



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Gabriela Pinheiro Baptista

Contributo para a avaliação da pegada de carbono numa indústria de panificação

Orientador: Professora Doutora Carla Rodrigues

Coorientador: Professor Ivo Rodrigues

Coimbra, 2024



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Gabriela Pinheiro Baptista

Contributo para a avaliação da pegada de carbono numa indústria de panificação

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior
Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do grau de mestre em
ENGENHARIA ALIMENTAR

Orientador: Professora Doutora Carla Rodrigues

Coorientador: Professor Ivo Rodrigues

Coimbra, 2024

Índice

Agradecimento	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	ix
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Estrutura	4
2. Revisão bibliográfica	6
2.1 Análise bibliométrica	6
2.2 Pegada de Carbono	12
2.3 Protocolo GHG.....	14
2.4 A indústria de panificação	20
3 Metodologia	29
3.1 Caso de estudo	30
3.2 Fronteiras.....	40
3.3 Identificação de fontes de emissão	41
3.4 Cálculo das Emissões	43
3.5 Recolha de Dados e Seleção de Fatores de Emissão	43
3.6 Ferramentas de cálculo	44
4 Apresentação e Discussão dos Resultados	46
4.1 Definição dos limites de análise de emissões de GEE	46
4.2 Identificação de fontes de emissões.....	51
4.3 Distribuição dos consumos energéticos	56

4.4	Estimativas das Emissões Diretas - Âmbito 1: Gás natural e gases de equipamentos de refrigeração	57
4.5	Estimativas das Emissões Indiretas – Âmbito 2: Energia Elétrica	64
4.6	Inventário de GEE.....	74
5	Conclusão	79
6	Referências Bibliográficas	82

Agradecimento

Expresso minha profunda gratidão à minha orientadora, Prof.^a Dra. Carla Rodrigues, pela paciência, orientação e incentivo ao longo de todo este percurso. Ao meu coorientador, Prof. Ivo Rodrigues, agradeço pelo apoio e pelas contribuições valiosas que enriqueceram este trabalho.

À tutora de estágio, Dra. Cláudia Vieira, muito obrigada pela orientação prática, pela dedicação e pela confiança depositada em mim durante essa importante etapa. Agradeço também aos meus colegas da Diatosta - Indústria Alimentar, SA, que, com sua colaboração e acolhimento, tornaram essa experiência ainda mais especial.

À minha família – minha mãe, meu pai e minha irmã – deixo minha mais sincera gratidão pelo amor incondicional, pelo incentivo constante e por sempre acreditarem em mim.

Por fim, dedico um agradecimento especial ao meu companheiro, Ricardo Marques, que esteve ao meu lado em todas as etapas. Sua confiança em mim, muitas vezes maior do que a minha própria, foi uma força essencial para que eu pudesse seguir em frente.

Resumo

A sustentabilidade alimentar, conforme definida pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), envolve a criação de um sistema que garanta alimentos seguros e nutritivos para a população global sem comprometer os pilares económicos, sociais e ambientais para as futuras gerações. Este conceito, que abrange cinco dimensões essenciais — saúde, ambiente, economia, sociedade e cultura —, evoluiu para responder aos desafios contemporâneos, como a redução do desperdício alimentar, a conservação de recursos naturais e a promoção de práticas agrícolas e industriais que minimizem impactes ambientais. A preocupação sobre a sustentabilidade das empresas, nomeadamente, as do sector alimentar tem vindo a aumentar devido, entre outros, ao impacte ambiental dos produtos e à escassez de recursos naturais. Adicionalmente o aumento de regulamentações e políticas ambientais, mas também à crescente conscientização dos *stakeholders* sobre os efeitos das mudanças climáticas exigem uma alteração no processo de melhoria contínua. Neste sentido as empresas têm promovido a adoção de ações para reduzir o seu impacte ambiental e divulgando informações sobre o seu desempenho ambiental, designadamente sobre as suas emissões de gases de efeito estufa.

Este estudo teve como objetivo identificar e propor medidas à uma indústria de panificação com a intenção de reduzir suas emissões de CO₂. Através da análise da pegada de carbono da empresa, foram identificadas fontes significativas de emissões, especialmente relacionadas ao consumo de gás natural. O estudo mostrou que, em média, 83,8% das emissões de carbono de uma determinada linha de produção de tostas, foram emitidas pelo consumo de gás natural. Com estes dados foram propostas adoções de estratégias como a melhoria da eficiência energética, a otimização dos processos produtivos e o monitoramento contínuo do consumo energético. As medidas sugeridas visam não apenas mitigar os impactes ambientais, mas também promover a sustentabilidade operacional e atender às demandas crescentes dos consumidores por práticas mais responsáveis e transparentes.

Palavras-Chave: Sustentabilidade alimentar, Pegada de Carbono, Indústria alimentar, Energia.

Abstract

Food sustainability, as defined by the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, involves creating a system that ensures safe and nutritious food for the global population without compromising the economic, social, and environmental pillars for future generations. This concept, which encompasses five essential dimensions — health, environment, economy, society, and culture — has evolved to address contemporary challenges, such as reducing food waste, conserving natural resources, and promoting agricultural and industrial practices that minimize environmental impacts. The concern about the sustainability of businesses, particularly in the food sector, has been growing due to, among other factors, the environmental impact of products and the scarcity of natural resources. Additionally, the increase in environmental regulations and policies, as well as the growing awareness of stakeholders about the effects of climate change, demand changes in the continuous improvement process. In this context, companies have been promoting the adoption of actions to reduce their environmental impact and disclosing information about their environmental performance, particularly regarding their greenhouse gas emissions.

This study aimed to identify and propose measures for a bakery industry with the intention of reducing its CO₂ emissions. Through the analysis of the company's carbon footprint, significant sources of emissions were identified, especially related to natural gas consumption. The study showed that, on average, 83.8% of the carbon emissions from a specific toast production line were emitted through natural gas consumption. Based on these data, strategies were proposed, such as improving energy efficiency, optimizing production processes, and continuously monitoring energy consumption. The suggested measures aim not only to mitigate environmental impacts but also to promote operational sustainability and meet the growing consumer demand for more responsible and transparent practices.

Keywords: Food Sustainability, Carbon Footprint, Food Industry, Energy.

Lista de Figuras

Figura 1: <i>Green Deal</i> (Pacto Ecológico Europeu) [11].....	3
Figura 2: Fluxograma de filtros de pesquisa para “ <i>Carbon Footprint</i> ”.....	7
Figura 3: Países com mais publicações sobre “ <i>Carbon Footprint</i> ” (2019-2024; <i>Article title, Abstract e Keywords; Scopus</i>).	7
Figura 4: Mapa de coocorrência de palavras-chave sobre pegada de carbono e alimentos (<i>Carbon footprint; Food</i>). Análise Realizada com <i>VOSviewer</i>	9
Figura 5: Emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da produção de alimentos [21].	13
Figura 6: Âmbitos e emissões de uma cadeia de valor [29].	16
Figura 7: Exemplo de PAG [31].....	19
Figura 8: Variação, em percentagem, da produção e das vendas do mercado da panificação e pastelarias industriais em Portugal entre os anos 2020 e 2022 [38].	23
Figura 9: Produção e vendas, em milhões de euros, do mercado da panificação e pastelarias industriais em Portugal entre os anos 2020 e 2022 [38].	24
Figura 10: Comparação do volume de faturação nos segmentos da Indústria de Panificação e Pastelaria em 2021 [40].	24
Figura 11: Selo de Pegada de Carbono da <i>Carbon Trust</i> [56].	28
Figura 12: Localização das unidades fabris da Diatosta - Indústria Alimentar S.A. em Oliveirinha e Palhaça [58].....	30
Figura 13: Imagem aérea da sede da Diatosta - Indústria Alimentar S.A., localizada em Oliveirinha, Aveiro-PT [59].....	31
Figura 14: Evolução das vendas de produtos Diatosta no período de 1989 a 2023 [57]. ..	32
Figura 15: Número de funcionários e vendas totais, no período de 1989 a 2023 [57].	33
Figura 16: Percentagem de vendas para mercado externo e interno, no período de 1989 a 2023 [57].	34
Figura 17: Evolução Anual da Produção – Polos III e IV, Fábrica da Palhaça [57].	35
Figura 18: Vista da parte do Ficheiro <i>Excel</i> – separador Âmbito 1.	44
Figura 19: Vista da parte do Ficheiro <i>Excel</i> – separador Âmbito 2.	44
Figura 20: Vista da parte do Ficheiro <i>Excel</i> – separador Inventário GEE.	45
Figura 21: Diagrama de produção de pães.....	47
Figura 22: Diagrama de produção de mini tostas.	48
Figura 23: Esquema da etapa de produção de pães.....	52
Figura 24: Esquema da etapa de produção de tostas.	52
Figura 25: Comparação do consumo de gás natural (kWh) entre os Polos III e IV.	58
Figura 26: Evolução do teor de humidade (base húmida) ao longo das etapas produtivas.	61

Figura 27: Comparação do consumo de energia elétrica em kWh entre os Polos III e IV..	64
Figura 28: Composição das fontes de energia utilizada - 2022.....	67
Figura 29: Composição das fontes de energia utilizada - 2023.....	68
Figura 30: Consumo de eletricidade diário – Etapa das massas e tostagem.	74
Figura 31: Emissões de CO ₂	77

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas nas pesquisas realizadas na plataforma Scopus (2019-2024; Article title, Abstract e Keywords).	10
Tabela 2 - Produtos produzidos e vendidos na indústria por tipo de produto (Por CAE Rev. 3) - tostas e produtos semelhantes torrados em Portugal em 2022. INE 2022 [41].	25
Tabela 3 - Produtos Diatosta.	36
Tabela 4 – Fontes de emissão de GEE consideradas em cada âmbito do cálculo.	42
Tabela 5 - Equipamentos associados a etapa de produção de pães.	53
Tabela 6 - Equipamentos associados a etapa de produção de tostas.	55
Tabela 7 - Distribuição proporcional dos consumos energéticos entre os Polos III e IV. ...	56
Tabela 8 - Consumo de gás natural e respetivas emissões de CO ₂	58
Tabela 9 - Consumo de gás natural dos equipamentos utilizados para produção de pães e tostas– Polo III.	59
Tabela 10 - Consumo de gás natural e respetivas emissões de CO ₂ – Polo III.	59
Tabela 11 - Quantidades de ingredientes secos e líquidos na massa.	60
Tabela 12 - Percentagem de perda de água no processo de produção, expressa em base húmida.	60
Tabela 13 - Estimativa de energia para remover a humidade nas etapas de produção de pão e tostas	62
Tabela 14 – Equipamentos com quantidade de gás refrigerante e a sua equivalência em tonCO ₂ eq.	63
Tabela 15 – Resultados de energia ativa consumida, energia reativa consumida, e respetivos fatores de potência, em 2021, 2022 e 2023.	65
Tabela 16 – Emissões em kgCO ₂ eq da unidade fabril da Palhaça.	67
Tabela 17 - Consumo de energia elétrica na fábrica da Palhaça e Polo III (proporcional).	68
Tabela 18 – Consumo energético dos equipamentos utilizados para produção de pães – Polo III.	69
Tabela 19 – Consumo energético dos equipamentos utilizados para produção de tostas – Polo III.	71
Tabela 20 – Médias de consumo de energia elétrica Polo III (comparação entre consumo proporcional e consumo dos equipamentos).	72
Tabela 21 – Emissões em kgCO ₂ eq do Polo III.	74
Tabela 22 – Emissões de CO ₂ associadas à parte produtiva do Polo III de acordo com proporcionalidade.	75
Tabela 23 – Emissões de CO ₂ associadas à parte produtiva do Polo III de acordo com consumo pelos equipamentos.	76

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

ACV - Avaliação do Ciclo de Vida

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

CAE - Classificação das Atividades Económicas

CAGR - *Compound Annual Growth Rate* / Taxa de Crescimento Anual Composta

CH₄ - Metano

CO₂ - Dióxido de Carbono

EFSA - *European Food Safety Authority* / Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

GEE / GHG - Gás com Efeito de Estufa– *Greenhouse Gas*

HFCs - Hidrofluorcarbonos

IFIC - *Internacional Food Information Council*

IFS – *International Featured Standards*

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* / Painel Intergovernamental sobre alterações climáticas

kWh – quilowatt-hora

N₂O - Óxido nitroso

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PFCs - Perfluorcarbonos

UE - União Europeia

WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development*

WRI - *World Resources Institute*

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A sustentabilidade alimentar, conforme definido pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), refere-se a um sistema que proporciona alimentos seguros e nutritivos para toda a população, sem comprometer as bases económicas, sociais e ambientais para as gerações futuras [1]. Esse conceito evoluiu ao longo do tempo e atualmente abrange cinco dimensões essenciais: saúde, ambiente, economia, sociedade e cultura [2]. De acordo com a FAO, a definição de "soberania alimentar" (Food security) está diretamente ligada à sustentabilidade, pois uma alimentação com menor impacto ambiental assegura a qualidade e a quantidade de alimentos necessários para o futuro [3].

O contexto da sustentabilidade é amplo, englobando aspetos como a redução do desperdício alimentar, a conservação dos recursos naturais e a promoção de práticas agrícolas e industriais que minimizem os impactos ambientais.

Instituições internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU) e suas agências entre elas a FAO e a Organização Mundial da Saúde (OMS), reconhecem a alimentação como um elemento determinante na luta contra as mudanças climáticas. Isso ocorre porque os sistemas alimentares são responsáveis por uma fração significativa das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), estimada entre 20% e 35% [4]. Portanto, a redução dessas emissões na cadeia produtiva de alimentos é essencial para mitigar o impacto ambiental e promover a transição para práticas mais sustentáveis [4].

A crescente preocupação dos diferentes *stakeholders* em torno das questões associadas à sustentabilidade e a facilidade de acesso a informações, o consumidor torna-se cada vez mais atento às ações e respostas das indústrias em relação às estratégias adotadas para mitigar os impactos ambientais. De acordo com a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), aproximadamente 37% dos europeus demonstram preocupação com questões ambientais relacionadas à alimentação. Isso evidencia o crescente interesse do público em práticas mais sustentáveis dentro da cadeia alimentar [5].

A preocupação com o meio ambiente e a procura por alternativas alimentares mais sustentáveis têm levado os consumidores a avaliar não apenas os ingredientes, mas também a pegada ecológica dos produtos e serviços que consomem. Nesse sentido, tanto a legislação quanto os próprios consumidores têm pressionado as empresas a medir e divulgar o impacto ambiental de seus processos e produtos. Em resposta,

muitas empresas, ao reavaliar suas operações, começam a transferir essa pressão para os seus fornecedores, exigindo a implementação de práticas que reduzam emissões e aprimorem a sustentabilidade geral. Esse movimento, impulsionado pela crescente responsabilidade ambiental das empresas, leva as organizações a procurar soluções para mitigar os seus impactos ambientais, seja diminuindo emissões em suas próprias operações ou ajustando elementos de suas cadeias de abastecimento [6].

Para alcançar a redução de emissões ao longo da cadeia de abastecimento, as empresas precisam identificar as fontes e processos que são mais intensivos na produção de dióxido de carbono (CO₂). No caso da indústria alimentar, fatores como o consumo contínuo e elevado de energia e recursos naturais, necessários para a produção e distribuição de alimentos, desempenham um papel chave. Após o entendimento, mapeamento e caracterização das etapas do processo produtivo, com atenção aquelas que envolvem alto consumo de eletricidade, como gás e água, torna-se importante a implementação de medidas que visem à redução destes consumos, o que, por consequência, levará à diminuição das pegadas de carbono associadas [7].

A Pegada de Carbono é uma ferramenta de comunicação da empresa aos seus *stakeholders*. Cada vez mais as indústrias são solicitadas e obrigadas a fornecer e divulgar dados atualizados e reais sobre as suas emissões de CO₂.

Neste cenário, a indústria alimentar enfrenta o desafio de adotar práticas que reduzam o consumo de energia, a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e o uso excessivo de recursos naturais, sem comprometer a soberania alimentar em escala global.

Para o cálculo da Pegada de Carbono, as organizações frequentemente utilizam metodologias consolidadas, como:

- *Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)*: metodologia amplamente utilizada para orientar a quantificação e o gerenciamento de emissões de gases de efeito estufa, abrangendo emissões diretas, indiretas e aquelas associadas à cadeia de valor [8];
- Norma ISO 14064-1:2018: estabelece requisitos e orientações para a quantificação e relato de emissões e remoções de gases de efeito estufa em nível organizacional [9];
- *The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*: oferece diretrizes técnicas para o inventário de emissões, baseadas em dados científicos robustos e amplamente aceitas globalmente [10].

As metodologias de quantificação e gerenciamento das emissões de gases de efeito estufa desempenham um papel importante no cumprimento dos objetivos estabelecidos pelo *Green Deal* (Pacto Ecológico Europeu). Esta iniciativa estratégica da União Europeia foi lançada em 2019, com o objetivo de transformar a economia europeia em

uma estrutura sustentável e neutra em carbono até 2050. Ele visa promover um crescimento econômico que respeite os limites do planeta, protegendo os recursos naturais e combatendo as mudanças climáticas [11]. Na Figura 1 estão apresentados os principais objetivos do *Green Deal*.



Figura 1: *Green Deal* (Pacto Ecológico Europeu) [11].

O *Green Deal* reconhece que a transição ecológica precisa ser inclusiva e justa, com isso oferece suporte financeiro e técnico para que regiões e setores mais dependentes de atividades intensivas em carbono possam se adaptar [11].

Este trabalho foi realizado na empresa Diatosta S.A., durante o período de janeiro a setembro de 2024. A empresa atua no sector de panificação, e é especializada exclusivamente na produção de tostas e mini tostas, com uma capacidade produtiva diária de aproximadamente 90 toneladas de produto final

Pela diversidade de produtos e métodos de produção, a análise operacional para o cálculo da pegada de carbono focou-se na linha de produção identificada como "Polo III", que é a de maior representatividade em termos de volume de produção. A linha de produção escolhida para a pesquisa é composta por etapas organizadas e sequenciais que transformam as matérias-primas em mini tostas. A referência de produto escolhido é a "Mini Tosta de Trigo 350g".

Este estudo tem como objetivo principal identificar e propor medidas à uma indústria de panificação com a intenção de reduzir suas emissões de CO₂. Esta avaliação permitirá

à identificação de propostas de medidas de redução e compensação das emissões de CO₂ e GEE. Este esforço insere-se num contexto mais amplo de preocupação com a sustentabilidade e a proteção ambiental. Tem como objetivo fornecer ferramentas para a tomada de decisões mais conscientes e eficazes nos processos produtivos, permitindo que a indústria adote estratégias que contribuam para a mitigação do impacto ambiental de seus produtos.

1.2 Objetivos

A análise foi focada na produção de alimentos, especificamente no contexto da indústria panificadora da Diatosta – Indústria Alimentar S.A., com a intenção de identificar oportunidades para a redução das emissões de CO₂ e, como consequência, promover a descarbonização do setor.

O principal objetivo deste trabalho é identificar e propor medidas à uma indústria de panificação com a intenção de reduzir suas emissões de CO₂. Para alcançar este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolver um modelo de quantificação de emissões: Criar uma ferramenta específica que permita a quantificação detalhada das emissões de GEE durante os processos produtivos de panificação;
2. Caracterizar o consumo energético da empresa: Realizar uma análise energética das linhas de produção com maior impacto comercial, avaliando o consumo de energia elétrica e gás natural;
3. Propor medidas de eficiência energética e descarbonização: Sugerir estratégias e medidas práticas que podem ser adotadas para otimizar o uso de recursos, melhorar a eficiência energética e diminuir a pegada de carbono da produção de tostas.

1.3 Estrutura

O trabalho está estruturado em seis capítulos. O capítulo 1 apresenta uma breve introdução ao tema do trabalho à pegada de carbono na indústria panificadora e a relevância do estudo no contexto das mudanças climáticas. O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica dos principais conceitos relacionados à pegada de carbono e sustentabilidade. Este capítulo explica como foi realizada a análise bibliométrica e fornece uma contextualização do setor de panificação a nível global e europeu. Além disso, apresenta o protocolo *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*. O capítulo 3 é dedicado à apresentação da metodologia de pesquisa, a detalhar as etapas e ferramentas utilizadas para quantificar as emissões de GEE na produção da indústria panificadora. No capítulo 4, são apresentados os resultados

obtidos, incluindo a discussão sobre os dados recolhidos e possíveis sugestões de melhoria. Este capítulo propõe soluções práticas para a empresa reduzir as suas emissões de carbono, garantindo uma maior sustentabilidade. Finalmente, o capítulo 5 apresenta as principais conclusões deste estudo, fatores condicionantes ao estudo e trabalhos a serem desenvolvidos futuramente.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Análise bibliométrica

O processo de pesquisa científica começa com a identificação de um problema, pergunta ou questão que motiva os investigadores a procurar informação em bibliotecas e bases de dados bibliográficas digitais [12]. Estas etapas de análise da literatura são cruciais pois permitem, entre outros, seleção cuidadosa do referencial teórico, fundamentação científica e fundamentação metodológica [13].

Partindo desse princípio, a elaboração desta pesquisa teve início no mês de janeiro de 2024. Com o interesse em temas relacionados à sustentabilidade e à produção de alimentos, com destaque para sistemas de qualidade, certificações e aspetos regulatórios no contexto alimentício. A identificação das necessidades e definição do tema central da pesquisa, foi baseado no processo *ProKnow-C* (*Knowledge Development Process – Constructivist*) como metodologia para a análise bibliométrica [14]. A análise bibliométrica é uma abordagem que quantifica e avalia a produção científica por meio de indicadores como o número de citações, autores de destaque e a relevância dos periódicos, com o objetivo de mapear o conhecimento num campo específico [14]. Um portfólio bibliográfico consiste num conjunto específico de artigos, essencial para a gestão das informações e do conhecimento científico em uma área determinada [15]. O processo *ProKnow-C* é estruturado em quatro etapas: seleção do portfólio bibliográfico, análise bibliométrica, análise sistêmica e questões de pesquisa [14]. Esse processo parte do interesse específico do investigador, considerando as delimitações e restrições inerentes ao contexto académico, visando a construção de um conhecimento sólido que sirva de base para o desenvolvimento da pesquisa científica.

A partir desse processo, iniciou-se a estruturação de um portfólio bibliográfico inicial. Para esta pesquisa, foi utilizada a base de dados *Scopus* como principal fonte de busca de dados. Foi definido o período de 5 anos de buscas de artigos das palavras-chave, de 2019 a 2024, utilizando um conjunto de palavra-chave localizadas nos títulos dos artigos e resumos.

A seleção das palavras-chave foi o primeiro critério utilizado na escolha dos artigos para esta pesquisa. Como o tema ainda estava em fase de definição, foram realizadas várias etapas para compreender e quantificar adequadamente o contexto.

O primeiro passo na definição do tema foi verificar a relevância da sustentabilidade na comunidade científica, com atenção ao contexto da indústria alimentar. Ao investigar o tema da sustentabilidade, constatou-se a existência de uma ampla gama de informações e terminologias. Com isso, iniciamos a busca pelo termo "*Carbon*

Footprint", que revelou um extenso volume de literatura. Totalizando 22.937 artigos publicados. A fim de refinar, entender e priorizar conteúdos relevantes para a pesquisa, utilizou-se uma série de filtros por área de estudo na plataforma *Scopus*. As áreas selecionadas dos artigos foram: Ciências Ambientais, Engenharia, Agricultura e Ciências Biológicas, o que reduziu o conjunto para 15.301 artigos. A Figura 2 ilustra o esquema e fluxo adotado para essa análise detalhada.

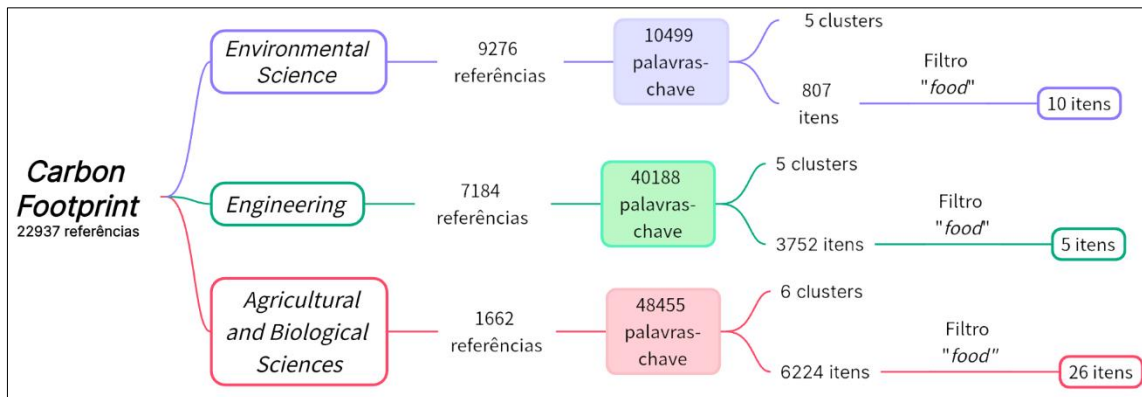


Figura 2: Fluxograma de filtros de pesquisa para “Carbon Footprint”.

Além da relevância demonstrada pelos números sobre a pegada de carbono, também foi avaliada a importância global do tema. A Figura 3 apresenta a quantidade de publicações contendo a palavras-chave “Carbon Footprint” por país.

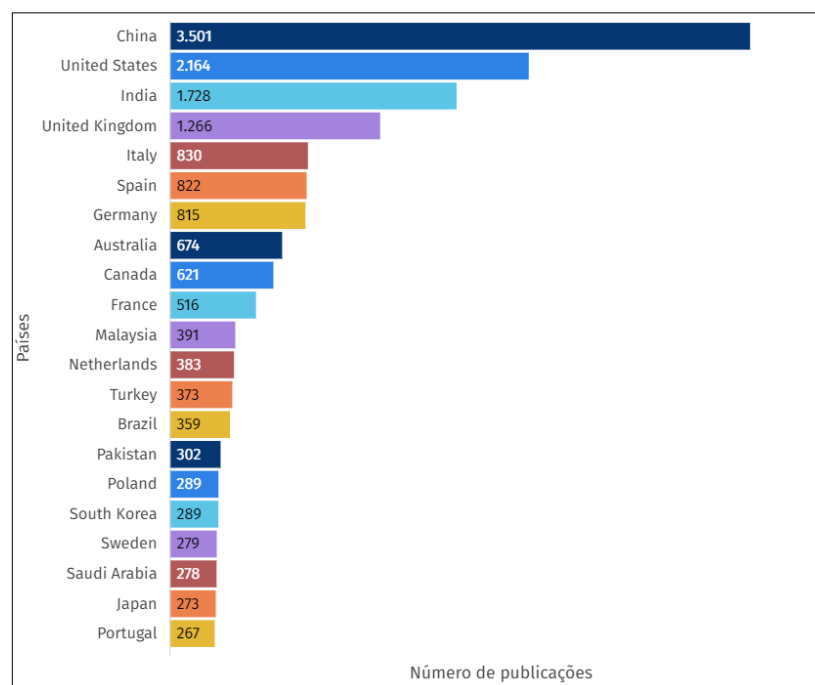


Figura 3: Países com mais publicações sobre “Carbon Footprint” (2019-2024; Article title, Abstract e Keywords; Scopus).

Com base em dados extraídos da seção de análises da plataforma *Scopus*, observou-se um aumento significativo no número de publicações relacionadas ao tema nos últimos cinco anos. Em 2019, foram publicados 1.846 artigos, com um crescimento contínuo até 2023, quando o número alcançou 3.319 artigos. Até o momento da pesquisa, em 2024, já haviam sido publicados 2.613 artigos.

Posteriormente, cada área selecionada na plataforma *Scopus* (Ciências Ambientais, Engenharia, Agricultura e Ciências Biológicas), foi analisada individualmente para avaliar a presença e relevância do termo "*food*" dentro desses filtros. Foi utilizado o software *VOSviewer* para organizar e visualizar as conexões entre as palavras-chave, demonstrando as áreas de interesse predominantes no conjunto de dados. Essa ferramenta permitiu identificar clusters de temas relacionados e destacar as tendências no campo de pesquisa sobre a pegada de carbono, facilitando assim a análise de como o tema 'food' interage com diferentes áreas estudadas.

Conforme análise dos gráficos gerados pelo software, optou-se por uma abordagem de coocorrência, englobando todas as palavras-chave. Essa técnica permitiu identificar as conexões e a frequência com que as palavras-chave aparecem juntas nos documentos analisados, proporcionando insights sobre as áreas temáticas mais interligadas e prevalentes na pesquisa.

Na análise de coocorrência, estabeleceu-se um limiar mínimo de cinco ocorrências para as palavras-chave. Para cada área analisada, identificamos diferentes quantidades de palavras-chave. Na área de Ciências Ambientais (Environmental Science), houve 48.455 palavras-chave, sendo que 6.224 superaram o limiar estabelecido. Em Engenharia (Engineering), foram identificadas 40.188 palavras-chave, com 3.752 delas atendendo ao limiar. Na categoria Agricultura e Ciências Biológicas (Agricultural and Biological Science), encontramos 10.499 palavras-chave, das quais 807 atingiram o limiar.

Em cada filtro aplicado foi comparada a quantidade de clusters formados e o total de itens que atendiam ao critério de seleção estabelecido. Ou seja, o foco foi dado à palavra "*food*". O filtro de "*Agricultural and Biological Sciences*" apresentou a maior incidência da palavra "*food*".

Na última etapa, combinamos as palavras-chave relacionadas à pegada de carbono com aquelas referentes aos processos industriais de panificação, incluindo termos específicos para pães torrados e tostas. Essa expansão permitiu mapear de forma mais completa como a terminologia "pegada de carbono" está integrada a indústria de panificação e nas práticas de rotulagem alimentar.

Na Figura 4, há a demonstração do mapa de coocorrência da palavra-chave “pegada de carbono” e “alimentos” gerado pelo programa VOSviewer.

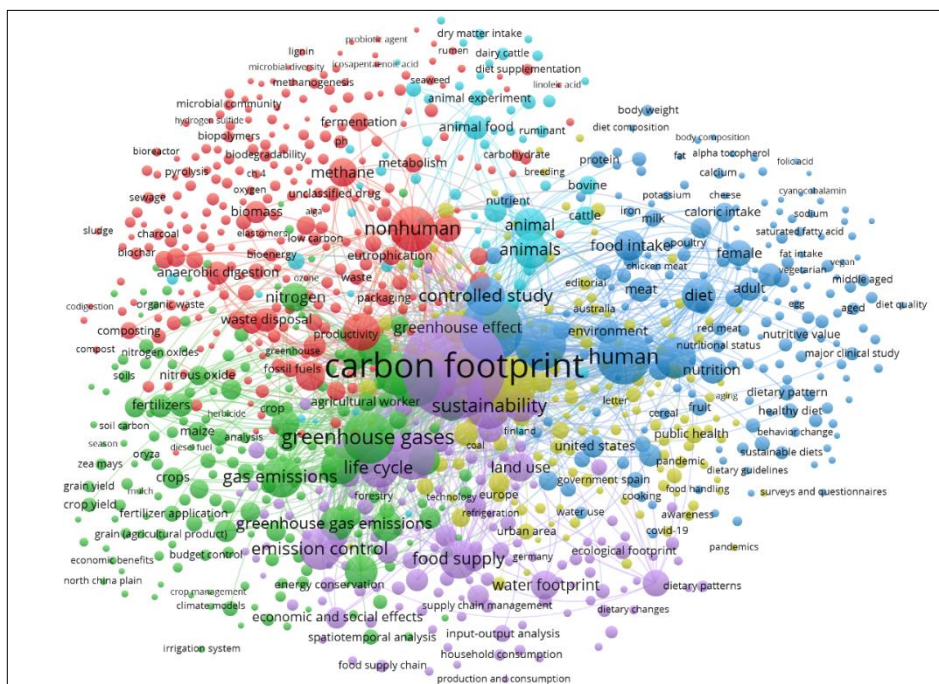


Figura 4: Mapa de coocorrência de palavras-chave sobre pegada de carbono e alimentos (*Carbon footprint; Food*). Análise Realizada com VOSviewer.

Na Tabela 1, estão listadas todas as palavras-chave utilizadas, juntamente com suas combinações, assim como, a quantidade de artigos que possuem essas palavras-chave em seus títulos, resumos e nas próprias palavras-chave dos artigos:

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas nas pesquisas realizadas na plataforma *Scopus* (2019-2024; *Article title, Abstract e Keywords*).

Palavras-chave	Número de documentos encontrados
"Bread* industr*"	3321
"Bread* process*"	8328
"Bread* process*" and sustainab*	485
Bread* and Industr*	114
Bread* and Process*	7760
Bread* and process* and sustainab*	84
"Carbon* footprint*"	51
"Carbon* footprint*" and "food processing"	396
"Carbon* footprint*" and "food* industr*"	113
"Carbon* footprint*" and "food* industr*" or "food processing"	0
"Carbon* footprint*" and baker*	7
"Carbon* footprint*" and baker* and industr*	10
"Carbon* footprint*" and baker* and industr* or process* or manufact*	51
"Carbon* footprint*" and baker* and manufact*	13
"Carbon* footprint*" and baker* and process*	5
"Carbon* footprint*" and bread*	16
"Carbon* footprint*" and bread* and industr*	25
"Carbon* footprint*" and bread* and industr* or process* or manufact*	0
"Carbon* footprint*" and bread* and manufact*	24
"Carbon* footprint*" and bread* and process*	8
"Carbon* footprint*" and bread* and toasted* and industr*	0
"Carbon* footprint*" and bread* and toasted* and manufact*	0
"Carbon* footprint*" and bread* and toasted* and process*	0
"Carbon* footprint*" and food*	317
"Carbon* footprint*" and toasted and bread* and industr*	0
"Carbon* footprint*" and toasted and bread* and manufact*	17
"Carbon* footprint*" and toasted and bread* and process*	0
"Climat* label*"	271
Climat* and label*	17
"Climat* label*" and "Carbon* footprint*"	29
Climat* and label* and "Carbon* footprint*"	4
"Climat* label*" and "Carbon* footprint*" and food*	0
Climat* and label* and "Carbon* footprint*" and food*	0
Climat* and label* and "Carbon* footprint*" and food* and "toasted bread*"	0
Climat* and label* and "Carbon* footprint*" and food* and baker	0
Climat* and label* and "Carbon* footprint*" and food* and bread*	0
Climat* and label* and "Carbon* footprint*" and food* and process	6
"Climat* label*" and food*	69
Climat* and label* and food*	12
Decarboniz* and toast* bread* and industr*	0
Decarboniz* and toast* bread* and manufact*	7
Decarboniz* and toast* bread* and process*	0
Decarbonization* and baker*	2
Decarbonization* and baker* and process*	52
"Food Label" and "Carbon* footprint*"	26
"Food Label" and "toast* bread*"	15

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas nas pesquisas realizadas na plataforma Scopus (2019-2024; Article title, Abstract e Keywords) (continuação).

Palavras-chave	Número de documentos encontrados
"Food Label" and baker*	2213
"Food Label" and bread*	0
"Food Label" and sustainab*	7
"Food Label" and toast* and bread*	0
"Food* Label**"	121
"Food* Label**" and "bread* toast*" or toast* and bread* or "toast* bread**"	2402
"Food* Label**" and baker*	0
"Food* Label**" and toast* and bread*	0

Com a identificação das palavras-chave e terminologias mais relevantes, avançou-se para a próxima etapa, que consistiu na leitura dos títulos dos documentos encontrados. Para compor nosso portfólio bibliográfico, os artigos foram submetidos a uma seleção baseada em determinados critérios. Os critérios usados para excluir os artigos foram referentes aos aspetos e composições nutricionais, desenvolvimento de novos produtos alimentícios e descrições detalhadas das fases do processo de produção. Os critérios considerados para selecionar os artigos foram os artigos e estudos que abordavam a sustentabilidade e a descarbonização, bem como seus conceitos; estudos com análise de impacto ambiental das diferentes etapas do processo de produção de alimentar; pesquisas sobre a eficiência energética e a implementação de tecnologias para a redução das emissões de gases de efeito estufa na produção alimentar e pesquisas que demonstravam a relação entre rotulagem sustentável e entendimento do público.

Nesta segunda fase foram selecionados 99 artigos. Os artigos selecionados que atenderam aos critérios de inclusão citados anteriormente foram submetidos a uma nova fase de avaliação, a leitura de seus resumos. Caso o conteúdo do resumo indicasse que o artigo não se adequava aos critérios previamente estabelecidos, o documento era descartado.

Para os 15 artigos que permaneceram na análise, foi realizado o *download* completo dos textos e a sua organização no programa *Mendeley Refence Manager*. Ao utilizar esta ferramenta, foi possível não apenas estruturar a biblioteca de documentos, mas também realizar a leitura detalhada e fazer marcações nos pontos mais relevantes de cada artigo. Ao final desse processo, o portfólio bibliográfico foi composto por 99 documentos, a incluir artigos científicos, guias e normativas.

2.2 Pegada de Carbono

Com o crescimento demográfico e o desenvolvimento tecnológico, científico e produtivo, observa-se um uso excessivo dos recursos naturais, o que pode levar à sua escassez ou até esgotamento, comprometendo o futuro do planeta e da humanidade [16]. Com o aumento da degradação ambiental causada pela expansão das sociedades e pela intensificação da poluição, surgiu uma crescente conscientização da necessidade de uma abordagem de desenvolvimento sustentável [17]. Este movimento ganhou força especialmente após a primeira crise petrolífera dos anos 1970, quando ficou evidente a dependência dos recursos não renováveis. Naquele momento, começaram a surgir debates urgentes sobre a necessidade de desenvolver novas fontes de energia renováveis e inesgotáveis. Desde então, cimeiras e encontros internacionais têm sido realizados com o objetivo de discutir questões ambientais, traçar planos de ação e estabelecer metas a serem implementadas nas dimensões sociais, económicas e ambientais [17]. Dentre estes debates, o efeito dos gases de efeito estufa era sempre presente.

Dentro desse contexto de busca por um futuro mais sustentável, surge o conceito de "pegada de carbono". Ele é amplamente utilizado para relacionar uma quantidade específica de emissões de gases de efeito estufa (GEE) à uma atividade, produto ou população. Funcionando como uma ferramenta para quantificar o impacto ambiental, o termo tem ganhado relevância nas discussões sobre sustentabilidade. Frequentemente, ele é empregue de maneira intercambiável com termos como "contabilidade de carbono" ou "inventário de carbono", destacando-se como um ponto de partida para políticas e decisões que visam reduzir emissões. Embora inicialmente o termo tenha sido impulsionado por setores como a mídia, o governo e organizações não governamentais, seu uso vem crescendo também na comunidade académica, especialmente em abordagens como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), consolidando-se como uma métrica essencial para o desenvolvimento sustentável [18].

Entre os gases de efeito estufa, o dióxido de carbono (CO_2) é o mais significativo, sendo responsável pela maior parte das emissões resultantes da atividade humana. No entanto, outros gases como o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), assim como famílias de gases como os hidrofluorcarbonetos (HFCs) e os perfluorcarbonetos (PFCs), também têm uma contribuição importante. Todos esses gases são convertidos em CO_2 equivalente (CO_2e) para facilitar a comparação e a análise. Embora esses gases estejam naturalmente presentes na atmosfera, as suas concentrações têm aumentado significativamente devido à ação humana, com o CO_2 sendo responsável por mais de 60% dessas emissões [19].

A indústria alimentar, por sua vez, é uma das grandes responsáveis pelas emissões de GEE, contribuindo significativamente para o agravamento das questões climáticas [20].

A divisão das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da produção de alimentos, totalizam 52,3 bilhões de toneladas de CO₂-equivalente. A produção de alimentos representa 26% das emissões globais, sendo o restante relacionado a setores não alimentares. As principais fontes incluem a pecuária e a pesca (31%), produção agrícola (27%), e uso da terra (24%). A cadeia de suprimentos, que envolve processamento, transporte, embalagem e distribuição, é responsável por 18% dessas emissões. A Figura 5 ilustra o impacto ambiental de diferentes etapas da produção de alimentos [21].

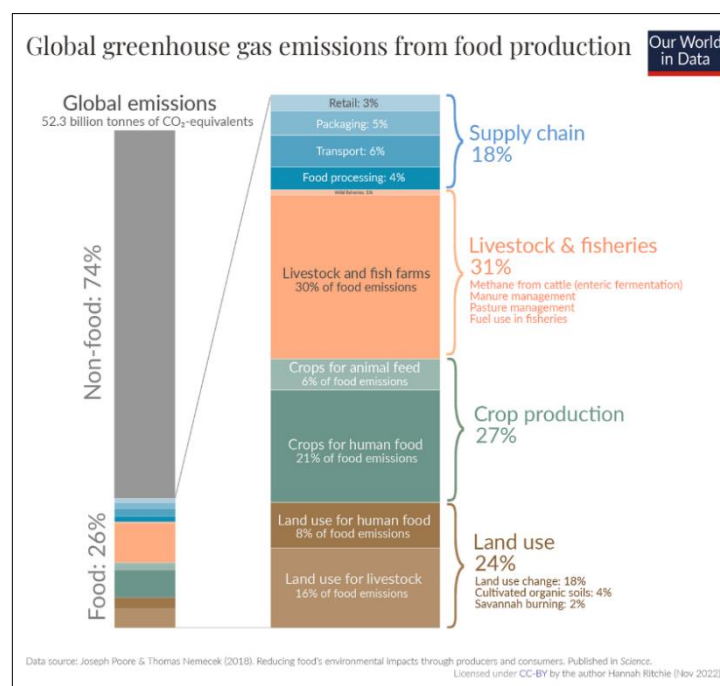


Figura 5: Emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da produção de alimentos [21].

A Pegada de Carbono

A pegada de carbono é uma ferramenta fundamental na gestão ambiental, permite avaliar as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) associadas a uma atividade, pessoa ou organização. Este cálculo pode ser realizado em diferentes escalas, como ao nível nacional, para um produto ou serviço específico [22]. Segundo a Organização Meteorológica Mundial, o nível de emissões de gases de efeito estufa (GEE) atingiu um novo recorde de 419,05 ppm (partes por milhão) em 2021, superando as 416,45 ppm registadas no ano anterior [23]. Conforme destacou Guterres no seu discurso de 2019, o impacto das alterações climáticas pode nos levar a um caminho sem retorno, tornando

difícil a adaptação humana aos efeitos do aquecimento global. Por isso, medidas urgentes e drásticas são necessárias [23]. Neste contexto, surge o Acordo de Paris em 2015, com três grandes objetivos: limitar o aumento da temperatura global a níveis bem abaixo dos 2°C, aumentar a resiliência climática e promover o desenvolvimento de baixo carbono, e garantir que os fluxos financeiros sejam consistentes com trajetórias de desenvolvimento sustentável [24]. Apesar dos esforços globais e governamentais, estudos recentes indicam que muitos países estão aquém de suas metas climáticas, acelerando as consequências das mudanças climáticas [25]. Em consonância com o Acordo de Paris, o Governo Português comprometeu-se a alcançar a neutralidade carbónica até 2050, desenvolvendo o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), que serve como estratégia de descarbonização nacional [26]. A nível empresarial, observa-se um foco crescente na avaliação dos impactes ambientais, especialmente em relação às emissões de gases de efeito estufa e à pegada de carbono [27].

A pegada de carbono é uma ferramenta de fator ambiental que permite avaliar a quantidade total de emissões de GEE que são direta e indiretamente associadas a uma determinada atividade ou acumuladas ao longo das diversas fases do ciclo de vida de um produto. Esse processo envolve considerar todas as emissões, sejam elas diretas, externas ou incorporadas, bem como as emissões a montante e a jusante [28]. A mensuração da pegada de carbono é essencial para a gestão ambiental e climática de empresas e organizações. Permite quantificar o impacto das atividades humanas nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), fornecendo dados para a tomada de decisões sustentáveis.

2.3 Protocolo GHG

O Protocolo GHG (*Greenhouse Gas Protocol*) destaca-se como um referencial mais reconhecido internacionalmente para orientar o cálculo de GEE [25]. O Protocolo GHG foi desenvolvido em parceria pelo *World Resources Institute* (WRI) e pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). Surgiu como uma iniciativa global para padronizar a contabilização e o relatório de emissões de GEE. Sua criação envolveu uma ampla gama de partes interessadas, incluindo organizações não governamentais, governos e empresas. O objetivo é promover a aceitação global de normas internacionalmente reconhecidas para monitorar e comunicar emissões [29]. Este protocolo é composto por uma série de padrões que responde a diferentes necessidades organizacionais.

- *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*: Fornece diretrizes detalhadas sobre como quantificar e relatar as emissões de GEE de uma organização. Ele segue uma abordagem "*bottom-up*", ou seja, permite que as empresas calculem as emissões desde fontes individuais até o nível corporativo, facilitando a gestão e a comunicação em diferentes escalas.

- *GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard*: Seu foco é nas emissões indiretas ao longo da cadeia de valor, permitindo que as empresas avaliem o impacto total de suas atividades, incluindo fornecedores e clientes. Isso é particularmente importante para identificar oportunidades de redução de emissões que não estão sob controle direto da organização.

- *GHG Protocol Scope 2 Guidance*: Padroniza o cálculo das emissões associadas à aquisição e utilização de eletricidade, calor e vapor. Como essas fontes representam uma parcela significativa das emissões indiretas, este guia é fundamental para garantir a consistência e a transparência nos relatórios.

Para assegurar a qualidade e a credibilidade dos inventários de emissões, o Protocolo GHG estabelece cinco princípios básicos [29]:

1. Relevância: O inventário deve refletir com precisão as emissões da organização, atendendo às necessidades de decisão de usuários internos e externos.
2. Completude: Todas as fontes e atividades de emissão dentro dos limites definidos devem ser incluídas, justificando quaisquer exclusões específicas.
3. Consistência: Metodologias consistentes devem ser utilizadas para permitir comparações significativas ao longo do tempo, documentando claramente quaisquer alterações nos dados ou métodos.
4. Transparência: Todas as informações relevantes devem ser apresentadas de forma clara e factual, incluindo pressupostos, metodologias de cálculo e fontes de dados utilizadas.
5. Exatidão: As estimativas de emissões devem ser precisas, minimizando incertezas e evitando sistematicamente superestimar ou subestimar os valores reais.

Para preparar um inventário abrangente, é de grande importância definir os limites organizacionais e operacionais. De acordo com o protocolo, os limites organizacionais determinam quais operações são incluídas no inventário, podendo basear-se no controle financeiro, controle operacional ou participação acionária. Isso assegura que a empresa registre as emissões das operações sobre as quais possui influência significativa.

Os limites operacionais são definidos de acordo com a classificação de emissões em três âmbitos [29]:

- Âmbito 1: Emissões de fontes que a organização controla diretamente, como combustão em caldeiras, fornos e veículos.
- Âmbito 2 (Emissões Indiretas de Energia): Emissões provenientes da geração de eletricidade, calor ou vapor adquiridos e consumidos pela organização.
- Âmbito 3 (Outras Emissões Indiretas): Emissões resultantes de atividades da organização que ocorrem em fontes não controladas por ela, incluindo cadeia de suprimentos, uso de produtos vendidos e deslocamentos de funcionários.

Na Figura 6 estão representados e exemplificados os Âmbitos nomeados pelo Protocolo GHG.

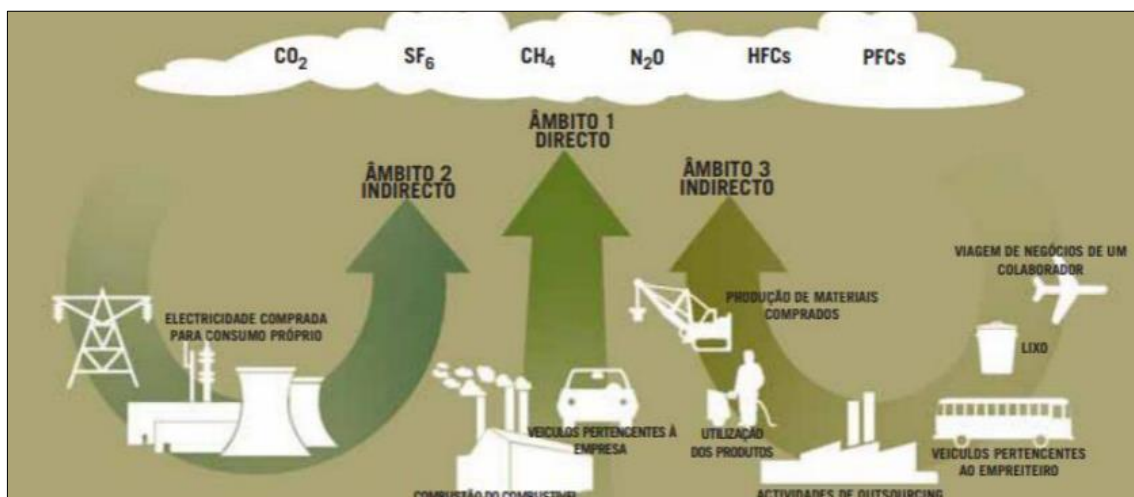


Figura 6: Âmbitos e emissões de uma cadeia de valor [29].

Os Âmbitos 1 e 2 são obrigatórios. As empresas devem registrar e comunicar separadamente suas emissões correspondentes a cada um desses âmbitos. Já o âmbito 3, é opcional, pois refere-se a outras emissões indiretas de GEE.

Para a elaboração de um inventário, cinco etapas principais são necessárias:

1. Identificação das Fontes de Emissão

Nesta etapa todas as fontes potenciais de emissões diretas e indiretas dentro dos limites organizacionais e operacionais estabelecidos são mapeadas.

Este mapeamento inicia-se com a identificação de fontes de emissão direta. Essas fontes correspondem ao Âmbito 1 do *GHG Protocol* e incluem todos os processos e equipamentos que liberam gases de efeito estufa (GEE) diretamente para a atmosfera, como caldeiras, fornos e veículos utilizados pela organização.

Em seguida, procede-se à identificação das fontes de emissões indiretas associadas ao consumo de eletricidade, enquadradas no Âmbito 2. Opcionalmente, pode-se também identificar outras fontes indiretas, relacionadas a atividades terceirizadas de fabricação, transporte de materiais ou serviços contratados, que fazem parte do Âmbito 3.

De acordo com o GHG Protocol Standard, os gases de efeito estufa considerados são aqueles listados no Protocolo de Quioto, o primeiro tratado internacional juridicamente vinculante que estabeleceu limites quantificados para as emissões desses gases [30]. Os principais GEE incluem dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆) e trifluoreto de nitrogênio (NF₃).

É de extrema importância que a organização identifique todas as fontes relevantes de emissões para garantir a abrangência e a precisão do inventário. Isso permite a implementação de estratégias eficazes de mitigação e a comunicação transparente das emissões, atendendo aos princípios fundamentais do GHG Protocol, como relevância, completude e exatidão.

2. Seleção da Metodologia de Cálculo

Escolhe-se métodos apropriados para quantificar as emissões, considerando a disponibilidade de dados e a natureza das fontes. A metodologia mais comum para calcular as emissões de gases de efeito estufa é a aplicação de fatores de emissão documentados. Essa abordagem é particularmente útil quando a medição direta das emissões não é viável ou é financeiramente inviável. Ao utilizar dados de consumo, como a quantidade de combustível utilizado ou a eletricidade consumida, e multiplicá-los pelos fatores de emissão correspondentes, é possível estimar com precisão as emissões geradas. O *GHG Protocol* oferece diretrizes detalhadas para a seleção e aplicação dos fatores de emissão adequados. Esses fatores são frequentemente disponibilizados por agências governamentais, organizações internacionais ou fornecedores de energia, garantindo que os cálculos reflitam as condições específicas de cada região ou setor. Dessa forma, mesmo sem monitoramento direto, as organizações podem quantificar suas emissões de GEE de maneira consistente e confiável, facilitando a gestão ambiental e a implementação de estratégias de redução.

3. Recolha Dados e Seleção de Fatores de Emissão

Os dados de atividade são reunidos, como consumo de combustíveis e eletricidade, e fatores de emissão adequados são selecionados. Como relatado anteriormente, há preferência pela seleção de fatores de emissão específicos ao contexto nacional ou fornecidos por entidades reconhecidas, como agências governamentais. Após a identificação das fontes de emissão, a próxima etapa é definir o processo de coleta dos

dados de atividade e escolher a abordagem de cálculo mais adequada. É fundamental que as empresas selecionem os fatores de emissão que se aplicam especificamente à sua realidade operacional. Para a maioria das organizações, as emissões de GEE do Âmbito 1 são calculadas com base na quantidade de combustíveis comerciais adquiridos. Nessa situação, utilizam-se fatores de emissão fornecidos pelos fornecedores de energia ou disponíveis em publicações oficiais. No caso das emissões do Âmbito 2, estas são determinadas a partir de fatores específicos do fornecedor de eletricidade ou por meio de outros fatores de emissão publicados em fontes reconhecidas.

As emissões do Âmbito 3 são geralmente calculadas a partir de dados de atividade, como o uso de combustíveis por terceiros, distâncias percorridas em viagens de negócios ou o consumo de energia em serviços terceirizados. Esses cálculos também podem basear-se em fatores de emissão publicados.

Para quantificar as emissões de GEE de uma determinada fonte, é utilizada a seguinte Equação 1.

$$\text{Emissões de GEE} = DA \times FE \times PAG \text{ (Equação 1)}$$

Em que:

- DA (Dados de Atividade): Refere-se à medida quantitativa da atividade que gera emissões, como a quantidade de combustível consumido, energia elétrica utilizada ou distância percorrida.
- FE (Fator de Emissão): Representa a quantidade de emissões de GEE por unidade de atividade. Esses fatores são específicos para cada tipo de combustível ou fonte de energia.
- PAG (Potencial de Aquecimento Global): É um índice que compara o impacto de diferentes gases de efeito estufa em relação ao dióxido de carbono (CO₂) ao longo de um horizonte de tempo, geralmente 100 anos. O Potencial de Aquecimento Global (PAG) permite expressar as emissões de diferentes gases em uma unidade comum, conhecida como toneladas equivalentes de CO₂. Isso facilita a comparação e a agregação dos dados de emissões, independentemente do tipo de gás envolvido. Por exemplo, conforme o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) têm PAGs significativamente maiores que o CO₂, indicando um impacto mais acentuado no aquecimento global por unidade emitida (Figura 7) [31].

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	21	25	28
Nitrous oxide	N ₂ O	310	298	265

Figura 7: Exemplo de PAG [31].

4. Aplicação das Ferramentas de Cálculo

Ferramentas como ficheiros ou softwares especializados são utilizados para calcular as emissões com base nos dados coletados e fatores de emissão selecionados. O Protocolo GHG também disponibiliza ferramentas que podem ser adaptadas à realidade de cada organização. Algumas ferramentas para o cálculo de emissões de GEE, podem ser consultadas através do site www.ghgprotocol.org. Essas ferramentas são regularmente atualizadas e revistas por especialistas e líderes do setor, assegurando sua precisão e relevância. As empresas podem utilizar essas ferramentas ou desenvolver seus próprios métodos de cálculo de GEE, desde que estes estejam em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo protocolo.

Existem dois métodos principais para a recolha e cálculo das emissões dos GEE nas instalações de uma empresa: a abordagem centralizada e a abordagem descentralizada. A distinção fundamental entre elas está no local onde os cálculos são realizados e nos procedimentos de gestão aplicados em diferentes níveis hierárquicos.

Na abordagem centralizada, os cálculos das emissões são conduzidos a partir da sede da empresa. Os dados de todas as unidades ou instalações individuais são coletados e agregados centralmente. Isso é particularmente eficaz para organizações com uma estrutura administrativa unificada, pois facilita a padronização dos procedimentos e assegura a consistência dos dados reportados. Além disso, permite que os colaboradores utilizem métodos uniformes para calcular as emissões, baseando-se no consumo de atividades e combustíveis específicos.

Na opção de abordagem descentralizada, cada unidade ou instalação da empresa é responsável por calcular suas próprias emissões de GEE. Essa estratégia promove uma maior conscientização e engajamento dos colaboradores em relação ao impacto ambiental de suas operações. Ao envolver diretamente as equipes locais no processo de cálculo, a empresa incentiva a responsabilidade ambiental em todos os níveis e pode identificar oportunidades específicas de redução de emissões em cada localidade.

Independente da abordagem adotada, é essencial que os métodos de cálculo estejam alinhados com os princípios e diretrizes do *GHG Protocol*. Isso inclui aderir aos princípios de relevância, completude, consistência, transparência e precisão. Seguindo essas orientações, as empresas garantem que seus inventários de emissões sejam confiáveis e possam ser efetivamente utilizados para orientar estratégias de mitigação e atender às obrigações de reporte.

5. Consolidação e Registo dos Dados

As emissões calculadas são agregadas ao nível corporativo, garantindo que os dados sejam registados de forma organizada e possam ser facilmente atualizados ou auditados no futuro. Os procedimentos precisam ser bem definidos e acompanhados de perto. É importante selecionar um ano-base para estabelecer um histórico de dados, permitindo recalcular as emissões desse período e definir limites claros. Sempre que houver alterações na estrutura ou nas operações da empresa, esses procedimentos e dados devem ser reavaliados. Após a realização do inventário e o monitoramento adequado das emissões, a empresa deve estabelecer metas para reduzir esse inventário. As reduções nas emissões são calculadas comparando as emissões atuais com as do ano-base ao longo do tempo. Para atingir as metas de redução de emissões de GEE, é necessário implementar medidas de descarbonização dentro da empresa. Isso envolve a diminuição ou eliminação do uso de energias provenientes de combustíveis fósseis, como carvão, gás natural ou petróleo, com o objetivo de reduzir—e idealmente eliminar—a emissão de gases de efeito estufa.

2.4 A indústria de panificação

Contexto económico

O pão sempre teve um papel central e de grande importância na dieta dos portugueses, sendo consumido diariamente em quantidades que cobrem uma parte considerável das suas necessidades alimentares. Além disso, este alimento é o principal produto de um extenso setor económico que começa com a produção de cereais e segue até a sua transformação em farinha [32]. O consumo de produtos de panificação está presente durante o pequeno-almoço como nas refeições. Hoje, o mercado global de produtos de panificação está avaliado em aproximadamente 621.58 bilhões de dólares em 2024, com previsões de crescimento a cerca de 810.45 bilhões de dólares até 2029, com taxa de crescimento anual composta (CAGR - *Compound Annual Growth Rate*) de 5.45% [33]. O setor é tão amplo que inclui uma diversa variedade de itens como: bolos, doces, pães, biscoitos e cookies. Toda a produção é distribuída através de canais como supermercados/hipermercados, lojas especializadas e lojas de conveniência. Estes

produtos de panificação são categorizados com base nos seus ingredientes e métodos de produção, a distinguir-se entre especialidades como, por exemplo, produtos sem glúten e biológicos, e convencionais, sendo vendidos tanto frescos quanto congelados. Os produtos frescos representam uma parte significativa do mercado.

Ao ser analisada a indústria da panificação por região, verifica-se que a Europa detém a maior parte da receita cifrando-se, em 2023 cerca de 1151.74 milhões de dólares. A alta procura deve-se a países como Alemanha, França, Itália e Reino Unido [34]. A ingestão total de pão, *viennoiserie* e pastelaria nos 27 países da União Europeia foi estimada em quase 39 milhões de toneladas [35]. Em Portugal, a categoria de pão alcançou vendas de 498,1 mil toneladas em 2022 [36]. Este crescimento é impulsionado por várias forças, incluindo uma crescente conscientização sobre a saúde que tem levado à procura por produtos de panificação nutritivos e funcionais, ricos em fibras e proteínas. O aumento do poder de compra da classe média nos mercados emergentes, a urbanização e estilos de vida acelerados também têm impulsionado a procura por produtos de panificação premium e de conveniência. Além disso, a inovação tem sido um fator chave, com a indústria a fornecer produtos personalizados para atender às preferências dietéticas dos consumidores. A indústria de panificação tem-se adaptado com o desenvolvimento de novas gamas de produtos inovadores, como os sem glúten e biológicos. O mercado global está a responder à mudança nos padrões de consumo e às tendências de consumo [34].

A indústria de panificação também experimenta uma transformação significativa, com os consumidores cada vez mais atentos a aspetos que vão além do simples ato de alimentar-se. Esse deslocamento nos padrões de consumo tem-se intensificado em um contexto marcado pela pandemia da COVID-19. Enfrentando adversidades como a alta inflação e restrições de recursos na Europa, o que afeta diretamente os setores de produção, distribuição e venda de alimentos, emergem novas tendências de consumo alimentar. Estas mudanças refletem uma resposta adaptativa às condições atuais, marcando uma era de reavaliação nas escolhas alimentares dos consumidores [37].

A 10ª edição do estudo "Setores Portugal *Basic*" da DBK de 2023 indica que o mercado de panificação e pastelaria industrial em Portugal registou um crescimento de 14,9% em 2022 comparativamente ao ano anterior, alcançando vendas de 850 milhões de euros. Este setor é dominado por empresas de pequena dimensão, com aproximadamente 80% das organizações a empregar menos de 10 funcionários, enquanto apenas 20% têm mais de 10 trabalhadores [38].

De acordo com informações recolhidas de bases de dados de observatórios setoriais da DBK do ano de 2023, a quantidade de empresas no mercado de panificação e

pastelarias industriais em Portugal, entre os anos 2020 e 2022 deve diminuir o número de empresas, que foi resultado da pandemia de COVID-19 [38]. Em 2020 o total de empresas era de 6176, já em 2021 o número foi de 5642. No entanto, em 2022, o número de empresas aumentou em comparação com o ano anterior, a totalizar 5783.

Com o crescimento no número de empresas houve também um aumento na produção e nas vendas de 2021 para 2022, conforme ilustrado na Figura 8. A retoma da procura pós-pandemia, juntamente com o aumento dos preços, desempenhou um papel importante nesse crescimento.

Atualmente, conforme citado anteriormente, este setor de indústrias de panificação conta com cerca de 5783 empresas. Em 2021, a distribuição dessas empresas revelou uma predominância marcante de 94,0% no setor de panificação e pastelaria, enquanto os fabricantes de bolachas, bolos e pastelaria industrial compõem 5,70% do total, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (INE). Essa distribuição destaca a diversidade e a extensão do setor, evidenciando a importância tanto da produção tradicional de pães quanto da fabricação industrial de bolachas e bolos [39].

Outro dado relevante encontrado no estudo de setor da empresa Informa, foi sobre a variação percentual na produção e nas vendas do mercado de panificação em Portugal ao longo dos anos de 2020 a 2022. Através da análise dos dados, Figura 8, foi possível observar que, após um declínio inicial em 2020, tanto a produção quanto as vendas mostraram uma recuperação e crescimento nos anos subsequentes [38].

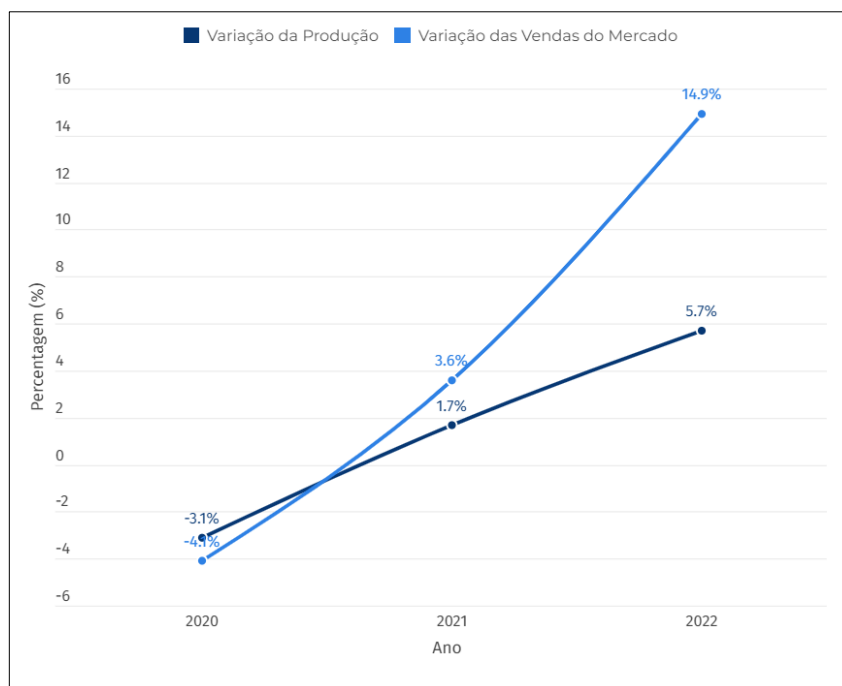


Figura 8: Variação, em percentagem, da produção e das vendas do mercado da panificação e pastelarias industriais em Portugal entre os anos 2020 e 2022 [38].

Essa tendência de crescimento reflete a recuperação do mercado após os desafios impostos pela pandemia, marcando um período de robusto crescimento económico para o setor da panificação em Portugal [38].

De acordo com dados do INE de 2021, a performance financeira das empresas do setor mostrou resultados impressionantes em relação à produção e vendas do mercado da panificação (Figura 9). A produção de produtos de padaria e outros à base de farinha atingiu 151.327.878€, enquanto o setor de panificação e pastelaria registou 1.171.392.800€. Além disso, a fabricação de bolachas, biscoitos, tostas e pastelaria de conservação contabilizou 226.622.956€ em produção (Figura 10). Esses valores destacam a contribuição significativa de cada segmento para a economia, ressaltando a importância económica e comercial da indústria de panificação e pastelaria [40].

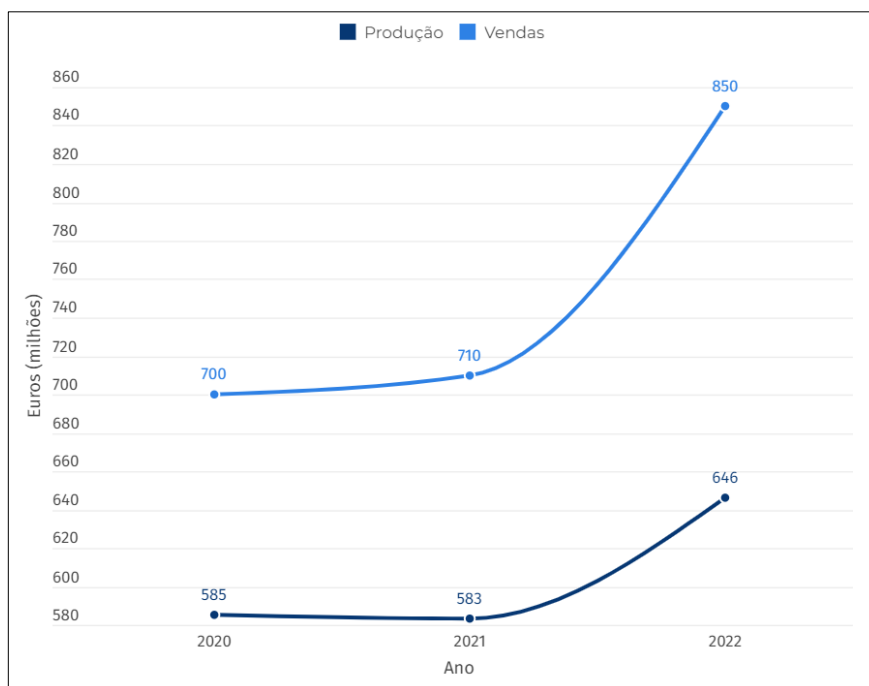


Figura 9: Produção e vendas, em milhões de euros, do mercado da panificação e pastelarias industriais em Portugal entre os anos 2020 e 2022 [38].

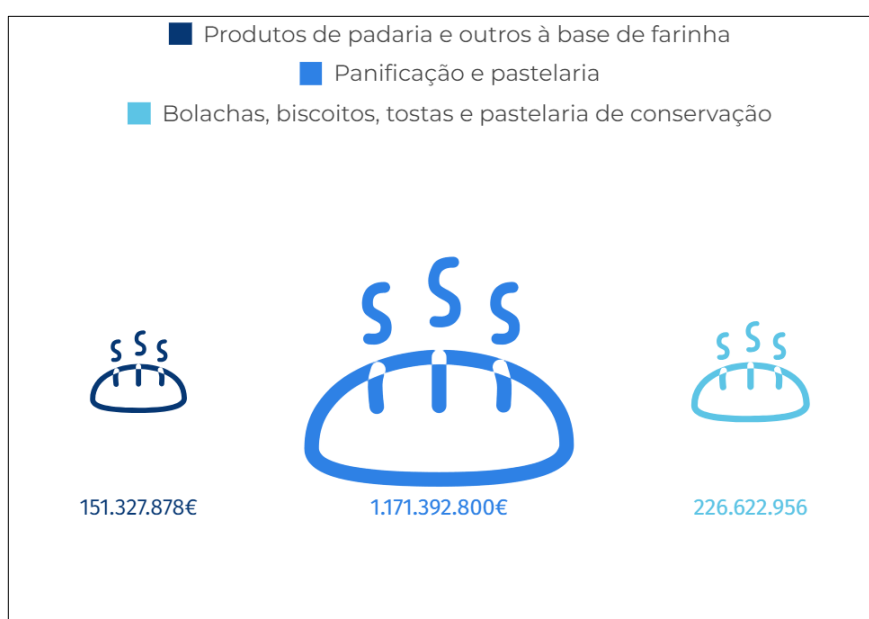


Figura 10: Comparação do volume de faturação nos segmentos da Indústria de Panificação e Pastelaria em 2021 [40].

Para compreender o mercado e as estatísticas relacionadas ao produto específico da indústria de panificação em foco, o INE disponibiliza dados atualizados sobre a produção e venda desses produtos no ano de 2022 (Tabela 2). Dentro deste quadro, a

produção de tostas é classificada na categoria de tostas e produtos semelhantes torrados.

Tabela 2 - Produtos produzidos e vendidos na indústria por tipo de produto (Por CAE Rev. 3) - tostas e produtos semelhantes torrados em Portugal em 2022. INE 2022 [41].

Tipo de Produto (Por CAE Rev. 3) Anual	Produtos produzidos na indústria por Tipo de produto	Produtos vendidos na indústria por Tipo de produto	Produtos vendidos (€) da indústria por Tipo de produto
	Portugal, 2022		
Tostas e produtos semelhantes torrados (kg)	14.036.447	14.085.987	39.383.964

O panorama do segmento de panificação e pastelaria industrial divide-se em duas categorias principais: o setor de panificação e pastelaria e o setor de fabricação de bolachas, biscoitos, tostas e pastelaria de conservação.

As categorias económicas são organizadas, em Portugal, através do CAE — Classificação das Atividades Económicas. Este sistema categoriza e regula as atividades económicas para facilitar análises estatísticas e a administração fiscal das empresas. Dentro do CAE, a indústria de panificação é classificada sob a secção C de Indústrias Transformadoras, na Divisão 10, que diz respeito às Indústrias Alimentares, e mais especificamente no Grupo 107, que engloba a Fabricação de Produtos de Padaria e Outros Produtos à Base de Farinha [39].

Quanto à empresa Diatosta - Indústria Alimentar, SA, esta enquadra-se na subclasse 10720 do CAE, que se destina à Fabricação de Bolachas, Biscoitos, Tostas e Pastelaria de Conservação.

Sustentabilidade na Indústria Alimentar

As atividades humanas, incluindo a produção de alimentos, estão entre os principais responsáveis pelas alterações climáticas, devido às emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas ao longo de todo o sistema alimentar global, desde a produção até o consumo [42].

Embora a alimentação seja indispensável à nossa vida, é crucial que o seu impacto ambiental seja mitigado [42]. Isso exige atenção às formas de produção, transporte e consumo de alimentos para reduzir as suas contribuições para as mudanças climáticas.

Ao abordar as mudanças climáticas, o foco recai, frequentemente, sobre soluções de "energia limpa", como, a implantação de fontes renováveis, melhorias na eficiência energética e transição para transporte de baixo carbono. Isso ocorre porque a energia, nas suas diversas formas, é responsável por 76% das emissões globais de GEE [43]. No entanto, o sistema alimentar global também contribui significativamente para essas emissões, abrangendo desde a produção até o processamento e distribuição de alimentos, representando cerca de 26% das emissões globais, segundo uma análise de [43].

A pesquisa de Alimentação e Saúde de 2023, da Internacional Food Information Council (IFIC), foi realizada com população norte americana para entender suas percepções e comportamentos em torno de alimentos e decisões de compra de alimentos. Cerca de um terço dos americanos (34%) afirma que a sustentabilidade ambiental exerce um impacto significativo nas suas decisões de compra de alimentos e bebidas, embora esse fator ainda seja considerado menos importante do que outros aspetos testados. De maneira semelhante, 35% dos consumidores indicam que a compatibilidade climática de um produto influencia as suas escolhas de compra. Entre os diferentes grupos demográficos, os Millennials¹ são os mais preocupados com essa questão, com 46% relatando essa preocupação, comparados a 39% da Geração Z¹, 38% da Geração X¹ e apenas 22% dos Boomers¹ [44].

Para aqueles que demonstram maior preocupação com a compatibilidade climática de determinados alimentos, as categorias em que essa questão mais afeta suas escolhas incluem carne e aves (62%), frutas e vegetais frescos (55%) e laticínios (50%) [44].

Mantendo-se em linha com os resultados do ano anterior de 2022, quatro em cada dez americanos (40%) consideram importante que um alimento ou bebida seja produzido de maneira a minimizar sua pegada de carbono ou impacto climático ao tomar decisões de compra. Dentre os que valorizam essa característica, os principais indicadores de produção que minimizam o impacto climático são as embalagens recicláveis (43%) e reutilizáveis (37%). No entanto, rótulos que indicam a compatibilidade climática são menos frequentemente considerados; apenas 12% dos consumidores relatam comprar regularmente produtos que são rotulados como tendo uma pequena pegada de carbono [44]. A ênfase na produção sustentável e transparente pode aumentar significativamente a confiança dos consumidores numa marca. Ao oferecer informações detalhadas e claras sobre os benefícios para a saúde e a proveniência dos ingredientes, as empresas

¹ Geração Baby Boomer – nascidos entre 1946 e 1964; Geração X – nascidos entre 1965 e 1979; Millennials – nascidos entre 1980 e 1994; Geração Z – nascidos entre 1995 e 2012.

podem esclarecer o conteúdo dos seus produtos e assegurar aos clientes a qualidade e sustentabilidade das suas compras, fortalecendo a conexão entre os consumidores e os produtos que escolhem. As informações detalhadas sobre uma produção sustentável podem ser apresentadas através de 'Rótulos Ambientais'. Esses rótulos nos alimentos ajudam a reduzir a falta de informação entre os produtores e distribuidores, e consumidores, incentivando escolhas mais ecológicas e conscientes [45; 46; 47].

Iniciativas como o *Ecolabel Index*, o maior diretório global de rótulos ecológicos, estão a ganhar destaque. Esse índice rastreia 456 programas de rotulagem ecológica em 25 setores industriais ao redor do mundo [48]. Grandes corporações alimentares, como a Unilever e a Nestlé, têm planos de rotular todos os seus produtos com informações sobre suas equivalências de CO₂, enquanto a União Europeia discute a implementação de uma 'pontuação ecológica' [49]. Esses rótulos têm como objetivo conscientizar os consumidores sobre o impacto ambiental de suas escolhas alimentares [50]. Entre eles encontra-se o rótulo associado à pegada de carbono.

Embora os rótulos de pegada de carbono dos produtos tenham ganhado destaque, estudos de campo sugerem que o impacto desses rótulos no comportamento do consumidor tem sido limitado ou, em alguns casos, inexistente [51, 52, 53 e 54]. A baixa visibilidade dos rótulos e a falta de informações complementares têm sido apontadas como fatores que dificultam o reconhecimento de seu valor. Assim, intervenções que aumentem a visibilidade e forneçam dicas adicionais podem ser essenciais para que os consumidores tomem decisões mais conscientes [55]. No entanto, iniciativas como a da *Carbon Trust* oferecem uma perspectiva mais otimista. Desde o lançamento do *Carbon Reduction Label* em 2006 (Figura 11), a *Carbon Trust* tem liderado esforços para informar os consumidores sobre a pegada de carbono dos produtos. Numa pesquisa realizada entre fevereiro e março de 2020, a organização descobriu que dois terços dos consumidores em mercados importantes, como França, Alemanha e Reino Unido, mostraram uma percepção mais positiva das marcas que adotam práticas de redução da pegada de carbono. Países como França, Itália e Espanha apresentaram os maiores níveis de apoio, com 80%, 82% e 79% dos consumidores, respectivamente, demonstrando grande aceitação desse tipo de rotulagem [56].

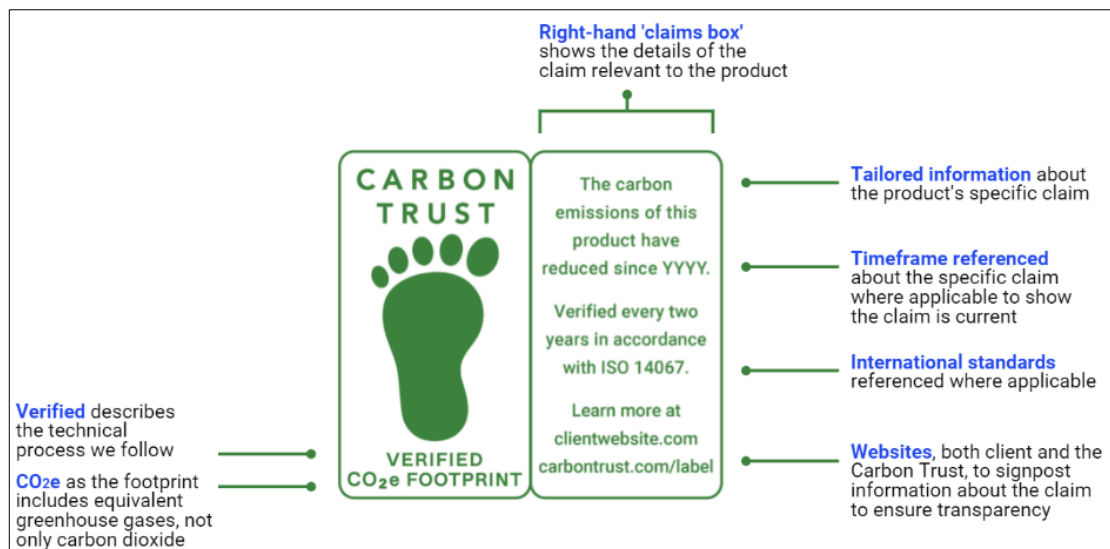


Figura 11: Selo de Pegada de Carbono da *Carbon Trust* [56].

3 Metodologia

Este estudo concentra-se na parte produtiva da indústria Diatosta - Indústria Alimentar, SA, designadamente a linha de produção de mini tostas de trigo (350g). O foco principal é avaliar as emissões de CO₂ gerado pelo consumo de energia da referida linha de produção. Tais processos foram divididos em duas etapas: produção dos pães e produção das tostas.

No processo de produção do pão, a massa é preparada com todos os ingredientes, fermentada, cozida e, em seguida, refrigerada. Na etapa de produção das tostas, o pão já refrigerado é fatiado, submetido ao processo de tostagem e, por fim, embalado para distribuição.

Como descrito anteriormente, a empresa possui duas fábricas que produzem uma vasta gama de produtos. Para esta análise, o produto escolhido foi a “Mini Tosta de Trigo (350g)”, que consiste num pacote a granel de mini tostas tradicionais. Este produto foi selecionado por ser um dos mais representativos em termos de vendas da empresa, refletindo assim a importância estratégica deste estudo para a Diatosta.

A mini tosta é um produto de panificação, caracterizado por ser um pedaço pequeno e crocante de pão torrado, feito principalmente de trigo. Este tipo de tosta é frequentemente consumido como um snack ou acompanhamento de refeições, sendo valorizado por sua textura crocante e sabor neutro, que combina bem com uma variedade de acompanhamentos, desde manteigas e queijos até patês.

Antes de sistematizar as diversas fontes de emissão de GEE associadas às linhas de produção dos pães e de tostas (mini tostas de trigo) é necessário estabelecer os diagramas de processos.

Para realizar o inventário de gases com efeito de estufa (GEE), utilizámos o *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*. Como descrito anteriormente, este protocolo orientou-nos em passos necessários para identificar e calcular as emissões. Neste estudo, seguimos os quatro primeiros passos: identificámos as fontes de emissão, definimos a metodologia de cálculo, recolhemos os dados necessários e seleccionámos os fatores de emissão adequados. Também desenvolvemos ferramentas de cálculo para monitorizar as emissões de GEE, facilitando a implementação de medidas de redução no futuro.

3.1 Caso de estudo

A Diatosta - Indústria Alimentar, SA. é uma empresa com uma longa trajetória no setor da panificação, fundada em agosto de 1977 por António Lameiro e D. Isabel Lameiro. Originou-se com o retorno dos fundadores de Moçambique, onde já com experiências em panificação utilizando tecnologia alemã avançada para a época [57].

Atualmente, a empresa possui duas fábricas que produzem uma vasta gama de produtos. Para esta análise, o produto escolhido foi a “Mini Tosta de Trigo (350g)”, que consiste num pacote a granel de mini tostas tradicionais. Este produto foi selecionado por ser um dos mais representativos em termos de vendas da empresa, refletindo assim a importância estratégica deste estudo para a Diatosta.

Ambas as unidades fabris estão situadas no distrito de Aveiro. A primeira está localizada no concelho de Oliveirinha, enquanto a unidade mais recente encontra-se no concelho da Palhaça (Figuras 12 e 13).

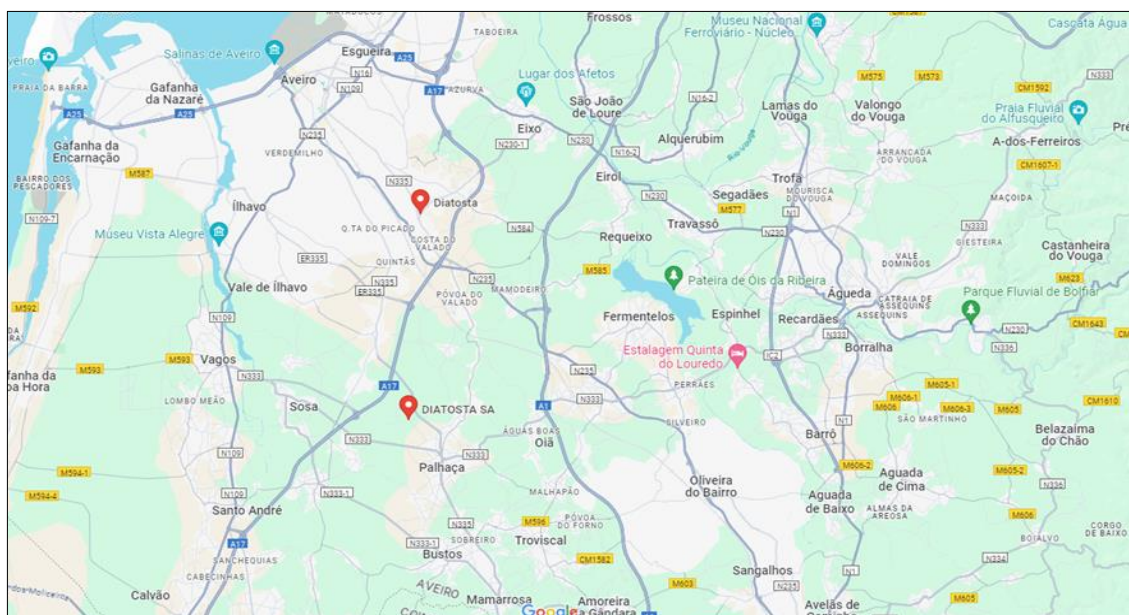


Figura 12: Localização das unidades fabris da Diatosta - Indústria Alimentar S.A. em Oliveirinha e Palhaça [58].



Figura 13: Imagem aérea da sede da Diatosta - Indústria Alimentar S.A., localizada em Oliveirinha, Aveiro-PT [59].

A empresa tem como missão promover o bem-estar dos consumidores, oferecendo produtos saudáveis e em total respeito pelos mais exigentes padrões de qualidade e segurança alimentar. Seu objetivo é ser uma empresa global, líder mundial no mercado do fabrico de mini tostas e também ser um dos três principais fabricantes mundiais de tostas. Através do compromisso, qualidade, segurança alimentar, flexibilidade e inovação, a Diatosta busca cumprir estes objetivos [59].

A empresa enquadra-se legalmente no setor da Fabricação de bolachas, biscoitos, tostas e pastelaria de conservação, com o CAE 10720. Refletindo a abrangência das operações da Diatosta no âmbito da indústria alimentícia.

António Lameiro iniciou sua trajetória na panificação em Setúbal e, posteriormente, em Moçambique, onde adquiriu experiência no setor ao administrar padarias em Lourenço Marques (atual Maputo). Após retornar a Portugal em 1976 devido à instabilidade política em Moçambique, fundou a Diatosta S.A., localizada em Aveiro.

A produção começou em 1978 com tostas grandes embaladas manualmente. Apesar de dificuldades iniciais, como baixo consumo de tostas em Portugal, António diversificou a produção para sobreviver economicamente, mas manteve o foco na especialização

em tostas. Um marco importante na história da empresa foi o apoio da distribuidora Ramazzoti, que financiou o desenvolvimento das mini tostas, produto que garantiu a continuidade da empresa.

Entre 1978 e 1979, António investiu em novos produtos, como biscoitos e pão, buscando consolidar a posição da Diatosta no mercado. Apesar de desafios financeiros e operacionais, a empresa seguiu expandindo, adaptando-se às demandas do mercado e focando em inovação na panificação. Nos primeiros 10 anos, a empresa alcançou um milhão de euros em volume de negócios. A década de 1990 viu a especialização da fábrica na produção de tostas. A Diatosta foi e é a primeira e única empresa em Portugal exclusivamente dedicada ao fabrico de tostas e mini tostas. Nestes primeiros 10 anos da empresa, 44 trabalhadores faziam parte do quadro de funcionários. A Diatosta representou um marco no panorama da panificação regional, concluindo o primeiro ciclo da vida da empresa. Com o mercado doméstico já saturado, a única maneira de continuar crescendo era expandir internacionalmente. Em 1993, a empresa começou a exportar para os Estados Unidos e, em 1994, entrou no mercado espanhol. A Figura 14 apresenta a evolução das vendas da empresa desde sua fundação até o ano de 2023.

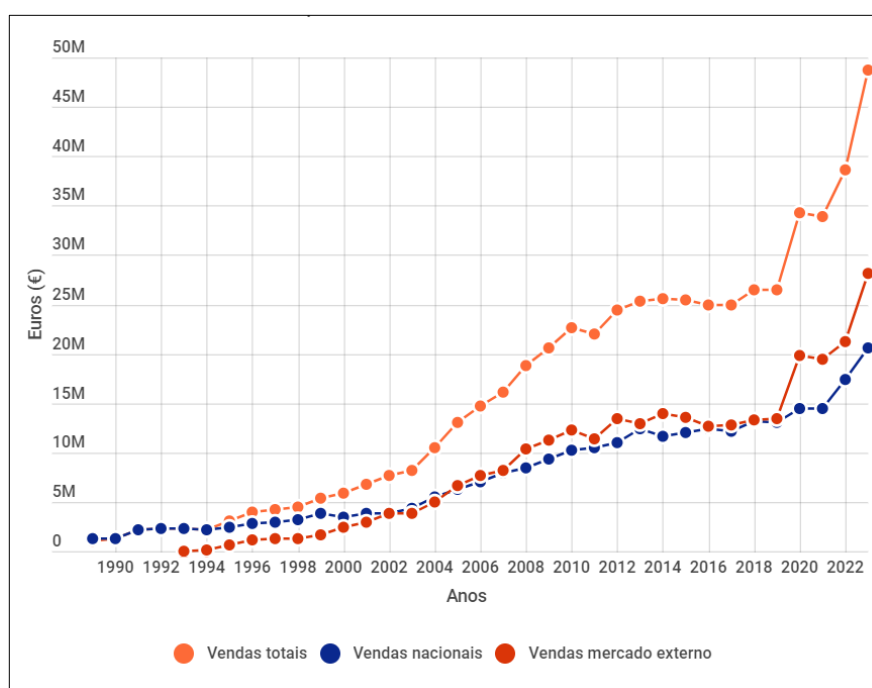


Figura 14: Evolução das vendas de produtos Diatosta no período de 1989 a 2023 [57].

Na segunda década de existência, em 1997, foi criada a empresa comercial Diatosta España, S.L., na Espanha. Em 2000, a empresa iniciou uma parceria com uma cadeia de distribuição alimentar espanhola de renome. Nesse mesmo ano, investiu 5 milhões

de euros em novas linhas de produção com tecnologia avançada, aumentando a capacidade e eficiência produtiva. Além do capital tecnológico, a equipa de trabalhadores foi reforçada, o que foi essencial para a expansão internacional. Este reforço contou com a construção e ampliação. Neste período, a empresa também obteve a certificação de qualidade ISO 9001:2000 com a classificação mais alta.

O terceiro período destacou-se como o mais dinâmico da história da empresa. A área da fábrica-sede foi expandida para 21.500 m², totalizando 51.450 m² de instalações industriais e logísticas, a consolidar uma capacidade produtiva em dois polos fabris (Polo I e Polo II), onde são fabricadas tanto tostas grandes quanto mini tostas. Nesse mesmo período, foram realizados avanços estratégicos significativos, incluindo a criação da Diatosta Ibéria, a ampliação da Central de Distribuição e a construção de uma nova fábrica na Zona Industrial da Palhaça (Polo III). Nesta unidade, a produção foi organizada de forma a destinar o Polo III à fabricação de mini tostas. Os investimentos em ativos técnicos nessa década somaram 23 milhões de euros, excluindo os investimentos em imóveis industriais, que pertencem aos fundadores. A Figura 15 apresenta o crescimento do quadro de funcionários da empresa e a relação com as vendas totais, desde sua fundação até o ano de 2023.

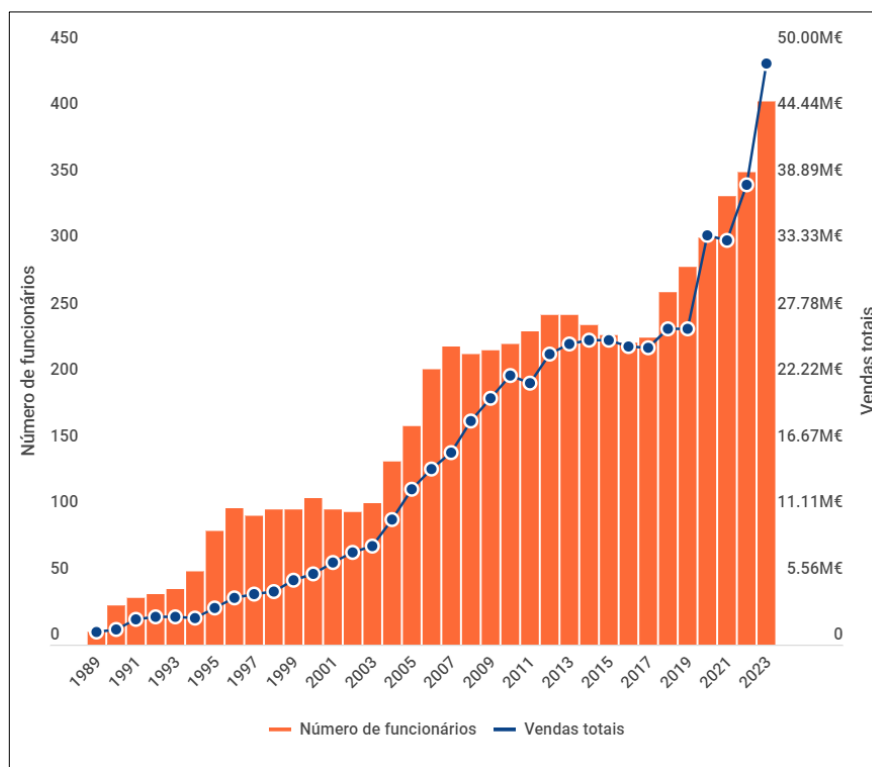


Figura 15: Número de funcionários e vendas totais, no período de 1989 a 2023 [57].

No quarto período de existência, a empresa focou na diversificação dos mercados de exportação, alcançando 40 países em 5 continentes. A expansão industrial continuou com a construção do Polo IV da segunda fábrica, um investimento de 11 milhões de euros. Enquanto o Polo III, é responsável pela produção de mini tostas, Polo IV, especializou-se na produção de tostas grandes, ambas na fábrica da Palhaça. Produzindo tanto para mercados internacionais com suas próprias marcas registadas quanto para clientes, a empresa emprega um total de 300 colaboradores. Desde julho de 2013, é certificada pela *IFS FOOD* com a classificação *HIGHTER LEVEL*, mantendo esse padrão de qualidade. Continuando sua expansão nos mercados internacionais, a empresa registou um crescimento anual nas vendas de 26,33% em 2023.

A diversificação das atividades da Diatosta, além da produção convencional de tostas e mini tostas, expande-se também para áreas como *Contract Manufacturing*, *Private Label* e marcas de Fabricante. Cerca de 50% do volume de produção da empresa é destinado à exportação, atendendo a mais de 30 mercados internacionais. A empresa mantém relacionamentos comerciais com mais de 65 clientes de marcas próprias. Na Figura 16, é apresentada a evolução das percentagens de vendas para os mercados externo e interno.

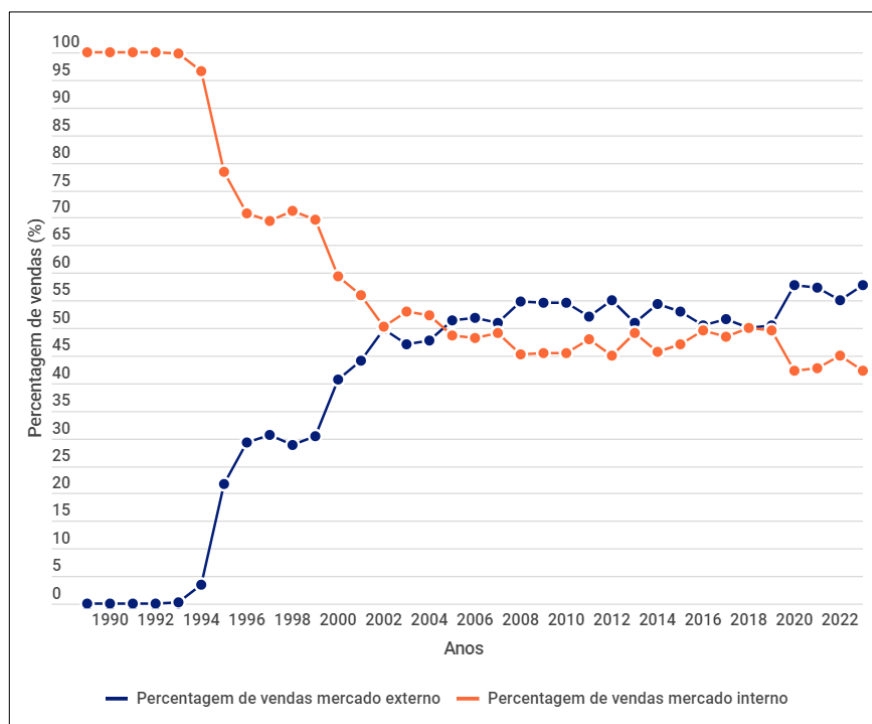


Figura 16: Percentagem de vendas para mercado externo e interno, no período de 1989 a 2023 [57].

Para a fábrica da Palhaça, de acordo com dados fornecidos pelo departamento financeiro, o Polo IV, responsável pela produção de tostas grandes, apresentou uma

significativa diminuição de produção entre 2021 e 2023. Já o Polo III, que se concentra na produção de mini tostas, também viu sua produção reduzir (Figura 17).

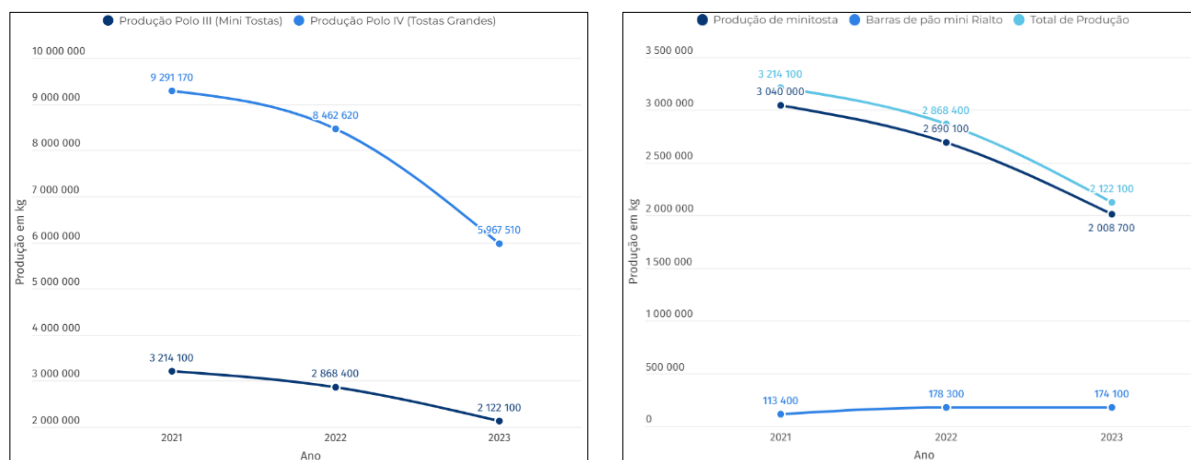


Figura 17: Evolução Anual da Produção – Polos III e IV, Fábrica da Palhaça [57].

Esses dados referentes a produção do Polo III (Figura 17), abrangem não apenas as referências da Diatosta, mas também produtos desenvolvidos para clientes e a produção de barras de pães para a empresa Rialto. O gráfico a seguir ilustra a evolução da produção ao longo desse período.

No que diz respeito à marca Diatosta, a empresa oferece uma variedade de produtos em suas linhas, com 32 referências de produtos disponíveis no mercado. Tais produtos são divididos entre as linhas “Tostagrill”, “Minigrill” e “Catering”. A variedade de produtos Diatosta é significativa. Além das tostas convencionais, estas denominadas “Normais”, há também uma variedade de opções, incluindo tostas feitas com farinha integral de trigo, com baixo teor de sal e açúcar, com centeio e sementes, e com milho e sementes. Os tamanhos das embalagens também variam consideravelmente, desde opções de catering (8g, 14g), 350g de mini tostas até pacotes de 750g com tostas grandes. A Tabela 3 ilustra todos os produtos da marca Diatosta.

A mini tosta é um produto de panificação, caracterizado por ser um pedaço pequeno e crocante de pão torrado, feito principalmente de trigo. Este tipo de tosta é frequentemente consumido como um *snack* ou acompanhamento de refeições, sendo valorizado por sua textura crocante e sabor neutro, que combina bem com uma variedade de acompanhamentos, desde manteigas e queijos até patês.

Tabela 3 - Produtos Diatosta.

Linha Diatosta	Produto
	 Mini tostas de trigo (90gr)
	 Mini tostas com farinha integral de trigo (90gr)
	 Mini tostas de trigo (120gr OPP)
	 Mini tostas com farinha integral de trigo (120gr OPP)
	 Mini tostas de trigo (120gr)
	 Mini tostas com farinha integral de trigo (120gr)
	 Mini tostas de trigo (180gr)
	 Mini tostas com farinha integral de trigo (180gr)
	 Mini tostas de trigo (240gr)
	 Mini tostas de trigo (350gr)

Tabela 3 - Produtos Diatosta (continuação).

Linha Diatosta	Produto
	 Tostas de trigo (150gr)
	 Tostas com farinha integral de trigo (150gr)
	 Tostas de trigo (225gr OPP)
	 Tostas com farinha integral de trigo (225gr OPP)
	 Tostas de trigo com baixo teor de sal e açúcar (225gr OPP)
	 Tostas de trigo (225gr)
	 Tostas com farinha integral de trigo (225gr)
	 Tostas de trigo com baixo teor de sal e açúcar (225gr)
	 Tostas de trigo (300gr)

Tabela 3 - Produtos Diatosta (continuação).

Linha Diatosta	Produto	
		Tostas com farinha integral de trigo (300gr)
		Tostas de trigo (510gr)
		Tostas com farinha integral de trigo (510gr)
		Tostas de trigo (750gr)
		Tostas com farinha integral de trigo (750gr)
		Tostas de trigo com centeio e sementes (225gr)
		Tostas de trigo com milho e sementes (225gr)
		Tostas com farinha integral de centeio e sementes (300g)
		Tostas com farinha integral de centeio e sementes (300g)

Tabela 3 - Produtos Diatosta (continuação).

Linha Diatosta	Produto
	 Mini tostas de trigo (8gr)
	 Tostas de trigo (14gr)
	 Tostas de trigo com muito baixo teor de sal (14gr)
	 Mini tostas de trigo (480gr)

Atualmente, na quinta década, a empresa continua sob a liderança familiar do Sr. José Lameiro. Atingindo 50 milhões de euros em vendas anuais e empregando 420 trabalhadores, a empresa investe em inovação tecnológica e de gestão. Preparando-se para um novo ciclo de expansão industrial, a empresa mantém seu foco no crescimento internacional.

O estudo em questão foi realizado nas instalações da unidade fabril situada na Palhaça. Esta unidade fabril é equipada com duas linhas de produção distintas, sendo estas denominadas como “Polo III” e “Polo IV”. A linha “Polo III” é responsável pela fabricação de mini tostas, enquanto a outra, “Polo IV”, é responsável pela produção de tostas de tamanho convencional, tosta grande. As operações ocorrem em três turnos de trabalho, cada um de 8 horas de duração, garantindo um funcionamento contínuo de 24 horas por dia. A gestão do tempo é organizada em turnos distintos: manhã, tarde e noite. A equipa total é composta por 118 trabalhadores, distribuídos em diversas funções e postos de trabalho. As funções incluem operadores de linha, encarregados, ajudantes de encarregados, equipa de limpeza, direção fabril, manutenção, equipa da qualidade e seguranças. O turno da manhã conta com 43 colaboradores, enquanto os turnos da tarde e noite têm 36 cada.

Pela diversidade de produtos e métodos de produção, a análise operacional para o cálculo da pegada de carbono irá focar-se na linha “Polo III”, que é a de maior

representatividade em termos de volume de produção. A referência de produto escolhido para o estudo é a “Mini Tosta de Trigo 350g”.

3.2 Fronteiras

A metodologia deste estudo foi estruturada em quatro etapas: identificação das fontes de emissão, coleta de dados, cálculo das emissões e proposição de estratégias de mitigação.

Identificação das fontes de emissão: A primeira etapa envolveu o mapeamento de todas as fontes de emissões diretas (Âmbito 1) e indiretas (Âmbito 2) ao longo do processo produtivo de pães e tostas. Focou-se nas fontes relacionadas ao uso de energia elétrica e gás natural, que estão diretamente associados ao funcionamento dos fornos e demais equipamentos da fábrica.

Recolha de dados: Os dados de consumo de energia elétrica e gás natural foram fornecidos pela Diatosta, baseados nas faturas dos seus fornecedores de energia (Audax) e gás (Galp). Esses dados fornecidos são dos anos de 2021, 2022 e 2023 e foram ajustados proporcionalmente entre os diferentes polos de produção. A divisão considerou uma fórmula de proporcionalidade baseada nas produções anuais de cada polo.

Cálculo das emissões de GEE: A quantificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) baseou-se nos dados de consumo energético e nos fatores de emissão fornecidos pelos fornecedores de energia e gás, complementados por informações publicadas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Ferramentas de cálculo: Foram desenvolvidos ficheiros específicos para sistematizar a coleta de dados e a aplicação dos fatores de emissão, permitindo calcular as emissões totais de GEE para cada fonte.

Análise de eficiência energética: Em paralelo, realizou-se uma análise de eficiência energética com base nos dados de energia ativa e reativa fornecidos pela comercializadora de energia. Essa análise possibilitou a identificação de potenciais desperdícios de energia e também foi proposta medidas de otimização.

Fatores de Emissão

Os fatores de emissão utilizados neste estudo foram obtidos diretamente dos fornecedores ou de bases de dados reconhecidas, como a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que estabelece fatores específicos para o mercado nacional. No caso da energia elétrica, o fator de emissão varia conforme a matriz energética da

fornecedora; para o gás natural, foi adotado o fator de emissão de 56,6kg CO₂/GJ, convertido para kWh para aplicação nos cálculos.

Delimitação do Estudo

É importante destacar que o foco desta pesquisa foi exclusivamente a análise das emissões associadas ao processo produtivo da fábrica, não incluindo o impacto das matérias-primas, armazéns ou distribuição.

3.3 Identificação de fontes de emissão

O primeiro passo na análise foi a identificação das fontes de emissão de GEE ao longo dos processos produtivos das mini tostas. Esta identificação focou-se exclusivamente nas etapas de produção, desde o preparo das massas até a embalagem final do produto. Para tal, procedeu-se à caracterização das linhas de produção, levantando-se os equipamentos utilizados e identificando-se suas respectivas fontes de alimentação energética. Além disso, foram calculados os consumos anuais significativos associados à produção, a contemplar os anos de 2021, 2022 e 2023.

A gestão de emissões de GEE consiste em um processo estruturado que envolve a identificação, caracterização e quantificação dos diferentes tipos de emissões geradas pelas atividades produtivas. No presente trabalho, foi desenvolvido um modelo específico para sistematizar as fontes de emissão de GEE associadas à produção da referência “Mini Tosta de Trigo 350g” na Diatosta. Essa abordagem resultou na criação de uma metodologia própria à empresa para identificar e calcular as emissões de GEE relacionadas à produção do referido produto nos anos de 2021, 2022 e 2023.

O desenvolvimento desse modelo envolveu as seguintes etapas principais:

1. Identificação das fontes de emissão de GEE, considerando os escopos aplicáveis ao processo produtivo;
2. Seleção dos fatores de emissão adequados para o cálculo de cada fonte identificada;
3. Recolha de dados de atividade;
4. Aplicação da metodologia de cálculo baseada nos dados e fatores previamente definidos.

A escolha dos anos para análise foi realizada em conjunto com a empresa, considerando critérios internos e estratégicos. É importante ressaltar que informações adicionais relacionadas ao processo e à metodologia desenvolvida permanecem confidenciais devido à política de sigilo corporativo da Diatosta.

Identificação das fontes de emissão de GEE

A Tabela 4 apresenta as fontes de emissão consideradas em cada Âmbito, conforme os critérios estabelecidos pelo GHG *Protocol*.

Tabela 4 – Fontes de emissão de GEE consideradas em cada âmbito do cálculo.

Âmbito	Fontes de emissão
Âmbito 1	Emissões diretas provenientes de combustão estacionária (geradas em caldeiras ou fornos industriais que utilizam combustíveis fósseis)
	Emissões diretas da combustão móvel (consumo de combustíveis em veículos da frota e da empresa)
	Emissões diretas fugitivas (oriundas de perdas de gases refrigerantes ou outros compostos voláteis durante os processos produtivos)
Âmbito 2	Emissões indiretas associadas ao consumo de energia elétrica adquirida e utilizada nos processos produtivos da empresa.
Âmbito 3	Emissões indiretas ao longo da cadeia de valor que não estão incluídas nos Âmbitos 1 e 2 (produção e transporte de matérias-primas; transporte e deslocamentos realizados por terceiros, como viagens aéreas ou transporte de mercadorias por empresas externas; emissões relacionadas à gestão de resíduos gerados pelas operações; uso e descarte dos produtos pela sociedade.

Em relação ao Âmbito 3, que corresponde a outras emissões indiretas e engloba as emissões de GEE associadas à cadeia de valor da empresa, como atividades ascendentes e descendentes, neste estudo não foi realizada nenhuma análise sobre essas emissões. As emissões do Âmbito 3 podem incluir fatores como matérias-primas, embalagens, resíduos, água, e a distribuição de produtos por transportadoras subcontratadas. No entanto, é importante mencionar que essas emissões, apesar de estarem fora do âmbito deste inventário, são relevantes para a sustentabilidade geral da empresa. Embora não sejam controladas diretamente pela empresa, existem práticas que podem ser adotadas no futuro para mitigar seu impacto. Por exemplo, a seleção de fornecedores que já possuam práticas de redução ou compensação de emissões de CO₂, a escolha de embalagens mais sustentáveis, e a correta gestão de resíduos por entidades acreditadas são medidas que podem ser exploradas.

3.4 Cálculo das Emissões

Para o cálculo das emissões de GEE, seguiu-se a metodologia prescrita pelo *GHG Protocol*, com uma abordagem similar à utilizada por outros estudos na área. A metodologia envolveu a aplicação de fatores de emissão específicos para cada tipo de fonte identificada, como energia elétrica, gás e equipamentos de refrigeração. Esses fatores de emissão, expressos em termos de CO₂ equivalente, foram combinados com os dados de consumo energético de cada recurso, utilizando a Equação 2 para determinar as emissões associadas.

$$\text{Emissões de GEE} = DA \times FE \times PAG \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

DA – Dados de Atividade (*Activity Data*): Refere-se à quantidade de atividade que gera emissões de GEE. Por exemplo, pode ser o consumo de eletricidade em kWh, a quantidade de gás natural consumido em metros cúbicos ou litros de combustível queimado.

FE – Fator de Emissão (*Emission Factor*): Este é o fator que indica quanto de GEE é emitido por unidade de atividade. Por exemplo, quantos quilogramas ou toneladas de CO₂ são emitidos por kWh de eletricidade consumida ou por litro de combustível queimado. Estes fatores variam com o tipo de combustível ou fonte de energia.

PAG – Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential - GWP*): O PAG é um multiplicador que converte as emissões de diferentes gases de efeito estufa para uma equivalência de CO₂.

Neste estudo, não foram realizados cálculos relacionados ao consumo de água, a concentrar-se exclusivamente na pegada de carbono associada aos processos de produção. O cálculo foi realizado separadamente para cada fonte de emissão, permitindo a soma dos resultados para obter a pegada de carbono total relacionada à produção das mini tostas.

3.5 Recolha de Dados e Seleção de Fatores de Emissão

A recolha de dados para este estudo foca-se na obtenção de informações detalhadas sobre o consumo de energia nos processos produtivos da Diatosta, abrangendo os anos de 2021, 2022 e 2023. A análise inclui a avaliação das faturas de energia e gás, bem como a estimativa do tempo de operação dos equipamentos em cada uma das etapas do processo de produção, desde a confeção dos pães até a produção das tostas.

Os dados de consumo energético foram compilados a partir das informações descritas nos equipamentos e das faturas das comercializadoras de energia.

Os dados relacionados ao consumo de energia e gás utilizados no processo produtivo são fornecidos por empresas específicas: o fornecedor de energia elétrica é a *Audax Renewables*, enquanto o fornecedor de gás é a *Galp*.

3.6 Ferramentas de cálculo

Utilizando a folha de cálculo “*Excel*”, foi desenvolvido um ficheiro, no qual foi construída a sequência de etapas para a monitorização das emissões de CO₂ (Figuras 18, 19 e 20).

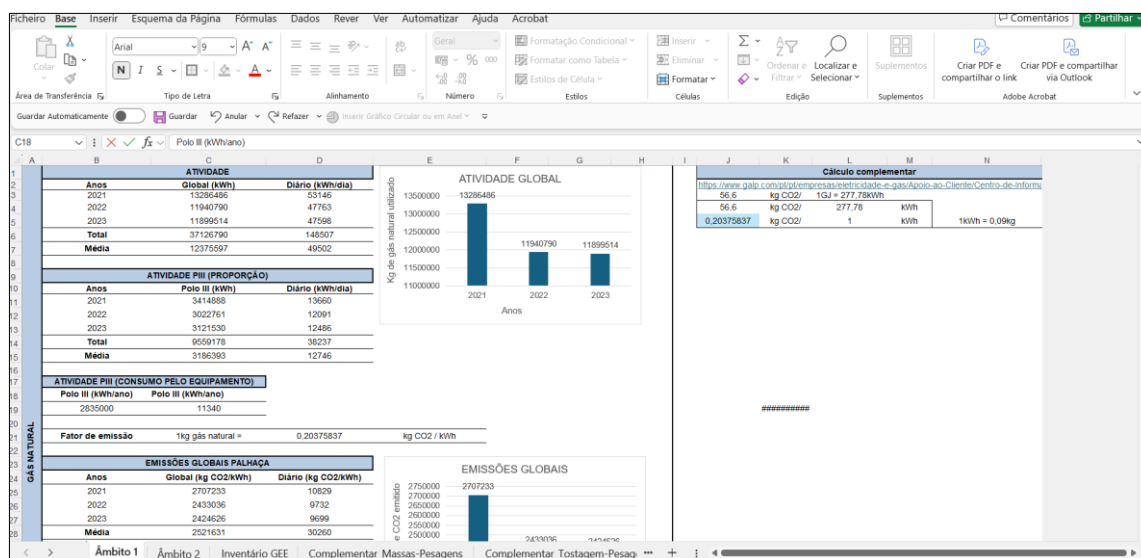


Figura 18: Vista da parte do Ficheiro *Excel* – separador Âmbito 1.

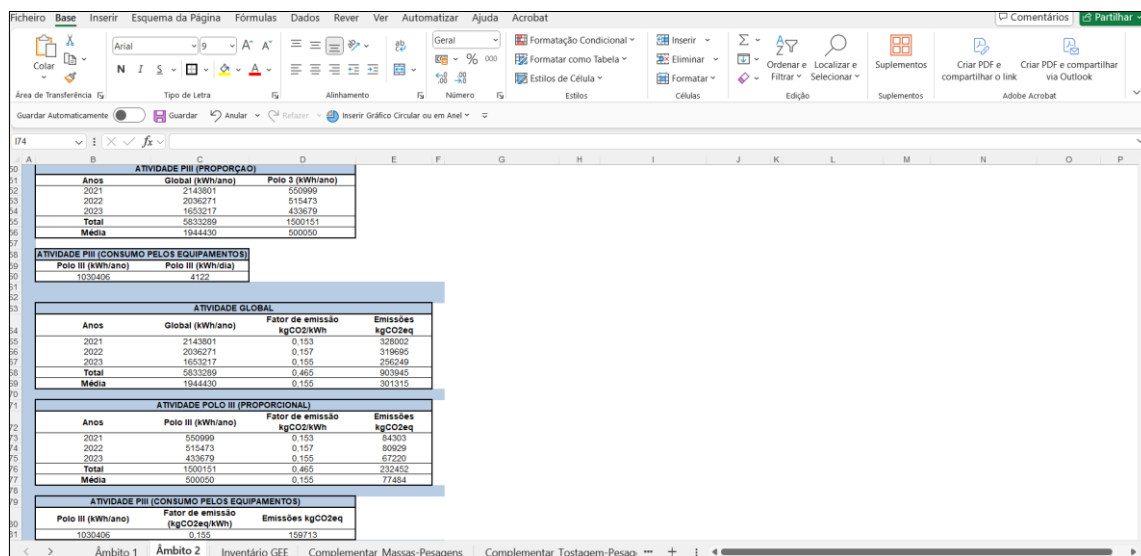


Figura 19: Vista da parte do Ficheiro *Excel* – separador Âmbito 2.

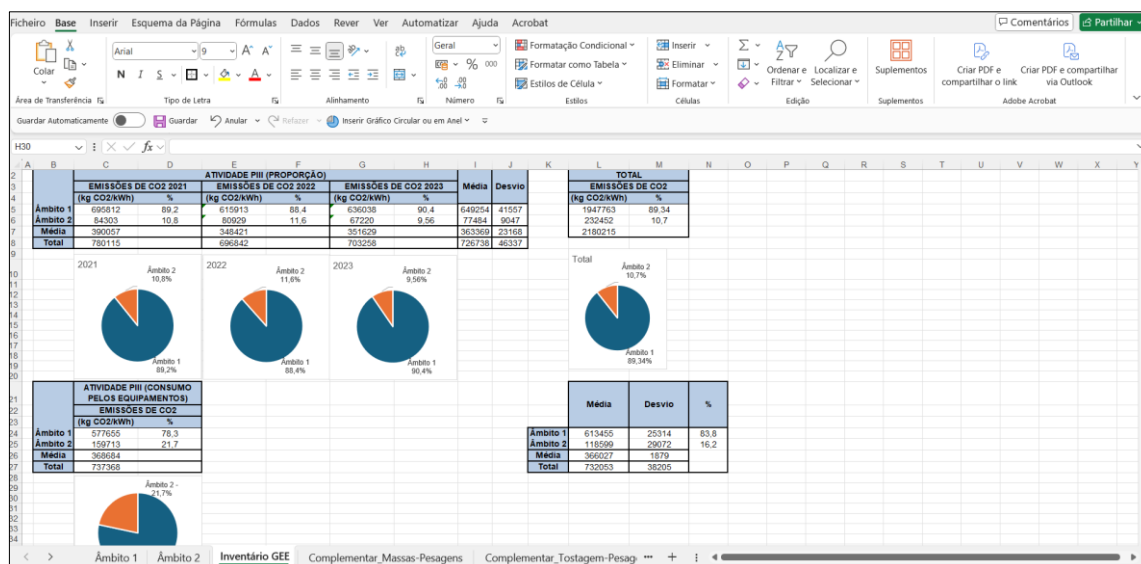


Figura 20: Vista da parte do Ficheiro *Excel* – separador Inventário GEE.

4 Apresentação e Discussão dos Resultados

Nesta secção, são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da análise das emissões de gases com efeito de estufa associadas ao processo produtivo das mini tostas na Diatosta – Indústria Alimentar S.A.

4.1 Definição dos limites de análise de emissões de GEE

Os limites organizacionais, conforme estabelecidos pelo *GHG Protocol*, exigem uma análise aprofundada e um envolvimento significativo da gestão de topo para determinar com precisão as fronteiras e os limites institucionais da organização. Este processo, que envolve a definição clara de quais emissões devem ser incluídas no inventário, é essencial para garantir a integridade e a abrangência dos cálculos de pegada de carbono.

Dada a complexidade e o tempo necessário para uma análise completa dos limites organizacionais, decidimos centrar o levantamento do inventário de emissões de GEE na parte da produção.

Foi considerada a abordagem relativa aos limites operacionais, pois permite uma análise direta e focada nas etapas que têm maior impacto em termos de emissões, possibilitando uma intervenção mais rápida e eficiente em termos de mitigação e redução das emissões de GEE. Este estudo excluiu a análise das emissões associadas a outras áreas, como as matérias-primas, o armazenamento e transportes, concentrando-se exclusivamente no impacto ambiental gerado pelos processos internos de produção.

No estudo, as fronteiras consideradas na análise dizem respeito aos limites operacionais, que se referem às emissões diretamente ligadas ao processo produtivo dentro da fábrica. No caso da Diatosta SA, isso significou focar na linha de produção das mini tostas de trigo (350g), que são representativas em termos de vendas e volume de produção.

Processo produtivo

Para os limites operacionais, é necessário compreender com detalhes as etapas produtivas das mini tostas as quais são apresentadas de seguida, através do fluxo do processo (Figuras 21 e 22).

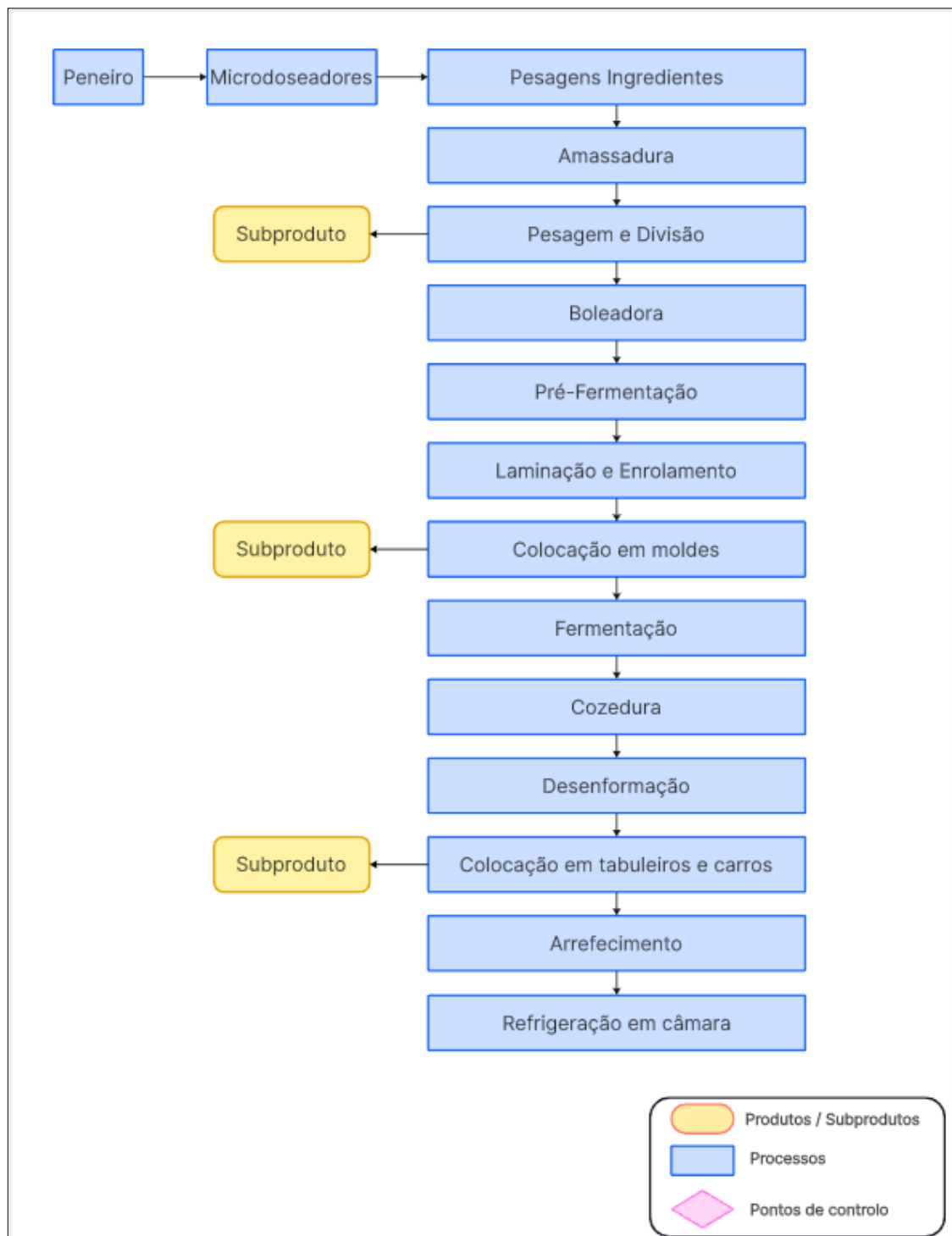


Figura 21: Diagrama de produção de pães.

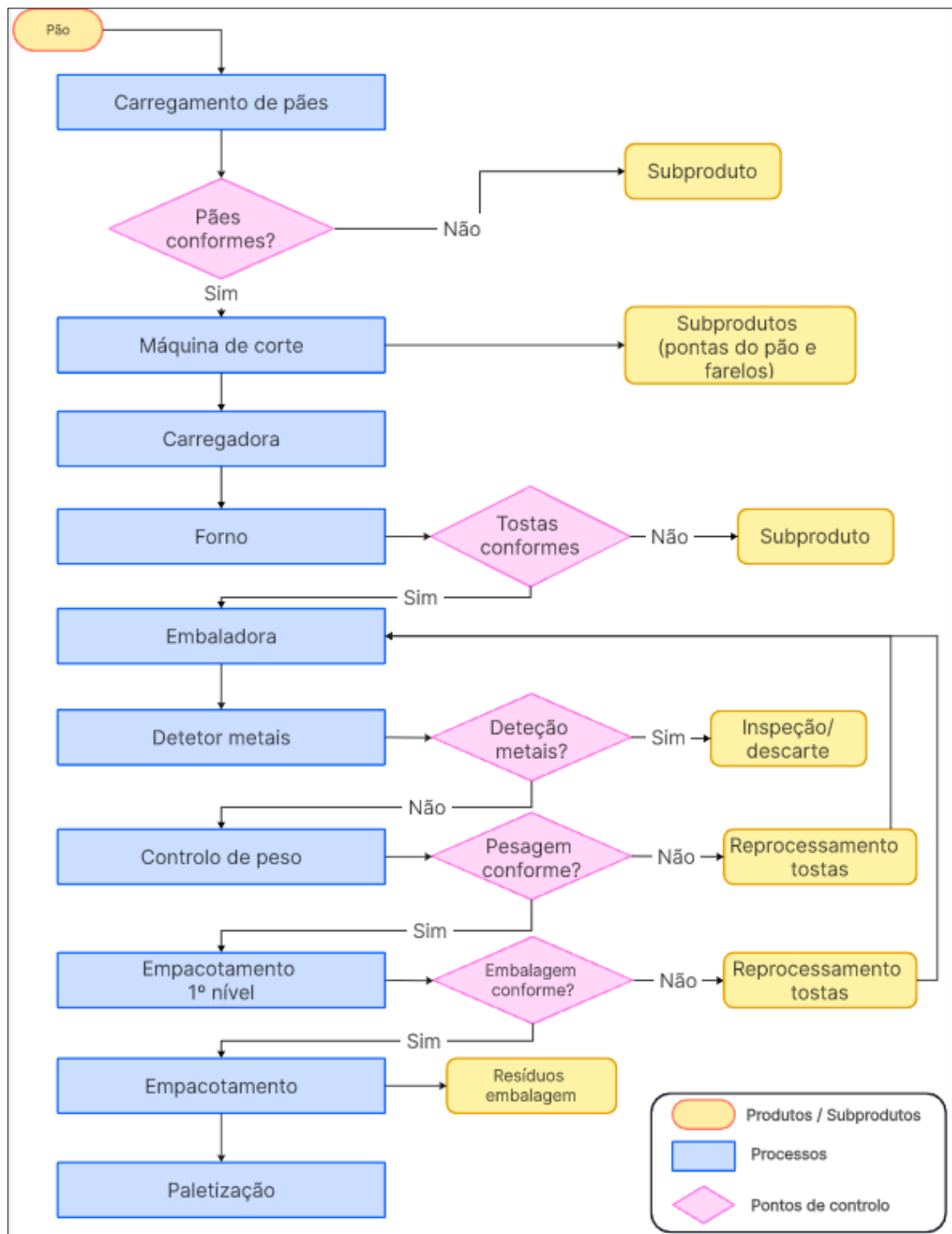


Figura 22: Diagrama de produção de mini tostas.

- Produção dos pães

O processo tem início com a preparação das massas com a intenção da produção dos pães (Figura 21). Essa é a preparação inicial para a formação dos pães, que serão posteriormente transformados no produto final que são as mini tostas. Os ingredientes são armazenados em micro-silos e são acionados conforme a necessidade da receita.

Em primeiro lugar, ocorre a mistura das matérias líquidas, seguida pela adição dos ingredientes secos. Todos os componentes são misturados em tinas de amassadura, onde a massa é preparada.

Após a amassadura, a massa é fracionada em porções correspondentes aos pães a serem confeccionados. Cada massa pesa, aproximadamente, 166g. Tais porções de massa passam pelo processo de boleamento, adquirindo a forma de bolas, e seguem para uma etapa de pré-fermentação. Esta fase ocorre sem controles de temperatura e humidade, sendo realizada durante o deslocamento da massa até o momento em que adquire a forma de vergão, ideal para o tamanho e encaixe nos moldes.

Na etapa seguinte, as massas já moldadas são colocadas em moldes e transferidas para a câmara de fermentação, onde permanecem por aproximadamente 1 hora a uma temperatura de aproximadamente 32°C e humidade de 82%. Posterior a fermentação, os pães são cozidos durante 18 minutos em um forno equipado com três queimadores, cada um com uma função específica. O queimador "Q1" é responsável pelo crescimento da massa, o "Q2" pela cozedura, e o "Q3" pela coloração final. As temperaturas de operação dos queimadores são, respetivamente, 215°C para o "Q1", 285°C para o "Q2", e 275°C para o "Q3".

Após a cozedura, os pães são retirados dos moldes de maneira automatizada e organizados em tabuleiros e carros. Em seguida, espera-se alguns minutos para que arrefeçam e, posteriormente, são guardados na câmara de refrigeração, onde permanecem a uma temperatura de 8°C e uma humidade de 85%, durante aproximadamente 6 horas. Após este período de refrigeração, os pães estão prontos para seguir para a próxima fase do processo produtivo, a fase da tostagem.

Durante o processo produtivo dos pães, cada massa inicial pesa aproximadamente 166 kg, utilizando 100 kg de farinha como base. A partir dessa quantidade, são produzidos, em média, 1.212 pães. Cada pão pesa individual cerca de 136g. Em um turno de produção, são preparadas aproximadamente 44 massas, o que resulta em uma produção total de cerca de 53.328 pães por turno.

A taxa de desperdício é aproximadamente de 20%. Esse valor inclui massas não conformes, rebarbas geradas durante a moldagem, pães fora das especificações e farelos de pães. As massas que não atendem aos padrões de qualidade são destinadas à nutrição animal, enquanto os pães não conformes são enviados para a empresa Rialto, especializada no reaproveitamento desses produtos.

A produção dos pães é concluída com a entrada dos carros nas câmaras de refrigeração, etapa fundamental para garantir a perda necessária de humidade dos

pães. A partir desse ponto, os processos seguintes, denominados etapas de tostagem, transformam os pães no produto final: as mini tostas.

- Produção das mini tostas

Após as 6 horas na câmara de refrigeração, os pães avançam para o processo de fatiamento (Figura 22). Nesta etapa, as pontas dos pães são retiradas, assim como aqueles que não atendem aos padrões de qualidade estabelecidos. Isso inclui pães fora do formato quadrado ou que apresentem quaisquer objetos estranhos. O fatiamento é realizado de forma automatizada, com os pães cortados em fatias, que são dispostas em um tapete transportador para seguirem para o forno de torra.

No forno de torra, as fatias passam por um processo de torrefação durante 05,33 minutos. Este forno também é equipado com 3 queimadores. O queimador "Q1" é responsável pela eliminação da humidade, o "Q2" garante a textura e crocância, e o "Q3" cuida da coloração final das fatias. As temperaturas de operação dos queimadores são, respetivamente, 260°C para o "Q1" e "Q2", e 250°C para o "Q3", conferindo às fatias as características típicas de pão torrado, transformando-as em tostas. Após a torra, as tostas são encaminhadas para a etapa inicial de embalagem. Nesta fase, também automatizada, as tostas são inseridas nos pacotes conforme o peso solicitado.

Os pacotes de tostas passam por controlos de qualidade, como a deteção de metais, verificação do peso final, controlo de lote, checagem da data de validade e integridade das embalagens. Finalmente, os pacotes são acondicionados em caixas e organizados em paletes para a finalização do processo e posterior distribuição.

Cada pão produzido possui 40 cm de comprimento, resultando em 39 fatias por unidade. Uma tosta possui 0,7cm de espessura e 3,7cm em cada lado. Em cada embalagem de 350g de mini tostas, há aproximadamente 176 tostas, com peso individual de cerca de 2g. Para compor um pacote de 350g, são necessários cerca de 4,5 pães. Isso significa que, para embalar uma caixa contendo 7 pacotes de 350g, são utilizados aproximadamente 31,6 pães. Já para uma palete com 25 caixas, são necessários cerca de 789,7 pães para completar a carga.

Durante o processo de produção das tostas, a taxa de desperdício é em torno de 30%. Este percentual inclui as pontas dos pães, pães e tostas que não atendem aos padrões de qualidade, tostas partidas e farelos resultantes do manuseio. Estes desperdícios de tostas podem ser direcionados para empresas como a Rialto ou para a Câmara Municipal de Oliveira do Bairro, responsável pela gestão desse bio resíduo.

4.2 Identificação de fontes de emissões

Após a compreensão detalhada dos fluxos de produção, a etapa seguinte foi a identificação e mapeamento de todas as fontes de emissão associadas aos processos produtivos das mini tostas. Esta etapa envolveu um levantamento minucioso de todos os equipamentos utilizados nas diferentes fases de produção.

Cada equipamento foi identificado, e suas fontes de energia e potências de consumo foram registradas. Isso incluiu tanto os equipamentos que trabalha com energia elétrica quanto aqueles que utilizam gás propano, como os fornos (Tabela 5 e 6).

Para a identificação das fontes de emissão, foram considerados os âmbitos 1 e 2, conforme definido pelo GHG Protocol. As fontes de emissão foram classificadas da seguinte maneira:

Âmbito 1 - Emissões Diretas: Estas emissões estão diretamente associadas a fontes que pertencem ou são controladas pela empresa.

No caso da Diatosta SA, as principais fontes de emissões diretas incluem:

- Combustão de combustíveis: O gás natural utilizado nos fornos de produção tanto dos pães quanto das tostas.
- Fugas de gases refrigerantes: Emissões associadas à máquina de produção de gelo, utilizada durante o preparo das massas dos pães. E às câmaras de refrigeração, onde os pães são armazenados antes de passarem para a etapa de produção das tostas.

Âmbito 2 - Emissões Indiretas: Estas emissões estão associadas à aquisição de eletricidade. A energia elétrica utilizada nos diversos equipamentos da linha de produção, desde as máquinas de mistura e amassadura até as linhas de fatiamento e embalagem.

Nas Figuras 23 e 24, estão apresentadas a organização espacial das etapas produtivas dentro da unidade fabril. Através de esquemas que ilustram as diferentes fases do processo. O primeiro esquema refere-se à etapa de produção dos pães, desde a preparação das massas até a saída dos pães do forno (Figura 23). Já o segundo esquema mostra o processo de fatiamento e torra dos pães, resultando na produção das tostas e na fase de embalagem (Figura 24).

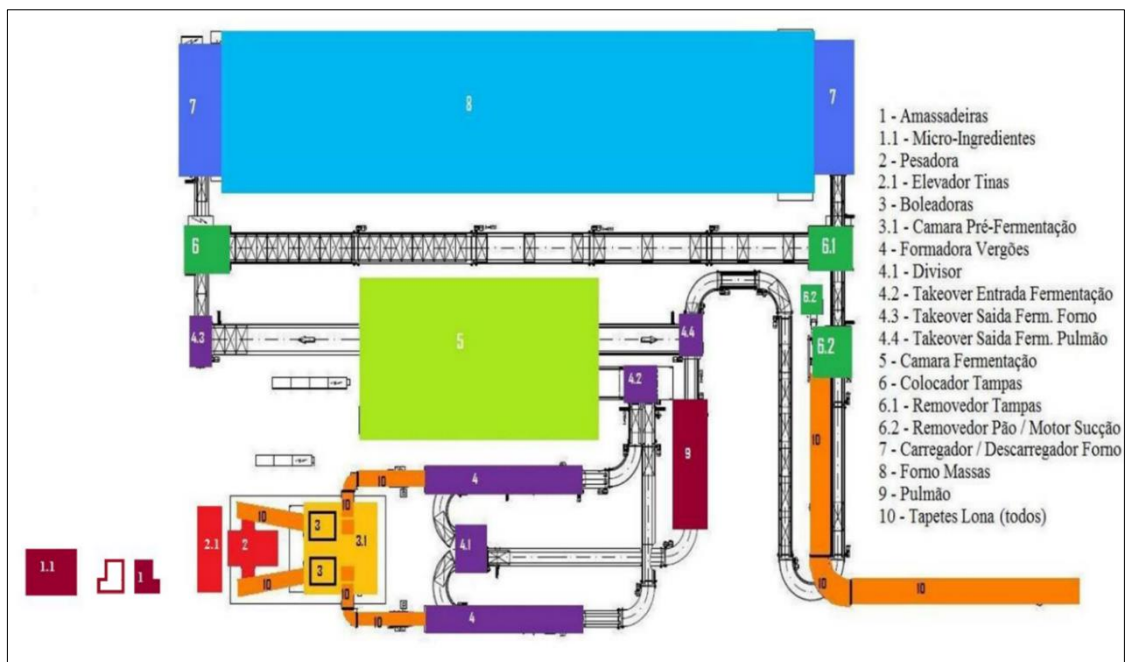


Figura 23: Esquema da etapa de produção de pães.

A Figura 23 representa o início do processo produtivo, a fabricação dos pães, que serve como base inicial, até a etapa final de produção das tostas, demonstrado pela Figura 24, a evidenciar a continuidade entre as fases.

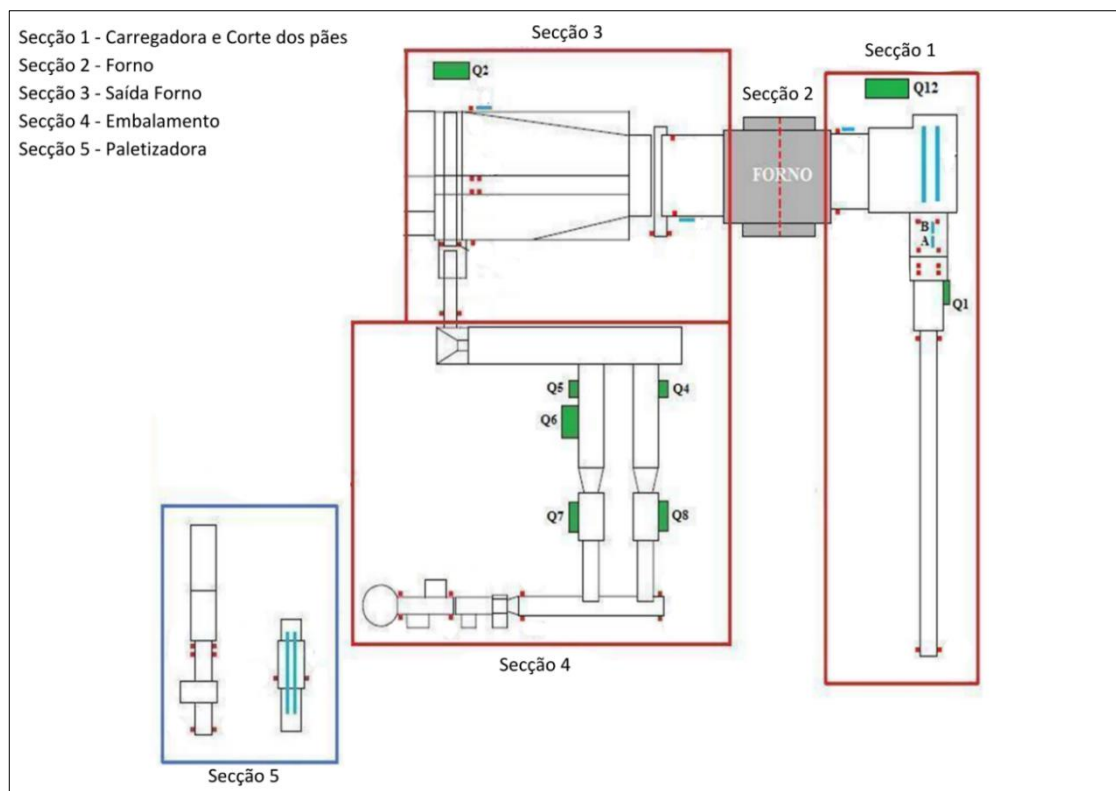


Figura 24: Esquema da etapa de produção de tostas.

Nas Tabelas 5 e 6, estão identificados todos os equipamentos mapeados nas duas etapas produtivas (produção de pães e produção de tostas) assim como suas fontes de emissão.

Tabela 5 - Equipamentos associados a etapa de produção de pães.

Secção	Descrição Secção	Equipamento	Identificação equipamento	Fonte de emissão
1	Amassadoras	Amassadoras	AM-1-1	Elétrica
1	Amassadoras	Amassadoras	AM-1-2	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Micro-silos	MS-1.1-1	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Micro-silos	MS-1.1-2	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Micro-silos	MS-1.1-3	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Micro-silos	MS-1.1-4	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Micro-silos	MS-1.1-5	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Micro-silos	MS-1.1-6	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Aspirador de MP	AS-1.1-1	Elétrica
1.1	Micro-ingredientes	Aspirador de MP	AS-1.1-2	Elétrica
1.2	Máquina de Gelo	Máquina de Gelo	MG-1.2-1	Elétrica+gás
2	Pesadora	Pesadora	PE-2-1	Elétrica
2.1	Elevador de Tinas	Elevador	EL-2.1-1	Elétrica
2.1	Elevador de Tinas	Elevador	EL-2.1-1	Elétrica
2.1	Elevador de Tinas	Elevador	EL-2.1-1	Elétrica
3	Boleadoras	Tapetes	TA-3-1	Elétrica
3	Boleadoras	Tapetes	TA-3-2	Elétrica
3	Boleadoras	Boleadora	BO-3-1	Elétrica
3	Boleadoras	Boleadora	BO-3-2	Elétrica
3.1	Câmara de Pré-Fermentação	Câmara de Pré-Fermentação	CP-3.1-1	Elétrica
3.1	Câmara de Pré-Fermentação	Tapetes	TA-3.1-3	Elétrica
3.1	Câmara de Pré-Fermentação	Tapetes	TA-3.1-4	Elétrica
4	Modeladora de Vergões	Tapetes	TA-4-5	Elétrica
4	Modeladora de Vergões	Tapetes	TA-4-6	Elétrica
4	Modeladora de Vergões	Modeladora de Vergões	MV-4-1	Elétrica
4	Modeladora de Vergões	Modeladora de Vergões	MV-4-2	Elétrica
4	Modeladora de Vergões	Tapetes	TA-4-7	Elétrica
4	Modeladora de Vergões	Tapetes	TA-4-8	Elétrica
4.1	Divisor	Divisor	DI-4.1-1	Elétrica
4.1	Divisor	Transportadores	TR-4.1-1	Elétrica
4.2	Takeover Entrada Fermentação	Takeover Entrada Fermentação	TK-4.2-1	Elétrica
4.3	Takeover Saída Fermentação para Forno	Takeover Saída Fermentação para Forno	TK-4.3-1	Elétrica

Tabela 5 - Equipamentos associados a etapa de produção de pães (continuação).

Secção	Descrição Secção	Equipamento	Identificação equipamento	Fonte de emissão
4.4	Takeover Saída Fermentação para Pulmão	Takeover Saída Fermentação para Pulmão	TK-4.4-1	Elétrica
5	Câmara de Fermentação	Câmara de Fermentação (motores entrada e saída moldes de pães)	CF-5-1	Elétrica
5	Câmara de Fermentação	Câmara de Fermentação (motor elevador de moldes de pães)	CF-5-2	Elétrica
5	Câmara de Fermentação	Câmara de Fermentação (motores de movimentação superior dos moldes de pães)	CF-5-3	Elétrica
6	Colocador Tampas	Colocador Tampas	CT-6-1	Elétrica
6.1	Removedor Tampas	Removedor Tampas	RT-6.1-1	Elétrica
6.1	Removedor Tampas	Transportadores	TR-6.1-2	Elétrica
6.2	Removedor Pão/Motor Sucção	Removedor Pão/Motor Sucção	RP-6.2-1	Elétrica
6.2	Removedor Pão/Motor Sucção	Transportadores	TR-6.2-3	Elétrica
6.2	Removedor Pão/Motor Sucção	Tapetes	TA-6.2-9	Elétrica
7	Carregador Forno	Carregador Forno	CAF-7-1	Elétrica
7	Descarregador Forno	Descarregador Forno	DF-7-1	Elétrica
8	Forno	Malha	MA-8-1	Elétrica
8	Forno	Escova malha	EM-8-1	Elétrica
8	Forno	Turbulência	TU-8-1	Elétrica
8	Forno	Queimador forno (Q1)	QE-8-1	Elétrica+gás
8	Forno	Queimador forno (Q2)	QE-8-2	Elétrica+gás
8	Forno	Queimador forno (Q3)	QE-8-3	Elétrica+gás
8	Forno	Exaustor	EX-8-1	Elétrica
8	Forno	Exaustor	EX-8-2	Elétrica
8	Forno	Exaustor	EX-8-3	Elétrica
8	Forno	Extrator vapor	EV-8-1	Elétrica
8	Forno	Extrator vapor	EV-8-2	Elétrica
9	Pulmão	Motor de subida e descida	PU-9-1	Elétrica
9	Pulmão	Motor de transferência 1	PU-9-2	Elétrica
9	Pulmão	Motor de transferência 2	PU-9-3	Elétrica
10	Câmara de Refrigeração	Câmara de Refrigeração	CR-10-1	Elétrica+gás

Tabela 6 - Equipamentos associados a etapa de produção de tostas.

Secção	Descrição Secção	Equipamentos	Identificação equipamento	Fonte de emissão
1	Carregadora e Corte dos pães	Esteira	ET-1-1	Elétrica
1	Carregadora e Corte dos pães	Fatiadora de pães	FT-1-1	Elétrica
1	Carregadora e Corte dos pães	Tapetes	TA-1-1	Elétrica
1	Carregadora e Corte dos pães	Tapetes	TA-1-2	Elétrica
1	Carregadora e Corte dos pães	Carregadora de pães	CA-1-1	Elétrica
1	Carregadora e Corte dos pães	Tapetes	TA-1-3	Elétrica
2	Forno	Turbulência	TU-2-1	Elétrica
2	Forno	Malha	MA-2-1	Elétrica
2	Forno	Escova malha	ES-2-1	Elétrica
2	Forno	Queimador forno (Q1)	QE-2-1	Elétrica+gás
2	Forno	Queimador forno (Q2)	QE-2-2	Elétrica+gás
2	Forno	Queimador forno (Q3)	QE-2-3	Elétrica+gás
2	Forno	Exaustor	EX-2-1	Elétrica
2	Forno	Exaustor	EX-2-2	Elétrica
2	Forno	Exaustor	EX-2-3	Elétrica
2	Forno	Extrator vapor	EV-2-1	Elétrica
2	Forno	Extrator vapor	EV-2-2	Elétrica
2	Forno	Exaustor	EX-2-4	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-4	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-5	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-6	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-7	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-8	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-9	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-10	Elétrica
3	Saída Forno	Tapetes	TA-3-11	Elétrica
4	Embalamento	Funil vibratório	FV-4-1	Elétrica
4	Embalamento	Elevador (pneumático)	EL-4-1	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-1	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-2	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-3	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-4	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-5	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-6	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-7	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-8	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-9	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-10	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-11	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-12	Elétrica
4	Embalamento	Vibrador	VI-4-13	Elétrica
4	Embalamento	Balança	BA-4-1	Elétrica
4	Embalamento	Embaladora	EB-4-1	Elétrica
4	Embalamento	Rotuladora	RO-4-1	Elétrica

Tabela 6 - Equipamentos associados a etapa de produção de tostas.

Secção	Descrição Secção	Equipamentos	Identificação equipamento	Fonte de emissão
4	Embalamento	Balança	BA-4-2	Elétrica
4	Embalamento	Embaladora	EB-4-2	Elétrica
4	Embalamento	Rotuladora	RO-4-2	Elétrica
4	Embalamento	Esteira	ET-4-2	Elétrica
4	Embalamento	Esteira	ET-4-3	Elétrica
4	Embalamento	Esteira	ET-4-4	Elétrica
4	Embalamento	Detetor de metais+Balança	DM-4-1	Elétrica
4	Embalamento	Transportador	TR-4-1	Elétrica
4	Embalamento	Prato rotativo	PR-4-1	Elétrica
5	Paletizadora	Máquina de cintar	MC-5-1	Elétrica
5	Paletizadora	Máquina Paletizadora	MP-5-1	Elétrica

4.3 Distribuição dos consumos energéticos

Antes de iniciar as análises dos dados energéticos, foi essencial compreender a dinâmica operacional da fábrica, que está dividida em dois polos de produção: Polo III e Polo IV. As informações fornecidas pelas comercializadoras incluíram o consumo total de energia elétrica e gás natural da unidade fabril localizada na Palhaça, sem distinção entre os polos. Para distribuir adequadamente o consumo energético entre os polos, utilizou-se os dados de produção anual de cada um, proporcionando uma visão mais precisa do consumo específico de cada unidade. Após determinar a proporção de produção de cada polo em relação ao total da fábrica, estabeleceu-se uma regra de proporcionalidade baseada nos volumes anuais produzidos. Essa abordagem permitiu fracionar o consumo total de energia elétrica e gás natural de forma proporcional à contribuição produtiva de cada polo. A Tabela 7 apresenta as proporções aplicadas para ajustar os consumos energéticos e de gás natural, de acordo com a produção anual dos polos.

Tabela 7 - Distribuição proporcional dos consumos energéticos entre os Polos III e IV.

Ano	Polo	Produção por Polo (kg/ano)	Proporcionalidade (%)
2021	III	3214100	25,7
	IV	9291170	74,3
2022	III	2868400	25,3
	IV	8462620	74,7
2023	III	2122100	26,2
	IV	5967510	73,8

4.4 Estimativas das Emissões Diretas - Âmbito 1: Gás natural e gases de equipamentos de refrigeração

Para a avaliação do Âmbito 1, foram utilizados os seguintes dados de atividade e fatores de emissão:

- Equipamentos de Refrigeração: A quantidade de gás refrigerante (R404A) foi calculada em kg, com os fatores de emissão obtidos a partir de relatórios de manutenção realizados por entidades externas.
- Fornos a gás natural: O consumo de gás natural foi medido em kWh, e as horas de funcionamento de cada forno foram registadas. O fator de emissão específico do gás natural, fornecido pela comercializadora, indica que, para cada kWh de energia consumida, são emitidos 0,204 kg de CO₂ [60].

Âmbito 1 - Fornos a gás natural

As emissões gasosas são originadas no processo de combustão dos fornos que utilizam o gás natural como combustível. De acordo com a comercializadora, o gás natural é descrito como energia verde. Proveniente de reservatórios naturais, terrestres ou marítimos. O gás natural consumido nos fornos é fornecido diretamente pela comercializadora através de tubagens ligadas à rede de distribuição local. Por meio da análise das faturas de gás dos anos de 2021 a 2023, foi possível avaliar o consumo de gás natural associado às linhas de produção da fábrica da Palhaça.

Com base na aplicação da proporcionalidade entre os polos de produção, descrito anteriormente, o consumo de gás natural para cada um dos polos foi estimado (Figura 25). A Equação 3 exemplifica como foi calculada a emissão CO₂ no consumo de gás natural.

$$13.286.486 \text{ kWh} \times 0,204 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{kWh}} \times 1 = 2.710.443 \text{ kg de CO}_2/\text{kWh} \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

- 13.286.486 kWh corresponde ao consumo de gás natural da fábrica da Palhaça em 2021;
- 0,204 kgCO₂/kWh é o fator de emissão para o gás natural;
- 1 representa o Potencial de Aquecimento Global (PAG) do CO₂, que equivale ao próprio valor de emissões de CO₂.

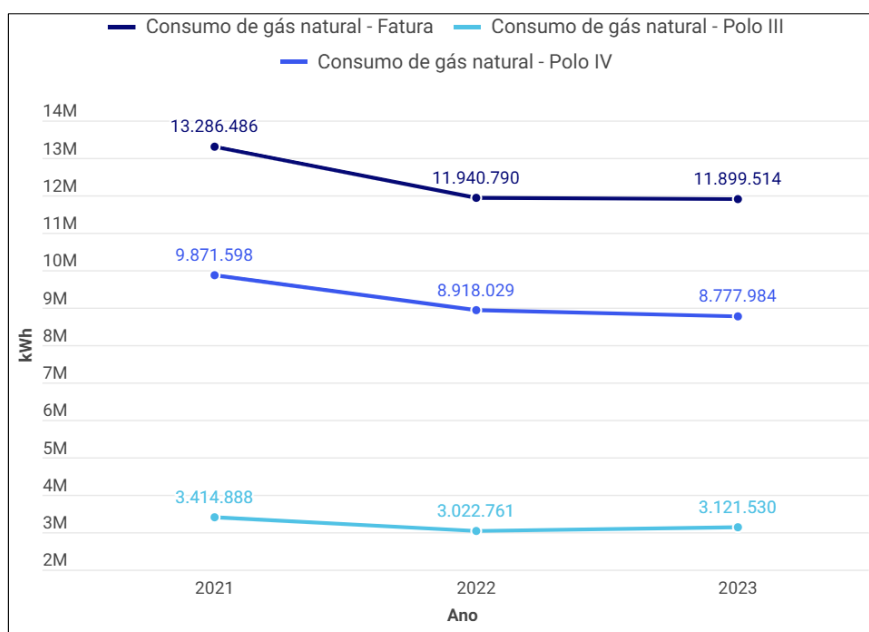


Figura 25: Comparação do consumo de gás natural (kWh) entre os Polos III e IV.

A aplicação desta fórmula para os anos subsequentes segue o mesmo raciocínio, sendo o resultado expresso em quilogramas de CO₂ por quilowatt-hora (kg CO₂/kWh) (Tabela 8).

Tabela 8 - Consumo de gás natural e respetivas emissões de CO₂.

Global - Palhaça					Polo III			
Ano	Consumo de gás natural (kWh)		Emissões (kg CO ₂ /kWh)		Consumo de gás natural (kWh)		Emissões (kg CO ₂ /kWh)	
	Anual	Diário*	Anual	Diária*	Anual	Diário*	Anual	Diária*
2021	13286486	53146	2707233	10829	3414888	13660	695812	2783
2022	11940790	47763	2433036	9732	3022761	12091	615913	2464
2023	11899514	47598	2424626	9699	3121530	12486	636038	2544
Total	37126790	148507	2521631	30260	9559178	38237	649254	2597
Média	12375597	49502	7564894	10087	3186393	12746	1947763	7791

*Utilizou-se 250 dias como padrão de dias trabalhados ao ano.

Além do cálculo do consumo de gás utilizando a proporcionalidade baseada na produção anual, também foi realizado um cálculo fundamentado no consumo específico dos equipamentos. Os consumos médios dos fornos foram identificados através de informações dos equipamentos e multiplicados pelo tempo de funcionamento (Tabela 9).

Tabela 9 - Consumo de gás natural dos equipamentos utilizados para produção de pães e tostas– Polo III.

Etapa	Equipamento	Consumo equipamento (kWh)	Tempo de funcionamento (h)	Consumo diário de gás natural (kWh/dia)
Massas	Queimador forno (Q1)	105	18	1890
	Queimador forno (Q2)	105	18	1890
	Queimador forno (Q3)	105	18	1890
Tostagem	Queimador forno (Q1)	105	18	1890
	Queimador forno (Q2)	105	18	1890
	Queimador forno (Q3)	105	18	1890

O resultado dessa contabilização específica dos equipamentos demonstra um consumo inferior ao obtido pelo método de proporção, baseado nos dados de produção anual fornecidos pela comercializadora por meio das faturas, embora os valores permaneçam próximos. Essa diferença pode ser atribuída ao facto de os valores serem estimados e não medidos *in loco* durante a operação dos equipamentos. Também foram avaliadas as emissões de CO₂ associadas ao consumo de gás natural pelos equipamentos, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Consumo de gás natural e respetivas emissões de CO₂ – Polo III.

Consumo de gás natural (kWh)		Emissões (kg CO ₂ /kWh)	
Anual	Diário*	Anual	Diário*
2835000	11340	577655	2311

*Utilizou-se 250 dias como padrão de dias trabalhados ao ano.

Além dos cálculos de consumo de gás baseados na proporcionalidade e no consumo dos equipamentos, também foram realizados cálculos teóricos para determinar a proporção de ingredientes líquidos e sólidos na massa, a humidade expressa em base húmida ao longo de cada etapa do processo e, a energia necessária (energia térmica) para remover essa humidade das tostas. A Tabela 11 apresenta as quantidades de matérias-primas utilizadas no preparo de uma massa, bem como o cálculo das percentagens de ingredientes secos e líquidos:

Tabela 11 - Quantidades de ingredientes secos e líquidos na massa.

Secos		Líquidos	
Ingredientes	Quantidade (kg)	Ingredientes	Quantidade (L)
Farinha:	100	Água:	39,5
Soro do Leite:	3,00	Gelo:	5,00
Malte:	1,00	Salmoura:	3,29
Levedura Seca:	0,950	Lecitina de Soja:	0,200
Glúten:	1,20	Óleo de Girassol:	5,46
Dextrose:	2,00	Total de Líquidos:	53,4
Melhorante:	1,00		
Levedura Desativada:	0,200		
Total de Secos:	109,4		
Peso Total da Receita (kg):		163	
Percentagem de Ingredientes Líquidos (%):		32,8	
Percentagem de Ingredientes Secos (%):		67,2	

O cálculo da percentagem de perda de água, expressa em base húmida, desde a preparação da massa até a obtenção do produto final, a tosta, está detalhado na Tabela 12. Essa análise é fundamental para compreender a quantidade de água evaporada ao longo de cada etapa do processo.

Tabela 12 - Percentagem de perda de água no processo de produção, expressa em base húmida.

Produção do Pão		
Etapa do Processo	Peso Inicial (g)	Humidade (%)
Massa inicial pré fermentação	136	36,4
Massa inicial pós fermentação	133	35,5
Quantidade de água na massa anterior a cozedura (g)		48,3
Pão após cozedura	113	24,6
Quantidade de água no pão após a cozedura (g)		27,8
Perda de água na cozedura (g)		20,5
Percentual de perda de água na cozedura (%)		27,8
Produção da Tosta		
Etapa do Processo	Peso Inicial (g)	Humidade (%)
Pão após refrigeração	140	22,0
Quantidade de água no pão anterior a refrigeração (g)		30,8
Tosta após tostagem	2,00	4,00
Quantidade de água na tosta após a tostagem (g)		0,0800
Perda de água na tostagem (g)		30,7
Percentual de perda de água na tostagem (%)		99,7

A Figura 26 apresenta a evolução do teor de humidade, expresso em base húmida, ao longo das diferentes etapas do processo produtivo, desde a massa pré-fermentação até a obtenção da tosta final. Observa-se uma redução progressiva na quantidade de água

presente no produto, refletindo as perdas de humidade resultantes das fases de fermentação, cozedura e tostagem.

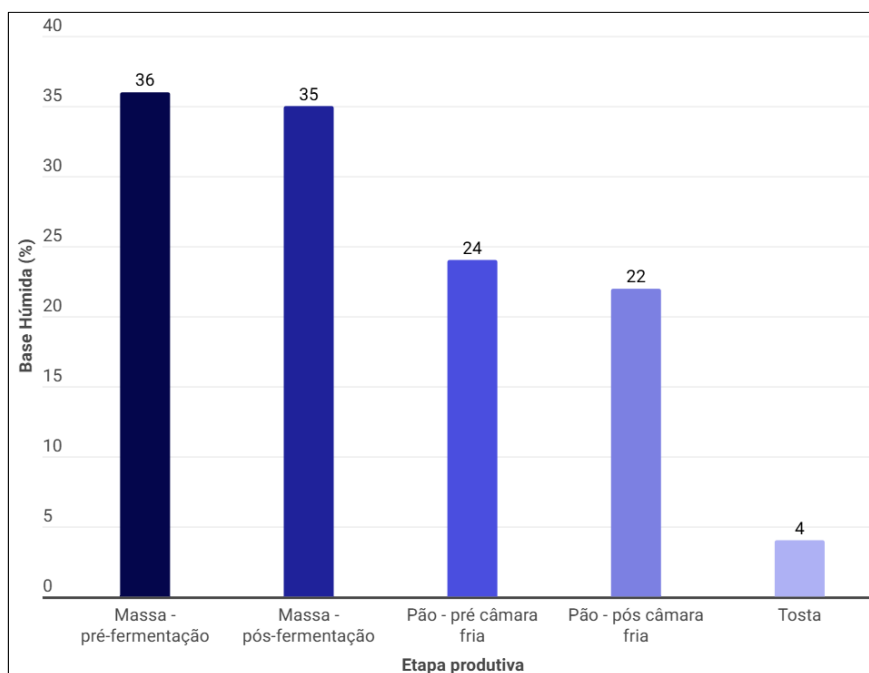


Figura 26: Evolução do teor de humidade (base húmida) ao longo das etapas produtivas.

foi calculada a energia necessária para remover a humidade das tostas, desde a confeção da massa até o produto final. Considerou-se a proporção de ingredientes líquidos e secos, a quantidade de água perdida em cada etapa e a energia requerida para evaporar essa humidade. A produção horária foi calculada, assim como a energia consumida pelos fornos em cada hora de operação. A relação entre a energia teoricamente necessária e a energia consumida permitiu determinar o rendimento energético do processo, evidenciando as perdas de calor ao longo das etapas de cozedura e tostagem. Os valores detalhados encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 - Estimativa de energia para remover a humidade nas etapas de produção de pão e tostas

Etapa do processo		Energia Calculada (kWh)
Massas	Aquecimento da água	0,00189
	Vaporização da água	0,0136
	Total para remover água por unidade de pão	0,0136
	Produção diária (52.123 unidades de pão)	710 kWh/unidade
	Produção por hora (7.446 unidades de pão)	39,44 kWh/hora
Tostagem	Aquecimento da água	0,00268
	Vaporização da água	0,0193
	Total para remover água por unidade de tosta	0,0220
	Produção diária (2.032.800 unidades de tosta)	39203 kWh/unidade
	Produção por hora (290.400 unidades de tosta)	2178 kWh/hora

Os valores apresentados são estimativas teóricas baseadas nos cálculos realizados.

A substituição total do gás natural por fontes de energia mais limpas pode não ser imediatamente viável, mas existem medidas práticas e acessíveis que a empresa pode adotar para reduzir as emissões relacionadas ao seu uso. A combinação de melhorias na eficiência energética, manutenção preventiva e exploração de alternativas renováveis representa um bom caminho para a descarbonização gradual das operações.

Como ação mais imediata e de menor custo, recomenda-se a verificação e o isolamento adequado das tubulações que conduzem o gás natural das caldeiras aos equipamentos. Essa medida pode minimizar perdas térmicas e melhorar a eficiência energética do sistema, reduzindo o consumo de gás e, consequentemente, as emissões associadas.

Adicionalmente, a manutenção regular das caldeiras e a otimização dos processos operacionais podem contribuir para um uso mais eficiente do gás natural. Investir em treinamento de equipas para práticas operacionais sustentáveis e implementar sistemas de monitoramento do consumo energético são estratégias que podem trazer benefícios tanto ambientais quanto financeiros.

Âmbito 1 - Gases refrigerantes

Os equipamentos de refrigeração e produção de gelo utilizam gases fluorados, conhecidos como gases F (fluorados), que desempenham um papel na refrigeração, devido à sua alta eficiência energética, baixa toxicidade e reduzido risco de inflamabilidade. Entre eles, os hidrofluorocarbonos (HFCs) são amplamente empregados. Contudo, esses gases são altamente prejudiciais ao meio ambiente, com um Potencial de Aquecimento Global (PAG) que pode ser até 23.000 vezes maior do que o CO₂. Além disso, os HFCs têm uma longevidade atmosférica considerável, que

pode chegar a 50.000 anos. Assim, mesmo pequenas emissões desses gases durante o uso, manutenção ou descarte inadequado dos equipamentos podem gerar impactos ambientais significativos [61].

No início da produção de pães, há uma máquina de gelo, enquanto no final da linha de produção é utilizada uma câmara de refrigeração. Essas máquinas estão sujeitas a inspeções periódicas, anuais ou semestrais, realizadas por uma empresa especializada, responsável pela manutenção e controle dos gases utilizados nesses equipamentos. Essas inspeções seguem o Regulamento UE nº 517/2014, de 16 de abril de 2014, cujo objetivo é minimizar as emissões de gases fluorados, especialmente para prevenir fugas nos sistemas e garantir a recuperação e destruição adequadas desses gases ao final de sua vida útil. As quantidades de gases manipulados em cada equipamento são registradas nos relatórios de manutenção fornecidos pela empresa responsável (Tabela 14).

Tabela 14 – Equipamentos com quantidade de gás refrigerante e a sua equivalência em tonCO₂eq.

Equipamentos	Tipo de Gás	Quantidade (kg) 2021/2022/2023	Valor de Carga (Ton CO ₂ eq)
Câmara Refrigeração	R404A	20	78,43
Máquina de Gelo	R404A	15	58,82

De acordo com a análise dos relatórios técnicos fornecidos, não ocorreram fugas de gases fluorados nos equipamentos em questão, motivo pelo qual não há emissões a serem consideradas dessa fonte no cálculo final das emissões. Entretanto, recomenda-se a substituição dos gases refrigerantes atuais por outros com menor Potencial de Aquecimento Global (PAG). Existem diversas soluções em desenvolvimento e já disponíveis no mercado, como as hidrofluorolefinas (HFOs) e refrigerantes naturais, como o propano (R-290) e o dióxido de carbono (R-744). Esses refrigerantes apresentam menor impacto ambiental e podem ser compatíveis com os sistemas existentes, embora possam exigir adaptações técnicas [62]. Enquanto a transição para novos refrigerantes não é totalmente implementada, é fundamental intensificar a atenção em relação a possíveis vazamentos, assegurar o manuseio correto dos refrigerantes durante as atividades de manutenção e garantir a destinação adequada dos gases ao final de sua vida útil. Implementar um programa de detecção de vazamentos pode ser uma medida eficaz para identificar e corrigir prontamente quaisquer emissões não intencionais.

4.5 Estimativas das Emissões Indiretas – Âmbito 2: Energia Elétrica

Os dados referentes ao consumo de energia elétrica foram fornecidos pela Diatosta, com base nas faturas recebidas da comercializadora *Audax Renewables* para os anos de 2021, 2022 e 2023. Esses dados incluem o consumo total em kWh, que foi utilizado para calcular as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas ao uso de eletricidade. Os dados energéticos fornecidos referem-se ao consumo total da unidade fabril da Palhaça, que inclui tanto o Polo III quanto o Polo IV. Uma vez que as análises deste estudo estão concentradas exclusivamente no Polo III, foi novamente aplicado o fator de proporção para distinguir o consumo de energia entre os dois polos (Figura 27).

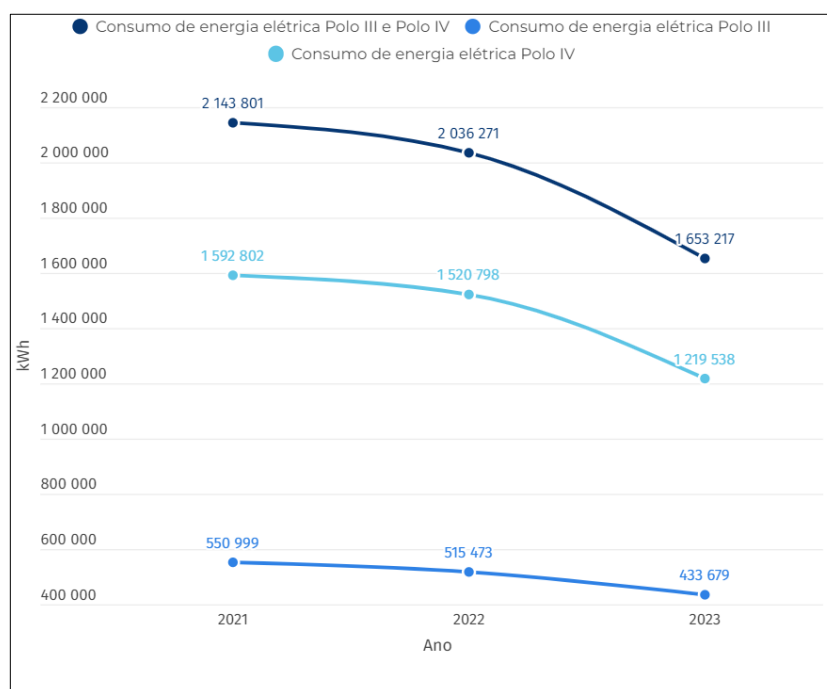


Figura 27: Comparação do consumo de energia elétrica em kWh entre os Polos III e IV.

Com base no consumo total de energia da fábrica, foi realizada uma análise da eficiência energética, considerando tanto a energia ativa quanto a reativa. A energia ativa, medida em kWh, refere-se à potência que é convertida em trabalho útil pelos equipamentos, como a produção de energia mecânica, térmica, luminosa, entre outras formas. Em termos práticos, é a energia que efetivamente move os processos, como o giro do eixo de motores ou a operação de máquinas. Por outro lado, a energia reativa, medida em kVAr (quilovolt-ampere reativo), não gera trabalho direto, mas é essencial para criar o fluxo magnético necessário ao funcionamento de dispositivos como transformadores e motores, possibilitando o funcionamento de campos eletromagnéticos que sustentam esses equipamentos [63].

A equipe da Diatosta forneceu dados detalhados sobre o custo mensal relacionado ao consumo de energia reativa. Como não foram disponibilizados dados específicos sobre o consumo em kVArh, optou-se por utilizar uma média dos valores correspondentes a cada escalão de consumo. Esses dados indicam que a infraestrutura elétrica da empresa está configurada de forma eficiente para minimizar ou evitar encargos adicionais decorrentes do consumo de energia reativa, que geralmente resultam em cobranças extras nas faturas de energia quando o fator de potência é baixo [64]. Embora a energia reativa não seja convertida em trabalho útil, ela é essencial para o funcionamento de equipamentos que dependem de componentes magnéticos. Com base nesses valores fornecidos, foi utilizada a Equação 4 para calcular o consumo em kVArh.

$$Energia\ reativa\ (kVArh) = \frac{Custo}{Preço\ por\ kVArh\ de\ acordo\ com\ os\ escalões} \text{ (Equação 4)}$$

Após a estimativa dos valores de energia reativa anual, a eficiência energética foi identificada através do fator de potência. Este fator abrange uma escala de 0 (zero) a 1 (um). Onde o valor 1 indica uma alta eficiência e o resultado mais próximo à 0 indica baixa eficiência energética [65]. Para realizar o cálculo, foi utilizada a Equação 5.

$$Fator\ de\ Potência = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVArh^2}} \text{ (Equação 5)}$$

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultados de energia ativa consumida, energia reativa consumida, e respectivos fatores de potência, em 2021, 2022 e 2023.

Ano	Energia Ativa (kWh)	Energia Reativa (kVArh)	Fator de Potência
2021	2143801	4039	1,00
2022	2036271	12012	1,00
2023	1653217	30313	1,00

De acordo com os dados, o fator de potência para todos os anos analisados foi de 1,00, indicando um desempenho energético eficiente, em que praticamente toda a energia fornecida é efetivamente consumida. Esse resultado reflete uma gestão eficiente da infraestrutura elétrica da Diatosta, reforçada pela estratégia já implementada de receber as cobranças de energia reativa em valores monetários, em vez de dados diretos de consumo em kVArh. Isso sugere que a empresa já adota medidas adequadas para

otimizar o uso de energia e reduzir os custos relacionados à energia reativa, a fim de evitar a necessidade de grandes adaptações nos equipamentos. Contudo, mesmo com esse bom desempenho, é recomendado manter a monitorização contínua do fator de potência, especialmente em relação a eventuais variações ao longo do tempo. Também, seria interessante realizar uma avaliação por equipamento, de forma a garantir que cada um esteja devidamente dimensionado e que o consumo de energia reativa seja minimizado. Para futuras aquisições de equipamentos, essa análise deverá ser aplicada com o objetivo de manter o fator de potência elevado e continuar a otimizar os custos e a eficiência energética da empresa.

Para determinar as emissões de CO₂ relacionadas ao consumo de eletricidade, foi necessário encontrar os fatores de emissão correspondentes à eletricidade produzida em Portugal. Estes fatores de emissão são divulgados anualmente pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e refletem a quantidade de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) emitida por cada megawatt-hora (MWh) de eletricidade consumida no país [66]. Os fatores de emissão utilizados referem-se à região do Continente de Portugal, sendo a área geográfica de localização da empresa. No último relatório de emissões de gases com efeito estufa da eletricidade produzida em Portugal, os fatores de emissão de eletricidade para foram disponibilizados apenas para os anos de 2005 a 2022. O dado referente ao ano de 2023 ainda não é contemplado no relatório. Então utilizou-se uma média entre os valores de 2021 e 2022. Desta forma, foi calculada as emissões de CO₂eq associadas ao consumo de eletricidade no ano de 2023 [66].

Para o cálculo de emissões de CO₂ associadas ao consumo de eletricidade da Diatosta, utilizamos os dados de consumo de energia elétrica fornecidos pela empresa para os anos de 2021, 2022 e 2023 e os fatores de emissão de CO₂ referentes à eletricidade produzida em Portugal (Equação 6).

$$\text{Emissões de CO}_2 \text{ (kg)} = \text{Consumo de Energia (kWh)} \times \text{Fator de emissão (kg CO}_2\text{eq/MWh)}$$

(Equação 6)

O cálculo foi realizado para os três anos, permitindo uma estimativa das emissões de CO₂ associadas ao consumo de eletricidade da Diatosta, conforme Tabela 16.

Tabela 16 – Emissões em kgCO₂eq da unidade fabril da Palhaça.

Anos	Energia Ativa Consumida (kWh)	Fator de emissão (kgCO ₂ eq/kWh)	Emissões (kgCO ₂ eq)
2021	2143801	0,153	328002
2022	2036271	0,157	319695
2023	1653217	0,155	256249
Total	5833289	0,465	903945
Média	1944430	0,155	301315

As faturas de eletricidade fornecidas pela comercializadora *Audax Renovables* também disponibilizam informações detalhadas sobre a composição das fontes de energia utilizadas. A Figura 28 mostra a composição da energia elétrica utilizada pela Diatosta.

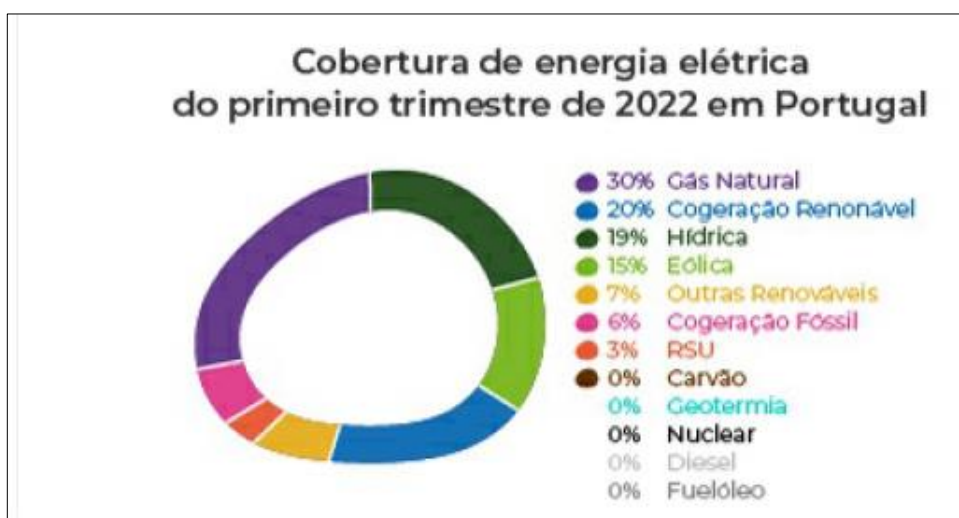


Figura 28: Composição das fontes de energia utilizada - 2022.

No primeiro trimestre de 2022, a matriz energética de Portugal apresentava uma cobertura diversificada, composta principalmente por gás natural (30%), cogeração renovável (20%) e energia hídrica (15%), enquanto outras fontes como eólica (15%) e renováveis diversas também contribuíam significativamente para o abastecimento. No entanto, houve uma pequena parcela proveniente de fontes fósseis (6%) e resíduos sólidos urbanos (3%).

Já no quarto trimestre de 2023, nota-se mudança no mix energético fornecido pela *Audax* (Figura 29). Com 100% da eletricidade proveniente de fontes renováveis. A energia eólica representou a maior parte, com 85,19%, seguida por outras fontes renováveis (11,61%) e energia hídrica (3,20%). As informações relacionadas ao consumo de eletricidade precisam de algumas ressalvas. Todos os dados disponibilizados estão relacionados ao consumo global da fábrica da Palhaça, ou seja, contemplam não apenas a produção do Polo III, onde são fabricadas as mini tostas,

mas também incluem o consumo do Polo IV (responsável pela produção de tostas grandes), além de escritórios, armazém e áreas sociais.



Figura 29: Composição das fontes de energia utilizada - 2023.

De acordo com as fronteiras operacionais estabelecidas, o objetivo é calcular as emissões de CO₂ associadas exclusivamente às linhas de produção de mini tostas embaladas a granel. Para isso, foi necessário identificar o consumo de eletricidade especificamente relacionado a essa linha de produção. Para esse fim, foi novamente aplicado o fator de proporcionalidade para distinguir o consumo de energia entre os dois polos (Tabela 17).

Tabela 17 - Consumo de energia elétrica na fábrica da Palhaça e Polo III (proporcional).

Ano	Consumo de energia elétrica (kWh) - Palhaça		Consumo de energia elétrica (kWh) – Polo III	
	Anual	Diário*	Anual	Diário*
2021	2143801	8575	550999	2204
2022	2036271	8145	515473	2062
2023	1653217	6613	433679	1735
Total	5833289	23333	1500151	6001
Média	1944430	7778	500050	2000

*Utilizou-se 250 dias como padrão de dias trabalhados ao ano.

Para calcular o consumo de energia dos equipamentos utilizados em cada etapa do processo produtivo, foram levantadas as potências nominais conforme as especificações técnicas de cada máquina (Tabelas 18 e 19). Além disso, registraram-se as horas de funcionamento e o consumo energético correspondente, considerando o tempo de operação e a potência de cada equipamento. As estimativas das horas de funcionamento foram obtidas através da observação direta do uso das máquinas durante um ciclo completo de produção, que abrange três turnos, totalizando 24 horas de operação contínua.

Tabela 18 – Consumo energético dos equipamentos utilizados para produção de pães – Polo III.

Secção	Equipamento	Identificação Equipamento	Energia (kW)	Tempo de funcionamento (h)	Energia consumida (kWh)
1	Amassadoras	AM-1-1	3	18	588
1	Amassadoras	AM-1-2	3	18	588
1.1	Micro-silos	MS-1.1-1	2	1	2
1.1	Micro-silos	MS-1.1-2	2	1	2
1.1	Micro-silos	MS-1.1-3	2	1	2
1.1	Micro-silos	MS-1.1-4	2	1	2
1.1	Micro-silos	MS-1.1-5	2	1	2
1.1	Micro-silos	MS-1.1-6	2	1	2
1.1	Aspirador de MP	AS-1.1-1	1	1	5
1.1	Aspirador de MP	AS-1.1-2	1	1	5
1.2	Máquina de Gelo	MG-1.2-1	1	10	80
2	Pesadora	PE-2-1	5	18	144
2.1	Elevador	EL-2.1-1	1	2	1
2.1	Elevador	EL-2.1-1	2	4	10
2.1	Elevador	EL-2.1-1	1	1	1
3	Tapetes	TA-3-1	1	18	3
3	Tapetes	TA-3-2	1	18	3
3	Boleadora	BO-3-1	1	18	14
3	Boleadora	BO-3-2	1	18	14
3.1	Câmara de Pré-Fermentação	CP-3.1-1	1	18	20
3.1	Tapetes	TA-3.1-3	1	18	7
3.1	Tapetes	TA-3.1-4	1	18	7
4	Tapetes	TA-4-5	1	18	7
4	Tapetes	TA-4-6	1	18	7
4	Modeladora de Vergões	MV-4-1	2	18	13
4	Modeladora de Vergões	MV-4-2	1	18	27
4	Tapetes	TA-4-7	1	18	7
4	Tapetes	TA-4-8	1	18	7
4.1	Divisor	DI-4.1-1	2	14	10
4.1	Transportadores	TR-4.1-1	11	18	73
4.2	Takeover Entrada Fermentação	TK-4.2-1	3	12	13
4.3	Takeover Saída Fermentação para Forno	TK-4.3-1	3	12	13
4.4	Takeover Saída Fermentação para Pulmão	TK-4.4-1	1,11	1	1
5	Câmara de Fermentação (motores entrada e saída moldes de pães)	CF-5-1	1,65	12	20

Tabela 18 – Consumo energético dos equipamentos utilizados para produção de pães – Polo III (continuação).

Secção	Equipamento	Identificação Equipamento	Energia (kW)	Tempo de funcionamento (h)	Energia consumida (kWh)
5	Câmara de Fermentação (motores entrada e saída moldes de pães)	CF-5-1	1,65	12	20
5	Câmara de Fermentação (motor elevador de moldes de pães)	CF-5-2	5	6	30
5	Câmara de Fermentação (motores de movimentação superior dos moldes de pães)	CF-5-3	1,87	12	22
6	Colocador Tampas	CT-6-1	0,55	10	6
6.1	Removedor Tampas	RT-6.1-1	0,55	10	6
6.1	Transportadores	TR-6.1-2	2,22	18	40
6.2	Removedor Pão/Motor Sucção	RP-6.2-1	1,1	10	11
6.2	Transportadores	TR-6.2-3	2,59	18	47
6.2	Tapetes	TA-6.2-9	2,95	18	53
7	Carregador Forno	CAF-7-1	0,74	10	7
7	Descarregador Forno	DF-7-1	0,92	10	9
8	Malha	MA-8-1	4	18	72
8	Escova malha	EM-8-1	2,5	18	45
8	Turbulência	TU-8-1	4,5	18	81
8	Queimador forno	QE-8-1	0,38	18	7
8	Queimador forno	QE-8-2	0,38	18	7
8	Queimador forno	QE-8-3	0,38	18	7
8	Exaustor	EX-8-1	9,2	18	166
8	Exaustor	EX-8-2	9,2	18	166
8	Exaustor	EX-8-3	9,2	18	166
8	Extrator vapor	EV-8-1	0,75	18	14
8	Extrator vapor	EV-8-2	2,2	18	40
9	Motor de subida e descida	PU-9-1	2,2	10	22
9	Motor de transferência 1	PU-9-2	0,55	6	3
9	Motor de transferência 2	PU-9-3	0,37	18	7
10	Câmara de Refrigeração	CR-10-1	12,6	6	76

Tabela 19 – Consumo energético dos equipamentos utilizados para produção de tostas – Polo III.

Secção	Equipamento	Identificação Equipamento	Energia (kW)	Tempo de funcionamento (h)	Energia consumida (kWh)
1	Esteira	ET-1-1	0,75	18	14
1	Fatiadora de pães	FT-1-1	0,38	18	7
1	Tapetes	TA-1-1	0,37	18	7
1	Tapetes	TA-1-2	0,37	18	7
1	Carregadora de pães	CA-1-1	9,65	18	174
1	Tapetes	TA-1-3	0,55	18	10
2	Turbulência	TU-2-1	15	18	270
2	Malha	MA-2-1	1,5	18	27
2	Escova malha	ES-2-1	1,5	18	27
2	Queimador forno	QE-2-1	0,38	18	7
2	Queimador forno	QE-2-2	0,38	18	7
2	Queimador forno	QE-2-3	0,38	18	7
2	Exaustor	EX-2-1	9,2	18	166
2	Exaustor	EX-2-2	9,2	18	166
2	Exaustor	EX-2-3	9,2	18	166
2	Extrator vapor	EV-2-1	1,5	18	27
2	Exaustor	EX-2-4	1,5	18	14
3	Tapetes	TA-3-4	0,37	18	27
3	Tapetes	TA-3-5	0,37	18	7
3	Tapetes	TA-3-6	0,37	18	7
3	Tapetes	TA-3-7	0,37	18	7
3	Tapetes	TA-3-8	0,37	18	7
3	Tapetes	TA-3-9	0,37	18	7
3	Tapetes	TA-3-10	0,37	18	7
3	Tapetes	TA-3-11	0,37	18	7
4	Funil vibratório	FV-4-1	0,25	18	7
4	Elevador	EL-4-1	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-1	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-2	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-3	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-4	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-5	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-6	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-7	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-8	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-9	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-10	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-11	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-12	0,25	18	5
4	Vibrador	VI-4-13	0,25	18	5
4	Balança	BA-4-1	0,25	18	5
4	Embaladora	EB-4-1	0,25	18	5
4	Rotuladora	RO-4-1	0,25	18	5
4	Balança	BA-4-2	0,25	18	5
4	Embaladora	EB-4-2	0,25	18	5
4	Rotuladora	RO-4-2	0,25	18	5
4	Esteira	ET-4-2	0,25	18	5

Tabela 19 – Consumo energético dos equipamentos utilizados para produção de tostas – Polo III.

Secção	Equipamento	Identificação Equipamento	Energia (kW)	Tempo de funcionamento (h)	Energia consumida (kWh)
4	Esteira	ET-4-3	0,25	18	5
4	Esteira	ET-4-4	0,25	18	5
4	Detetor de metais+ Balança	DM-4-1	0,66	18	5
4	Transportador	TR-4-1	0,25	18	12
4	Prato rotativo	PR-4-1	0,18	18	5
5	Máquina de cintar	MC-5-1	0,54	18	3
5	Máquina Paletizadora	MP-5-1	1,61	6	3

A partir do consumo energético dos equipamentos utilizados na produção de pães e tostas (Tabelas 18 e 19), foi possível realizar uma comparação entre o consumo proporcional de energia elétrica e o consumo nominal obtido pelos equipamentos no Polo III (Tabela 20).

Tabela 20 – Médias de consumo de energia elétrica Polo III (comparação entre consumo proporcional e consumo dos equipamentos).

Média de consumo de energia elétrica (kWh) – Proporcional		Média de consumo de energia elétrica (kWh) – Consumo dos equipamentos	
Anual	Diário*	Anual	Diário*
500050	2000	1030406	4122

*Utilizou-se 250 dias como padrão de dias trabalhados ao ano.

Ao comparar os resultados dos dois métodos de cálculo do consumo de eletricidade, identificou-se uma discrepância significativa. O consumo estimado com base no mapeamento dos equipamentos foi aproximadamente o dobro daquele obtido pelo método de proporcionalidade baseada na produção anual, dados das faturas de eletricidade. Essa diferença pode ser explicada por alguns fatores. Em primeiro lugar, no cálculo baseado nos equipamentos, ocorreu uma superestimação devido ao uso das potências nominais e à suposição de que os equipamentos operam em plena capacidade durante todo o período de funcionamento. Na prática, os equipamentos frequentemente operam abaixo de sua capacidade máxima por conta de variações na carga, eficiência energética e tempos de inatividade. Além disso, não foram aplicados fatores de carga ou coeficientes de utilização que reflitam o uso real dos equipamentos. Elementos como paradas para manutenção, tempos de *setup* e variações na produção diária podem reduzir significativamente o consumo efetivo de energia. Alguns equipamentos também podem não operar continuamente ou podem ter ciclos de

operação que não foram plenamente considerados no cálculo inicial. Por outro lado, o método proporcional baseia-se em dados reais do consumo total de energia elétrica registado pela fábrica, fornecendo uma medida precisa do consumo energético global. Ao distribuir o consumo total de energia entre os polos com base na produção anual, esse método reflete de maneira mais direta a relação entre o volume produzido e a energia consumida.

É importante considerar que o consumo total de energia inclui não apenas os processos produtivos, mas também o consumo de infraestrutura e serviços auxiliares, como iluminação, climatização e escritórios. Esses consumos não foram plenamente contemplados no mapeamento dos equipamentos. Há também a possibilidade de que o Polo III tenha características operacionais diferentes do Polo IV, como equipamentos mais modernos ou processos mais eficientes, o que influencia o consumo específico de energia.

A diferença observada indica que o consumo real de eletricidade do Polo III está mais próximo do valor estimado pelo método proporcional baseado na produção anual. O cálculo baseado no mapeamento dos equipamentos, sem os ajustes necessários, tende a superestimar o consumo devido à consideração das potências nominais e à ausência de fatores de correção. Para aprimorar a precisão dos cálculos futuros, recomenda-se implementar medições diretas do consumo de energia dos principais equipamentos, utilizando medidores específicos ou sistemas de monitoramento energético. É fundamental também incorporar fatores de carga e coeficientes de utilização que reflitam as condições reais de operação dos equipamentos.

Ao analisar os dados de consumo de energia elétrica dos equipamentos, na etapa de produção das massas, as amassadoras são as principais consumidoras, com 588 kWh/dia cada, totalizando 1176 kWh/dia para as duas unidades em funcionamento durante 18 horas. Em seguida, destacam-se os exaustores do forno de cozedura, que consomem 166 kWh/dia por unidade em 16 horas de operação. Como são três exaustores, o consumo total chega a 498 kWh/dia. A pesadora de massas, por sua vez, regista um consumo diário de 144 kWh em 18 horas de uso. Na etapa de tostagem, o maior consumo elétrico é atribuído à turbulência do forno de torra, com 270 kWh/dia em 18 horas de operação. Seguida pela carregadora de pães (máquina de corte das tostas) apresenta um gasto de 174 kWh/dia no mesmo período. Por fim, os exaustores do forno de torra consomem 166 kWh/dia cada, totalizando 498 kWh/dia para as três unidades em operação. De modo geral, o consumo total de energia elétrica na produção das massas (2802 kWh/dia) é consideravelmente superior ao da tostagem, que atinge 1320 kWh/dia (Figura 30).

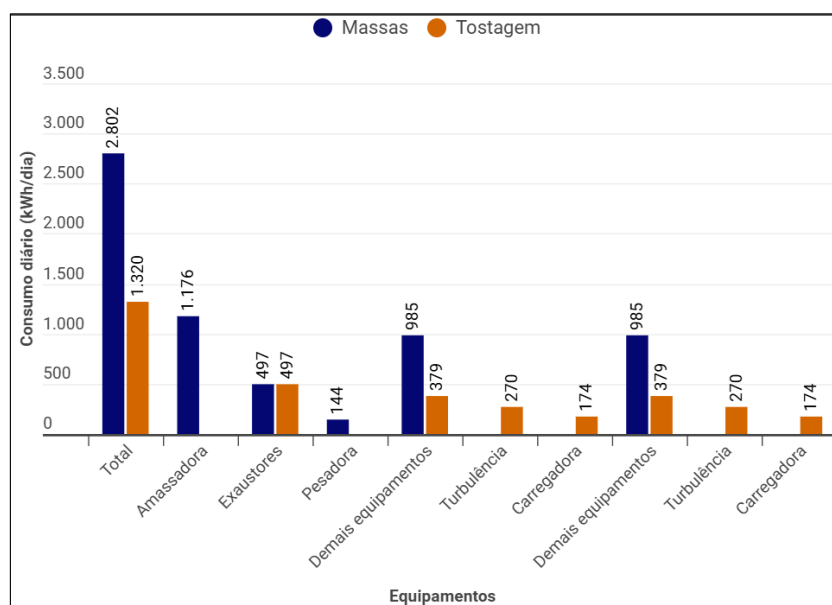


Figura 30: Consumo de eletricidade diário – Etapa das massas e tostagem.

Assim como foi feito para o consumo global de energia, foram calculadas as emissões correspondentes de CO₂ tanto para a proporcionalidade quanto para o consumo específico dos equipamentos (Tabela 21).

Tabela 21 – Emissões em kgCO₂eq do Polo III.

ATIVIDADE POLO III (PROPORCIONAL)			
Anos	Polo III (kWh/ano)	Fator de emissão (kgCO ₂ eq/kWh)	Emissões (kgCO ₂ eq)
2021	550999	0,153	84303
2022	515473	0,157	80929
2023	433679	0,155	67220
Total	1500151	0,465	232452
Média	500050	0,155	77484
ATIVIDADE PIII (CONSUMO PELOS EQUIPAMENTOS)			
Polo III (kWh/ano)		Fator de emissão (kgCO ₂ eq/kWh)	Emissões (kgCO ₂ eq)
1030406		0,155	159713

4.6 Inventário de GEE

Nesta secção, serão apresentados os resultados do inventário de GEE realizado para o Polo III da fábrica da Palhaça, focando nos Âmbitos 1 e 2 conforme as diretrizes do *GHG Protocol*.

Os resultados apresentados na Tabela 22 quantificam as emissões de CO₂ associadas à parte produtiva do Polo III, calculadas com base em dados proporcionais extraídos

das faturas de gás e energia da fábrica da Palhaça, que abrangem tanto o Polo III quanto o Polo IV. Para isolar os valores correspondentes ao Polo III, foi utilizada uma proporcionalidade definida pela produção anual em quilogramas.

Tabela 22 – Emissões de CO₂ associadas à parte produtiva do Polo III de acordo com proporcionalidade.

EMISSIONES DE CO ₂ - ATIVIDADE POLO III (PROPORCIONAL)								
	2021		2022		2023		Média	
	(kg CO ₂ /kWh)	%	(kg CO ₂ /kWh)	%	(kg CO ₂ /kWh)	%	(kg CO ₂ /kWh)	DP
Âmbito 1	695812	89,2	615913	88,4	636038	90,4	649254	41557
Âmbito 2	84303	10,8	80929	11,6	67220	9,56	77484	9047
Total	780115		696842		703258		726738	46337

As emissões totais de CO₂ do Polo III, calculadas com base na proporcionalidade das faturas de gás e energia elétrica, somaram 2.180.215 kg CO₂/kWh ao longo dos três anos analisados. Deste total, 1.947.763 kg CO₂/kWh (89,3%) foram atribuídos ao Âmbito 1, enquanto 232.452 kg CO₂/kWh (10,7%) ao Âmbito 2. Esses valores evidenciam a predominância das emissões provenientes do consumo direto de gás natural (Âmbito 1) em comparação às emissões relacionadas ao uso de energia elétrica adquirida (Âmbito 2). As emissões do Âmbito 1 representam a maior parte das emissões em todos os anos analisados, com percentuais a variar de 89,2% a 90,4%, a destacar o significativo impacto ambiental da combustão de gás natural, particularmente nos fornos utilizados para a cozedura dos pães e a tostagem das tostas. Por outro lado, as emissões do Âmbito 2 são consideravelmente menores, a variar de 10,8% para 9,56%, mas ainda refletem o impacto do consumo de energia elétrica no processo produtivo. Ao longo dos anos, houve uma redução nas emissões totais de CO₂ entre 2021 e 2022, de 780.115 kg CO₂/kWh para 696.842 kg CO₂/kWh, o que pode ser atribuído à diminuição da produção anual registada nesse período. Em 2023, observa-se um leve aumento para 703.258 kg CO₂, que pode estar relacionado a mudanças nas condições operacionais ou ajustes na produção. Apesar dessas variações, os percentuais de contribuição dos Âmbitos 1 e 2 mantiveram-se relativamente estáveis, indicando que o perfil de consumo energético da unidade permaneceu consistente ao longo dos anos. A análise do desvio padrão foi realizada com o objetivo de compreender a dispersão entre os valores totais estimados de emissões de CO₂ ao longo dos anos. Embora tenha sido observada uma variação entre os valores, esta é coerente com a margem de erro característico de estimativas baseadas em dados indiretos, como as faturas de gás e energia elétrica e as estimativas de produção. A metodologia empregada, que se baseia

em proporcionalidades de consumo entre os Polos III e IV, ajustadas de acordo com a produção anual, é suscetível a variações, uma vez que depende de aproximações e variáveis difíceis de controlar. Por esse motivo, a diferença observada nos valores de emissões de CO₂ ao longo dos três anos analisados é justificável, reflete a imprecisão dos dados utilizados na estimativa, sem prejudicar a compreensão geral das emissões.

A Tabela 23 apresenta as emissões de CO₂ associadas exclusivamente à parte produtiva do Polo III, detalhando o consumo pelos equipamentos de acordo com os Âmbitos 1 e 2 ao longo dos anos analisados.

Tabela 23 – Emissões de CO₂ associadas à parte produtiva do Polo III de acordo com consumo pelos equipamentos.

ATIVIDADE PIII (CONSUMO PELOS EQUIPAMENTOS)		
	EMISSIONES DE CO ₂	
	(kg CO ₂ /kWh)	%
Âmbito 1	577655	78,3
Âmbito 2	159713	21,7
Total	737368	

As emissões totais de CO₂ do Polo III, a considerar apenas o consumo estimado a partir das informações fornecidas pelos equipamentos, foram de 737.368 kg CO₂/kWh. Deste total, 577.655 CO₂/kWh (78,3%) foram atribuídos ao Âmbito 1, enquanto 159.713 CO₂/kWh (21,7%) correspondem ao Âmbito 2. Esse resultado também reforça a predominância das emissões associadas ao consumo de gás natural em relação àquelas relacionadas ao uso de energia elétrica. Ao compararmos os valores das emissões de CO₂, tanto os baseados nas faturas de consumo quanto os estimados a partir das informações dos equipamentos, observamos algumas variações. Essas diferenças refletem a natureza das estimativas utilizadas em ambos os casos. O desvio padrão calculado foi de 38.205, o que indica uma variação considerável entre as estimativas, tanto das faturas quanto dos dados dos equipamentos. Essa variação é esperada, pois estamos a analisar estimativas baseadas em dados indiretos, como as horas de uso dos equipamentos e as informações das etiquetas, que podem ser influenciadas por diferentes fatores, como a precisão das medições e as condições de operação durante o período analisado. Por isso, essa margem de erro é natural e compreensível. Embora a diferença entre os valores anuais e os valores obtidos dos equipamentos seja perceptível, ela é justificável pela incerteza envolvida em ambas as estimativas. O desvio padrão nos ajuda a visualizar essa dispersão nos dados,

mostrando que, apesar das variações, o padrão geral das emissões permanece dentro do esperado para esse tipo de cálculo.

A Figura 31 ilustra uma variação no perfil de consumo, a comparação entre os dados dos Âmbitos 1 e 2 para os anos e os dados dos equipamentos. Enquanto nos anos analisados a predominância do consumo de gás natural (Âmbito 1) se mantém estável, a análise dos equipamentos destaca uma participação maior da energia elétrica (Âmbito 2). Esse desvio entre os dados também é esperado, considerando as limitações das estimativas utilizadas para os equipamentos, que podem não refletir com total precisão as condições operacionais reais. Ainda assim, essa análise reforça a importância de compreender que, mesmo com as variações nos dados, o impacto ambiental da operação permanece significativo, e o monitoramento contínuo das emissões continua sendo essencial.

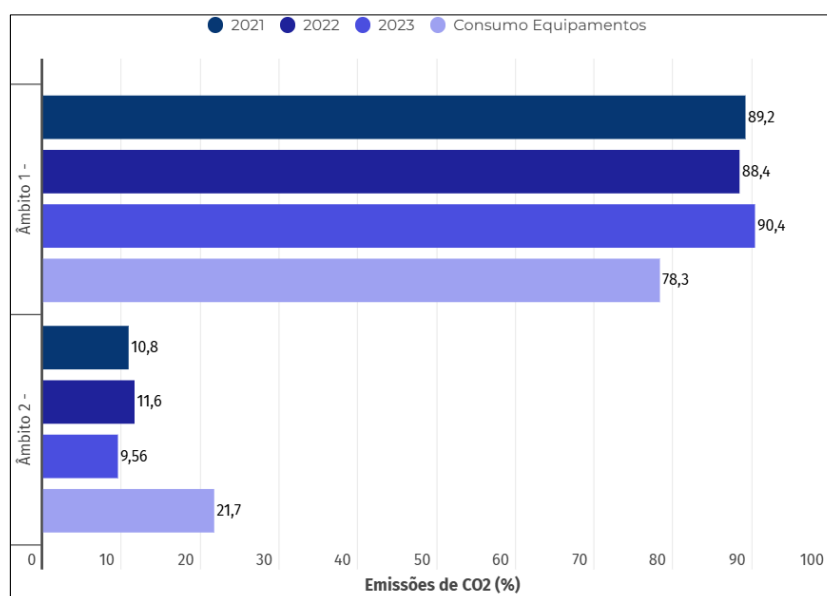


Figura 31: Emissões de CO₂.

Essas diferenças destacam a importância de utilizar múltiplas abordagens para avaliar as emissões de GEE, proporcionando uma visão mais abrangente e precisa sobre o impacto ambiental da unidade produtiva.

Nas análises realizadas no inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE), observou-se que, em média, 83,8% das emissões de carbono do Polo III da fábrica da Palhaça estão associadas ao Âmbito 1. Essas emissões são diretamente provenientes de fontes controladas pela empresa, como a combustão de gás natural e, ocasionalmente, fugas de gases refrigerantes. De acordo com os registros fornecidos pela empresa, durante os anos de 2021, 2022 e 2023, não houve fugas de gases fluorados, motivo pelo qual essa fonte não é considerada no cálculo final das emissões. Portanto, todas as emissões

atribuídas ao Âmbito 1 resultam da combustão de gás natural nos fornos de cozedura e tostagem, utilizados nas respetivas etapas de produção de pães e de tostagem. Esse percentual é significativo e destaca a necessidade urgente de implementar estratégias focadas na redução do consumo de gás natural. A melhoria da eficiência energética dos fornos, a busca por tecnologias mais limpas e o monitoramento rigoroso para evitar vazamentos são algumas das ações essenciais para mitigar o impacto ambiental dessa etapa produtiva.

Quanto às emissões relacionadas ao Âmbito 2 (emissões indiretas), que envolvem a aquisição de eletricidade, os níveis permanecem abaixo das emissões do Âmbito 1. Como já discutido anteriormente, esses valores são estimados, mas fornecem informações valiosas para a identificação de áreas que precisam de atenção e para a formulação de decisões estratégicas com a intenção de reduzir as emissões de CO₂. Diversas ações podem ser adotadas para reduzir o impacto das emissões de CO₂, entre elas a transição para fontes de energia renovável, a melhoria contínua da eficiência energética, a otimização dos processos produtivos e o monitoramento e gestão mais eficiente do consumo energético.

A implementação dessas estratégias não só contribuirá para a diminuição das emissões, mas também pode representar um avanço significativo na sustentabilidade operacional da empresa, alinhando-se a práticas cada vez mais necessárias para o futuro.

5 Conclusão

O propósito deste estudo identificar e propor medidas à uma indústria de panificação com a intenção de reduzir suas emissões de CO₂. A indústria de panificação onde o estudo foi realizado foi a Diatosta – Indústria Alimentar S.A.

A gestão das emissões de CO₂ nas indústrias alimentares apresenta desafios que demandam intervenções urgentes e coordenadas. Embora a conscientização dos consumidores sobre as mudanças climáticas esteja em crescimento, ainda há um caminho a percorrer para consolidar essa preocupação no mercado. É essencial não apenas promover o consumo de produtos que considerem aspectos ambientais, mas também garantir que a responsabilidade ambiental seja incorporada em todos os níveis da organização. Essa abrangente responsabilidade dentro da indústria alimentar é importante para a implementação de estratégias eficazes que combatam os impactos ambientais adversos.

Após a identificação das fontes de emissão de CO₂ na empresa, verificou-se que os maiores impactos estão associados ao consumo de gás natural, que pertence ao Âmbito 1 do GHG *Protocol*. Embora o gás natural seja frequentemente considerado uma fonte de energia verde, o consumo total ainda é elevado, o que se justifica pela grande demanda energética necessária para a produção das tostas. O processo de fabricação exige a perda de humidade do produto, para transformar a massa inicial em um produto seco (tostas). Essa transformação demanda uma quantidade significativa de energia, dado o complexo equilíbrio entre a humidade e o processo de secagem. Apesar desse consumo elevado, há estratégias para tornar o processo mais sustentável. Medidas como a manutenção regular dos equipamentos, o uso adequado dos fornos e a adoção de tecnologias mais eficientes são alternativas que podem reduzir significativamente o impacto ambiental, sem comprometer a qualidade e a eficiência da produção.

Além disso, durante o estudo, também se identificou a necessidade de metodologias mais precisas para verificar os valores de consumo energético, tanto para o Âmbito 1 quanto para o Âmbito 2. Os dados encontrados foram todos estimados com base nas faturas de gás e eletricidade, na produção anual e nas informações fornecidas pelos equipamentos. Uma das ações essenciais para melhorar a precisão dessas estimativas é a identificação detalhada do consumo energético por equipamento, especialmente os que demandam maior quantidade de energia. Equipamentos que não recebem a manutenção adequada ou que estão com defeito tendem a consumir mais energia, o que resulta em um aumento nas emissões de CO₂. Portanto, realizar auditorias energéticas regulares e assegurar a manutenção preventiva dos equipamentos são

passos essenciais para criar um Inventário GEE preciso e consistente, com o objetivo de reduzir o consumo de energia e, assim, minimizar as emissões de CO₂.

Algumas ações simples, como pequenas alterações nos procedimentos operacionais, podem gerar ganhos energéticos consideráveis. Exemplos dessas medidas incluem a otimização dos horários de operação dos equipamentos, a implementação de sistemas automatizados para desligar máquinas em modo standby e a substituição de componentes ineficientes por alternativas mais modernas e económicas. Essas iniciativas não só ajudam a reduzir o consumo de energia, mas também incentivam uma cultura de eficiência energética dentro da organização.

Embora a empresa tenha alcançado avanços significativos na gestão das emissões de GEE, ainda existem áreas que requerem atenção e melhorias para garantir uma gestão mais eficiente. Em primeiro lugar, é essencial realizar uma análise detalhada da energia fotovoltaica utilizada pela fábrica desde 2023. Os dados relacionados à produção e ao consumo dessa energia renovável ainda não foram devidamente analisados, o que impede sua integração total no inventário de GEE. Além disso, há necessidade de organizar e estabelecer indicadores claros, por meio de registos mensais de consumo de gás, energia elétrica e horas de produção. A implementação de um sistema de monitoramento mensal permitirá acompanhar com precisão o uso de energia e a produtividade, facilitando a identificação de padrões de consumo e áreas específicas que precisam de ajustes. Outro ponto importante é a medição precisa das potências dos equipamentos utilizados na produção e seus períodos de funcionamento. Foi observada uma diferença significativa entre os dados de consumo de energia fornecidos pela comercializadora e os registos nominais de consumo dos equipamentos, o que impossibilitou a conclusão dessa etapa. Portanto, realizar medições exatas das potências dos equipamentos é fundamental para garantir a confiabilidade dos dados para o inventário de GEE. É igualmente importante verificar se a manutenção regular está, de facto, a contribuir para a redução da taxa de descarte de produtos e para a melhoria da eficiência operacional. Equipamentos que operam de maneira ineficiente ou que não recebem a manutenção adequada tendem a consumir mais energia, o que eleva as emissões de CO₂.

Por fim, recomenda-se expandir a análise para o Âmbito 3 do inventário de GEE. Após a organização e parametrização dos dados atuais, a análise deve ser estendida para o Polo IV e, posteriormente, para a outra fábrica localizada na Costa do Valado.

Os resultados obtidos indicam que a empresa ainda possui um caminho promissor a seguir, com várias oportunidades de aprimoramento. Essas melhorias são fundamentais

para reduzir as emissões de CO₂ e contribuir de forma significativa para a descarbonização do setor industrial.

6 Referências Bibliográficas

- [1] FAO. *Sustainable food systems: Concept and framework*. 2018.
- [2] DREWNOWSKI A. *Measures and metrics of sustainable diets with a focus on milk, yogurt, and dairy products*. *Nutrition reviews*. 2018; 76(1):21-28.
- [3] NELSON M. E., HAMM M. W., HU F. B., ABRAMS S. A., GRIFFIN T. S. *Alignment of Healthy Dietary Patterns and Environmental Sustainability: A Systematic Review*. *Adv Nutr*. 2016; 7.
- [4] FAO and WHO, *Sustainable healthy diets – Guiding principles*, Roma, 2019.
- [5] EFSA. *‘Food safety is everyone’s business, now and in the future’ – celebrating World Food Safety Day 2020*. *European Food Safety Authority*; 2020. [consultado em: março 2024]. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/news/food-safety-everyones-business-now-and-future-celebrating-world-food-safety-day>.
- [6] MONTOYA-TORRES J. R., GUTIERREZ-FRANCO E., BLANCO E. E., *Conceptual framework for measuring carbon footprint in supply chains*, *Production Planning & Control*, 2015.
- [7] SOVACOO B. K., BAZILIAN M., GRIFFITHS S., KIM J., FOLEY A., ROONEY D., *Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 143, 2021.
- [8] *Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard* *World Resources Institute and World Business Council*, 2004. [consultado em: julho 2024]. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/standards-guidance>.
- [9] ISO 14064-1:2018 - *Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals (Edition 2, 2018)*. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/66453.html>.
- [10] IPCC - *The Intergovernmental Panel on Climate Change*. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>.

- [11] *The European Green Deal*. Brussels, 2019. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640>.
- [12] TASCA, J. et al. *An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs*. Journal of European Industrial Training, v. 34, p. 631-655, 2010.
- [13] KARLSSON, C. *Researching operations management*. London: Routledge, 2008.
- [14] ENSSLIN L. et al. "ProKnow-C, knowledge development process-constructivist." Processo técnico com patente de registo pendente junto ao INPI. Brasil10.4 (2010): 2015.
- [15] LACERDA R. T. O., ENSSLIN L., ENSSLIN S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. *A bibliometric analysis of strategy and performance measurement*. Gest. Prod., São Carlos, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012
- [16] FAUSTINO M., AMADOR F. O conceito de "sustentabilidade": migração e mudanças de significados no âmbito educativo. *Indagatio Didactica*, 8(1), 2021–2033, 2016.
- [17] OMM. (2022). *Four key climate change indicators break records in 2021*. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/four-key-climate-change-indicators-breakrecords-2021>
- [18] WRIGHT, L. A., KEMP, S., & WILLIAMS, I. (2011). 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. *Carbon Management*, 2(1), 61–72, 2011.
- [19] XIAOMEI WUA, YUNSONG YUA, ZHEN QINA E ZAOXIAO ZHANGA, *The Advances of Post-Combustion CO2 Capture with Chemical Solvents: Review and Guidelines*, *Energy Procedia*, volume 63, 2014.
- [20] Nações Unidas. (2024). Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas | Nações Unidas. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>.
- [21] POORE J., NEMECEK T., *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers*. Science 360,987-992, 2018.

- [22] FRANCHETTI M J, APUL D. *Carbon Footprint Analysis: Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies*, CRC Press, 2012.
- [23] Nações Unidas [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: [Nações Unidas. \(2021\). Alterações climáticas - Nações Unidas. https://unric.org/pt/mundoespera-solucao-para-alteracoes-climaticas-diz-ban-ki-moon-7/](https://unric.org/pt/mundoespera-solucao-para-alteracoes-climaticas-diz-ban-ki-moon-7/)
- [24] *United Nations – Climate Change. Paris Agreement*. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- [25] DIFFENBAUGH N. S., SINGH D., MANKIN J. S. *Unprecedented climate events: Historical changes, aspirational targets, and national commitments*. *Science Advances*, 4(2), 1–10, 2018.
- [26] Agência Portuguesa do Ambiente & Fundo Ambiental. *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 - Estratégia de longo prazo para a neutralidade carbónica da economia portuguesa em 2050*. Portugal: Agência Portuguesa do Ambiente, 2019.
- [27] MCKINNON A., CULLINANE S., WHITEING, ANTHONY BROWNE M. *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. In *Transport Reviews* (Vol. 31, Issue 3), 2015.
- [28] JAMES A. K., KOSSEVA M, WEBB C. *Accounting for the Impact of Food Waste on Water Resources and Climate Change*. Em *Food Industry Wastes*, 2013.
- [29] *Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard* World Resources Institute and World Business Council, 2004.
- [30] *Framework Convention on Climate Change. Kyti Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://unfccc.int/cop4/resource/docs/cop3/l07a01.pdf>.
- [31] *Intergovernmental Panel on Climate Change, [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)] Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Switzerland, 2015.
- [32] DRE. (2015). Portaria n.º 52/2015. [consultado em: julho 2024]. Disponível em: <https://files.dre.pt/1s/2015/02/04000/0120201204.pdf>.

[33] Relatório de Mercado de Produtos de Panificação: ANÁLISE DO TAMANHO E DA PARTICIPAÇÃO DE MERCADO - TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO E PREVISÃO (2024 - 2029). [consultado em: julho 2024]. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/bakery-products-market>.

[34] *Bakery Products Market Size, Share & Industry Analysis, By Product Type (Bread, Cakes and Pastries, Biscuits and Cookies, and Other Bakery Products), By Form (Frozen and Fresh), By Product Range (Specialty {Gluten-free, Organic, and Others} and Conventional), By Distribution Channel (Supermarkets/Hypermarkets, Specialty Stores, Convenience Stores, and Others), and Regional Forecast, 2024-2032. Food Processing & Processed Food – Fortune Business Insights.* [consultado em: julho 2024]. Disponível em: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/bakery-products-market-101472>.

[35] FOB – *Federation of Bakers: European Bread Market.* [consultado em: julho 2024]. Disponível em: <https://www.fob.uk.com/about-the-bread-industry/industry-facts/european-bread-market/>.

[36] GONÇALVES, R. Hipersuper. Pão e pastelaria com projeções de crescimento até 2025 [consultado em: setembro 2024]. Disponível em: <https://www.hipersuper.pt/2023/02/17/pao-pastelaria-projecoes-crescimento-ate-2025>.

[37] ACCEPT. CONHEÇA 6 TENDÊNCIAS DA INDÚSTRIA ALIMENTAR. [consultado em: julho 2024]. Disponível em: <https://www.accept.pt/6-tendencias-da-industria-alimentar/>.

[38] Informa. (s.d.). Estudos DBK Setores Portugal. [consultado em: julho 2024]. Disponível em: <https://www.informadb.pt/pt/produtos-e-servicos/setores-e-tecido-empresarial/>.

[39] INE – Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (Ver.3). [consultado em: julho 2024]. Disponível em: https://www.ine.pt/ine_novidades/semin/cae/CAE_REV_3.pdf

[40] INE. (2021). Indicadores do Pessoal nas Empresas por Localização geográfica e Atividade económica. [consultado em: julho 2024]. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=9965&tipoSelecao=0&contexto=pq&selTab=tab1&submitLoad=true&xlang=pt

- [41] INE. (2022). Produtos produzidos na indústria por Tipo de produto. [consultado em: julho 2024]. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0007261&xlang=pt&contexto=bd&selTab=tab2
- [42] IPCC, 2014. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf.
- [43] IPCC, 2019. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. . [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/>.
- [44] *International Food Information Council (IFIC) - The 2023 Food and Health Survey*. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2023/05/IFIC-2023-Food-Health-Report.pdf>
- [45] ALLÈS B., PÉNEAU S., KESSE-GUYOT E., BAUDRY J., HERCBERG S., MÉJEAN C. *Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults* Nutr. J., 16, p. 58, 10.1186/s12937-017-0279-9, 2017.
- [46] CZARNEZKI, J. J. *The future of food eco-labeling: Organic, carbon footprint, and environmental life-cycle analysis*. *Stanford Environmental Law Journal*, 30(1), 3–50, 2011.
- [47] GRUNERT, K. G., HIEKE, S., & WILLS, J. *Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use*. *Food Policy*, 44, 177–189, 2014.
- [48] Ecolabel Index [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.ecolabelindex.com/>
- [49] PISTORIUS M., FOOTE N. *Eco-score makes its entry in EU's front-of-pack labelling debate*, 2021. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/eco-score-makes-its-entry-in-eus-front-of-pack-labelling-debate/>

- [50] ANNUNZIATA A., MARIANI, A. *Do consumers care about nutrition and health claims? Some evidence from Italy. Nutrients*, 11(11), Article 11, 2019.
- [51] BABAKHANI N., LEE A., DOLNICAR S. *Carbon labels on restaurant menus: Do people pay attention to them? Journal of Sustainable Tourism*, 28(1), 51–68, 2020.
- [52] BRUNNER F., KURZ V., BRYNGELSSON D., HEDENUS F. *Carbon label at a university restaurant – Label implementation and evaluation. Ecological Economics*, 146, 658–667, 2018.
- [53] KORTELAINEEN M., RAYCHAUDHURI J., ROUSSILLON B. *Effects of carbon reduction labels: evidence from scanner data. Economic Inquiry*, 54(2), 1167–1187, 2016.
- [54] SPAARGAREN G., VAN KOPPEN C. S. A., JANSSEN A. M., HENDRIKSEN A., KOLFSCHOTEN C. J. *Consumer responses to the carbon labelling of food: A real life experiment in a canteen practice. Sociologia Ruralis*, 53(4), 432–453, 2013.
- [55] FROEHLICH C., BITENCOURT C. C. *Sustentabilidade Empresarial: Um Estudo de Caso na Empresa Artecola. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 5(3), 55–71, 2016.
- [56] *Carbon Trust, Product carbon footprint labelling: consumer research 2020*, [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.carbontrust.com/resources/product-carbon-footprint-labelling-consumer-research-2020>.
- [57] Histórico Diatosta – Indústria Alimentar S.A.
- [58] Google maps. [consultado em: janeiro 2024]. Disponível em: https://www.google.pt/maps/@40.5856907,-8.6947915,12z/data=!4m3!11m2!2sjsAv5uJT2qzOHv73uUv4g!3e3?entry=tту&q_ep=EgoyMDI0MDkxNi4wKXMDSoASAFQAw%3D%3D.
- [59] Diatosta – Indústria Alimentar S.A. [consultado em: janeiro 2024]. Disponível em: <https://www.diatosta.pt/pt/quemsomos>.
- [60] Galp. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://www.galp.com/pt/pt/empresas/eletricidade-e-gas/Apoio-ao-Cliente/Centro-de-Informacao/Eletricidade-e-Gas-Natural-da-Galp>.

- [61] AIPOR – Associação dos Instaladores de Portugal. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://aipor.pt/index.php?oid=2999&op=all>.
- [62] Jornal Oficial da União Europeia, Regulamento (UE) n. ° 517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril de 2014, relativo aos gases fluorados com efeito de estufa. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0517>.
- [63] Engelétrica. [consultado em: agosto 2024]. Disponível em <http://www.engeletrica.com.br/correcao-fator-de-potencia-fator-de-potencia.htm>.
- [64] HOFFMANN, D. *Ludfor*. O que é energia reativa? [consultado em: setembro 2024]. Disponível em <https://www.ludfor.com.br/post/o-que-e-a-energia-reativa>
- [65] *Gold Energy* [consultado em: setembro 2024]. Disponível em: <https://goldenergy.pt/glossario/fator-potencia/>.
- [66] APA – Agência Portuguesa do Ambiente. Fator de Emissão da Eletricidade – 2024. [consultado em: setembro 2024]. Disponível em: https://apambiente.pt/sites/default/files/Clima/Inventarios/FE_GEE_Eletricidade_2024_final.pdf.