticos das linhas de produção

Com a informação apresentada em 4.2.1, e das restantes tabelas em Anexo I sobre o mesmo assunto, e tendo definido a quantidade inicial a processar no ponto 3.5.1, determinou-se os consumos energéticos associados às potências activas das máquinas industriais utilizadas, e do sistema de ventilação do túnel e câmara de congelação da cozinha industrial (rotorfreezer 2), encontrando-se os valores na tabela I.8 em Anexo I, através da equação 3.1, podendo ser observadas na figura 4.2. Para uma maior facilidade de entendimento, e tendo em conta que as massas iniciais de referência estabelecidas variam entre as diferentes linhas de produção, decidiu-se definir que o consumo energético calculado corresponde a uma unidade de produção.

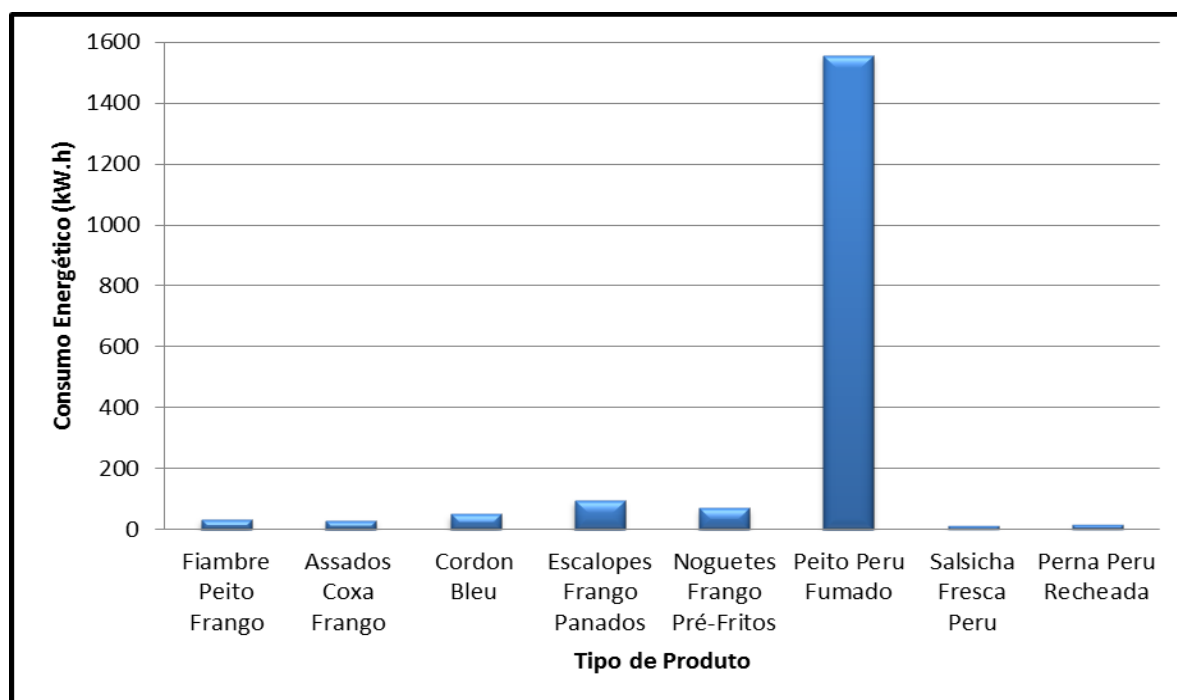


Figura 4. 2 – Energia consumida nas linhas de produção em estudo

Como se pode observar, os valores normais de consumo das máquinas variam entre os 10 e 100 kW.h. No entanto o peito de peru fumado apresenta o valor de consumo mais elevado, porque a sua linha de produção corresponde a um período mais longo que a dos outros produtos para processar quantidades de massa iniciais semelhantes. Esta ocorrência deve-se ao facto de este produto necessitar de um período de maturação, sendo que a fase de fumagem e cura do produto demoram em con-

junto 3 dias (72h) de processamento. Na figura 4.4 pode-se observar as diferenças entre os tempos de produção das massas iniciais consideradas para os produtos em estudo:

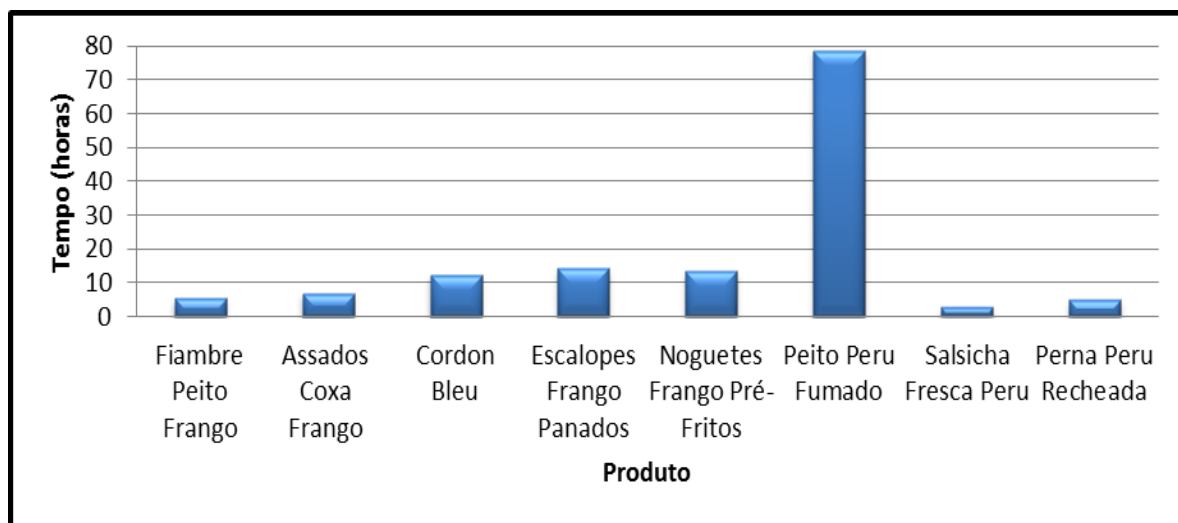


Figura 4. 3 – Tempo necessário para processar a massa inicial de referência

Tal como foi mencionado anteriormente, o tempo que se demora a produzir peito de peru fumado é cerca de 8 ou 9 vezes superior aos outros, perfazendo quase 80 horas de produção.

4.2.2. Consumo eléctrico das câmaras de armazenamento nas fases de pré-produção, produção e pós-produção

Tendo definido três períodos de referência de ocupação dos produtos nas câmaras nas três fases de produção (ver subcapítulo 3.5.3), proceder-se-á à observação do consumo das diferentes câmaras durante a sua ocupação, considerando que estes estão sempre em funcionamento. Os valores de consumo energético das câmaras podem ser observados na tabela 4.2. De notar, no entanto que os sistemas de ventilação apenas são utilizados quando as portas estão abertas para manter a temperatura interna desejada, não sendo necessária a sua utilização quando as portas se mantêm fechadas.

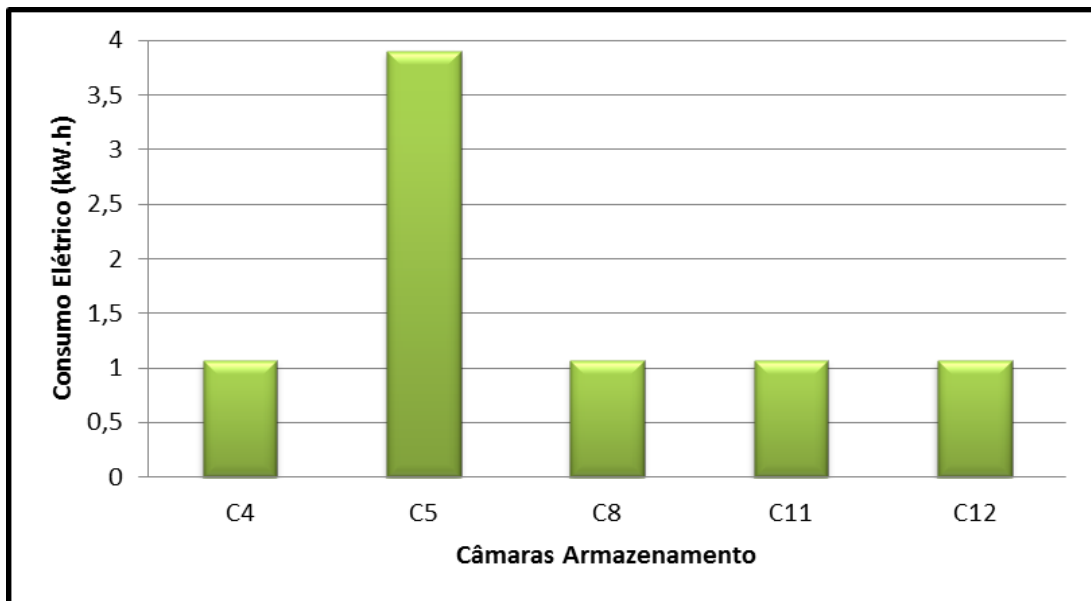


Figura 4. 4 – Energia consumida pelas câmaras nas fases de pré-produção e produção

Na fase de pré-produção e produção pode-se observar que a câmara C5 apresenta um valor mais elevado de consumo visto apresentar uma potência eléctrica do sistema de ventilação superior (3,9 kW) às outras câmaras (1,065 kW). Previsivelmente, quanto mais tempo os produtos permanecerem nas câmaras maior será o consumo energético associado à sua produção. De seguida analisar-se-á os consumos da fase pós-produção.

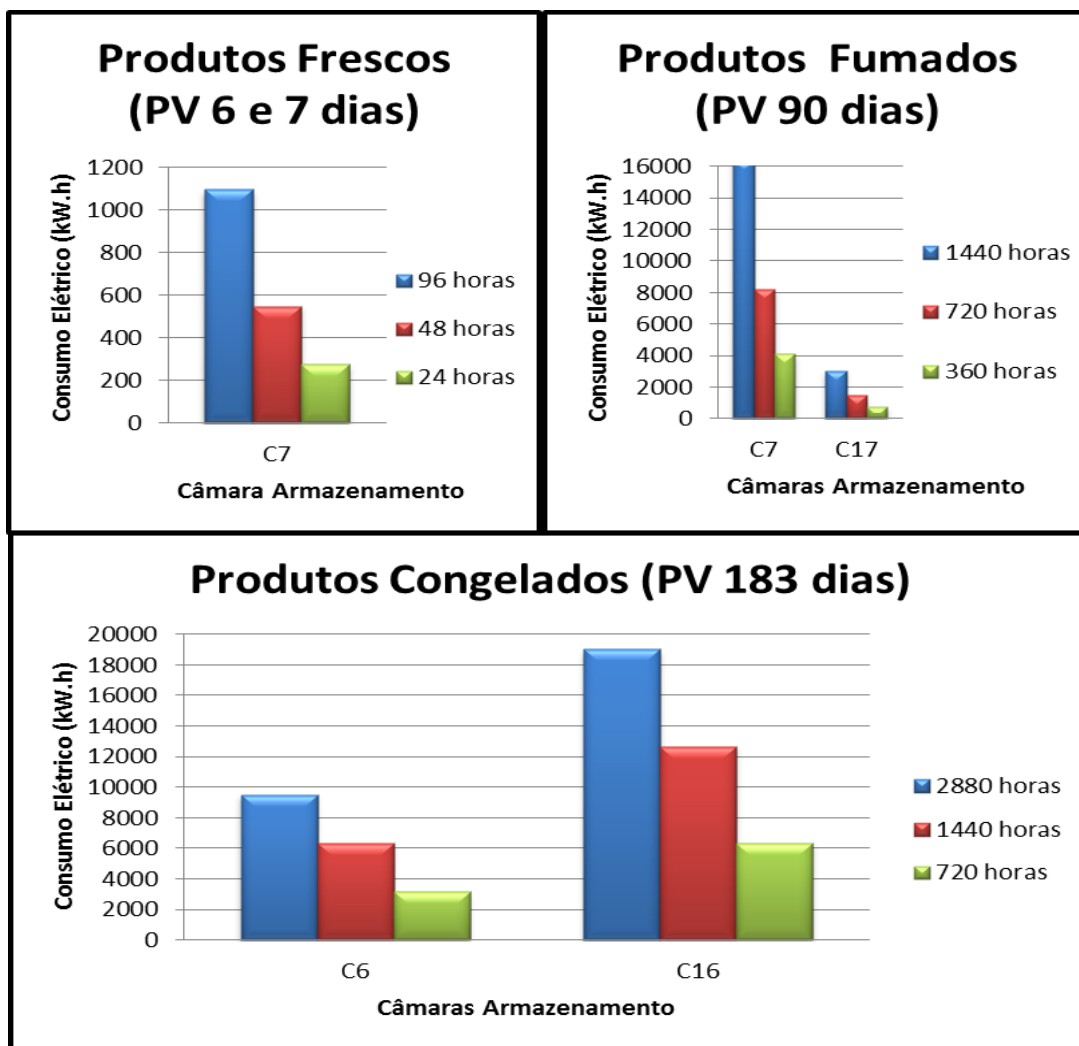


Figura 4. 5 – Energia consumida pelas câmaras nas fases de pós-produção

Na fase de pós-produção pode-se observar que existe um maior consumo nas arcas de armazenamento dos produtos congelados. Tanto por poderem permanecer armazenados durante um maior período de tempo, como pelo fato de terem de ser armazenados a uma temperatura muito mais baixa (cerca de 20 graus negativos), pelo que exigem também um maior esforço a nível de consumo térmico e eléctrico.

4.2.3. Custo associado ao consumo eléctrico das linhas de produção

Analisando os tempos de funcionamento das máquinas durante os dois períodos sazonais, e durante os períodos semanais, pode-se retirar algumas conclusões sobre a poupança em se utilizar o seu funcionamento durante os períodos de vazio e super vazio, preferencialmente. Como referido em 3.5.2

decidiu-se considerar o início de funcionamento laboral às 7:00 e terminando consoante o tempo total de processamento de cada produto. A tabela 4.1 demonstra a análise efectuada para os custos associados à energia eléctrica das linhas de produção (valores obtidos através da equação 3.2).

Tabela 4. 1 – Custos das linhas de produção em estudo associados ao consumo eléctrico

<i>Produtos</i>	<i>Inverno</i>			<i>Verão</i>		
	Semanal	Sábado	Domingo	Semanal	Sábado	Domingo
	Custo	Custo	Custo	Custo	Custo	Custo
	Total (€)	Total (€)	Total (€)	Total (€)	Total (€)	Total (€)
Fiambre Peito Frango	5,06	3,22	2,64	5,07	3,34	2,77
Assados Coxa Frango	3,57	2,59	2,29	3,03	3,01	2,41
Cordon Bleu	6,34	4,79	3,90	6,52	5,07	4,1
Escalopes Frango Panados	11,16	8,11	7,31	11,39	8,76	7,68
Noguets Frango Pré-Fritos	8,17	6,23	5,30	8,3	6,46	5,57
Peito Peru Fumado	161,67	129,78	114,22	161,33	134,52	120,72
Salsicha Fresca Peru	2,25	1,64	1,37	2,32	1,76	1,44
Perna Peru Recheada	1,75	1,66	1,49	1,83	1,83	1,57

Esquemáticamente é possível observar esta variação na figura 4.6.

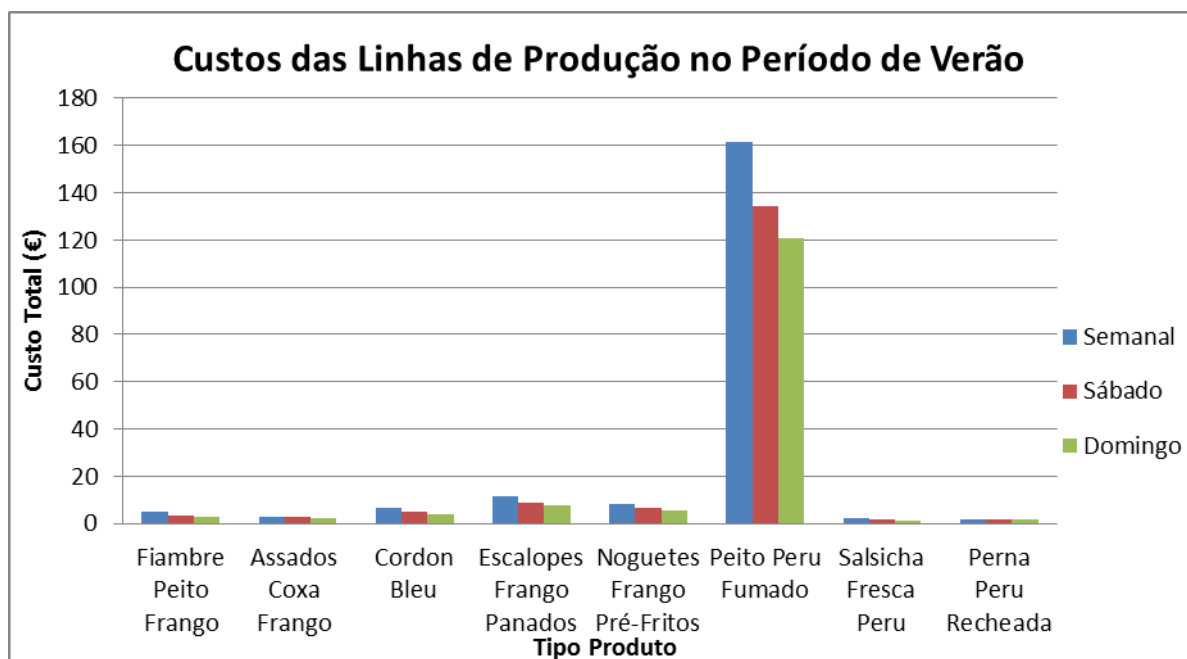
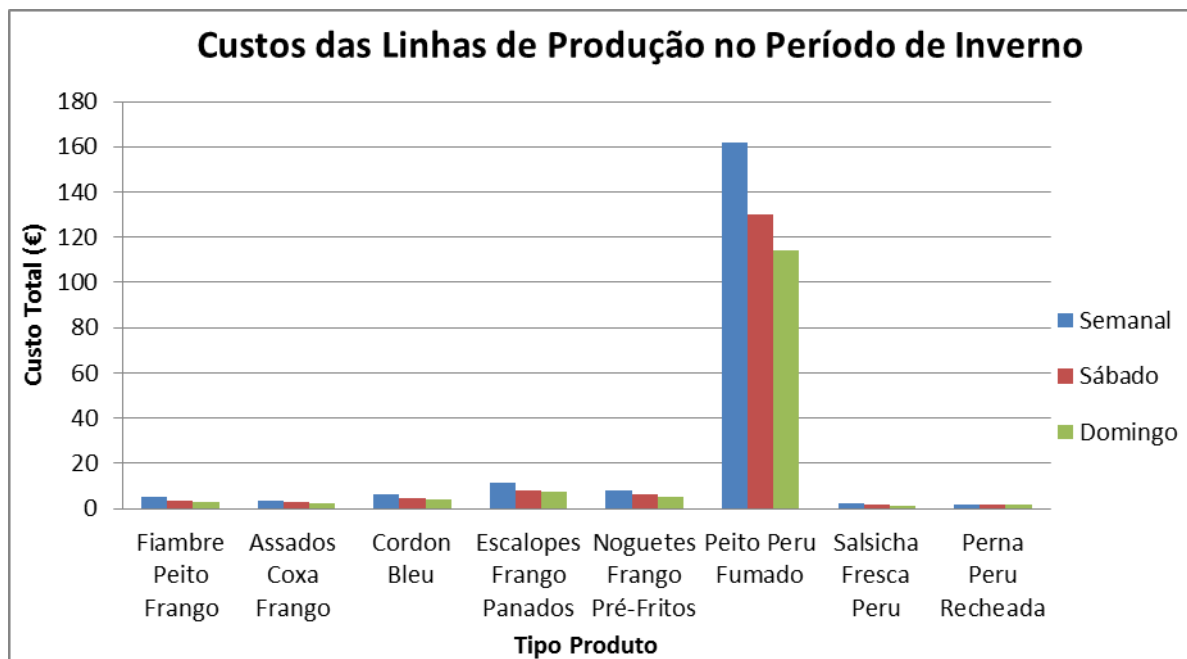


Figura 4. 6 – Custos totais das linhas de produção em estudo associados ao consumo eléctrico no período de Inverno e Verão

Inerente ao tempo de produção, o custo de produção mais elevado pertence à linha de produção do peito de peru fumado, que apresenta valores comparativamente maiores aos outros tipos de produtos que apresentam valores semelhantes entre eles a rondar valores entre os 1 e 10 euros.

A época semanal que apresenta valores mais reduzidos de custos é durante os Domingos, porque este período apresenta as tarifas mais baixas, associadas a períodos de vazio (20 horas) e super vazio (4 horas). Por outro lado os períodos que apresentam alturas de tempo de cheia e ponta terão associados valores de custo de produção mais elevados, como é o caso dos dias úteis da semana.

Entre estas considerações existe uma redução muito significativa se for possível substituir a produção semanal para produção de domingo. No caso de peito fumado, visto ser o produto com consumo energético mais elevado, durante o regime de Inverno, seria uma redução de (utilizando a equação 3.3):

$$\Delta\text{CustoTotal} = \text{CustoTotal}(\text{Semanal}) - \text{CustoTotal}(\text{Domingo}) = 161,67 - 114,22 = 47,45\text{€}$$

No entanto, como o período de produção do peito de peru fumado é superior a 3 dias, deverá ser considerado efectuar este processo de sexta-feira a domingo, por exemplo, por forma a minimizar os custos. A poupança de custo desta medida, obtida através da equação 3.4, é de:

$$\text{CustoMelhoria} = \frac{161,67}{3} + \frac{129,67}{3} + \frac{114,22}{3} = 135,2\text{€} / \text{kW.h}$$

Ou seja, a poupança percentual obtida em relação a se colocar em funcionamento a linha de produção do peito de peru fumado apenas durante a semana é de (equação 3.5):

$$\text{PoupançaCustoEnergético} = 100 - \left(\frac{135,2}{161,67} \times 100 \right) = 100 - 84 = 16\%$$

Este valor encontra-se em consonância com a bibliografia estudada de Galitsky et al. (2009) e do CITEVE (2013), pois em ambos se observou um aumento de poupança na ordem dos 5-10% e um máximo de 2,87%, respectivamente, nas medidas de gestão energética industrial. Outro estudo de Alcázar-Ortega et al. (2012) concluiu que a flexibilidade dos períodos de produção no sector da indústria de carnes permite reduzir os picos de consumo de energia eléctrica até 50% sem comprometer a qualidade dos produtos e obter poupanças económicas e ambientais de 5% em relação ao custo total anual de energia eléctrica.

4.2.4. Custo associado às câmaras de armazenamento na fase de pós-produção

As figuras seguintes demonstram as diferenças de custos entre ter as câmaras da fase pós-produção a trabalhar nos períodos estabelecidos anteriormente (ver tabela 3.4), para os produtos congelados,

frescos e fumados, encontrando-se os valores dos cálculos intermédios nas tabelas I.9 e I.10 em Anexo I.

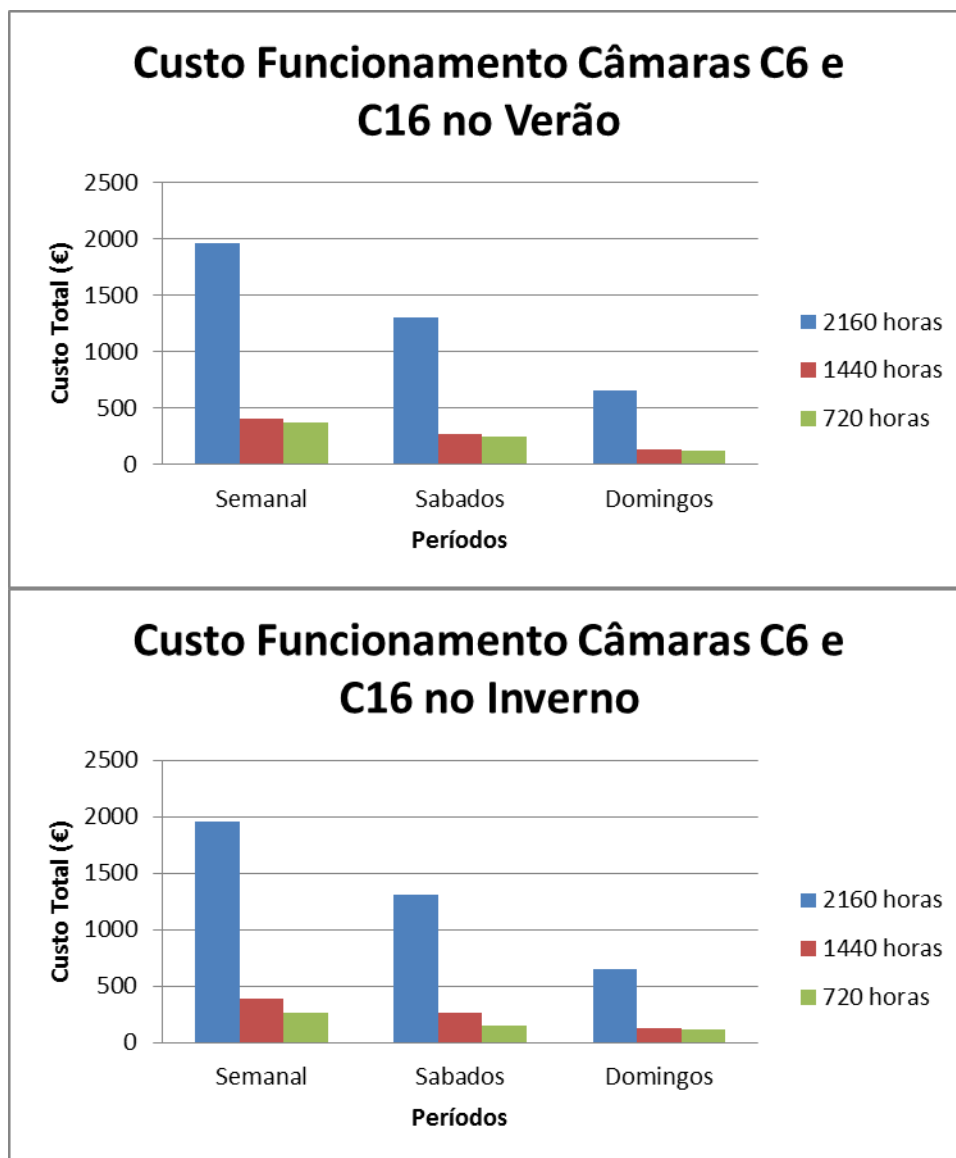


Figura 4. 7 – Custo associado ao trabalho das câmaras de armazenamento dos produtos congelados

O período onde se observa menor custo de funcionamento é durante os Domingos, porque é aquele que apenas apresenta alturas de vazio e super vazio, tal como mencionado anteriormente, tendo desta forma associados valores de tarifas mais baixos. Por outro lado, o funcionamento semanal das câmaras, na totalidade, apresenta um valor financeiro de quase 2 000 € durante 3 meses (2 160 horas), ou seja, para o período que foi definido como sendo o mais longo.

As diferenças entre a época de Verão e Inverno são muito reduzidas, quase desprezáveis.

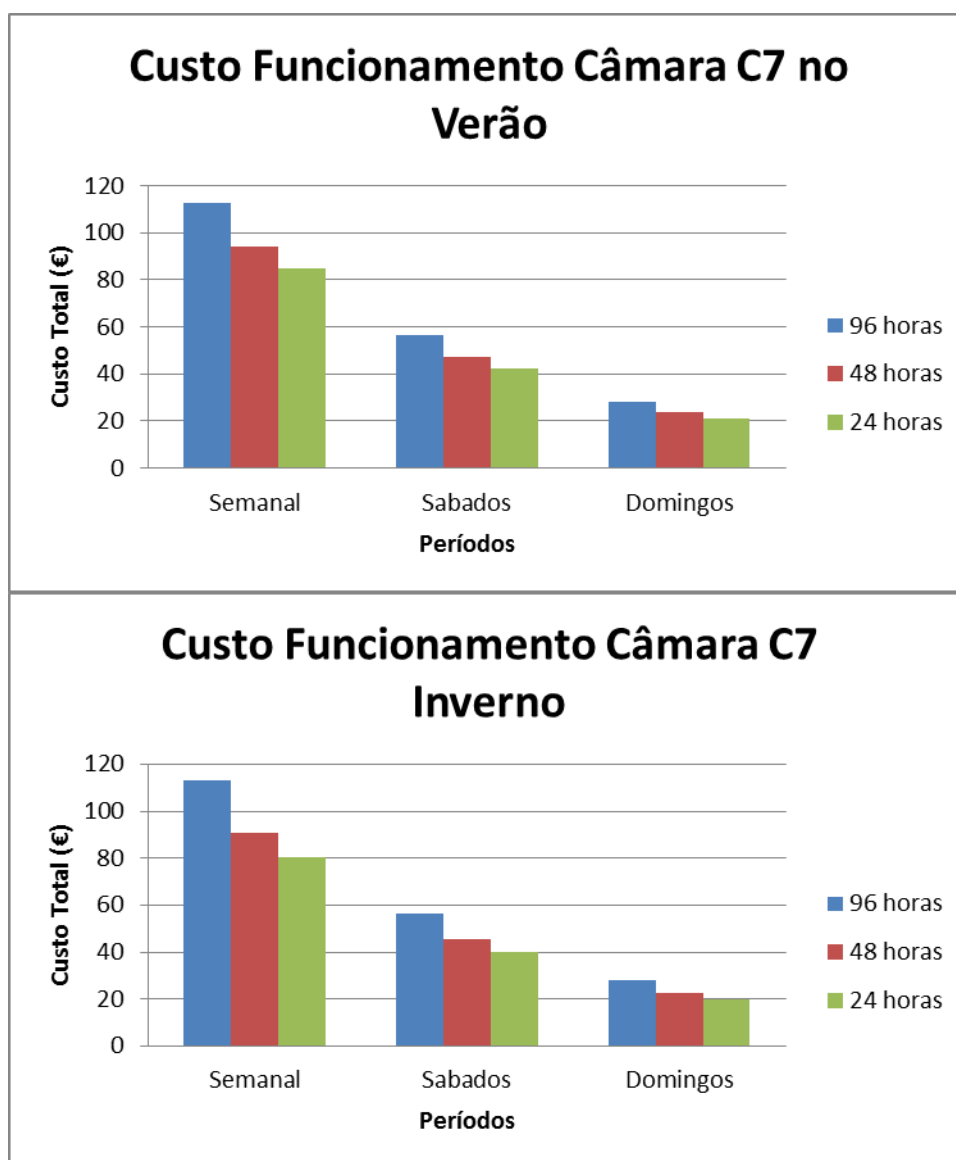


Figura 4. 8 – Custo associado ao trabalho das câmaras de armazenamento dos produtos frescos

Novamente, e como esperado, o período onde se observa menor custo de funcionamento é durante os Domingos. O funcionamento semanal das câmaras, na totalidade, apresenta um valor financeiro de quase 120 € durante 4 dias (96 horas), sendo este o valor financeiramente mais elevado.

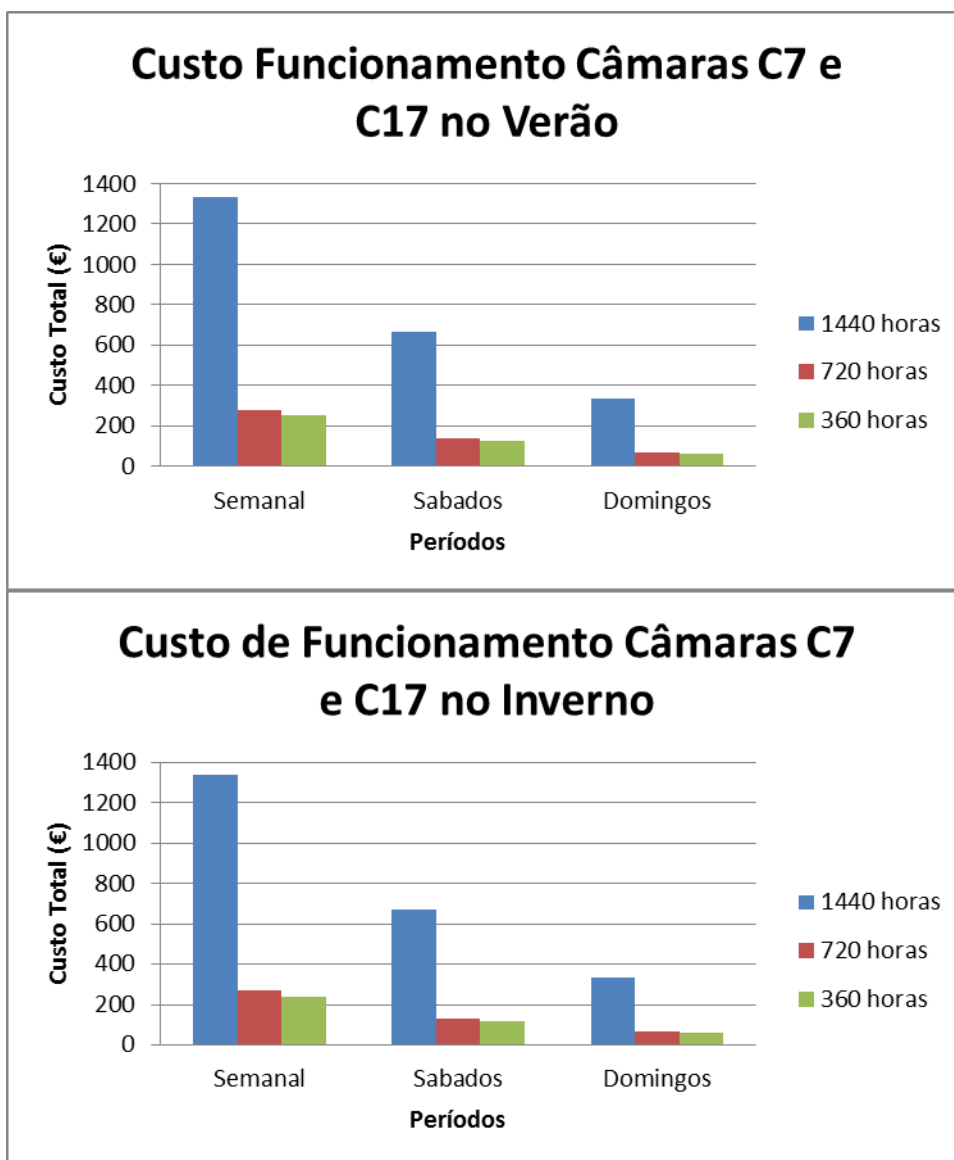


Figura 4. 9 – Custo associado ao trabalho das câmaras de armazenamento dos produtos fumados

O comportamento do custo no caso do funcionamento das câmaras dos produtos fumados é semelhante ao dos outros produtos, verificando-se as mesmas conclusões. Novamente, o custo durante o período de Inverno e Verão é muito aproximado.

4.2.5. Redução na quantidade de calor produzida, custo associado e quantidade de combustível consumido, com e sem a implementação de um sistema de permutação de calor

Como explicado no capítulo de metodologias, foram calculadas as temperaturas de balanço térmico (T_f), e registou-se as diferentes temperaturas dos três fluidos estudados na tabela 4.2.

Tabela 4. 2 – Temperaturas utilizadas para o cálculo do calor produzido para aquecimento.

<i>Tipo Fluido</i>	<i>Temperatura Fluidos</i>		
	Tq (°C)	Tf (°C)	Tf' (°C)
Água	400	20	110
Óleo Girassol	170	20	110
Óleo Térmico	220	20	145

Tq – temperatura a que se pretende aquecer o fluido; Tf – considerada a temperatura ambiente de 20°C, a qual os fluidos se encontram antes de serem aquecidos; Tf' – temperatura obtida a partir do balanço térmico entre os fluidos e a temperatura dos gases de escape.

Os resultados obtidos a partir da metodologia indicada nos subcapítulos 3.5.5 e 3.5.6 podem ser observados resumidamente na tabela 4.3, a qual demonstra os valores de calor produzidos pela caldeira para aquecer os fluidos às temperaturas desejadas com e sem pré aquecimento, assim como os valores de redução de custo e combustível associado.

Tabela 4. 3 – Valores de calor produzido com ou sem implementação do permutador de calor e respectiva redução de custos e de combustível.

	<i>Sem pré aquecimento</i>		<i>Com pré aquecimento</i>		<i>Redução/aplicação</i>				
	Q (kJ)	Q (kW.h)	Q (kJ)	Q (kW.h)	Q (kJ)	Q (kW.h)	Q (%)	Custo (€)	Combustível (m ³)
Água	1 928 880	536	1 472 040	409	456 840	127	24	6	11,8
Óleo Alimentar	364	0,1	146	0,04	218	0,06	60	0,01	0,006
Óleo Térmico	1 382,5	0,38	636,6	0,18	745,9	0,2	54	0,01	0,02

A maior redução de custo energético obtém-se quando se pretende pré-aquecer a água, tendo uma redução de 6 €/GJ de energia gasta e um volume de gás natural de 11,8 m³. Estes valores representam um nível de poupança consideravelmente maior em comparação com os dois óleos. Esta é, economicamente, a opção mais viável de se considerar implementar tendo em conta os resultados obtidos. No entanto, observa-se uma maior redução do consumo energético percentual ao se pré-aquecer o óleo alimentar (60%), enquanto o óleo térmico e a água apenas apresentam uma redução energética percentual de, respectivamente, 54% e 24%.

Estes valores encontram-se em concordância com as conclusões presentes nas referências mencionadas, tendo em conta que Galitsky et al. (2009) apresentou poupanças energéticas entre 20-90% através da implementação de recuperadores de calor. Por outro lado, o estudo de CITEVE (2013) apresentou valores de poupança energética de 1,34% para esta mesma tecnologia, o qual é muito inferior ao apresentado por Galitsky et al. (2009) e aos obtidos na tabela 4.3.

5. Conclusões e considerações

A presente dissertação demonstrou as vantagens em adoptar medidas de eficiência energética.

Conclui-se que a melhor maneira de se reduzir custos eléctricos é em colocar as linhas de produção que mais energia consomem (e.g. peito de peru fumado) para os períodos nocturnos e/ou períodos de fim-de-semana, tendo assim associadas tarifas de consumo de potência activa de valor inferior. Se possível, e pela mesma razão, as linhas de produção, ou outro recurso tecnológico, que não opere em funcionamento contínuo ou que opere pontualmente deve ser colocado em funcionamento durante o horário nocturno. No caso do estudo em questão, obteve-se uma redução de custo no consumo eléctrico de 16% ao se colocar em funcionamento a linha de produção do peito de peru fumado entre sexta-feira e domingo.

Os custos inerentes ao funcionamento das câmaras de armazenamento não são evitáveis. No entanto, é possível otimizar-se o seu funcionamento ao manter fechadas as portas de acesso, algo que já é realizado na empresa dentro das possibilidades de um normal funcionamento. Melhorar o processo de acção das câmaras, e o seu processo de refrigeração, retirando por exemplo a camada de gelo formada quando atingir uma espessura considerável, permite demonstrar uma preocupação consciente dos gastos energéticos na empresa e da sua acção no meio envolvente.

Existem várias medidas de optimização energética possíveis de serem consideradas e tomadas, tendo sido enumeradas algumas delas na presente dissertação.

O estudo de pré-aquecimento do óleo alimentar, óleo térmico e água (utilizada no processo de fuma-gem) permitiu obter algumas conclusões satisfatórias. Utilizar o calor dos gases de escape permite reduzir a quantidade de calor necessária para aquecer os fluidos à temperatura desejada. Permite também exigir um menor esforço das caldeiras, e consequentemente um menor gasto de combustível e custo energético. O caso onde se observou maior poupança económica e de combustível foi no pré-aquecimento da água (6€ e 11,8 m³ de combustível consumido). Por outro lado demonstrou-se que a maior redução energética foi obtida no pré-aquecimento do óleo de girassol (60%), tendo no entanto apresentado valores de poupança económica e de combustível muito reduzidos (0,01€ e 0,006 m³, respectivamente).

Estes casos de estudo foram considerados, porque:

- Não têm associados custos elevados de operação e manutenção;
- Não são necessários gastos onerosos na construção dos permutadores;

- Exequibilidade satisfatória da estrutura;
- Redução de custos energéticos;
- Preocupação por melhorar activamente e continuamente;
- Uso inteligente de aproveitamento da energia de um produto efluente normalmente desperdiçado;

É necessário considerar algumas eventualidades resultantes desta medida:

- Dificuldade em repor o óleo alimentar na fritadeira, visto este se encontrar a temperaturas muito elevadas (perigo de queimaduras) – considerar o uso de isolantes térmicos nos caldeiros e um elevador para repor o óleo na fritadeira. Utilizar uma mangueira/torneira para retirar o óleo do tanque de armazenamento.
- Alteração das características físico-químicas do óleo alimentar quando colocado a temperaturas elevadas – possibilidade da viscosidade do óleo aumentar, tornando-se rançoso.
- Para evitar subprodutos do aquecimento da água e do óleo de girassol (por exemplo gases indesejados que diminuem a sua qualidade) aconselha-se a perfazer o volume total do tanque com o fluido que se pretende aquecer.
- Alteração das características físico-químicas da água quando colocada a temperaturas elevadas, e possibilidade de gerar proliferação de bactérias prejudiciais à saúde, como por exemplo *Legionella spp.*

6. Sugestões de estudos futuros

Sugerem-se algumas considerações futuras de medidas a tomar para melhorar o aproveitamento energético na empresa. Em primeiro lugar deverão ser consideradas políticas energéticas, adoptando medidas de gestão energética sustentáveis. Devem ser asseguradas medidas de monitorização e manutenção dos recursos tecnológicos que recorram a fontes de energia primária para o seu funcionamento. Se for economicamente viável deverá ser considerado a substituição das tecnologias já existentes por outras mais eficientes, caso exista. Resumidamente, e com base no capítulo 2.5, sugere-se a implementação das seguintes medidas, consideradas como sendo as mais adequadas à instalação estudada:

- Políticas de programas de gestão de energia;
- Estudo de implementação de um sistema de CHP através da implementação de uma turbina para produção de electricidade, em conjunto com a caldeira a vapor (cogeração);
- Substituição de instrumentos eléctricos (e.g. bombas, máquinas, motores) utilizados por outros mais eficientes, caso existam e sejam economicamente viáveis;
- Assegurar a monitorização e O&M dos sistemas eléctricos e térmicos com periodicidade regular, permitindo a reparação de fugas e outras anomalias;
- Estudo do dimensionamento correto dos sistemas eléctricos e térmicos (e.g. motores, caldeiras, tubagens, entre outros) ajustados às necessidades da empresa, assim como dos meios de distribuição de fluidos;
- Isolamento adequado dos sistemas energéticos por forma a minimizar as perdas associadas;
- Optimizar a mistura estequiométrica das caldeiras entre o combustível e o ar, e adoptar medidas de monitorização regulares de controlo de chama e da mistura no interior;
- Estudo de implementação de sistemas energéticos a partir de energias renováveis.
- Estudo de implementação de sistemas de permutação de calor em paralelo e/ou em série para pré-aquecimento dos fluidos utilizados pela empresa nos sectores de cozinha.

7. Referências

- Alcázar-Ortega M., Carlos A., Guillermo E., e Alexander D. 2012. Evaluation and assessment of demand response potential applied to the meat industry. *Applied Energy*. 92, 84-91.
- Almeida A., Fernando F., e Dick B. 2005. Technical and economical considerations in the application of variable-speed drives with electric motor systems. *IEEE transactions on industry applications*, 41, 188-199
- Azevedo P. 2013. Uma análise dos efeitos da crise económico-financeira sobre as políticas de incentivo às energias renováveis. Porto.
- Belcher, J. 2006. Industrial packaging developments for the global meat market. *Meat Science*, 74, 143-148.
- Bravo, P. 2013. Análise custo-benefício de medidas de eficiência energética na FCT/UNL. FCT-UNL.
- Cardello, A. 1995. Food quality: relativity, context and consumer expectations. *Food Quality and Preference* 6. 163-170.
- CE. 2009. Reference document on best available techniques for energy efficiency. CE.
- Çengel, Y., Michael B. 2001. *Termodinâmica*. McGraw-Hill. 6, 266-269. ISBN: 972-773-097-3
- CITEVE. 2012. Plano setorial de melhoria da eficiência energética em PME - sector agroalimentar. IAPMEI. ISBN: 978-989-8644-05-3.
- COMPETE. 18 de Agosto de 2015. <http://www.pofc.qren.pt/concursos/concursos-fechados/entity/aviso-para-apresentacao-de-candidaturas-no-17si2011>.
- EDP. 23 de Junho 2015. <http://www.edpgasdistribuicao.pt/index.php?id=484>
- EDP. 23 de Junho 2015. <https://www.edp.pt/pt/empresas/informacoesuteis/Pages/novasRegrasEnergiaReativa.aspx>
- ERSE. 24 de Junho de 2015. <http://www.edpsu.pt/pt/tarifasehorarios/Pages/TarifaMT.aspx>
- Eurostat. 21 de Junho 2015. Primary energy consumption. <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&pcode=tsdcc120&language=en>
- Eurostat. 21 de Junho de 2015. Final energy consumption by sector. <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&pcode=tsdpc320&language=en>
- Eurostat. 3 Julho de 2015. Natural gas prices for industrial consumers. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Natural_gas_share_of_taxes_and_levies_paid_by_industrial_consumers_2014s2.png
- Galitsky, C., Ernst W., and Michael R. 2003. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the corn wet milling industry. LBNL-52307, U.S. Environmental Protection Agency.
- Goldemberg, J. 2004. *The Case for Renewable Energies*. Secretariat of the International Conference for Renewable Energies. Bonn.

- Gómez-Expósito, A., António C., and Claudio C. 2009. *Electric Energy Systems – Analysis and Operation*. Taylor and Francis Group. ISBN: 978-0-8493-7365-7
- Grebe T. 1996. Application of distribution system capacitor banks and their impact in power quality. *IEEE transaction on industry applications*. 32, 714-719.
- Grunert, K., 2005. Food quality and safety: consumer perception and demand. *Agricultural Economics*. 32, 369-391.
- Gunstone, F. 2011. *Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses*. John Wiley & Sons. 150. ISBN: 978-1-4443-3268-1.
- Hansen, E., D. Juncher, P. Henckel, A. Karlsson, G. Bertelsen, and L. Skibsted. 2004. Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. *Meat Science*, 68, 479-484.
- Hiremath, R., Bimlesh K., P. Balachandra, N Ravindranath, e B. Raghunandan. 2009. Decentralised renewable energy: Scope, relevance and applications in the Indian context. *Energy for Sustainable Development*. 13, 4-10.
- INE. 2014. *Estatísticas da produção industrial 2013*. INE, I.P. ISSN 0872-9298. ISBN 978-989-25-0282-3.
- INE. 2014. *Estatísticas do comércio 2013*. INE, I.P. ISSN 2182-0147. ISBN 978-989-25-0286-1.
- International Electrotechnical Commission. 26 de Julho de 2015. <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=113-03-45>
- Kakaç, S. 1991. *Boilers, evaporators, and condensers*. John Wiley & Sons. 9-14. ISBN: 0-471-62170-6.
- Krewitt, W., Corinna K., Wina G., and Nikolaus S. 2009. Role and potential of renewable energy and energy efficiency for global energy supply. Federal Environment Agency. ISSN 1862-4359
- Llave, Y., A. Suzuki, M. Fukuoka, E. Umiuchi, and N. Sakai. 2015. Migration of smoke components into pork loin ham during processing. *Journal of Food Engineering*. 166, 221-228.
- Ozisik, M. 1993. *Heat Conduction*. John Wiley and Sons. ISBN: 0-471-53256-8.
- PNAEE 2016 – Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética 2016. 2013. *Diário da República*, 1ª série - nº 70.
- PNAER 2020 – Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis 2020. 2013. *Diário da República*, 1ª série - nº 70.
- Ramírez, C., K Blok, M. Neelis, and M. Patel. 2005. Adding apples and oranges: The monitoring of energy efficiency in the Dutch food industry. *Energy Policy* 34. 1720-1735.
- Ramírez, C., M. Patel, and K. Blok. 2004. 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. *Energy* 31. 2047-2063.
- Thirumaleshwar, M. 2006. *Fundamentals of heat and mass transfer*. Dorling Kindersley. ISBN: 978-81-7758-519-3
- US Energy Information Administration. 26 Julho 2015. <http://www.eia.gov/tools/glossary/index.cfm?id=E>
- Worrel, E., J. Laitner, M. Ruth, and H. Finamn. 2001. Productivity benefits of industrial energy efficiency measures. Lawrence Berkeley National Laboratory,
- Zhou, G., X. Xu, and Y. Liu. 2010. Preservation technologies for fresh meat. *Meat Science* 86. 119-128.

Anexo I

Tabela I. 1 – Dados recolhidos para a linha de produção da salsicha fresca de peru

<i>Salsicha Fresca Peru</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Picagem	20,86	0,025	0,5215	-
Mistura	9,7	0,13	1,261	-
Armazenamento (C12)	1,065	-	-	216
Enchimento	6	1,5	9	-
Armazenamento (C12)	1,065	-	-	216
Acondicionamento (Atmosfera Protectora)	7,5	0,2	1,5	-
Armazenamento (C5-Refrigerados)	3,9	-	-	1 079
Etiquetagem Automática	0,5	1	0,5	-
Armazenamento (C7)	11,4	-	-	4 058
Acondicionamento (Veiculo Transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	61,99	2,855	12,7825	-

Tabela I. 2 - Dados recolhidos para a linha de produção da perna de peru recheada

<i>Perna de Peru Recheada</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Armazenamento (C4)	1,065	-	-	124
Malaxagem	5,5	2	11	-
Formatação	-	-	-	-
Acondicionamento (atmosfera protectora)	7,5	0,5	3,75	-
Armazenamento (C5-Refrigerados)	3,9	-	-	1 079
Etiquetagem automática	0,5	2,5	1,25	-
Armazenamento (C7)	11,4	-	-	4 058
Acondicionamento (veículo de transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	29,865	5	16	-

Tabela I. 3 - Dados recolhidos para a linha de produção dos nuguetes de frango pré-fritos

<i>Nuguetes Frango Pré-Fritos</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Armazenamento (C4)	1,065	-	-	124
Picagem	20,86	0,025	0,5215	-
Mistura	9,7	0,25	2,425	-
Congelação (Túnel)	6	8	48	-
Descongelação	-	-	-	-
Fatiagem (picagem/mistura)	4	0,1	0,4	-
Formatação	9			-
Panagem	2,24	0,44	9,3456	-
Fritura	10			-
Congelação (Rotofreezer 2)	4,4	1,5	6,6	-
Acondicionamento (Atmosfera Protectora)	7,5	0,02	0,15	-
Encartonamento	0,5			-
Detecção Metais	0,5	3,1	3,1	-
Armazenamento (Congelados-C6/C16)	6,6	-	-	203/1 960
Preparação Encomendas	-	-	-	-
Armazenamento (Congelados-C6/C16)	6,6	-	-	203/1 960
Acondicionamento (Veiculo Transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	88,965	13,435	70,5421	-

Tabela I. 4 – Dados recolhidos para a linha de produção dos escalopes de frango panados

<i>Escalopes de Frango Panados</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Armazenamento (C4)	1,065	-	-	124
Preparação	-	-	-	-
Corte (Máquina Laser)	8	4,9	39,2	-
Malaxagem	5	0,5	2,5	-
Armazenamento (C4)	1,065	-	-	124
Prensagem	1,5	-	-	-
Panagem	2,24	3,35	46,029	-
Fritura	10	-	-	1,2
Congelação (Rotofreezer 2)	4,4	1,5	6,6	-
Acondicionamento	-	2	-	-
Encartonamento	0,5	2	2	-
Deteção de Metais	0,5	-	-	-
Armazenamento (congelados-C6/C16)	6,6	-	-	203/1 960
Preparação de Encomendas	-	-	-	-
Armazenamento (congelados-C6/C16)	6,6	-	-	203/1 960
Acondicionamento (veículo de transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	47,47	14,25	96,329	-

Tabela I. 5 – Dados recolhidos para a linha de produção de Cordon Bleu

<i>Cordon Bleu</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Armazenamento (C11/C8)	1,065	-	-	167/229
Fatiagem	7	2,5	17,5	-
Enfarinhamento/Panagem	2,24	1,33	16,2792	-
Fritura	10			1,2
Congelação (rotofreezer 2)	4,4	3	13,2	-
Acondicionamento	-	0,67	-	-
Encartonamento	0,5	5	5	-
Deteção de Metais	0,5			-
Armazenamento (congelados - C6/C16)	6,6	-	-	203/1 960
Preparação de Encomendas	-	-	-	-
Armazenamento (congelados- C6/C16)	6,6	-	-	203/1 960
Acondicionamento (veículo de transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	38,905	12,5	51,9792	

Tabela I. 6 – Dados recolhidos para a linha de produção de assados de coxa de frango

<i>Assados Coxa Frango</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Armazenamento (C12)	1,065	-	-	216
Malaxagem	5	2	10	-
Assadura	22	0,5	11	-
Congelação (rotofreezer 2)	4,4	2	8,8	-
Acondicionamento	0	1	-	-
Encartonamento	0,5	1,43	0,715	203/1 960
Armazenamento (C6/C16)	6,6	-	-	-
Preparação de Encomendas	-	-	-	203/1 960
Armazenamento (C6/C16)	6,6	-	-	-
Acondicionamento (veículo de transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	46,165	6,93	30,515	-

Tabela I. 7 – Dados recolhidos para a linha de produção de fiambre de peito de frango

<i>Fiambre de Peito Frango</i>				
Fase Processo	Potência (kW)	ti (h)	Energia Consumida (kW.h)	Volume (m³)
Armazenamento (C12)	1,065	-	-	216
Picagem	20,86	0,025	0,5215	-
Mistura	9,7	1,5	14,55	-
Armazenamento (C12)	1,065	-	-	216
Enchimento	9,3	0,009	0,0837	-
Cozedura (vapor)	5	3,75	18,75	-
Arrefecimento	-	-	-	-
Desenformagem	0,75	0,21	0,1575	-
Armazenamento (C17)	2,1	-	-	403
Preparação Encomendas	-	-	-	-
Armazenamento (C7)	11,4	-	-	4 058
Acondicionamento (Viatura de Transporte)	-	-	-	-
Transporte/Entrega	-	-	-	-
Total	61,24	5,494	34,0627	

Tabela I. 8 – Dados intermédios para o cálculo do consumo energético

<i>Produtos</i>	<i>Tempo Total Funcionamento Máquinas (horas)</i>	<i>Potência Total das Máquinas por Processo (kW)</i>	<i>Consumo Energético Associado às máquinas Industriais (kW.h)</i>
Fiambre Peito Frango	5,494	61,24	34,0627
Assados Coxa Frango	6,93	46,165	30,515
Cordon Bleu	12,5	38,905	51,9792
Escalopes Frango Panados	14,25	47,47	96,329
Noguetes Frango Pré-Fritos	13,435	88,965	70,5421
Peito Peru Fumado	78,755	113,54	1 556,581
Salsicha Fresca Peru	2,855	61,99	12,7825
Perna Peru Recheada	5	29,865	16

Nota: O consumo é calculado pelo somatório do produto do tempo de funcionamento com a potência por máquina, e não pelos valores totais.

Tabela I. 9 - Valores finais dos custos individuais e totais das câmaras da fase de pós-produção na época de Verão

<i>Verão</i>						
	Câmara	Período	P (kW)	Tempo (h)		
				2 160	1 440	720
				Custo (€)		
Produtos Congelados (183 dias PV)	C6	Semanal		651,6	434,4	217,2
		Sábados	4,4	136,2	90,8	45,4
		Domingos		122,7	81,8	40,9
	C16	Semanal		1 303,3	868,8	434,4
		Sábados	8,8	272,5	181,7	90,8
		Domingos		245,4	163,6	81,8
	Total	Semanal		1 954,9	1 303,3	651,6
		Sábados	13,2	408,7	272,5	136,2
		Domingos		368,1	245,4	122,7
Produtos Frescos (6 e 7 dias PV)	C7	Semanal		112,6	56,3	28,1
		Sábados	11,4	94,1	47,1	23,5
		Domingos		84,8	42,4	21,2
	Total	Semanal		112,6	56,3	28,1
		Sábados	11,4	94,1	47,1	23,5
Produtos Fumados (90 dias PV)	C7	Semanal		1 125,5	562,8	281,4
		Sábados	11,4	235,3	117,7	58,8
		Domingos		211,9	106,0	53,0
	C17	Semanal		207,3	103,7	51,8
		Sábados	2,1	43,4	21,7	10,8
		Domingos		39,0	19,5	9,8
	Total	Semanal		1 332,9	666,4	333,2
		Sábados	13,5	278,7	139,3	69,7
		Domingos		251,0	125,5	62,7

Tabela I. 10 - Valores finais dos custos individuais e totais das câmaras da fase de pós-produção na época de Inverno

<i>Inverno</i>							
	Câmara	Período	P (kW)	Tempo (h)			
				2 160	1 440	720	
				Custo (€)			
Produtos Congelados (183 dias PV)	C6	Semanal		653,9	435,9	218,0	
		Sábados	4,4	131,3	87,6	43,8	
		Domingos		116,1	77,4	38,7	
	C16	Semanal		1 307,8	871,8	435,9	
		Sábados	8,8	262,7	175,1	87,6	
		Domingos		232,2	154,8	77,4	
	Total	Semanal		1 961,6	1 307,8	653,9	
		Sábados	13,2	394,0	262,7	131,3	
		Domingos		270,9	154,8	116,1	
Produtos Frescos (6 e 7 dias PV)	C7	Semanal		112,9	56,5	28,2	
		Sábados	11,4	90,7	45,4	22,7	
		Domingos		80,2	40,1	20,1	
	Produtos Fumados (90 dias PV)	C7	Semanal		1 129,4	564,7	282,4
			Sábados	11,4	226,8	113,4	56,7
			Domingos		200,5	100,3	50,1
		C17	Semanal		208,1	104,0	52,0
			Sábados	2,1	41,8	20,9	10,4
			Domingos		36,9	18,5	9,2
Total		Semanal		1 337,5	668,7	334,4	
		Sábados	13,5	268,6	134,3	67,2	
		Domingos		237,4	118,7	59,4	

Anexo II

Assados de Coxas de Frango

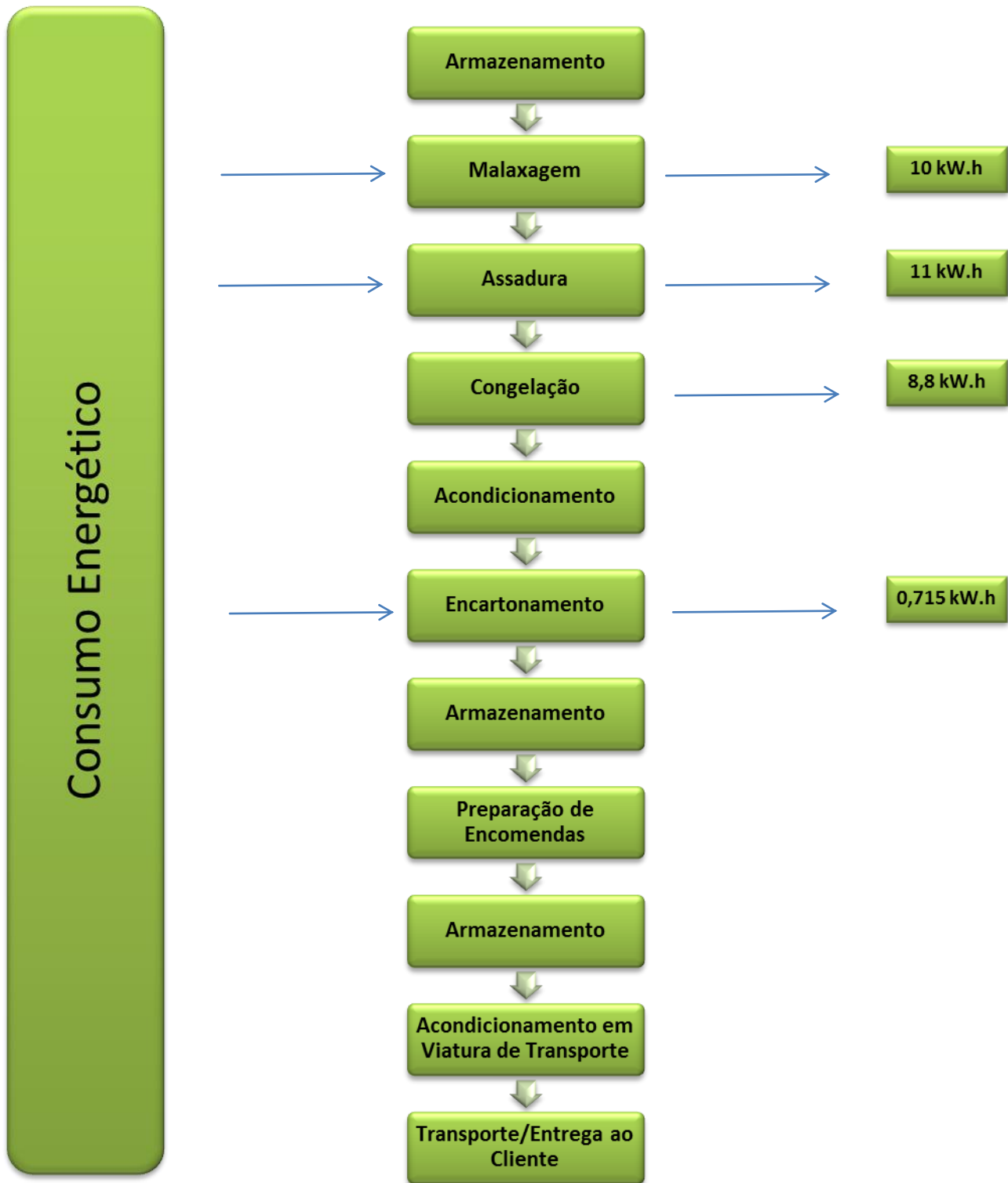


Figura II. 1 - Fluxograma energético de produção de assados de coxa de frango

Cordon Bleu - Peito de Frango

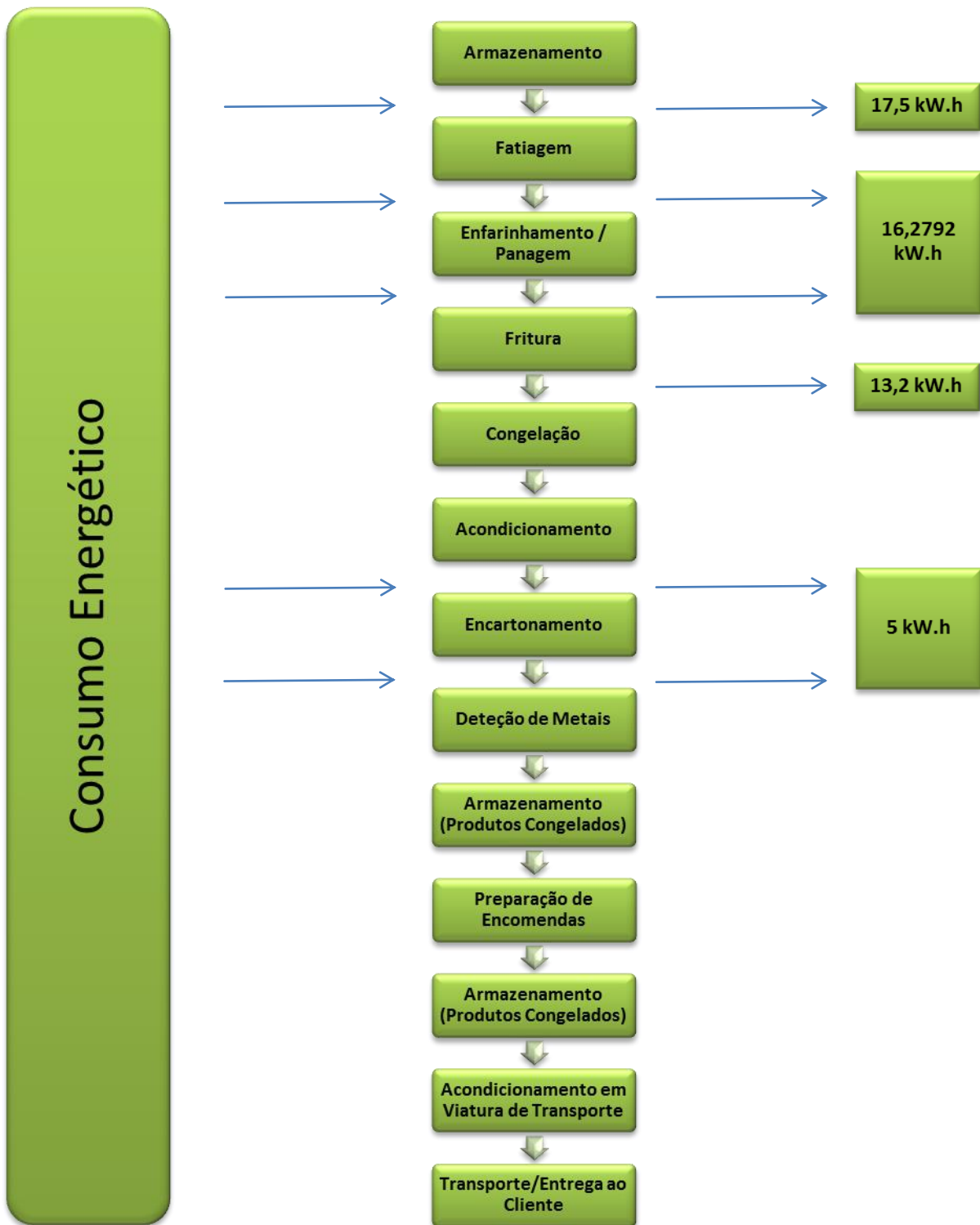


Figura II. 2 - Fluxograma energético de produção de fiambre de Cordon Bleu

Escalopes de Frango Panados

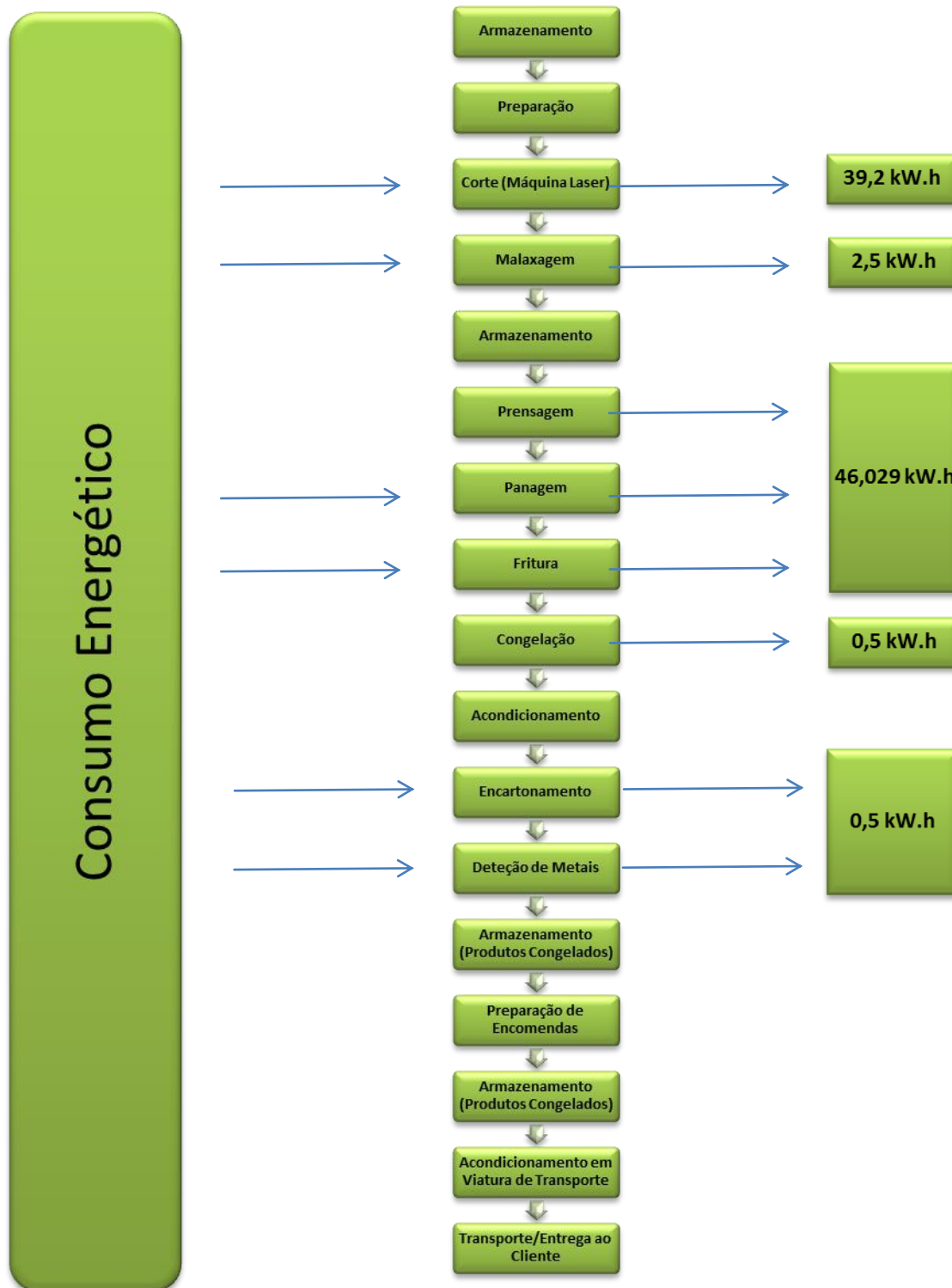


Figura II. 3 - Fluxograma energético de produção de escalopes de frango panados

Noguetes de Frango Pré-Fritos

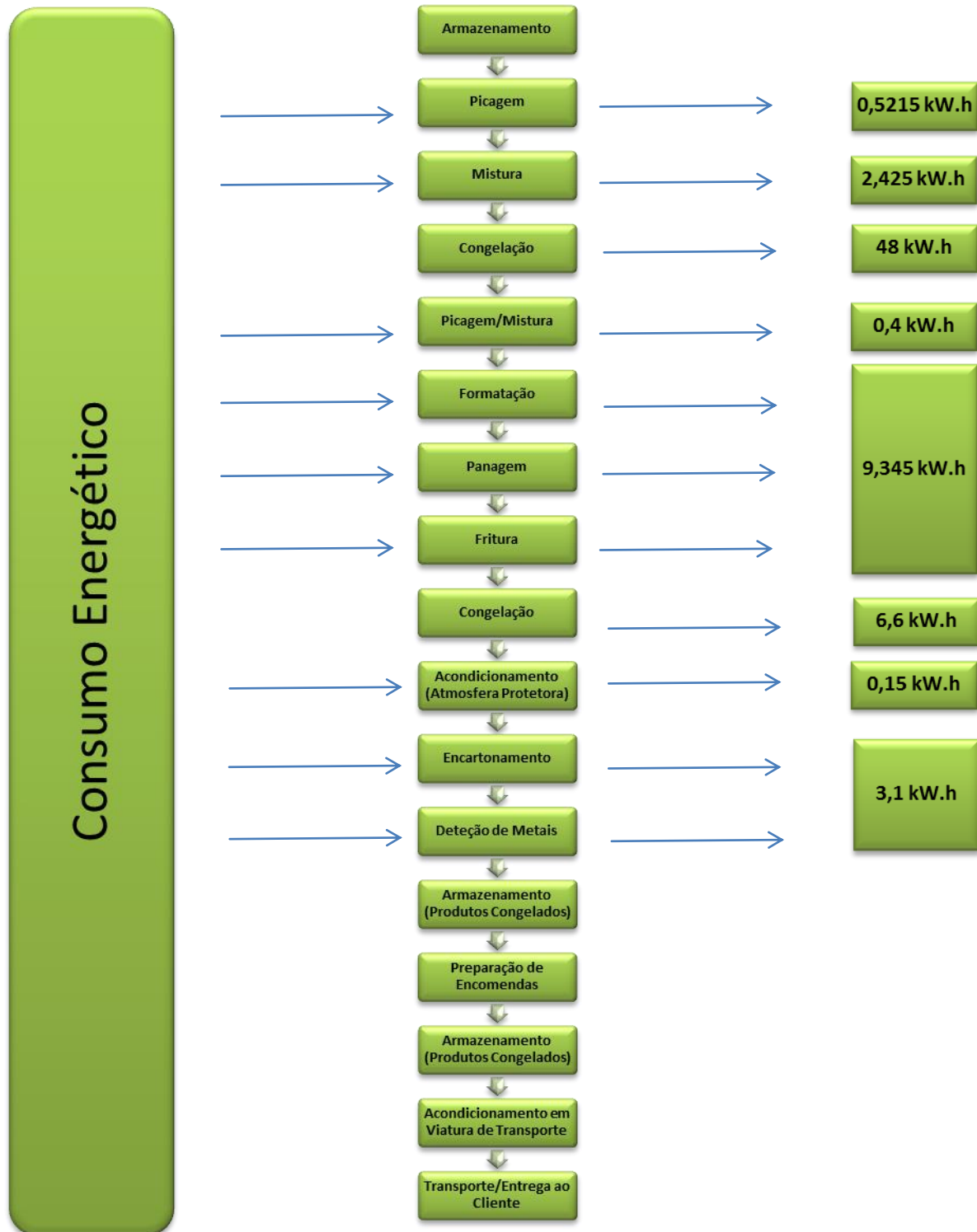


Figura II. 4 - Fluxograma energético de produção de nuguetes de frango pré-fritos

Peito de Perú Fumado

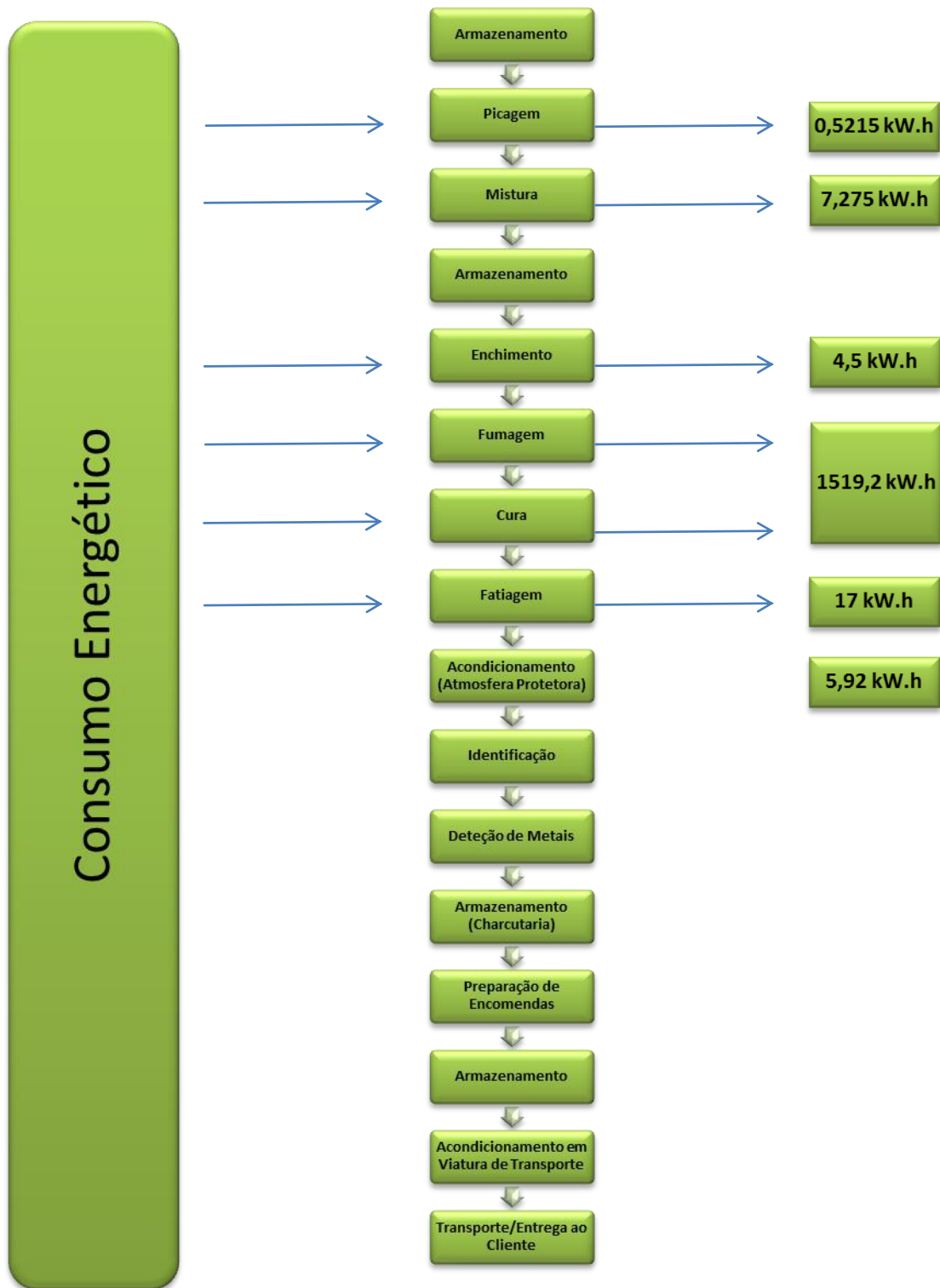


Figura II. 5 - Fluxograma energético de produção de peito de peru fumado

Salsicha Fresca de Peru

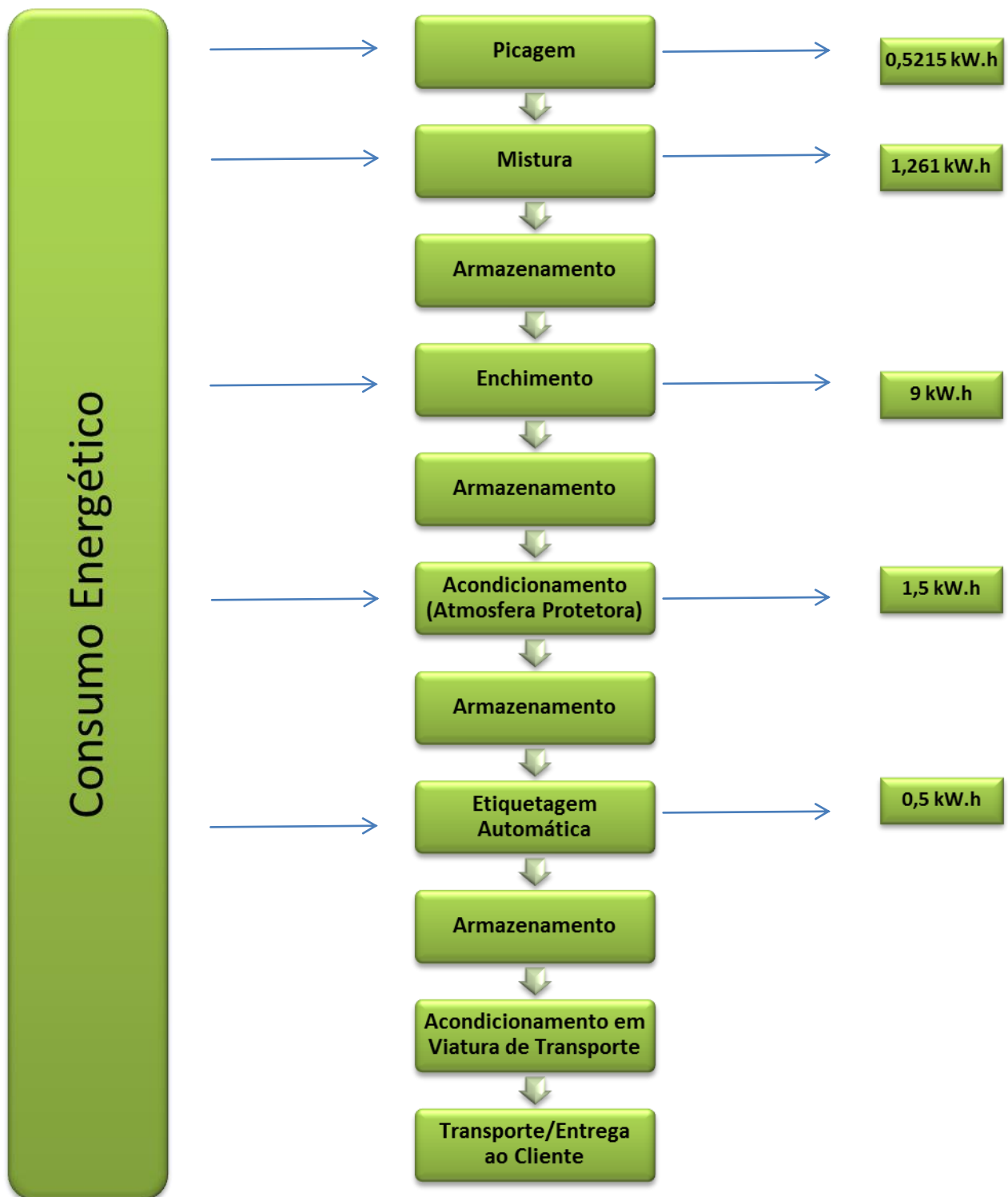


Figura II. 6 - Fluxograma energético de produção de escalopes de salsicha fresca de peru

Perna de Peru Recheada

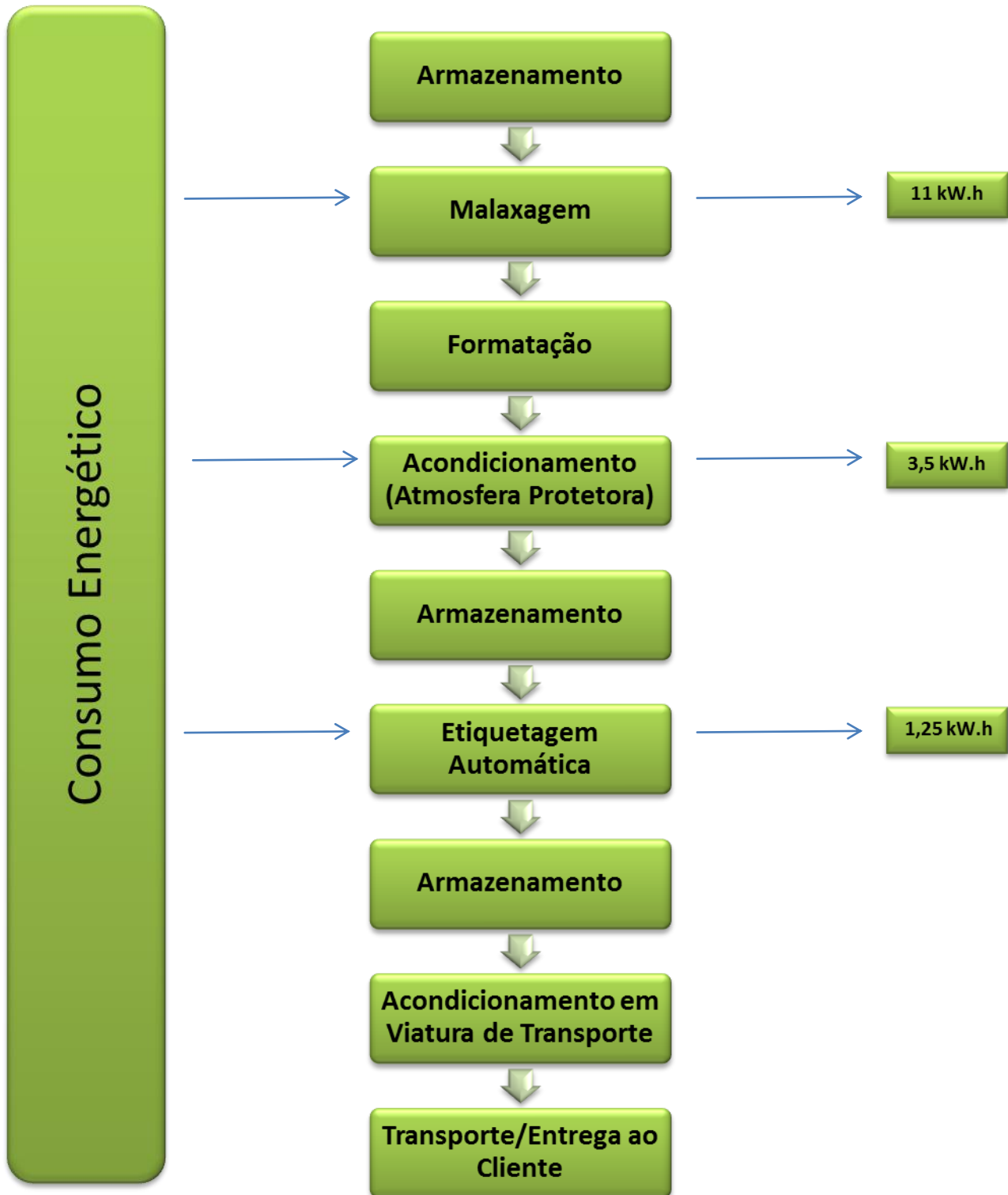


Figura II. 7 - Fluxograma energético de produção de escalopes de perna de peru recheada