ROTEIRO PARA A
DESCARBONIZAÇÃO DO SETOR AGROALIMENTAR

MANUAL SETORIAL PARA A FILEIRA DOS LATICÍNIOS

PORTUGAL FOODS
Atlantic meets Mediterranean
INOVCLUSTER desde 2009
Associação do Cluster Agro-industrial do Centro
PRR Plano de Recuperação e Resiliência
REPÚBLICA PORTUGUESA
Financiado pela União Europeia NextGenerationEU

Título: Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar – Manual setorial para a fileira dos laticínios

Este volume é parte integrante do Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar.

Promotores: PortugalFoods - Associação para a Internacionalização e Inovação Agroalimentar; InovCluster - Associação do Cluster Agro-industrial do Centro; CCIPD - Câmara do Comércio e Indústria de Ponta Delgada

Outras entidades envolvidas na construção do Roteiro: Colab4Food – Laboratório Colaborativo para a Inovação da Indústria Agroalimentar; INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial; INESC TEC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência; RDI - Rede de Inovação - Consultoria e Promoção da Inovação, RDICPI, Lda.; Universidade Católica Portuguesa.

Financiamento: Plano de Recuperação e Resiliência (INVESTIMENTO TC-C11-i01 – Descarbonização da Indústria Aviso N.º 01/C11-i01/2021 - Apoio à elaboração de roteiros de descarbonização da indústria e capacitação das empresas)

Data de publicação: junho de 2025

Abreviaturas

ADENE - Agência Nacional de Energia

AI ou IA - Inteligência Artificial

AR - Realidade Aumentada

Baseline - Cenário Base

BAU - Cenário Business as Usual

BEM - Balanço Energético Nacional

BI - Business Intelligence

BIOGAS - Cenário de Bioenergia

CAE – Classificação de Atividades Económicas

CEE – Consumo Específico de Energia

CIP - Cleaning in Place

CO_2 - Dióxido de carbono

Conservative ou CONS - Cenário Conservador

CRM - Customer Relationship Management

DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia

DT - Digital Twin (Gémeo Digital

EDI - Electronic Data Exchange

EDI - Electronic Data Interchange

Electrification ou ELET - Cenário de Eletrificação: ELET

ERP - Enterprise Resource Planning (Sistemas de Gestão Empresarial)

ETAR – Estação de Tratamento de Éguas Residuais

FAO - Food and Agriculture Organization

FV - Fotovoltaico

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GPL - Gás de Petróleo Liquefeito

HPP - Pasteurização por processamento de elevada pressão

I4.0 - Indústria 4.0

IC – Intensidade Carbónica

IE – Intensidade Energética

IIoT - Industrial Internet of Things

INE - Instituto Nacional de Estatística

IT - Tecnologia de Informação

LIMS - Sistemas de Gestão de Laboratório

MES - Manufacturing Execution Systems

MNE - Multinacionais

OH - Aquecimento óhmico

OT - Tecnologia Operacional

PEF - Campos elétricos pulsados

PLM - Product Lifecycle Management

PME - Pequenas e Médias Empresas

PNEC 2030 - Plano Nacional de Energia e Clima

RNC 2050 - Roteiro Nacional para a Neutralidade Carbónica

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

SEM - Sistemas de Gestão de Energia

SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

UE - União Europeia

VAB - Valor Acrescentado Bruto

VEV - Variadores eletrónicos de velocidade

VR - Realidade Virtual

WMS – Warehouse Management Systems (Sistemas de Gestão de Armazém)

Índice de conteúdos

Abreviaturas ..... **iii**
Índice de conteúdos ..... **iv**
Índice de tabelas ..... **iv**
Índice de figuras ..... **v**
1. Enquadramento **1**
2. Caraterização da fileira **5**
2.1 Usos energéticos, principais processos e sua representação em termos de consumo de energia (tipo de vetores) e respetivas emissões 6
2.2 Consumo de matérias-primas (incluindo água) e produção de subprodutos e resíduos 11
2.3 Tecnologias de digitalização utilizadas 18
3. Medidas de descarbonização, digitalização e economia circular para a fileira **20**
3.1 Domínio “Descarbonização” 21
3.2 Domínio “Digitalização” 24
3.3 Domínio “Economia circular” 25
4. Perspetivas de evolução da fileira **29**

Índice de tabelas

Tabela 1 – Processos energéticos e respetivos vetores energéticos utilizados na fileira dos laticínios. 9
Tabela 2 - Simulação de emissões de GEE em MtCO2eq para o período 2005 a 2050. 31

Índice de figuras

Figura 1 - Fluxograma genérico do processo produtivo da indústria dos Laticínios. 7
Figura 2 - Fluxograma genérico dos processos produtivos do iogurte. 8
Figura 3 - Consumo de energia final e emissões por vetor de energia para o ano 2020 para a fileira dos lacticínios, estimado pelo modelo desenvolvida para o setor como um todo, com base em dados estatísticos de produção (INE). 10
Figura 4 - Dados de produção das empresas visitadas da fileira dos Laticínios: A) tipo de produtos (em % de empresas respondentes); B) volume de produção total, em toneladas (em % de empresas respondentes). Dados obtidos com base nas respostas de 7 empresas. 11
Figura 5 - Consumo de matérias-primas e produção de produtos, subprodutos e resíduos. Dados obtidos com base nas respostas de 6 empresas. 12
Figura 6 - Destino dos subprodutos e resíduos, em % de empresas que os indicam. 13
Figura 7 - Rácio de matérias-primas, produtos e subprodutos/resíduos na empresa A e comparação com a restante fileira. 14
Figura 8 - Resíduos e subprodutos (A) produzidos pela empresa A, e destino dos resíduos e subprodutos (B), em % de volume. 14
Figura 9 - Destino de cada subproduto/resíduo, na empresa A. 15
Figura 10 - Rácio de matérias-primas, produtos e subprodutos/resíduos na empresa F e comparação com a restante fileira. 15
Figura 11 - Tipo de resíduos e subprodutos (A) gerados pela empresa F e destino dos mesmos (B). Os valores em percentagem correspondem à percentagem de volume de resíduos/subprodutos. 16
Figura 12 - Destino de cada subproduto/resíduo, na empresa F. 16
Figura 13 - Materiais utilizados nas embalagens, segundo reportado pelas empresas da fileira dos Laticínios. 17
Figura 14 - Distribuição entre produção e transformação na fileira dos lacticínios. 30
Figura 15 - Estimativa da evolução de emissões GEE de acordo com a evolução histórica, adoção de novas tecnologias e tendências de consumo. 30

1. Enquadramento

1 Enquadramento

A nível da UE, o setor industrial alimentar e de bebidas representa cerca de 11% do total de emissões GEE da cadeia de valor do setor agroalimentar e é o 5º setor industrial com maiores emissões de GEE.

Em 2021, o setor representava cerca de 5,2% das pessoas empregadas em empresas a nível nacional. No ano de 2024, 12,6% do total de exportações nacionais, em volume de negócios, foram produtos alimentares e bebidas. Estes dois parâmetros demonstram bem o peso do setor a nível social e económico.

De acordo com estudos recentes (Jensen & Scalamandrè, 2023), a contribuição dos sistemas agroalimentares para as emissões totais Gases com Efeito de Estufa (GEE) na União Europeia (UE) foi de cerca de 31%, contemplando a extração de matérias-primas, usos de solos e criação animal, passando pelas operações industriais, distribuição e comercialização, até ao pós-consumo. Embora o presente manual se foque na parte da cadeia referente à indústria transformadora, é importante que as empresas estejam cientes dos desafios mais de fundo com que se irão deparar no âmbito do que se designa de Scope 3 de emissões GEE (a montante e jusante na cadeia de valor).

As políticas europeias e nacionais, nomeadamente o Pacto Ecológico Europeu (EU Green Deal, 2024), suportado pelo pacote legislativo FitFor55 (Fit for 55, 2024), e mais recentemente, a iniciativa REPowerEU (REPowerEU, 2024), o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC 2030) (Plano de Nacional para a Energia e o Clima 2021-2030 (PNEC 2030), 2024) e o Roteiro Nacional para a Neutralidade Carbónica (RNC 2050) (Roteiro para a Neutralidade Carbónica, 2019) apresentam objetivos ambiciosos de redução as emissões de GEE, visando a neutralidade carbónica em 2050, incluindo a redução de mais de 80% nas emissões GEE de alguns setores da indústria transformadora. De acordo com o RNC 2050, os objetivos para o setor industrial poderão traduzir-se na redução de pelo menos 83% de emissões GEE até 2050, em relação a 2005, para indústrias transformadoras como a dos alimentos e bebidas.

Embora o desafio desta transição seja considerável, a descarbonização é também uma oportunidade para as empresas nacionais. Do lado dos desafios, a descarbonização implica uma redução sem precedentes das emissões da indústria transformadora num prazo de 25 anos, numa altura em que a cadeia de produção agroalimentar está na iminência de uma profunda transformação devido aos impactos das e nas alterações climáticas. Para a indústria dos alimentos e bebidas, esta transição traduz-se numa quase total substituição do uso de combustíveis fósseis por alternativas renováveis, a aposta na eletrificação dos processos térmicos e o aumento da eficiência energética, bem como a integração de soluções circulares baseadas em biomassa e gases renováveis. Por outro lado, esta transição representa também uma oportunidade única para o setor, podendo reforçar a competitividade a longo prazo, quer

pela redução de futuros custos operacionais (especialmente devido a menores custos com energia), quer pela diferenciação no mercado através da oferta de produtos alinhados com a neutralidade carbónica.

Tendo em consideração o contributo do setor agroalimentar para a economia nacional, e sendo este um setor intensivo em consumo de energia e emissões de GEE, a PortugalFoods - Associação para a Internacionalização e Inovação Agroalimentar, em conjunto com a InovCluster - Associação do Cluster Agro-industrial do Centro e a CCIPD - Câmara do Comércio e Indústria de Ponta Delgada promoveram a elaboração do Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar nacional, financiado pelo Programa de Recuperação e Resiliência (PRR), no âmbito de um Aviso específico para "Apoio à elaboração de roteiros de descarbonização da indústria e capacitação das empresas".

Para a elaboração do Roteiro, o consórcio contou com o apoio de um conjunto de entidades especializadas nas diferentes áreas relevantes para a construção do Roteiro: Colab4Food – Laboratório Colaborativo para a Inovação da Indústria Agroalimentar, INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial, INESC TEC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência, RDI - Rede de Inovação - Consultoria e Promoção da Inovação, RDICPI, Lda. e Universidade Católica Portuguesa.

No Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar podem ser encontradas informação detalhadas sobre aspetos como:

- Caraterização do setor agroalimentar nacional (setor industrial alimentar e de bebidas) nas dimensões de consumo energético, emissões de GEE, consumo de água e consumo de matérias-primas;
- Identificação e caraterização das fileiras com maior impacto ao nível do consumo energético e emissões de GEE;
- Identificação de processos/tecnologias/soluções que permitam a redução de emissões de GEE, o aumento da incorporação de energias renováveis no consumo bruto de energia final, e o aumento da eficiência energética;
- Identificação de soluções inteligentes (digitais) de apoio à medição, monitorização, tratamento de dados para a gestão e melhoria de processos, redução de consumos e diminuição de emissões;
- Identificação de processos/tecnologias/soluções que promovam a eficiência na utilização de recursos (matérias-primas, água, energia), incluindo a valorização sustentável de subprodutos, perdas, resíduos ou efluentes em contexto de economia circular (zero ou mínimo resíduo final);
- Análise de custos e perspetivas de evolução da descarbonização do setor agroalimentar.

Este manual, inserido no Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar, pretende ser um guia para a implementação dos objetivos de descarbonização no contexto específico das empresas da indústria transformadora dos alimentos e das bebidas, neste caso na fileira dos laticínios.

O Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar completo, incluindo a bibliografia e anexos referidos no presente Manual, está disponível em https://descarbonizacaoagroalimentar.pt/.

2. Caraterização da fileira

2 Caraterização da fileira

2.1 Usos energéticos, principais processos e sua representação em termos de consumo de energia (tipo de vetores) e respetivas emissões

A fileira dos laticínios desempenha um papel central na economia do setor agroalimentar, abrangendo a produção, processamento e distribuição de uma ampla variedade de leite e produtos derivados do leite, como queijos, iogurtes, manteigas e subprodutos lácteos.

Tradicionalmente, esta indústria era composta, na sua maioria, por pequenas unidades localizadas perto das regiões produtoras. No entanto, com o desenvolvimento de técnicas de armazenamento e preservação do leite fresco, a tendência atual é a concentração da produção em unidades de maior escala.

Os produtos lácteos são altamente perecíveis, exigindo um controlo rigoroso em todas as etapas do processo de fabricação, desde a receção do leite até à chegada ao consumidor final. Devido à sua perecibilidade, têm sido implementados diversos esforços e inovações, particularmente na modernização dos tipos de embalagens utilizadas para a sua conservação (EFINERG, 2012).

A produção na indústria de laticínios é intensiva no consumo de energia e matérias-primas, com a energia a desempenhar um papel crucial em várias etapas, desde a produção e refrigeração do leite até à sua expedição para o consumidor final. Os principais pontos de consumo de energia incluem:

- **Refrigeração dos produtos** – Essencial tanto no armazenamento antes do processamento como na distribuição ao longo da cadeia de abastecimento, a refrigeração garante a qualidade, frescura e segurança alimentar dos produtos lácteos. Este processo é responsável por uma parte significativa do consumo energético, devido à necessidade de manter temperaturas controladas em todas as etapas;
- **Processamento do leite** – O leite passa por várias etapas, incluindo a clarificação e filtragem para remoção de impurezas, a homogeneização para dispersar os glóbulos de gordura e a pasteurização, que é especialmente intensiva, pois envolve o aquecimento para eliminação de microrganismos. Outros derivados do leite podem ainda passar por processos adicionais, como evaporação e secagem, que também consomem grandes quantidades de energia.

Na Figura 1 encontram-se resumidamente o processo produtivo dos derivados dos Laticínios:

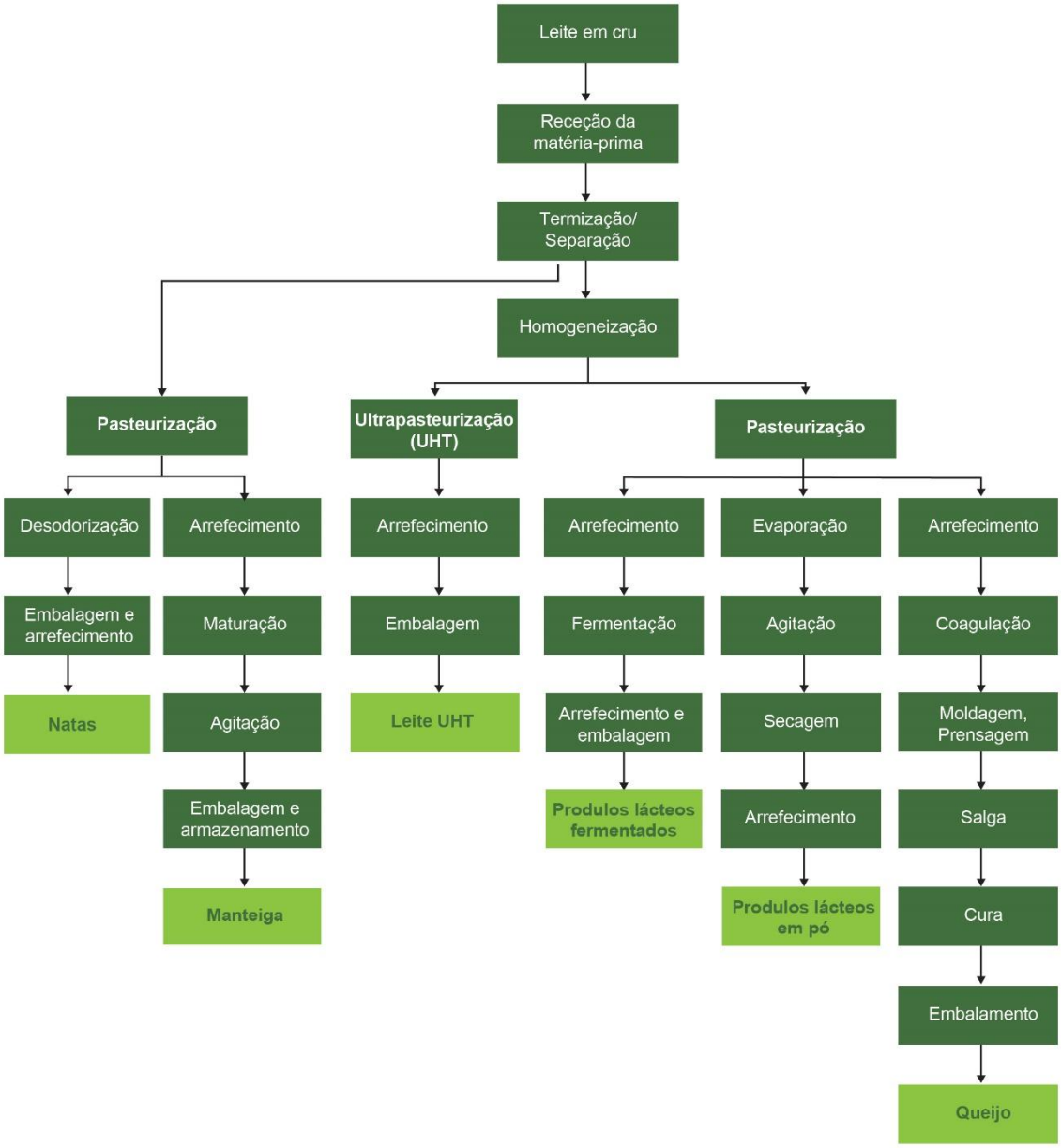

Figura 1 - Fluxograma genérico do processo produtivo da indústria dos Laticínios.

Na Figura 2 apresenta-se resumidamente o processo produtivo do iogurte que é composto por uma série de etapas cuidadosamente controladas, que transformam o leite cru num produto fermentado, nutritivo e seguro para consumo. O leite é primeiramente submetido a um pré-tratamento, que inclui etapas como padronização, homogeneização e pasteurização, garantindo a eliminação de microrganismos indesejados e a preparação adequada para a fermentação.

Durante a fermentação controlada, são adicionadas culturas bacterianas específicas que transformam os açúcares do leite em ácido láctico, desenvolvendo a acidez, textura e sabor característicos do iogurte. Dependendo do tipo de iogurte, o processo pode variar:

- Iogurtes batidos – A mistura é suavemente agitada para obter uma textura uniforme e cremosa;
- Iogurtes líquidos – O produto é filtrado e diluído para alcançar uma consistência mais fluida.

Após a fermentação, o iogurte pode ser aromatizado e enriquecido com qualquer tipo de ingredientes, dependendo do produto final desejado. Em seguida, é embalado sob condições rigorosamente higiénicas, utilizando embalagens assépticas para prevenir qualquer risco de contaminação. Finalmente, os produtos são armazenados em câmaras refrigeradas e distribuídos em caminhões refrigerados para garantir qualidade e segurança até chegarem ao consumidor final.

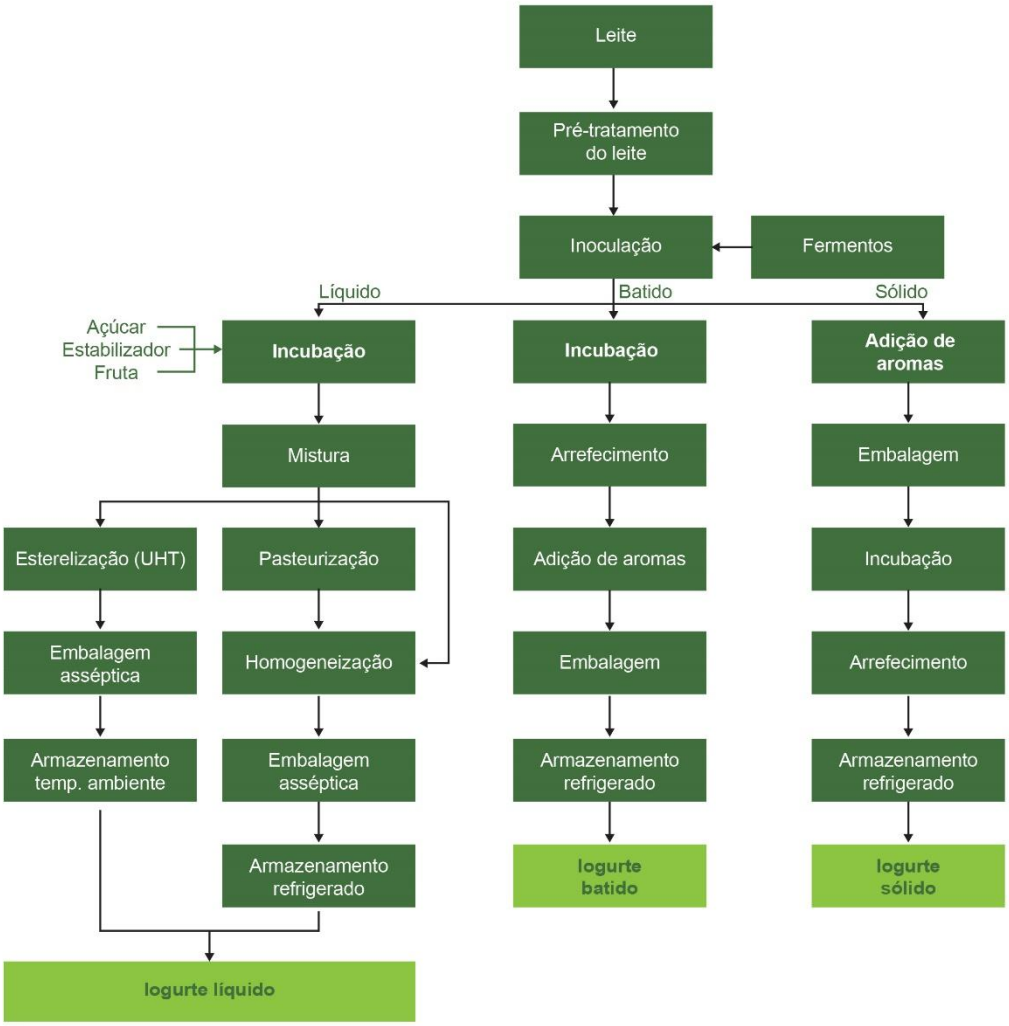

Figura 2 - Fluxograma genérico dos processos produtivos do iogurte.

A descarbonização do setor dos laticínios apresenta desafios significativos devido à complexidade dos diferentes processos. No entanto, existem oportunidades para reduzir as emissões de GEE e o consumo de energia através da adoção de melhoria na eficiência energética dos processos industriais, uso de fontes de energia renovável e inovação tecnológica. Promover a sustentabilidade na fileira dos laticínios é crucial para garantir a segurança alimentar e a proteção ambiental a longo prazo (ADENE, 2024). Segue-se a Tabela 1 com os principais processos energéticos no setor dos laticínios e os vetores energéticos associados a cada um.

Tabela 1 – Processos energéticos e respetivos vetores energéticos utilizados na fileira dos laticínios.

Processo Energético	Vetores Energéticos Utilizados
Termização	Eletricidade, gás natural, GPL, biomassa, fuelóleo
Homogeneização	Eletricidade
Pasteurização	Eletricidade, gás natural, GPL, biomassa, fuelóleo
Arrefecimento	Eletricidade
Fermentação	Eletricidade
Evaporação e secagem	Eletricidade, gás natural, GPL, biomassa, fuelóleo
Moldagem e prensagem	Eletricidade
Salga e cura	Eletricidade, gás natural, GPL, biomassa, fuelóleo
Produção de natas e manteiga	Eletricidade, gás natural, GPL, biomassa, fuelóleo
Produção de iogurtes	Eletricidade, gás natural, GPL, biomassa, fuelóleo
Embalagem e conservação	Eletricidade

Com base no modelo desenvolvido para o setor como um todo, e recorrendo as estatísticas do INE de produção para a fileira (Figura 3), caracterizou-se o consumo de energia final por vetor e das emissões GEE da fileira dos lacticínios para o ano base (2020), representados na Figura 3.

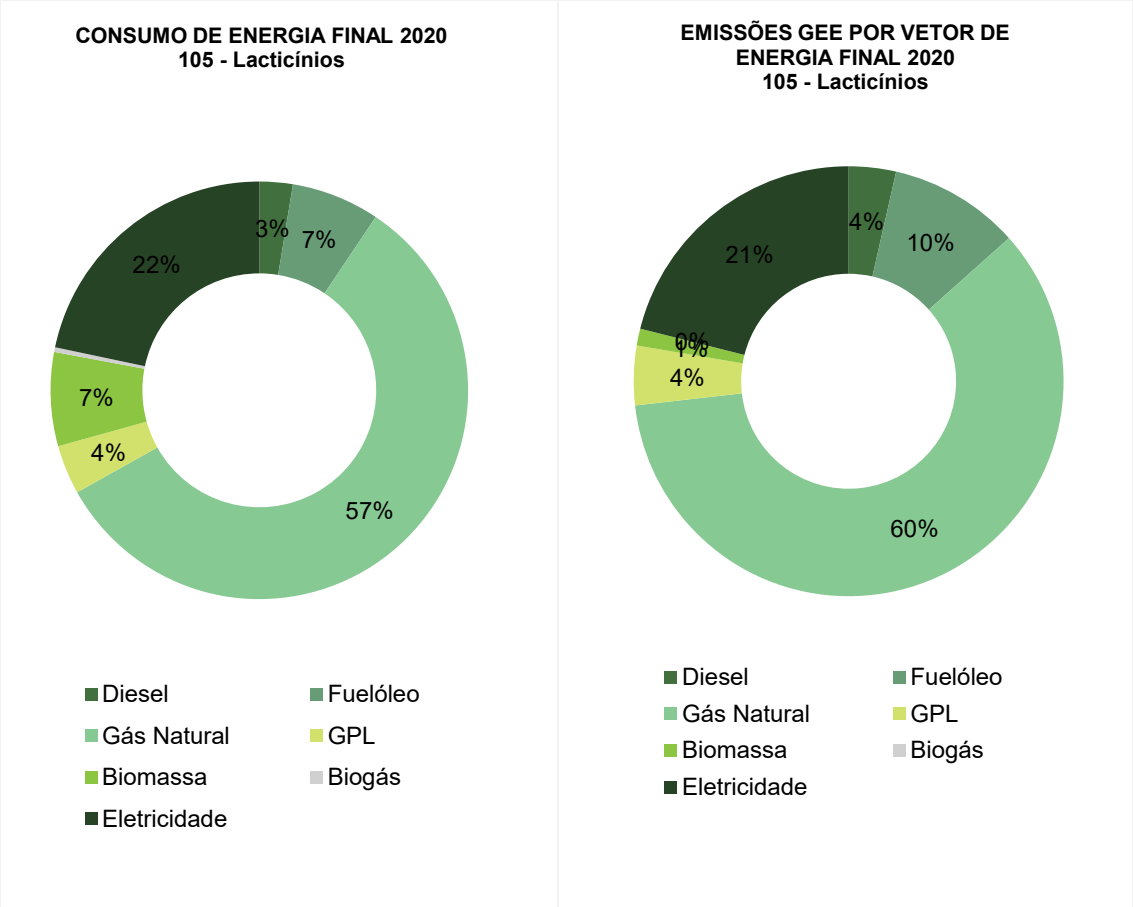

Figura 3 - Consumo de energia final e emissões por vetor de energia para o ano 2020 para a fileira dos lacticínios, estimado pelo modelo desenvolvida para o setor como um todo, com base em dados estatísticos de produção (INE).

Dentro da indústria de transformação dos alimentos e das bebidas, a fileira dos lacticínios, representou cerca de 13% das emissões GEE do setor em 2020 (145ktCO_2eq, para um consumo de energia final de 64ktep). Analisando os valores de consumo de energia final por vetor e de emissões GEE (Figura 3) para o ano de 2020, podemos concluir que a fileira dos lacticínios apresenta ainda uma dependência muito elevada direta de combustíveis fósseis, sendo uma das fileiras com grau de eletrificação mais baixo do setor industrial dos alimentos e das bebidas como um todo. De facto, em 2020 o consumo de energia fóssil na fileira dos lacticínios representou cerca de 64% do consumo de energia final, contribuindo para cerca de 70% emissões GEE da fileira. Destes, o consumo de gás natural é o mais representativo, contribuindo para 57% do consumo de energia final e 60% das emissões GEE da fileira. O consumo de fuelóleo e GPL representam cerca de 11%, contribuindo para cerca de 14% das emissões GEE. Quanto ao consumo de eletricidade, representa apenas 22% do consumo de energia final e cerca de 21% das emissões GEE da fileira. Dada a dependência desta fileira do consumo de energia fóssil, em especial do gás natural, este setor terá desafios consideráveis na sua descarbonização. Torna-se assim importante a implementação de medidas no setor que permitam substituir o uso de

vetores de energia fóssil por energia renovável, e reforçam especialmente os eixos de descarbonização focados na melhoria da eficiência, acompanhados de uma atenção especial à descarbonização do calor que terá de ocorrer por via da eletrificação, integração de calor renovável (e.g., solar térmico) e integração de gases renováveis (biogás) para a substituição do consumo de energia fóssil, especialmente gás natural.

2.2 Consumo de matérias-primas (incluindo água) e produção de subprodutos e resíduos

Com base nos inquéritos realizados no âmbito deste roteiro (ver Anexo 2), obtiveram-se respostas de 7 empresas dos Laticínios. O tipo de produtos produzidos e o volume de produção diferem de empresa para empresa e estão descritos na Figura 4. Entrevistaram-se maioritariamente produtores de queijo, embora também se incluam produtores de leite UHT e em pó, manteiga e iogurtes. Os volumes de produção são muito variáveis de empresa para empresa, o que significa que o estudo avaliou quer empresas mais pequenas, quer empresas de maior dimensão, mostrando a sua abrangência.

Figura 4 - Dados de produção das empresas visitadas da fileira dos Laticínios: A) tipo de produtos (em % de empresas respondentes); B) volume de produção total, em toneladas (em % de empresas respondentes). Dados obtidos com base nas respostas de 7 empresas.

Para perceber, no âmbito da economia circular, a quantidade de produtos produzidos face ao volume de resíduos e subprodutos, poderá verificar-se a Figura 5. Para as empresas para as quais não existiam dados de matérias-primas, assumiu-se um balanço de materiais: matérias-primas = produtos + subprodutos e resíduos. Verifica-se que, de forma genérica, as empresas com maior capacidade de produção possuem um rácio maior de produtos face aos resíduos e subprodutos. Isto acontece essencialmente porque estas empresas já se encontram a valorizar os seus subprodutos e resíduos.

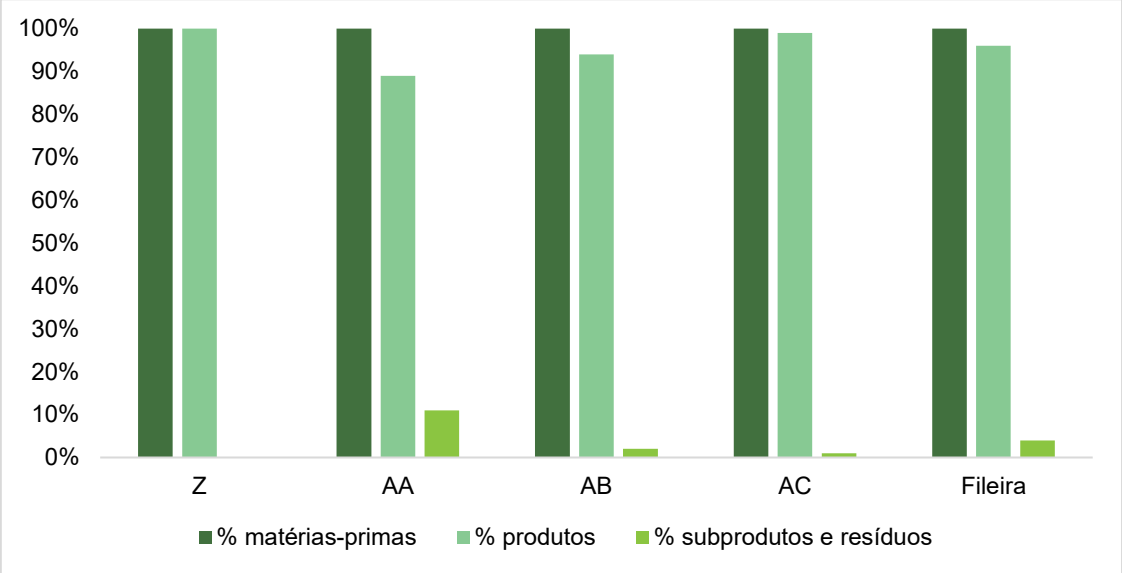

Figura 5 - Consumo de matérias-primas e produção de produtos, subprodutos e resíduos.
Dados obtidos com base nas respostas de 6 empresas.

Os principais subprodutos gerados por esta fileira são o soro de leite, o sorelho e o leitelho, embora algumas empresas também refiram os produtos embalados com dano ou restos de purgas. O soro de leite corresponde ao líquido resultante da produção de queijo, após coagulação das proteínas do leite. Este soro pode ser processado termicamente para produção de requeijão. Deste processo resulta novamente um subproduto líquido, designado sorelho. Por seu lado, o leitelho corresponde ao resíduo líquido da produção da manteiga.

A nível de resíduos, salientam-se as lamas e os resíduos resultantes de embalagem, como plásticos e papel ou cartão, juntamente com resíduos urbanos. 83% das empresas inquiridas refere ter uma produção contínua de resíduos e subprodutos.

O destino dos resíduos e subprodutos está representado na Figura 6.

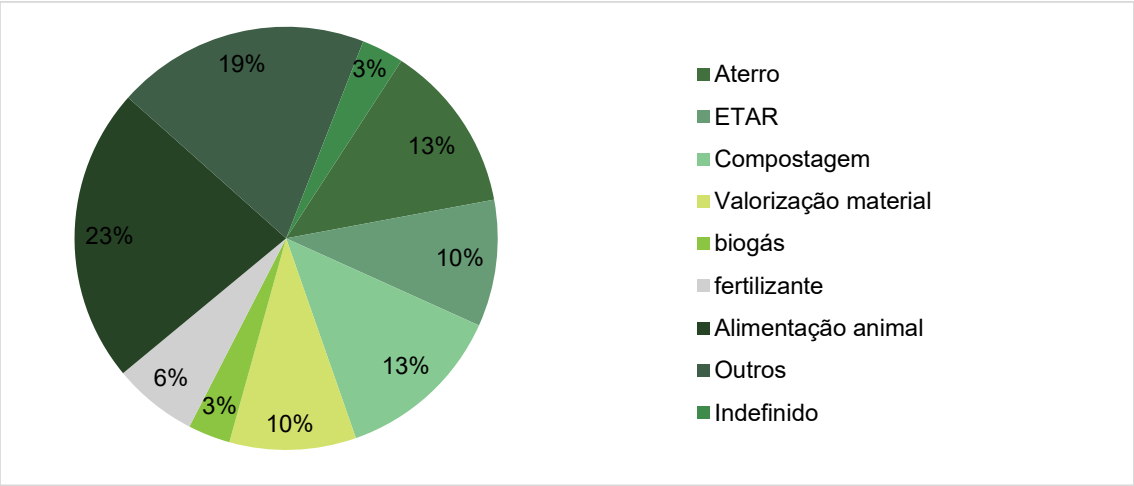

Figura 6 - Destino dos subprodutos e resíduos, em % de empresas que os indicam.

Os subprodutos orgânicos como soro, sorelho, leitelho ou produtos embalados com purgas são frequentemente encaminhados para alimentação animal, devido a possuírem teores de nutrientes ainda elevados. Note-se que algumas empresas já valorizam o soro de leite, a ponto de já não o considerarem um subproduto, vendendo-o seco. As lamas são frequentemente encaminhadas para compostagem ou fertilizante. Os resíduos urbanos produzidos pelas empresas seguem genericamente para aterro. O destino dos resíduos de embalagem não é claro, ficando ao encargo das empresas que fazem a recolha destes materiais.

Adicionalmente, 60% das empresas referem ter planos para a redução de resíduos até 2030, enquanto 40% admite não ter. Algumas das medidas referidas pelas empresas como estando em vigor para auxiliar na redução de resíduos incluem:

- Melhoria contínua do processo de produção, para maior otimização e menor desperdício;
- Aplicação de conceitos de *eco-design* nos produtos e embalagens;
- Utilização de embalagens com sistema de tampa unida;
- Valorização de resíduos e subprodutos. Um exemplo é a valorização de soro e sorelho, através da sua secagem;
- Doação de produtos alimentares em fim de prazo de validade;
- Uma empresa produtora de iogurtes está a testar um novo aparelho para conseguir separar de forma automática o iogurte da embalagem, em caso de embalagem com dano ou fora de prazo, e valorizar o iogurte;
- Uma empresa produtora de queijo valoriza restos de queijo para produzir um novo produto, o queijo fundido;
- Sensibilização dos colaboradores da empresa para a minimização de resíduos. Uma empresa refere adicionalmente que faz um jogo didático para alertar para esta questão e outras relacionadas com as alterações climáticas.

Algumas das empresas inquiridas forneceram o mapa de resíduos para análise e assim foi possível, para essas empresas, fazer um estudo mais detalhado.

Foquemos então na empresa A, produtora de iogurtes, com um volume de produção total de 66.379 toneladas. Verifica-se que o rácio produtos/ subprodutos e resíduos é bastante superior ao verificado para a média das empresas inquiridas desta fileira, o que é um ponto positivo (Figura 7).

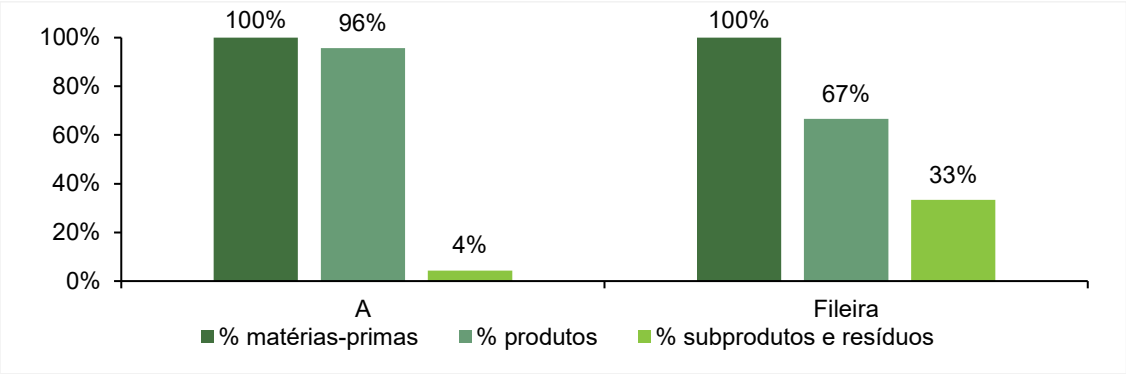

Figura 7 - Rácio de matérias-primas, produtos e subprodutos/resíduos na empresa A e comparação com a restante fileira.

Esta empresa produz, anualmente, 3012 toneladas de resíduos e subprodutos, que se dividem entre as categorias demonstradas na Figura 8. Uma fração significativa dos resíduos/ subprodutos segue para compostagem ou alimentação animal, havendo ainda 17% (em volume) que se destina a aterro.

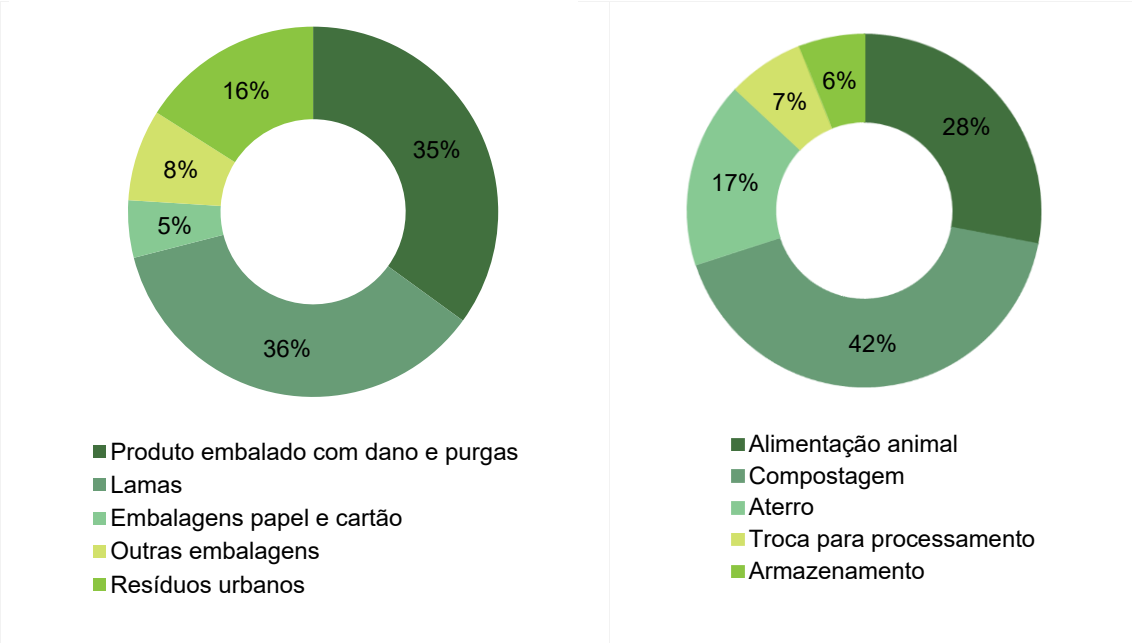

Figura 8 - Resíduos e subprodutos (A) produzidos pela empresa A, e destino dos resíduos e subprodutos (B), em % de volume.

O produto embalado com dano ou resultante de purgas destina-se a alimentação animal ou compostagem. Os resíduos urbanos vão para aterro. As lamas podem ter como destino final o aterro ou a compostagem. O destino das embalagens não é tão claro, ficando ao encargo das empresas que fazem a recolha destes materiais; no mapa de resíduos, estão associadas a operações de armazenamento e troca de resíduos para processamento (Figura 9).

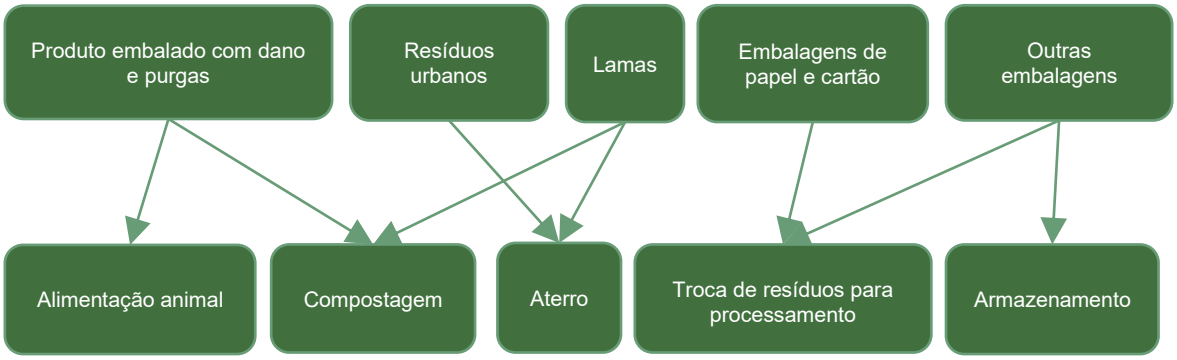

Figura 9 - Destino de cada subproduto/resíduo, na empresa A.

O mesmo exercício pode ser realizado para a empresa F. Esta empresa produz queijo, leite UHT, manteiga e soro de leite seco. A empresa teve um volume de produção total de 37.802 toneladas em 2023. Esta empresa valorizou o soro pela sua secagem, já o classificando como um produto.

De forma semelhante ao que ocorreu para a empresa A, verifica-se que o rácio produtos/subprodutos e resíduos na empresa F é bastante superior à média das empresas inquiridas desta fileira (Figura 10). Esta empresa produz, anualmente, 2020 toneladas de resíduos e subprodutos, que se dividem entre as categorias demonstradas na Figura 11. Uma fração significativa dos resíduos/subprodutos segue para compostagem ou fertilizante, havendo ainda 4% (em volume) que se destina a aterro, e 10% que fica armazenado na empresa que recolhe o resíduo.

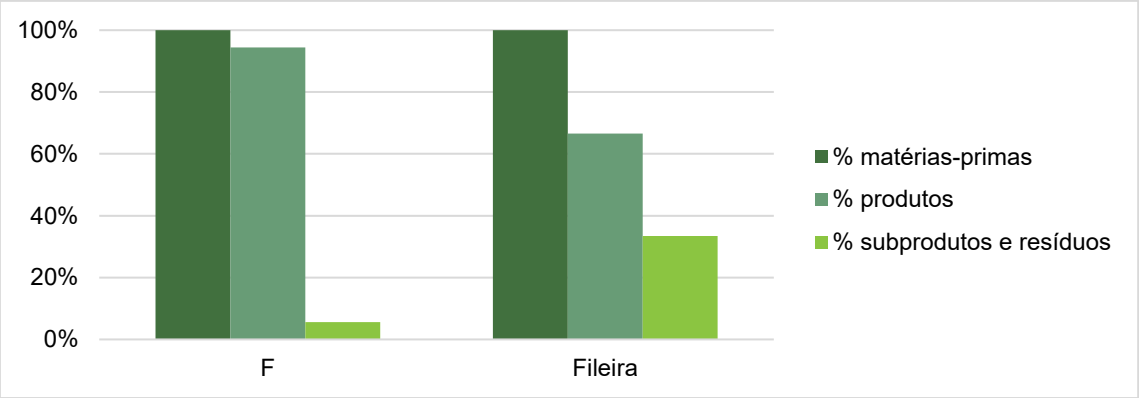

Figura 10 - Rácio de matérias-primas, produtos e subprodutos/resíduos na empresa F e comparação com a restante fileira.

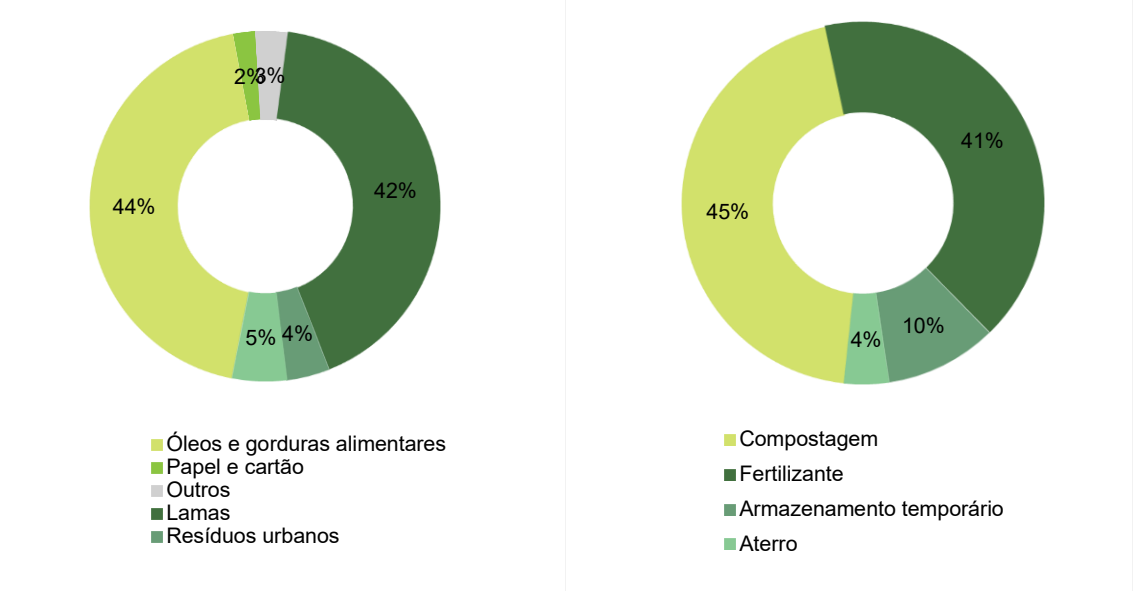

Figura 11 - Tipo de resíduos e subprodutos (A) gerados pela empresa F e destino dos mesmos (B). Os valores em percentagem correspondem à percentagem de volume de resíduos/subprodutos.

Os óleos e gorduras alimentares destinam-se a compostagem, enquanto as embalagens seguem para armazenamento e ficam ao encargo da empresa que as recolhe (Figura 11). Os resíduos urbanos e equiparados podem ser valorizados pela compostagem ou seguir para aterro, sendo que uma pequena fração segue para valorização energética. As lamas podem ser usadas diretamente como fertilizante ou ser processadas por compostagem.

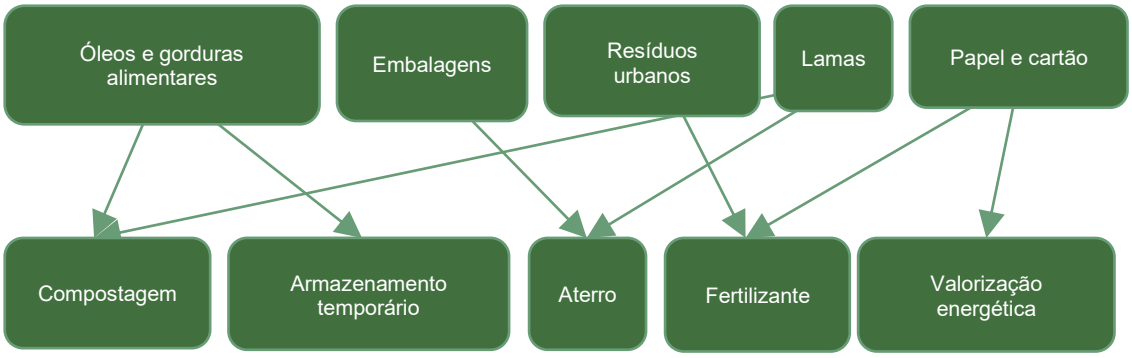

Figura 12 - Destino de cada subproduto/resíduo, na empresa F.

Relativamente à embalagem (Figura 13), a fileira dos Laticínios recorre frequentemente ao sistema Tetra Pak, utilizando também papel ou cartão e plástico. 10% das empresas admite recorrer ao alumínio. Curiosamente, uma produtora de Queijo Serra da Estrela DOP levantou a questão de haver, atualmente, pressão do mercado para começar a embalar este produto, que geralmente apresenta apenas uma tira de pano à volta. Esta pressão pode levar a que, no futuro,

as empresas produtoras tenham um maior gasto de recursos nesta embalagem. 75% das empresas afirma utilizar material reciclado nas suas embalagens.

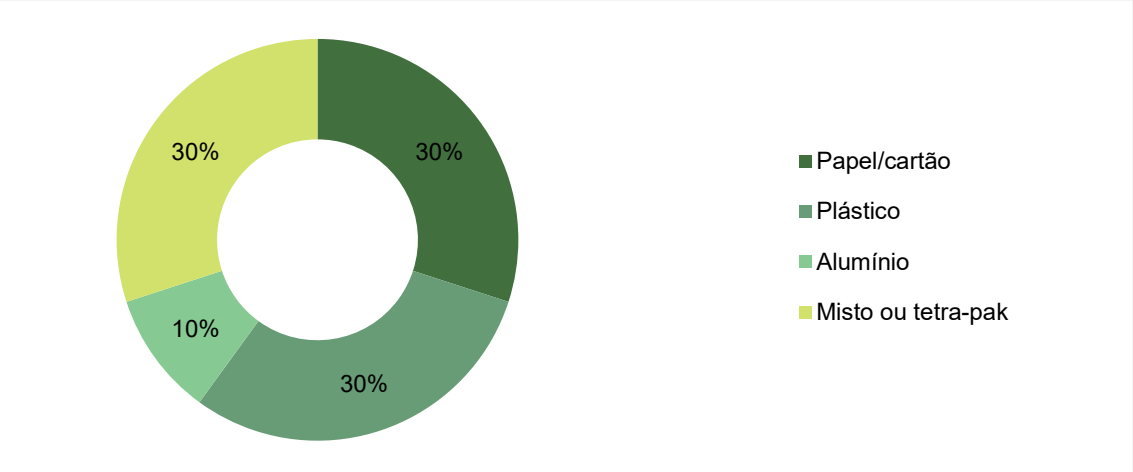

Figura 13 - Materiais utilizados nas embalagens, segundo reportado pelas empresas da fileira dos Laticínios.

Relativamente ao consumo de água, os dados fornecidos pela Empresa C permitiram calcular o consumo de 22 L/kg de produto, considerando o consumo total anual de água em relação à produção total anual da empresa. Este consumo representa exclusivamente água proveniente de fonte pública. Contudo, a empresa apresenta um cálculo de pegada hídrica significativamente mais baixo, indicando um consumo de apenas 3,8 L/kg de queijo.

Esta discrepância pode ser explicada pela diferença nos métodos de cálculo. O valor de 22 L/kg considera todo o consumo de água da empresa, incluindo usos indiretos, como irrigação de jardins, limpeza de equipamentos e consumo humano. Já o cálculo da pegada hídrica pode refletir apenas a água diretamente utilizada na produção do queijo, excluindo outros consumos auxiliares.

Adicionalmente, ao analisar o consumo de água necessário para a produção de leite, estima-se que sejam utilizados 1020 litros de água por litro de leite produzido. Considerando que, em média, são necessários 1 litro de leite para produzir 95 g de queijo, conclui-se que a produção de 1 kg de queijo requer aproximadamente 5060 litros de água. Esse valor engloba todas as etapas do processo, desde a produção do leite até o processamento final do queijo (Ana Sofia Ferraz, 2020). No processamento do queijo, este elevado consumo está maioritariamente associado ao enxaguamento e às lavagens dos equipamentos de receção de leite e produção. No processamento do queijo, este elevado consumo está maioritariamente associado ao enxaguamento e às lavagens dos equipamentos de receção de leite e produção.

Os fatores que podem influenciar diretamente o consumo de água na indústria de laticínios incluem:

- Disponibilidade de água superficial e subterrânea para processos de refrigeração;
- Tempo e quantidade de água utilizados durante os enxagues;
- Características dos programas de CIP (Cleaning in Place), que impactam a eficiência do uso de água;
- Manutenção preventiva e corretiva, incluindo a reparação de fugas.

Apesar de não reutilizar água, a empresa implementou uma ETAR tecnologicamente avançada para o tratamento de águas residuais. Contudo, a empresa refere que a medição do impacto concreto das medidas de poupança é dificultada pelo facto de o consumo de água estar diretamente relacionado com as quantidades produzidas anualmente, que apresentam variações.

2.3 Tecnologias de digitalização utilizadas

A adoção de tecnologias de digitalização pode proporcionar às empresas dos laticínios uma vantagem competitiva significativa, melhorando a eficiência operacional, a qualidade dos produtos e a sustentabilidade ambiental. Do ponto de vista da Automação e Robótica, esta tem um grande impacto ao nível da receção de matérias-primas através de sistemas automatizados para classificação e manuseamento, garantindo consistência e velocidade. Já nos processos de Controlo e Qualidade, a Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning aplicados a sistemas de visão computacional para detetar defeitos/doenças e qualidade dos produtos desempenham um papel fundamental na eficiência das operações. E em processos burocráticos relacionados com o cumprimento de normas, nos quais, os chatbots podem simplificar e agilizar os processos.

A conceção de plataformas de Internet das Coisas (IoT) permitem a monitorização em tempo real, recorrendo a sensores para monitorizar condições de armazenamento, como temperatura e humidade, garantindo que os produtos/animais sejam mantidos nas melhores condições possíveis. Na gestão de Equipamentos, a monitorização e manutenção preventiva de máquinas e equipamentos de processamento permitem minimizar paragens e falhas. Outra tecnologia com grande impacto na monitorização é a tecnologia de Blockchain implementada para rastrear a origem e o fluxo dos produtos, garantindo transparência e confiança ao consumidor, assim como para garantir certificação e conformidade. A utilização de registos imutáveis para assegurar que os produtos atendem às normas e regulamentos, facilita a transparência e comunicação de informação entre os vários players da cadeia de abastecimento, promovendo a circularidade dos subprodutos desta fileira.

A Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR) podem ser utilizadas no treino de pessoas em operações com máquinas e processos de segurança, reduzindo erros e aumentando a eficiência. Também na manutenção assistida, os técnicos podem usar AR para visualizar instruções de manutenção sobrepostas nas máquinas, facilitando a resolução de problemas.

Outras tecnologias que contribuem diretamente para o processo de descarbonização da fileira das carnes são as Tecnologias de Sustentabilidade, tanto no uso eficiente de energia, através de sistemas de monitorização e otimização do uso de energia para reduzir o consumo e os custos, como na gestão de resíduos, incorporando tecnologias para otimizar a gestão e reutilização de resíduos de processamento.

Em suma, o recurso a Sistemas de Gestão Integrados que incorporam sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) específicos para a indústria de alimentos integrando todas as operações, desde a aquisição de matéria-prima até a distribuição final são cruciais para a sustentabilidade desta fileira. A utilização de sistemas MES (Manufacturing Execution Systems) que monitorizam e controlam a produção em tempo real, proporcionando visibilidade total do chão de fábrica aumentam a eficiência dos processos e reduzem o desperdício.

3. Medidas de descarbonização, digitalização e economia circular para a fileira

3 Medidas de descarbonização, digitalização e economia circular para a fileira

3.1 Domínio "Descarbonização"

Na indústria dos laticínios, os principais processos incluem a termização, homogeneização, pasteurização, fermentação, evaporação, secagem e conservação em ambientes refrigerados. Estas etapas destacam-se pelo elevado consumo energético, devido à necessidade de manter temperaturas controladas (tanto para refrigeração como para aquecimento), pela geração de vapor e pelo uso intensivo de água quente nos procedimentos de limpeza e desinfeção dos equipamentos.

Adicionalmente, a perecibilidade dos produtos lácteos exige um controlo rigoroso das condições térmicas e de higiene em todas as fases de produção e armazenamento. Considerando o impacto ambiental e os custos associados a este elevado consumo de energia, a descarbonização do setor dos laticínios torna-se uma prioridade, essencial para reduzir as emissões de carbono e manter a competitividade das empresas.

No setor dos laticínios, existem várias tecnologias e estratégias específicas que permitem reduzir o consumo de energia e melhorar a sustentabilidade das operações (European Commission, 2019), como as apresentadas de seguida:

- **Homogeneização parcial do leite** – A homogeneização parcial do leite reduz o consumo energético ao diminuir a pressão aplicada durante o processo, mantendo a qualidade do produto;
- **Adoção de homogeneizadores eficientes** – A adoção de homogeneizadores modernos com menor consumo de energia permite reduzir significativamente os custos operacionais, ao melhorar a sua eficiência;
- **Utilização de pasteurizadores contínuos** – Os pasteurizadores contínuos permitem uma maior eficiência térmica, reduzindo o desperdício energético em comparação com sistemas por lotes;
- **Técnica de pasteurização regenerativa** – A permuta de calor regenerativa é uma prática comum na fileira, onde se aproveita a energia térmica do leite pasteurizado para pré-aquecer o leite cru, otimizando assim o uso de energia;
- **Tratamento do leite a temperatura ultra-alta (UHT) sem pasteurização intermédia** – Ao eliminar a pasteurização intermédia no processo UHT, são reduzidas etapas e custos energéticos, garantindo a segurança alimentar com um tratamento térmico único;

- **Secagem em várias fases na produção de leite em pó** – A secagem em várias fases combina diferentes métodos de remoção de humidade para maximizar a eficiência energética;
- **Recuperação de calor do soro de leite quente** – O calor do soro de leite quente pode ser recuperado para aquecer água ou para fazer o pré-tratamento térmico outros produtos. Esta abordagem reduz o desperdício térmico e maximiza o aproveitamento de subprodutos do processo;
- **Utilização de água estéril no homogeneizador** – A substituição de fluidos convencionais por água estéril no homogeneizador melhora a eficiência energética e a segurança alimentar;
- **Hibernação em pasteurizadores e esterilizadores** – A implementação de modos de hibernação em pasteurizadores e esterilizadores reduz o consumo energético e o desperdício durante períodos de inatividade.

Apesar dos desafios iniciais associados ao investimento e à adaptação de infraestruturas, estas tecnologias e medidas oferecem oportunidades significativas para o setor dos laticínios reduzir a sua pegada ambiental e promover operações mais sustentáveis e competitivas. No Anexo 1**Error! Reference source not found.** podem ser encontradas mais informações detalhadas sobre estas e outras medidas e as suas aplicações práticas no setor.

De seguida são introduzidos dois exemplos de empresas do setor dos laticínios relacionados com a eficiência energética e redução de emissões de CO_2, nomeadamente a implementação de uma caldeira a biomassa e a implementação de um sistema solar térmico com recuperação de calor.

Exemplo 1 (Caldeira a biomassa)

Uma unidade industrial de transformação de laticínios na Nova Zelândia, pertencente à Fonterra, substituiu a sua caldeira a carvão por uma solução alimentada a biomassa no seu centro de produção em Stirling, Otago. Este projeto permitiu eliminar completamente o uso de carvão nesta unidade, contribuindo para a meta da empresa de abandonar este tipo de vetor energético em todas as suas operações até 2037.

Com esta conversão, estima-se uma redução anual de cerca de 18.500 toneladas de CO_2, resultante da eliminação do consumo de aproximadamente 10.000 toneladas de carvão por ano. A nova caldeira é alimentada por resíduos florestais de origem local, promovendo a valorização de recursos renováveis e contribuindo para o reforço da economia circular.

A iniciativa integrou um investimento de aproximadamente 18 M€ e teve uma duração de cerca de dois anos desde o planeamento até à entrada em funcionamento da nova caldeira. Para além dos benefícios ambientais, gerou impactos económicos positivos a nível regional, promovendo a criação de emprego e o desenvolvimento local.

Exemplo 2 (Solar térmico e recuperação de calor)

O maior membro de comercialização e transformação de leite na Califórnia, a Califórnia Dairies, está prestes a concluir seis projetos de descarbonização do calor de processo industrial em duas das suas maiores instalações, localizadas nas cidades de Visalia e Turlock. Os projetos visam implementar três tecnologias no processo: sistemas solares térmicos, retentores de vapor e sistemas de recuperação de calor de caldeiras. Estima-se que estas iniciativas evitem anualmente cerca de 7.000 toneladas de CO2 e mais de 32.000 MWh de consumo de gás natural.

A implementação do projeto começou nas instalações de processamento de produtos lácteos em Visalia no ano de 2021. O objetivo foi integrar três tecnologias de descarbonização térmica nas instalações: um sistema solar térmico montado no telhado para pré-aquecer a água de alimentação da caldeira; purgadores de vapor inteligentes com sensores ligados à internet para reduzir as perdas de vapor; e um sistema de recuperação de calor da caldeira para aumentar a eficiência em quase 10%. O processo opera com uma temperatura máxima de 82°C, perfeitamente ajustada às necessidades operacionais.

Durante a construção, as condições originais do telhado e da tubagem do local exigiram pequenas modificações. A instalação e integração destas três tecnologias não interromperam as operações da instalação, que são de 24 horas por dia, 7 dias por semana. Não houve alterações na qualidade da produção e não houve tempo de paragem ou interrupções na operação. Com os resultados obtidos neste projeto, a Califórnia Dairies decidiu instalar um conjunto semelhante de tecnologias integradas nas instalações de Turlock.

O financiamento público-privado foi uma estratégia muito assertiva neste projeto. A combinação do investimento direto da empresa Skyven Technologies, com financiamento de terceiros, e incentivos de fundos públicos criou uma estrutura financeira eficaz. Este modelo demonstrou o potencial de colaboração entre a indústria, o governo e as finanças para acelerar as soluções de descarbonização industrial. Os projetos estão a ter o desempenho esperado e geraram poupanças líquidas de aproximadamente 386.400 €. Além disso, a redução do consumo de gás natural trouxe benefícios notáveis, incluindo a melhoria da qualidade do ar local e da saúde da comunidade, ao reduzir emissões de partículas, NOx, SOx, COVs e CO.

Fontes: (Fonterra, 2024), (Renewable Thermal, 2024).

3.2 Domínio "Digitalização"

Na indústria dos Laticínios, a digitalização desempenha um papel fundamental na modernização e competitividade. A análise abrangente das tecnologias de digitalização revela uma paisagem complexa e variada, com empresas em diferentes estágios de adoção e maturidade digital.

A avaliação do nível de maturidade digital na Fileira dos Laticínios reflete uma jornada em evolução. No nível inicial de digitalização, algumas empresas ainda estão no estágio de suporte por sistemas de processamento de dados, com processos não claramente definidos e conhecimento limitado sobre o impacto da Indústria 4.0. Por outro lado, algumas empresas atingiram o nível de visibilidade, utilizando sistemas de apoio à decisão em tempo real e demonstrando estratégias explícitas alinhadas com conceitos da Indústria 4.0. Outras empresas alcançaram o nível de transparência, investindo na compreensão dos motivos por trás dos processos e reconhecendo oportunidades e desafios. No entanto, até ao momento, nenhuma empresa alcançou o nível de capacidade preditiva, onde a antecipação do futuro e a tomada de decisões baseadas em cenários previstos são diferenciais competitivos.

O processo de digitalização na Fileira dos Laticínios revela diferentes fases de amadurecimento, desde o início da jornada até a definição de estratégias e planos de ação tecnológicos. A automação é um ponto intermediário com potencial para expansão, e a integração entre sistemas de informação e equipamentos produtivos é crucial para impulsionar a eficiência operacional.

No que diz respeito ao uso de tecnologias digitais específicas na Fileira dos Laticínios, é evidente uma variedade de abordagens e adoções. Enquanto a maioria das empresas utiliza sistemas ERP, uma tecnologia fundamental para a gestão integrada e otimização de processos, a Internet das Coisas (IoT) é adotada apenas por algumas empresas. O Business Intelligence (BI) é utilizado por algumas empresas, indicando uma oportunidade significativa de explorar melhor os dados para tomada de decisões estratégicas. Já os Sistemas de Execução de Manufatura (MES) e os Sistemas de Gestão de Laboratório (LIMS) têm adesão limitada, indicando espaço para melhorias.

Em relação a tecnologias mais recentes e avançadas na indústria como Robótica Inteligente e Colaborativa, Inteligência Artificial (IA), Realidade Aumentada e Virtual (AR/VR) e Gémeos Digitais (DT), os Laticínios ainda estão nos estágios iniciais de adoção, com potencial para futuras explorações e inovações.

Diante desta análise abrangente, fica claro que a Fileira dos Laticínios está num ponto de transição rumo à digitalização completa e integrada. A diversidade de abordagens e o progresso em diferentes áreas destacam tanto as oportunidades quanto os desafios que as empresas enfrentam neste processo. Investir em tecnologias facilitadoras, formação especializada e parcerias estratégicas pode acelerar esta transformação, impulsionando a eficiência operacional, a competitividade e a inovação na indústria dos Laticínios. Colaboração e visão estratégica serão

elementos essenciais para superar os obstáculos técnicos e culturais e navegar com sucesso nesta jornada de transformação digital.

3.3 Domínio "Economia circular"

Além das medidas referidas nos capítulos acima, existem outras oportunidades de melhoria com foco não só na descarbonização, mas também em práticas de economia circular e minimização do desperdício. Listam-se abaixo essas medidas:

- **Desenvolver produtos com maior tempo de prateleira.** O revestimento dos queijos deve ser formulado de forma a proteger o produto da oxidação e do crescimento microbiano, por exemplo recorrendo a compostos funcionais. Uma empresa portuguesa desenvolveu também uma bebida semelhante ao iogurte, mas que é vendida na forma de um pó, seco, o que leva a um tempo de prateleira de um ano. Ao aumentar o tempo de prateleira dos produtos, minimiza-se o desperdício alimentar junto do consumidor final. Assim, reduz-se a quantidade de resíduos que são recolhidos de forma indiferenciada e que muitas vezes acabam por ter como destino final o aterro.
- **Valorizar os subprodutos da produção de queijo:** produção de requeijão a partir do soro; valorização do soro para extração de proteínas, pela secagem; colaboração com outras indústrias para valorização do soro e sorelho. Os subprodutos devem preferencialmente ser valorizados para alimentação humana, para permitirem uma maior rentabilidade. Neste sentido, sugere-se ainda promover o soro e leitelho junto dos consumidores portugueses, como ingredientes de produtos de pastelaria, receitas ou substitutos magros ou *light* de outros ingredientes, pois ainda são pouco utilizados pelos consumidores finais.
- **Utilizar resíduos e subprodutos da produção de leite e queijo para a formulação de rações para animais,** quando não for possível a sua valorização para alimentação humana. Isto poderá ser com processamento mínimo ou através de valorização (como o desenvolvimento de hidrolisados ou extração de compostos bioativos). Caso a empresa transformadora possua animais próprios (ao invés de comprar o leite como matéria-prima), sugere-se que aproveite os subprodutos de forma interna, para alimentação dos próprios animais, facilitando a logística e minimizando as emissões associadas quer à produção de ração com novas matérias-primas, quer ao transporte dos materiais.
- **Transformar resíduos orgânicos não aproveitáveis em composto orgânico ou biogás, que pode ser utilizado para gerar energia.** Assim, reduzir-se-á não só a

percentagem de resíduos que acaba em aterro, como também a dependência de energias de origem fóssil. A viabilidade desta alternativa depende dos custos de operação e instalação das tecnologias de valorização energética e dos volumes de subprodutos disponíveis e deverá ser estudada caso a caso.

- **Usar embalagens biodegradáveis, recicláveis ou com maior inclusão de materiais reciclados, bem como otimizá-las para reduzir o volume e o peso.** Caso não seja possível alterar o material da embalagem para um de menor impacto ambiental, deve estudar-se para cada produto a possibilidade de minimizar o teor de embalagem. Isto permitirá não só reduzir o desperdício associado à embalagem, como também otimizar o transporte de produtos, levando a que se consiga levar mais peso de produto em cada viagem. Assim, minimizam-se os custos e as emissões associadas aos transportes. Em contrapartida, poderá estudar-se a viabilidade da utilização de garrafas de vidro para alguns produtos, considerando a possibilidade de estas embalagens serem retornadas pelo consumidor final e assim serem reutilizadas.

- **Integrar árvores e florestas nos sistemas de produção de leite**. Isto melhora o sequestro de carbono e reduz a necessidade de fertilizantes e pesticidas sintéticos. Adicionalmente, poderá contemplar-se a possibilidade de se integrarem espécies vegetais para consumo humano, como nogueiras ou outras árvores de fruto, e desenhar-se então espaços de produção comuns de produtos vegetais e animais, maximizando a produção por unidade de área. Um estudo da Alpha Labs (Ellen MacArthur Foundation, 2021) sugere que a plantação de nogueiras à volta dos campos de pastagem das vacas para produção leiteira, e produção de queijos de leite, vegan (feitos a partir das nozes) e mistos poderia levar a uma redução de 90% na pegada de carbono de uma empresa produtora de queijos.

- **Monitorizar e registar todos os gastos de água**. Aqui, as tecnologias de digitalização poderão ser usadas para identificar pontos críticos para potenciais melhorias e diminuição do consumo de recursos hídricos.

- **Implementar tecnologias de redução e eficiência no uso da água**, como a recirculação de água nos sistemas de refrigeração e lavagem. Para irrigação, recorrer a sistemas inteligentes e eficientes que minimizam o desperdício de água, sendo, no entanto, preferencial o recurso a sistemas de produção pecuária predominantemente baseados em pastagens não irrigadas.

- **Na pastagem, substituir fertilizantes químicos por fertilizantes orgânicos provenientes de subprodutos da própria cadeia produtiva**. Por exemplo, poderá usar-se a compostagem de dejetos animais. Adicionalmente, sugere-se o recurso a pastagem rotativa, a otimização da densidade animal por área de pastagem e o uso de diversas espécies de erva. Embora isto possa levar a menor volume de *outputs*, pode

promover a saúde dos campos de pastagem e consequentemente a saúde dos animais. Assim, serão necessários menos *inputs* quer na dieta dos animais, quer no tratamento das áreas de pastagem, eventualmente levando a uma maior rentabilidade do processo. Deverá ser avaliado para cada zona geográfica as melhores espécies e densidade animal a usar na pastagem.

- **Promover o melhoramento genético de plantas dos campos de pastagem** para melhorar a eficiência do uso de azoto, a sua digestibilidade para os animais e o seu perfil nutricional. Ao melhorar o uso de azoto e digestibilidade, há menos perdas de nutrientes para o meio ambiente, o que significa que há menos desperdícios de ração e menos emissões associadas. A fertilização dos campos de pastagem deve também ser combinada com a plantação de espécies fixadoras de azoto.
- **Promover a rastreabilidade dos ingredientes da alimentação animal,** desde os produtores da ração até aos consumidores, para facilitar a escolha de fornecedores e produtos que tenham um menor impacto ambiental.
- **Adaptar a alimentação dos animais para aumentar a eficiência de absorção de azoto e fósforo, minimizando a sua excreção**. Em alternativa, pelo menos, deve promover-se a sua excreção pelas fezes face à urina, para evitar que estes elementos eventualmente poluam cursos de água. Isto pode ser feito por exemplo com recurso a aditivos funcionais na sua alimentação.
- **Utilizar também aditivos alimentares que reduzam a produção de metano pelos animais**, como fitoquímicos, algas ou óleos essenciais. Salienta-se ainda que estes aditivos podem ser obtidos de subprodutos alimentares, contribuindo para a circularidade da cadeia.
- **Melhorar o valor nutricional do pasto ou ração**, por exemplo, aumentando o seu teor lipídico balanceando o rácio de energia/proteína. Isto permite às empresas menores custos com a ração, que podem ser desviados para investimento em tecnologias de descarbonização. Em paralelo, aumentar a eficiência nutricional diminui o desperdício de ração, com efeitos nas emissões associadas, seja a nível de transporte da mesma, seja a nível de emissões pelos animais.
- **Criação de animais para selecionar animais com menor produção de metano por unidade de matéria seca ingerida.** Isto terá de ser feito sem, contudo, prejudicar a qualidade do produto final.

Sugere-se ainda que as instituições governamentais e financiadoras criem planos de descarbonização e circularidade integrados, que envolvam desde os produtores de ração animal, agricultores, produtores de pecuária, retalhistas e distribuidores, para criar sistemas de produção

de produtos vegetais e animais em simultâneo, para maximizar a quantidade de produtos alimentares por unidade de área de produção. As parcerias com unidades de investigação são também essenciais, para que se avalie quais as melhores espécies e variedades quer de plantas e ingredientes para ração animal, quer dos próprios animais, com vista à maximização da produção com o menor desperdício e promoção da biodiversidade. Estas parcerias podem ser também interessantes para o desenvolvimento de produtos e/ou tecnologias que aumentem o tempo de prateleira e minimizem o desperdício alimentar junto do consumidor final.

4. Perspetivas de evolução da fileira

4 Perspetivas de evolução da fileira

Na fileira dos lacticínios, 94% das emissões não se devem ao setor da transformação, mas sim a nível de produção primário (Figura 14). Isto salienta novamente a necessidade de programas integrados de descarbonização, onde os produtores sejam envolvidos. Assim, a fileira dos lacticínios representa 18% das emissões a nível da transformação alimentar em Portugal, e 13% das emissões do setor primário.

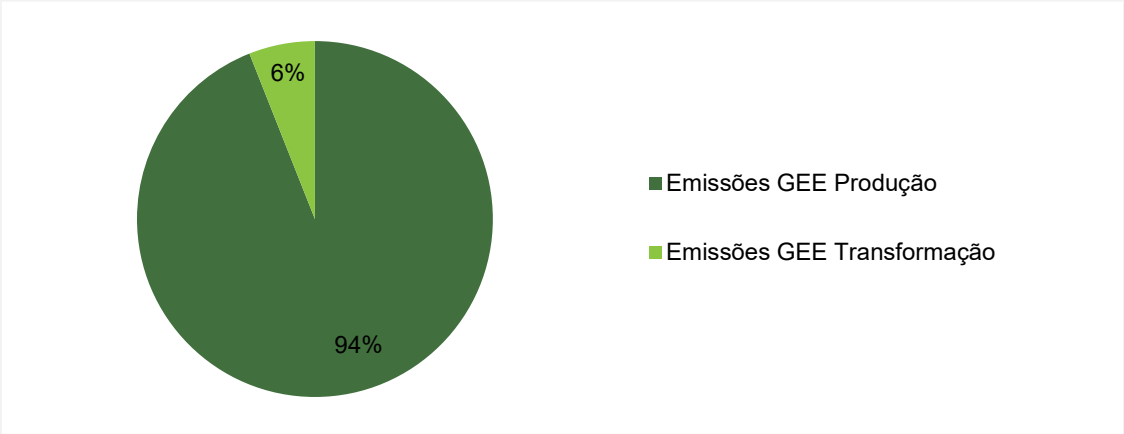

Figura 14 - Distribuição entre produção e transformação na fileira dos lacticínios.

Agrupando os setores de produção e transformação, para o setor agroalimentar em Portugal, prevê-se uma diminuição das emissões de GEE, sendo que a velocidade desta diminuição depende da capacidade de adoção de medidas de descarbonização (cenários conservador, moderado e otimista; Figura 15).

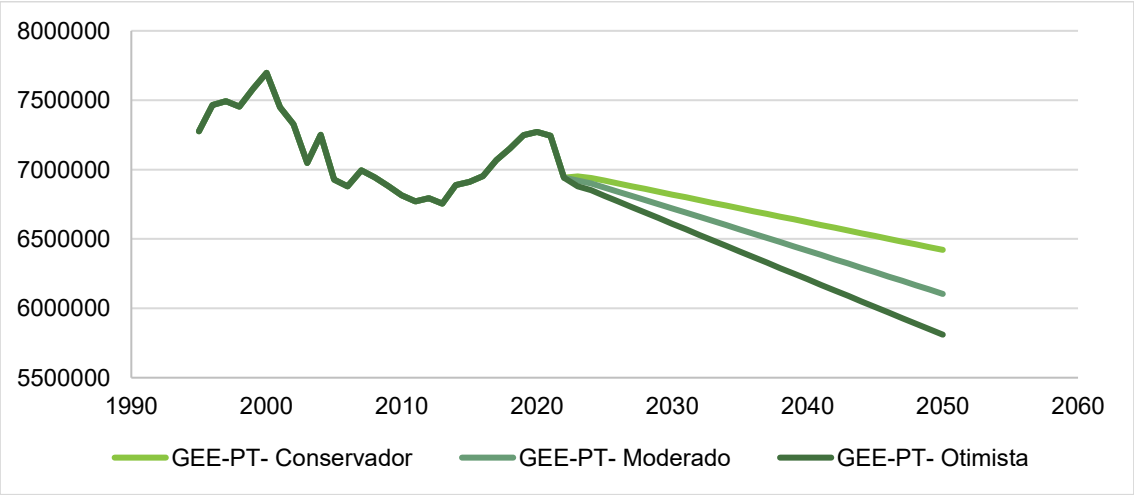

Figura 15 - Estimativa da evolução de emissões GEE de acordo com a evolução histórica, adoção de novas tecnologias e tendências de consumo.

No caso concreto da fileira dos lacticínios, a Tabela 2 apresenta a perspetiva de evolução das emissões de GEE, até 2050. Para estes valores, é considerado um cenário *business as usual*, ou seja, representam-se os valores das emissões caso não sejam tomadas medidas adicionais de descarbonização. Assim, a redução, a nível da indústria transformadora dos lacticínios seria de apenas 7,3% em 2050 (face a 2005), o que fica muito abaixo das metas propostas de descarbonização. Conclui-se então que é necessário um esforço adicional para promover a descarbonização desta fileira.

Tabela 2 - Simulação de emissões de GEE em MtCO2eq para o período 2005 a 2050.

	2005	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Produção	900,56	902,37	899,63	886,62	873,65	860,68	847,73	834,79
Tranasformação	158,86	159,18	158,69	156,40	154,11	151,82	149,54	147,26

A lacuna de dados existente a nível do consumo de água e geração de resíduos por fileira limitou o trabalho. A ausência de dados específicos por fileira representa não apenas uma limitação atual, mas também uma oportunidade clara para futuros trabalhos de investigação. Estudos futuros poderão aprofundar o exercício aqui realizado, partindo da análise desagregada de cada fileira e conduzindo à posterior consolidação setorial de forma mais robusta.

Contudo, a projeção da produção da indústria de laticínios até 2050 em Portugal depende de vários fatores, como mudanças no consumo, políticas públicas, práticas agrícolas, e desafios ambientais. Na Europa ocidental (incluindo Portugal), o consumo tem estado relativamente estagnado ou a diminuir devido a preocupações com saúde e sustentabilidade, enquanto as bebidas vegetais têm aumentado a sua popularidade. A transição para práticas agrícolas regenerativas ou mais sustentáveis pode limitar o crescimento da produção ou levar a uma mudança no modelo produtivo. Saliente-se que, se a indústria portuguesa conseguir posicionar-se como competitiva e sustentável, poderá compensar a queda do consumo interno com exportações para mercados em crescimento. Em suma, a produção pode mudar de volume para valor, com um foco maior em produtos premium (queijos artesanais, lácteos funcionais) e sustentáveis.

A nível de resíduos e subprodutos, salienta-se a crescente valorização do soro do leite, um subproduto da produção de queijo. A tendência de valorizar este e outros subprodutos, com práticas de circularidade, é crescente, trazendo novas fontes de rendimento para o setor. Por outro lado, restos de embalagens, lamas geradas no tratamento de efluentes e outros resíduos orgânicos (sobras de produção) podem ser um problema. Espera-se que a aposta em embalagens biodegradáveis e recicláveis acelere, reduzindo a geração de resíduos.

A indústria de laticínios é intensiva no uso de água, utilizada em etapas como limpeza de equipamentos, pasteurização, arrefecimento e preparação de produtos. Espera-se, no entanto,

até 2050, uma redução significativa no gasto de água deste setor. As tecnologias de reutilização e tratamento de água deverão ser amplamente implementadas, reduzindo o consumo total por unidade de produção. Em regiões com maior escassez hídrica (ex.: Alentejo), pode haver maior pressão para a adoção de sistemas de gestão hídrica inovadores.

PORTUGAL FOODS
Atlantic meets Mediterranean

desde 2009
INOVCLUSTER
Associação do Cluster Agro-industrial do Centro

PRR
Plano de Recuperação e Resiliência

REPÚBLICA PORTUGUESA

Financiado pela União Europeia
NextGenerationEU