

APROVEITAMENTO ORGÂNICO DE MASSAS PREPARADAS EM REGIME INDUSTRIAL

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE OTIMIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO DO
DESPERDÍCIO NA INDÚSTRIA ALIMENTAR

ÁGATA CRISTIANA GONÇALVES DIAS CORREIA

Licenciada em Biologia e Saúde

MESTRADO EM TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO E TRANSFORMAÇÃO
AGRO-INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
Setembro, 2024



ÁGATA CRISTIANA GONÇALVES DIAS CORREIA
Licenciada em Biologia e Saúde

APROVEITAMENTO ORGÂNICO DE MASSAS PREPARADAS EM REGIME INDUSTRIAL

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE OTIMIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO DO
DESPERDÍCIO NA INDÚSTRIA ALIMENTAR

MESTRADO EM TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO E TRANSFORMAÇÃO
AGRO-INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
Setembro, 2024

APROVEITAMENTO ORGÂNICO DE MASSAS PREPARADAS EM REGIME INDUSTRIAL

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE OTIMIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO DO
DESPERDÍCIO NA INDÚSTRIA ALIMENTAR

ÁGATA CRISTIANA GONÇALVES DIAS CORREIA

Licenciada em Biologia e Saúde

Orientador: José António Pereira Gato Bonito
Diretor Geral, Eurofrozen S.A

Coorientadores: Maria Manuela de Abreu Silva
Professora Associada, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Fernando Henrique da Silva Reboredo,
Professor Catedrático, FCT-NOVA

Arguentes: Elsa Margarida Nunes Leal Gonçalves,
Investigadora, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária
(INIAV)

Orientador: José António Pereira Gato Bonito,
Director da Eurofrozen, S.A.

MESTRADO EM TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO E TRANSFORMAÇÃO AGRO-INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
Setembro, 2024

Aproveitamento Orgânico de Massas Preparadas em Regime Industrial

Copyright © Ágata Cristiana Gonçalves Dias Correia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

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

Este documento foi criado com o processador de texto Microsoft Word e o template NOVATHESIS Word [11].

Dedicatória

"Não são as montanhas à frente que o deixam cansado; é o grão de areia no seu sapato." —

Autor anónimo.

Dedico este trabalho à minha família que, com o seu apoio perene, ajudaram a retirar os "grãos de areia" do meu caminho, permitindo-me chegar mais longe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Maria Manuela Silva, minha co-orientadora, pelo apoio constante e generosidade com que me guiou ao longo deste percurso. Ao Diretor-Geral da Eurofrozen, S.A., Dr. José Bonito, meu orientador, pela oportunidade de aprofundar o meu conhecimento sobre a indústria alimentar e pela sua abertura e disponibilidade.

Ao Professor Fernando Lidon, deixo um agradecimento especial pela intermediação que possibilitou este trabalho de culminação de estudos e pelo apoio ao longo do processo. À Dr^a Cláudia Pessoa, pela sua disponibilidade e espírito académico, assim como à Dr^a Ana Coelho, pela orientação nas minhas incursões laboratoriais.

À equipa da Eurofrozen, em especial à Engenheira Susana Busca, pela calorosa receção, disponibilidade e orientação. Às operadoras de produção, agradeço pela paciência em responder às minhas questões e pela generosidade em partilhar a sua experiência, contribuindo assim para um melhor entendimento do funcionamento da linha de produção.

"Mottainai"

(Expressão Japonesa).

RESUMO

A indústria alimentar enfrenta desafios crescentes relacionados com a sustentabilidade e a minimização de desperdícios para reduzir impactes ambientais e custos operacionais. Nesta dissertação desenvolveu-se uma estratégia integrada para otimizar o aproveitamento de massas (aparas e rissóis inviáveis) desperdiçadas na produção, seguindo a hierarquia do desperdício alimentar, na empresa Eurofrozen, S.A..

O método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), da metodologia *Six Sigma*, foi adotado para identificar e reduzir as causas de desperdício. Na fase de análise, aplicou-se um Desenho de Experiências (DoE) com um design fatorial fracionado para identificar fatores críticos que influenciam a qualidade da massa e um design Box-Behnken para otimizar parâmetros de mistura, como proporção de aparas, tempo de homogeneização e exposição ao ar. As melhorias resultaram numa redução de 91% do desperdício no teste industrial piloto.

Para os resíduos inevitáveis, foi realizado um estudo de viabilidade para sua valorização como subprodutos, considerando a conversão em ração para aquicultura. A parceria com uma empresa nacional especializada na transformação de resíduos orgânicos, revelou-se viável, dadas as quantidades geradas e as capacidades tecnológicas disponíveis. A análise de custos-benefícios indicou que vender os resíduos para a dada empresa traz vantagens económicas e ambientais, contribuindo para a sustentabilidade da Eurofrozen. A combinação das abordagens DMAIC e de valorização de subprodutos oferece um modelo replicável para reduzir desperdícios e promover a economia circular na indústria alimentar.

Palavas chave: Desperdício, Massas, Economia Circular, Método DMAIC, Ração para Aquicultura, Sustentabilidade

ABSTRACT

The food industry faces increasing challenges related to sustainability and the need to minimize waste to reduce environmental impacts and operational costs. On this dissertation, an integrated strategy was developed to optimize the reuse of wasted dough (trimmings and non-compliant rissoles) in production, following the food waste hierarchy, at Eurofrozen, S.A. company.

The DMAIC method (Define, Measure, Analyse, Improve, Control), from the Six Sigma methodology, was adopted to identify and reduce the causes of waste. In the analysis phase, a Design of Experiments (DoE) with a fractional factorial design was applied to identify the critical factors influencing dough quality and a Box-Behnken design to optimize mixing parameters, such as trimmings proportion, homogenization time, and exposure time to air. The improvements resulted in a 91% reduction in waste on the industrial pilot test.

For the inevitable waste, a feasibility study was conducted for its valorisation as a by-product, considering conversion into aquaculture feed. The partnership with a national company specialized in transforming organic waste, proved feasible, given the quantities generated and the available technological capabilities. The cost-benefit analysis indicated that selling waste to said company brings economic and environmental advantages, contributing to Eurofrozen's sustainability. The combination of DMAIC and by-product valorisation approaches provides a replicable model for reducing waste and promoting a circular economy in the food industry.

Keywords: Food Waste; Dough, DMAIC; Circular Economy; Aquaculture Feed; Sustainability

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	35
1.1	Enquadramento e Objetivos	35
1.2	A Empresa Eurofrozen, S.A.	37
1.2.1	Caracterização da Empresa.....	37
1.2.1.1	Produção de Rissóis.....	37
1.2.1.2	Composição do Produto.....	42
1.3	Revisão Bibliográfica	43
1.3.1	Indústria Alimentar	43
1.3.1.1	Desperdício na Indústria Alimentar	45
1.3.1.2	Valorização de Desperdício Orgânico na Indústria Alimentar	50
1.3.1.2.1	Sustentabilidade e Economia Circular	50
1.3.1.2.2	Valorização de Subprodutos	52
1.3.1.2.3	<i>Lean Six Sigma</i> como Ferramenta de Redução de Desperdício	54
1.3.1.2.4	Tecnologias e Métodos de Valorização	55
1.3.1.2.4.1	Ração Animal como Estratégia de Valorização	57
1.3.1.2.4.1.1	Ração para Piscicultura	60
1.3.2	Legislação	62
2	MATERIAIS E MÉTODOS	65
2.1	Redução do Desperdício	65
2.1.1	Definição do Problema e Identificação de Pontos Críticos	65

2.1.2	Medição dos Parâmetros Críticos e Recolha de Dados	65
2.1.3	Análise dos Fatores que Contribuem para o Desperdício	66
2.1.3.1	Análise das Causas Raiz.....	66
2.1.3.2	Desenho de Experiências (DoE):.....	66
2.1.3.2.1	Screening Inicial - Design Fatorial Fracionado	66
2.1.3.2.2	Otimização - Método de Superfície de Resposta (RSM) Box-Behnken	66
2.1.3.3	Testes Laboratoriais	67
2.1.4	Implementação de Melhorias no Processo de Produção.....	67
2.1.5	Desenvolvimento de um Plano de Monitorização Contínua	68
2.2	Valorização do desperdício	68
2.2.1	Caracterização dos Resíduos.....	68
2.2.2	Identificação de Empresas Parceiras	68
2.2.3	Estudo de Viabilidade	68
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.1	Redução do Desperdício	69
3.1.1	Definição do Problema e Identificação de Pontos Críticos	69
3.1.2	Medição dos Fatores Críticos e Recolha de Dados	70
3.1.2.1	Identificação e Medição de Parâmetros Relevantes	72
3.1.3	Análise dos Fatores que Contribuem para o Desperdício	74
3.1.3.1	Diagrama de Ishikawa.....	74
3.1.3.2	Desenho de Experiências (<i>DoE</i>).....	77
3.1.3.2.1	Screening - Design Fatorial Fracionado.....	77
3.1.3.2.2	Optimização - Design de Resposta de Superfície.....	84
3.1.3.2.2.1	Optimização de fatores significativos para a qualidade da massa	95
3.1.4	Implementação de Melhorias no Processo de Produção.....	97
3.1.5	Desenvolvimento de um Plano de Monitorização Contínua	99
3.2	Valorização do Desperdício.....	101

3.2.1	Caracterização dos Resíduos.....	101
3.2.2	Identificação de Empresas Parceiras	104
3.2.3	Viabilidade Económica	105
3.2.4	Viabilidade Ambiental.....	108
3.2.5	Operacionalização	109
4	CONCLUSÃO	113
4.1	Considerações Finais.....	113
4.2	Análise SWOT	115
4.3	Recomendações.....	116
5	BIBLIOGRAFIA.....	117
6	APÊNDICES.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Instalações da empresa Eurofrozen S.A..Adaptado de: Google Maps, (2024).	37
Figura 1.2 Rissóis de leitão na etapa de doseamento automático de recheio.	40
Figura 1.3 Rissóis de camarão após etapa de formatação e corte.	40
Figura 1.4 Fluxograma de fabrico de rissóis crus.	41
Figura 1.5 Importância económica e social da indústria de alimentos e bebidas a nível global e europeu. Adaptado de: IFBA, (2022).	45
Figura 1.6 Esquema ilustrativo da hierarquia do desperdício alimentar, representando, por ordem decrescente de preferência, as opções de prevenção e gestão de desperdício alimentar. Adaptado de: Tribunal de Contas Europeu, (2016).	53
Figura 1.7 Evolução da produção aquícola por espécies, em toneladas de 2015 a 2020. Adaptado de: DGRM, (2021).	61
Figura 3.1 Exemplo de apara suja com recheio de carne.....	71
Figura 3.2 Aparas sujas resultantes da produção de rissóis de camarão de 40g.....	71
Figura 3.3 Massa com recheio de carne apresentando rasgo.....	71
Figura 3.4 Massa esticada apresentando um rasgo devido à presença de restos de camarão proveniente das aparas limpas.....	71
Figura 3.5 Rissóis de camarão de 40g inviável devido a buracos.	71
Figura 3.6 Gráfico com o valor médio e respetivo intervalo de confiança de defeitos (rasgos e buracos) detetados em cada batelada por tipo de rissol e batelada observada	72
Figura 3.7 Gráfico com o valor médio e respetivo intervalo de confiança de rissóis inviáveis por tipo e batelada observada.	73
Figura 3.8 Diagrama de Ishikawa relativo às possíveis causas para o desperdício na linha de produção de rissóis da Eurofrozen.	75
Figura 3.9 Amostra de massa apresentando rasgo.	79

Figura 3.10 Amostra de massa apresentando um buraco.	79
Figura 3.11 Amostra de massa sem defeitos.	79
Figura 3.12 Gráfico relativo à dureza das amostras produzidas na experiência do design fatorial fracionado.	80
Figura 3.13 Gráfico de Pareto de Efeitos Padronizados para o efeito "Defeitos". O fator "Tempo de Exposição" (D) é significativo, seguido do fator "Homogeneização" (C).	81
Figura 3.14 Gráfico de Pareto de Efeitos Padronizados para o efeito "Elasticidade". O fator "Homogeneização" foi o mais significativo.	82
Figura 3.15 Gráfico de Pareto de efeitos padronizados para o efeito "Dureza". Nenhum dos fatores foi significativo.	83
Figura 3.16 Teste de dureza executado numa das amostras de massa provenientes do experimento de RSM, com a sonda P-2 no texturómetro TA.TX Plus (Stable Micro Systems).	85
Figura 3.17 Teste de elasticidade executado numa das amostras de massa provenientes do experimento de RSM, com a sonda P-35 no texturómetro TA.TX Plus (Stable Micro Systems).	85
Figura 3.18 Teste de tenacidade e resistência à rutura, executado numa das amostras de massa provenientes do experimento de RSM, com os acessórios de teste de extensibilidade e glúten de Kiefer, no texturómetro TA.TX Plus (Stable Micro Systems).	85
Figura 3.19 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para o efeito "Defeitos", mostrando que a "Homogeneização" e a "Proporção de Aparas", junto com as suas interações, são os fatores mais significativos ($\alpha = 0,05$).	86
Figura 3.20 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que o Tempo de Exposição ² , Homogeneização ² , e a interação Proporção de Aparas * Homogeneização são os fatores mais significativos que afetam a elasticidade da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).	87
Figura 3.21 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que o Tempo de Exposição (linear e quadrático) e a interação entre Homogeneização e Tempo de Exposição são os fatores mais significativos que influenciam a dureza da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).	88
Figura 3.22 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que nenhum fator ou interação é estatisticamente significativo para a extensibilidade da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).	89
Figura 3.23 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que nenhum fator ou interação é estatisticamente significativo para a resistência à rutura da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).	90

Figura 3.24 Gráfico de contorno relativo ao efeito da Proporção de Aparas e da Homogeneização sobre os Defeitos na massa, com o Tempo de Exposição fixo em 10 minutos.	92
Figura 3.25 Gráfico de contorno relativo ao efeito da Proporção de Aparas e da Homogeneização sobre a Elasticidade da massa, com o Tempo de Exposição fixo em 10 minutos.	93
Figura 3.26 Gráfico de contorno relativo ao efeito da Proporção de Aparas e o Homogeneização sobre a Dureza da massa, mantendo o Tempo de Exposição em 10 minutos.	94
Figura 3.27 Misturadora semiautomática onde a massa fresca (12kg) é misturada com as aparas (18kg)	97
Figura 3.28 Gráfico da percentagem de desperdício (aparas sujas e rissóis inviáveis) resultantes das bateladas de controlo e de teste na produção de rissóis de leitão.	98

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 Tabela de categorias de alimentos conforme a classificação NOVA. Adaptado de: Global Food Research Program, (2023).	44
Tabela 1.2 Categorias de desperdício ao longo da cadeia de abastecimento de alimentos. Adaptado de: Tribunal de Contas Europeu, (2016).	48
Tabela 1.3 Desperdício alimentar em toneladas (t) por Elos da cadeia de abastecimento alimentar anual em 2022 - Estatísticas do desperdício alimentar. Adaptado de: Instituto Nacional de Estatística, (2024).	49
Tabela 3.1 Desperdício, em Kg por dia de produção, na linha de produção de rissóis da Eurofrozen, de 03/05/2024 a 29/05/2024.	70
Tabela 3.2 Tabela de fatores e respetivos níveis investigados no design fatorial fracionado ..	78
Tabela 3.3 Tabela de fatores e respetivos níveis investigados no design fatorial fracionado. .	84
Tabela 3.4 Valores otimizados dos fatores para minimizar o efeito "defeitos".	96
Tabela 3.5 Estimativa de custos relativos à recolha de resíduos orgânicos da linha de produção de rissóis da Eurofrozen pela AVASTEAM.....	106
Tabela 6.1 Desenho experimental aleatória criada pelo software de análise estatística Minitab 21.4.2 (2023).	126
Tabela 6.2 Desenho experimental aleatória criada pelo software de análise estatística Minitab 21.4.2 (2023).	127
Tabela 6.3 Tabela ANOVA para o efeito "Defeitos".	128
Tabela 6.4 Tabela ANOVA para o efeito "Elasticidade"	128
Tabela 6.5 Tabela ANOVA para o efeito "Dureza".	129
Tabela 6.6 Tabela ANOVA para o efeito "Defeitos".	130
Tabela 6.7 Tabela ANOVA para o efeito "Elasticidade"	131
Tabela 6.8 Tabela ANOVA do efeito "Dureza"	131

Tabela 6.9 Tabela ANOVA para o efeito "Extensibilidade".	132
Tabela 6.10 Tabela ANOVA para o efeito "Resistência à rutura".	132
Tabela 6.11 Tabela de Controlo de processo Six-Sigma para monitorização do processo de produção de rissóis.....	133
Tabela 6.12 Guia de procedimentos para a preparação da massa de rissol.....	135

SIGLAS E ACRÓNIMOS

BSE	<i>Bovine Spongiform Encephalopathy</i> (Encefalopatia Espongiforme Bovina)
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CTQ	<i>Critical to Quality</i> (Críticos para a Qualidade)
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar)
DoE	<i>Design of Experiments</i> (Desenho de Experiências)
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
GEE	Gases de Efeito Estufa
IFBA	<i>International Food and Beverage Alliance</i>
KPIV	<i>Key Process Input Variable</i> (Variável Chave de Entrada do Processo)
KPOV	<i>Key Process Output Variable</i> (Variável Chave de Saída do Processo)
LCA	<i>Life Cycle Analysis</i> (Análise de Ciclo de Vida)
LSL	<i>Lower Specification Limit</i> (Limite Inferior de Especificação)
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas

PCC	Ponto Crítico de Controlo
PHA	Poli-hidroxiclcanoatos
PME	Pequenas e Médias Empresas
RSM	<i>Response Surface Methodology</i> (Metodologia de Superfície de Resposta)
SOP	<i>Standard Operating Procedure</i> (Procedimento Operacional Padrão)
TBL	<i>Triple Bottom Line</i> (Tripé de Sustentabilidade)
TGR	Taxa de Gestão de Resíduos
TPA	<i>Texture Profile Analysis</i> (Análise de Perfil de Textura)
TPS	<i>Toyota Production System</i> (Sistema de Produção da Toyota)
UE	União Europeia
USL	<i>Upper Specification Limit</i> (Limite Superior de Especificação)

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e Objetivos

À medida que a procura global por alimentos continua a aumentar, a indústria alimentar depara-se com o dilema de atender às necessidades de uma população em expansão, enquanto enfrenta o desafio urgente de mitigar os impactes ambientais do desperdício e da produção intensiva.

Face a isto, a sustentabilidade tornou-se uma prioridade para a indústria alimentar, sendo que a produção intensiva de alimentos exerce uma pressão significativa sobre os recursos naturais e contribui para as mudanças climáticas. Na estratégia de transição sustentável da União Europeia (UE), a produção e o consumo sustentáveis são destacados como áreas chave e estão incluídos como metas no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 (Katsarova, 2024). Práticas sustentáveis procuram equilibrar a produção com a conservação dos recursos, garantindo que as futuras gerações também possam atender às suas necessidades alimentares.

Um dos maiores obstáculos à sustentabilidade na indústria alimentar é o desperdício alimentar. Grandes quantidades de alimentos são perdidas ao longo da cadeia de produção, desde o processamento até o consumo final. Esse desperdício não só representa uma ineficiência económica, mas também contribui para o esgotamento de recursos e o aumento da pegada ecológica. A UE comprometeu-se a reduzir o desperdício de alimentos per capita no nível de retalho e consumidor em 50% até 2030, de acordo com a meta 12.3 do ODS 12. Para alcançar essa meta, objetiva-se uma redução do desperdício de 10% na indústria alimentar e uma diminuição de 30% per capita no nível do consumidor até 2030 (Katsarova, 2024).

A valorização de resíduos alimentares, transformando-os em recursos úteis, emerge como uma solução promissora para este desafio.

Neste contexto, a presente dissertação tem como objetivo criar uma solução sustentável para o aproveitamento orgânico de aparas sujas de rissol e rissóis inviáveis, confeccionados na Eurofrozen, uma empresa de produtos pré-congelados localizada em Almada, Portugal. Utilizando a abordagem *Six-Sigma DMAIC*, busca-se reduzir e valorizar o desperdício, otimizando a produção de massa na linha de produção e convertendo o desperdício inevitável em ração para aquicultura, promovendo assim uma economia circular e sustentável.

A valorização dos resíduos de rissóis pode trazer benefícios significativos para a Eurofrozen, tanto economicamente quanto ambientalmente. Economicamente, a empresa pode reduzir custos associados à gestão de resíduos e ao descarte, transformando um passivo em ativo. Além disso, ao criar um subproduto, a Eurofrozen pode gerar novas fontes de receita. Por outro lado, a otimização do uso de matérias-primas melhora a eficiência dos processos produtivos, reduzindo a necessidade de aquisição de novas matérias-primas. A adoção de práticas sustentáveis também pode qualificar a empresa para incentivos fiscais e subsídios governamentais destinados a iniciativas de economia circular e sustentabilidade.

Do ponto de vista ambiental, a reutilização dos resíduos contribui para a redução da quantidade de lixo enviada para aterros, diminuindo o impacto ambiental e a pegada ecológica da empresa. A conservação dos recursos naturais é favorecida pela valorização dos resíduos, evitando a extração excessiva de matérias-primas. Além disso, a promoção da economia circular ajuda a fechar o ciclo de vida dos produtos, criando um sistema sustentável onde os resíduos são continuamente reaproveitados. A melhoria da imagem corporativa também é um benefício importante, pois empresas que adotam práticas ambientais responsáveis são vistas de forma mais positiva por consumidores, investidores e a comunidade, resultando em vantagens competitivas no mercado.

1.2 A Empresa Eurofrozen, S.A.

1.2.1 Caracterização da Empresa

A Eurofrozen - Indústria e Comércio de Produtos Alimentares, S.A., é uma empresa portuguesa, com instalações na Quinta Vale de Flores, Almada, especializada na confeção de alimentos pré-cozinhados congelados portugueses. Fundada em 1985 como “Salgadus”, evoluiu ao longo dos anos, criando a marca própria “Cozinha Pronta” e produtos de catering “Food Service”, o que impulsionou o seu crescimento. Em 2007, a empresa foi adquirida pelos grupos Hipogest e Caixa Geral de Depósitos, passando a se chamar Eurofrozen em 2008. Em 2018, foi adquirida pelo Grupo Audens. Recentemente, em 2024, a empresa passou a fazer parte do grupo empresarial Good Life Foods. Os seus produtos são divididos em cinco categorias: refeições pré-cozinhadas ultracongeladas, massas folhadas ultracongeladas, componentes salgados ultracongelados, produtos complementares pré-cozinhados ultracongelados e pastéis de massas folhadas cozidos ultracongelados.

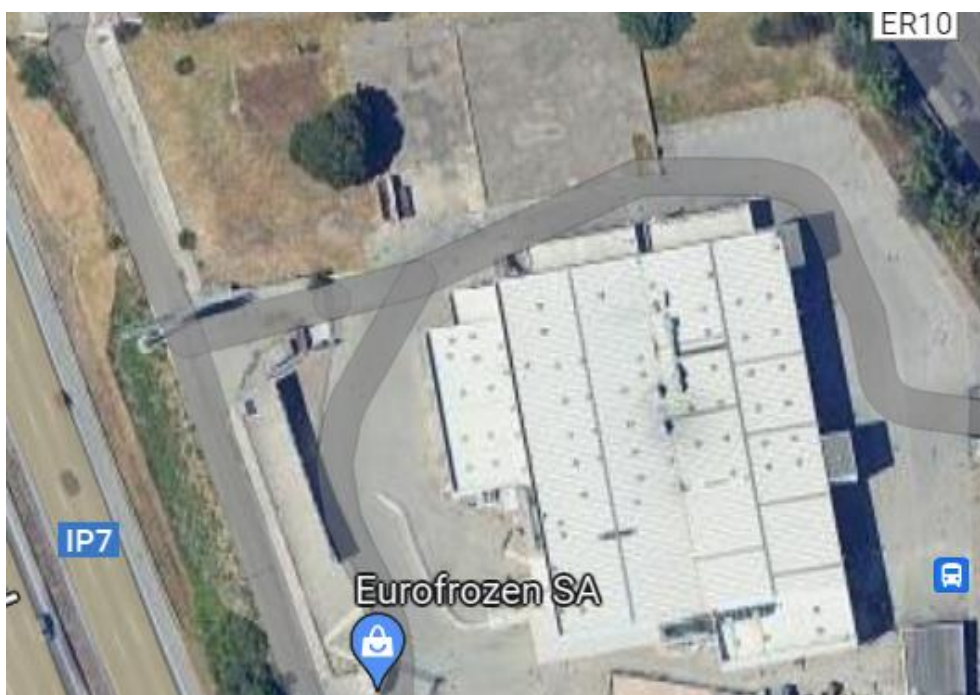


Figura 1.1 Instalações da empresa Eurofrozen S.A..Adaptado de: Google Maps, (2024).

1.2.1.1 Produção de Rissóis

A fábrica possui um vasto portfolio de produtos alimentares, que vão desde refeições e salgados pré-cozinhados, entre eles os rissóis. Os rissóis são um tipo de salgadinho tradicional muito popular em Portugal, frequentemente servido como aperitivo ou lanche. Eles são

caracterizados por uma massa cozida á base de farinha, água, gordura e sal. Esta massa envolve um recheio, normalmente de camarão, carne ou leitão, sendo os rissóis, panados e, posteriormente, fritos. Além dos tradicionais rissóis de carne, camarão e leitão, existem variações com recheios vegetarianos ou inovadores, adaptando-se assim às preferências e dietas de um público mais amplo.

A produção de rissóis está dividida nas seguintes fases:

1. **Receção das Matérias-primas:** A receção das matérias-primas dá-se no cais de descarga, junto ao armazém de matérias-primas. Estas são inspecionadas de acordo com as condições de higiene e temperatura de transporte. São assim verificados a integridade das embalagens, temperatura dos produtos refrigerados e congelados, a validade e o lote. Em seguida os produtos são registados no sistema e etiquetados.

2. **Armazenamento das Matérias-primas:** As matérias-primas são armazenadas conforme as suas necessidades térmicas específicas. Assim, as matérias-primas secas são mantidas em condições de temperatura ambiente. Já as matérias-primas que precisam de refrigeração são colocadas em câmaras frigoríficas, que operam entre 0° C e 6° C. Os itens congelados são armazenados em câmaras que mantêm temperaturas entre -25° C e -18° C, assegurando a preservação da qualidade dos produtos.

3. **Doseamento:** Na sala de doseamento, os ingredientes são pesados com recurso a balanças e de acordo com as instruções de fabrico. As quantidades necessárias para massa ou recheio são preparadas e armazenadas de forma organizada para facilitar a aplicação e identificação durante a produção. A farinha é doseada com uma semana de antecedência e identificada com a quantidade, lote, data de receção, validade e data de utilização. A água e o óleo são doseados diretamente no momento da confeção com contadores automáticos, assegurando precisão.

4. **Confeção do Recheio:** Os recheios são preparados no dia anterior, permitindo atingir a temperatura ideal de processamento. Os ingredientes são misturados gradualmente, conforme as receitas, em panelas industriais a vapor, assegurando que o recheio atinja uma temperatura mínima de 75° C para eliminar microrganismos patogénicos, sendo este um Ponto Crítico de Controlo (PCC). Após a confeção, a temperatura e o peso do recheio são registados, e os recheios são submetidos a um choque térmico até atingirem 4° C.

5. **Cocção e Amassadura:** Na cuba, são colocados a água, o óleo e o sal. Após atingir a fervura, são adicionados os elementos secos, seguido de uma homogeneização até a massa alcançar uma temperatura mínima de 75° C. Quando a consistência e a temperatura desejadas são atingidas, a massa é transferida para a linha de produção. Porções de massa fresca são colocadas numa amassadeira, juntamente com as aparas limpas resultantes do corte e laminagem de massas prévias da linha de produção. A massa é misturada mecanicamente durante 45 s para obter a textura ideal.

6. **Laminagem e Corte:** A massa é manualmente adicionada à tremonha da linha de produção, onde é estendida por rolos calibrados para a espessura e largura desejadas. A massa estendida é aparada nas laterais, as quais são recolhidas para serem reintroduzidas na próxima amassadura. A massa é então dividida em 2 tiras largas, cujas dimensões depende do tamanho final do rissol a ser produzido.

7. **Doseamento automático:** Jatos de recheio são drenados para uma tremonha, numa quantidade específica, e vão sendo despejados sobre as tiras de massa. No caso dos rissóis de camarão, é colocado manualmente um camarão cozido sobre o recheio.

8. **Formatação e Corte:** A massa agora recheada é dobrada sobre o recheio. Em seguida os rissóis são cortados conforme o molde e as aparas geradas são também incorporadas na próxima amassadura.

9. **Banho e Panagem:** Os rissóis agora passam por um banho colante (*batter*) por derramamento e seguidamente envolvidos por pão ralado.

10. **Empratamento:** Nesta fase os rissóis são recolhidos da passadeira e inspecionados. Caso haja defeitos (furos, rasgos, panagem não homogênea, formato, tamanho ou peso fora do padrão) os rissóis são rejeitados para descarte. Se estiverem conforme o padrão de qualidade estabelecido são colocados na cuvete, a qual é arrumada em tabuleiros nas prateleiras moveis para seguir para congelamento.

11. **Ultracongelação:** As prateleiras móveis são levadas para os túneis de congelação, devidamente higienizados. O processo de ultracongelação dá-se por ciclos de ultracongelação, onde os rissóis sofrem um arrefecimento rápido a fim de manterem as suas características. No final desses ciclos, a temperatura do produto é verificada com um termómetro de infravermelhos, devendo ser igual ou

inferior a -18°C . As prateleiras móveis com o produto agora congelado são então transportadas para uma câmara a -18°C , para estabilização de temperatura, e posterior embalagem.

12. Embalamento: O embalamento é feito em três fases, começando pelas cuvetes que são colocadas manualmente numa embalagem *flow-pack*, que será envolvida em filme e rotulada com o código de lote e validade. Passam depois por mais um PCC através do detetor de metais e, depois, por uma balança para garantir, respetivamente, a conformidade do produto final. Em seguida as cuvetes são colocadas em caixas de cartão, que serão também envolvidas em filme e rotuladas. Por fim, no embalamento terciário, as caixas de cartão são embaladas em caixas *master* e paletizadas.

13. Armazenamento e expedição: O produto paletizado é transferido para o armazém de produto final à temperatura de -18°C . Os produtos ficam aptos para expedição, não antes de serem realizados testes microbiológicos que comprovem a segurança do produto final.

Na Figura 1.2 é possível observar o recheio de leitão a ser dispensado ao longo da longa tira de massa, enquanto a Figura 1.3 mostra a etapa após a formatação e corte do rissol, ainda por passar pelo *batter* e panagem.



Figura 1.2 Rissóis de leitão na etapa de doseamento automático de recheio.



Figura 1.3 Rissóis de camarão após etapa de formatação e corte.

Abaixo, na Figura 1.4, apresenta-se o fluxograma detalhado do processo de fabrico dos rissóis crus.

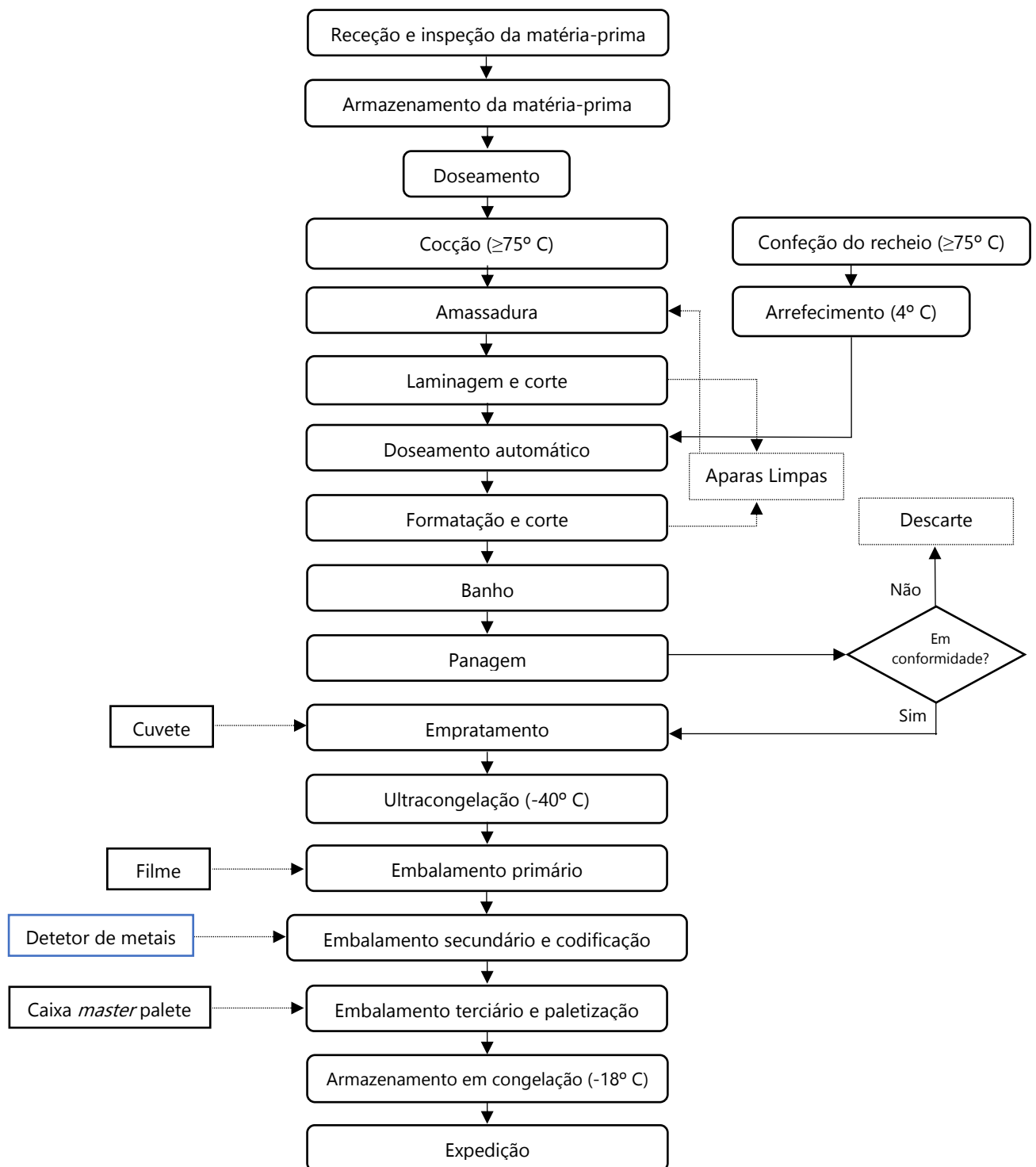


Figura 1.4 Fluxograma de fabrico de rissóis crus.

1.2.1.2 Composição do Produto

Os rissóis são compostos por uma variedade de ingredientes que contribuem para a sua textura, sabor e características gerais. A massa dos rissóis é geralmente preparada com farinha de trigo, água, óleo, sal. O recheio varia conforme o tipo de rissol, mas, no caso dos rissóis de carne, inclui carne picada (de vaca), cebola, alho, azeite, e temperos como sal, pimenta e salsa. Para os rissóis de camarão, o recheio é feito com camarões cozidos, molho bechamel (que contém leite, farinha e manteiga), cebola, alho, água de camarão e coentros. Nos rissóis de leitão, o recheio inclui carne de leitão desfiada, cebola, alho, pimenta, louro e vinho branco. Após o recheio ser envolvido pela massa, os rissóis são panados com a mistura líquida (*batter*) e pão ralado.

1.3 Revisão Bibliográfica

1.3.1 Indústria Alimentar

A indústria alimentar é fundamental para a sobrevivência e o bem-estar humano, sustentando e garantindo o abastecimento contínuo de alimentos para a população mundial crescente. Através das atividades de produção, conservação, fabrico, distribuição e comercialização, esta indústria assegura que populações e comunidades com rendimentos suficientes e estáveis tenham acesso a alimentos seguros e práticos em todo o mundo (Monteiro, et al., 2018).

Um segmento fundamental da indústria alimentar é o de processamento de alimentos, que transforma matérias-primas animais, vegetais e marinhas em produtos alimentares intermédios ou finais de valor acrescentado, tornando-os mais seguros para o consumo. Este processo envolve a aplicação de trabalho, energia, maquinaria e conhecimento científico numa ou várias etapas de transformação. (Park, et al., 2014).

Os objetivos do processamento de alimentos são múltiplos: prolongar o tempo durante o qual os alimentos permanecem próprios para consumo, tanto do ponto de vista microbiano como bioquímico; fornecer nutrientes essenciais para a saúde; oferecer variedade e conveniência na dieta; e adicionar valor aos produtos alimentares. Estes objetivos são alcançados por meio de operações unitárias específicas e processos cuidadosamente controlados, que garantem a qualidade e a segurança dos alimentos processados (Park, et al., 2014; Sadler, et al., 2021)

No que toca à classificação dos alimentos produzidos na indústria de processamento alimentar, existem divergências significativas entre os especialistas sobre como o nível de processamento deve ser classificado. Vários sistemas de classificação têm sido reproduzidos em múltiplos artigos, no entanto o sistema de classificação NOVA é o mais amplamente publicado (Monteiro, et al., 2018; Sadler, et al., 2021). A tabela (Tabela 1.1) colocada abaixo resume as categorias.

Tabela 1.1 Tabela de categorias de alimentos conforme a classificação NOVA. Adaptado de: UNC Global Food Research Program, (2023).

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<i>In natura</i> / minimamente processados	Ingredientes culinários processados	Alimentos processados	Alimentos ultraprocessados
Alimentos <i>in natura</i> ou alterados ou processos como remoção das partes não comestíveis, secagem, moagem, pasteurização, cozimento, congelamento, ou fermentação não alcoólica. Sem adição de substâncias. O processamento neste caso, visa aumentar a estabilidade do alimento e permitir uma preparação mais fácil ou mais diversa. Exemplos: Frutas/vegetais frescos ou congelados, leguminosas, grãos embalados, farinhas, castanhas, massas, leite pasteurizado, carnes resfriadas/congeladas.	Substâncias obtidas diretamente dos alimentos do Grupo 1 ou da natureza criados por processos industriais como prensagem, centrifugação, refinamento, extração ou mineração. O processamento visa criar produtos para serem usados na preparação, no tempero e no cozimento dos alimentos do Grupo 1. Exemplos: Manteiga, óleos vegetais, outras gorduras, açúcar, melaços, mel, sal.	Produtos feitos pela adição de substâncias comestíveis do Grupo 2 nos alimentos do Grupo 1 usando métodos de preservação como fermentação não alcoólica, enlatamento ou engarrafamento. O processamento visa aumentar a estabilidade e a durabilidade dos alimentos do Grupo 1 e torná-los mais atrativos. Exemplos: Vegetais enlatados preservados em salmoura, pães ou queijos frescos, carnes curadas.	Formulações de substâncias de baixo custo derivadas dos alimentos do Grupo 1 sem nenhum ou com poucos alimentos integrais; sempre contêm substâncias comestíveis não usadas nas cozinhas de casa (ex. isolados de proteína) e/ou aditivos cosméticos (ex. flavorizantes, emulsificantes, corantes). O processamento envolve várias etapas e indústrias, com o objetivo de criar produtos que possam substituir todos os outros grupos da NOVA. Exemplos: Salgadinhos de pacote, biscoitos, macarrão e sopas instantâneas, refeições prontas para comer, doces, refrigerantes.

Os dados da International Food and Beverage Alliance (IFBA, 2024) evidenciam a relevância económica e social da indústria de alimentos e bebidas no cenário global. O esquema Figura 1.5 apresenta uma visão abrangente deste setor, destacando a sua liderança na manufatura e a sua significativa contribuição a nível mundial e europeu. São ilustrados dados sobre o mercado global de alimentos embalados, o papel da indústria nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e a sua influência no emprego e no valor agregado na União Europeia. Este panorama sublinha a importância estratégica deste setor para a economia global.



Figura 1.5 Importância económica e social da indústria de alimentos e bebidas a nível global e europeu. Adaptado de: IFBA, (2022).

1.3.1.1 Desperdício na Indústria Alimentar

São várias as definições de desperdício alimentar, variando, dentro da União Europeia, por cada Estado-Membro. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), (2011), desperdício alimentar é definido como "diminuição da massa de alimentos comestíveis ao longo da parte da cadeia de abastecimento que leva especificamente a alimentos comestíveis para consumo humano". Nesta definição, as perdas alimentares dão-se ao longo da produção, pós-colheita e processamento da cadeia de abastecimento de alimentos. Na literatura científica o termo desperdício alimentar é usado para identificar materiais

destinados ao consumo humano que são posteriormente descartados, perdidos, degradados ou contaminados, (Giroto et al., 2015). Por outro lado, o Projeto Europeu FUSIONS definiu o desperdício alimentar como "qualquer alimento e partes não comestíveis de alimentos removidos (perdidos ou desviados) da cadeia de abastecimento alimentar para serem recuperados ou descartados (incluindo compostagem, culturas aradas/não colhidas, digestão anaeróbia, produção de bioenergia, cogeração, incineração, descarte no esgoto, aterro ou descarte no mar)." (Tribunal Europeu de Contas, 2016).

Ainda sobre conceitos, é verdade que, para alguns autores os termos "perda alimentar" e "desperdício alimentar" têm significados diferentes. A perda alimentar ocorre nas fases de produção, processamento e distribuição devido a limitações técnicas e de infraestrutura, sendo mais comum em países em desenvolvimento. Já o desperdício alimentar ocorre nas fases de retalho e consumo, resultante de comportamentos negligentes ou decisões conscientes, prevalecendo em países desenvolvidos. Também importa diferenciar o desperdício evitável e inevitável, pois a maior parte do desperdício pode ser evitada, apesar de sempre haver um mínimo teórico de desperdício inevitável. No entanto, ainda falta consenso no que concerne à definição clara e comum de desperdício alimentar (Soares, 2021).

Podemos categorizar o desperdício alimentar segundo o local de origem dos resíduos, bem como as restrições e possibilidades de valorização. Segundo Hasan e Lateef, (2022), temos que:

1. **Resíduos Orgânicos de Culturas** - Estes incluem frutas, vegetais, grãos e subprodutos de processamento, como bagaço, palha, cascas, caroços, restos de fábricas de óleos vegetais e resíduos oleoquímicos. Estes resíduos são ricos em carboidratos, lípidos, açúcares e substâncias inorgânicas. Também contêm fitoquímicos, como fenólicos, carotenoides e tocoferóis, que são valiosos nas indústrias de cosméticos, alimentos e farmacêutica. Apesar do transporte e tratamento destes resíduos serem dispendiosos, eles têm potencial para serem usados como ração animal.
2. **Resíduos de Restauração** - Os resíduos de restauração consistem em sobras de cafés, restaurantes, bares e outros estabelecimentos alimentares que não são adequados para o consumo humano. Cerca de 90% deste desperdício pode ser reciclado ou reaproveitado, mas frequentemente não o é devido a problemas como falta de conhecimento, desafios logísticos e dificuldades na separação dos resíduos dos recipientes. Os resíduos de restauração incluem normalmente lixo

misturado da preparação de refeições, embalagens e detritos separados, como vidro, material orgânico, cartão, plástico ou óleo de cozinha usado.

3. **Resíduos da Indústria de Carne, Peixe e Aves** - Estas indústrias produzem uma quantidade significativa de desperdício alimentar, incluindo resíduos intestinais, lípidos e sangue. Estes resíduos são altamente poluentes devido aos elevados níveis de carência bioquímica de oxigénio (CBO).
4. **Resíduos de Embalagens** - As embalagens de lixo doméstico e de restauração necessitam de pré-tratamento antes de serem recicladas ou descartadas em aterros sanitários. Os requisitos de reciclagem aumentaram o interesse na valorização de materiais de embalagem, como plásticos, latas, papéis e vidro, que representam cerca de 73% do lixo doméstico. Alternativamente, o lixo doméstico pode ser usado para produzir biogás através da fermentação de resíduos biodegradáveis.
5. **Resíduos Domésticos e Urbanos** - A eliminação de resíduos domésticos ou urbanos é uma questão crucial para a administração das cidades. Sem sistemas adequados de gestão de resíduos, as cidades correm o risco de propagação de doenças e interrupções económicas. Em países desenvolvidos, os resíduos são frequentemente descartados em aterros sanitários, mas em áreas com espaço limitado, a incineração do lixo e a reciclagem de materiais são mais utilizadas.
6. **Resíduos da Indústria de Processamento de Alimentos** - As indústrias de processamento de alimentos, incluindo aquelas que produzem batatas fritas, sumos, confeitaria, carne e frutas, geram diversos resíduos orgânicos e efluentes. Estes subprodutos orgânicos podem ser convertidos, entre outros, em fontes de energia.

As situações de desperdício alimentar ocorrem ao longo da cadeia de abastecimento alimentar, conforme mostra a Tabela 1.2, segundo o Tribunal de Contas Europeu, (2016):

Tabela 1.2 Categorias de desperdício ao longo da cadeia de abastecimento de alimentos. Adaptado de: Tribunal de Contas Europeu, (2016).

Produção (incluindo manuseamento após colheita e armazenamento)	• Mortalidade animal (na exploração ou durante o transporte); • Devoluções de peixe; • Perda de produção de leite devido à mastite; • Colheitas parciais ou colheitas em verde; • Danificação dos produtos durante a colheita, o armazenamento ou o transporte; • Produtos excluídos devido a requisitos cosméticos; • Alterações imprevisíveis aos termos do contrato.
Transformação	• Perdas devido à transformação (descasque, lavagem, corte, cozedura, etc.); • Desperdícios resultantes da paragem/ lavagem da fábrica, derrame, deterioração dos produtos; • Danificação de produtos durante o armazenamento; • Obrigação de retoma, pelo fornecedor, de produtos não vendido.
Retalho	• Termo do prazo de validade em depósito/ loja; • Produtos não vendidos apesar das reduções de preço; • Reserva excedentária; • Danificação dos produtos ou perda de qualidade/ peso durante o armazenamento; • Produtos excluídos devido a requisitos cosméticos.
Consumidores	• Desperdício durante o armazenamento; • Demasiados alimentos cozinhados; • Alimentos deteriorados; • Desperdício na preparação de alimentos; • Restos no prato.

Estima-se que, em 2021, 58 bilhões de toneladas de alimentos foram desperdiçados na Europa. Apesar de 54% do desperdício alimentar ocorrer a nível doméstico, a segunda maior fonte de desperdício alimentar (21%) deu-se no setor industrial (EUROSTAT, 2023). Já em Portugal, no ano de 2022 desperdiçou-se cerca de 1,93 milhões de toneladas de alimento, dos quais 64 572 toneladas correspondem ao setor industrial, como mostra a Tabela 1.3 (INE, 2024).

Tabela 1.3 Desperdício alimentar em toneladas (t) por Elos da cadeia de abastecimento alimentar anual em 2022 - Estatísticas do desperdício alimentar. Adaptado de: Instituto Nacional de Estatística, (2024).

Período de referência dos dados	Elos de cadeia de abastecimento alimentar	Desperdício alimentar (t) por elos da cadeia de abastecimento alimentar em Portugal, anual
2022	Total	1 926 484
	Produção primária	110 980
	Indústria alimentar	64 572
	Comércio e distribuição alimentar	227 908
	Restauração, hotelaria e similares	239 000
	Famílias	1284 025

As consequências do desperdício alimentar dão-se a vários níveis: ambientalmente, geram 16% por cento do total das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) referentes ao sistema alimentar da UE; economicamente, representam a perda de 132 bilhões de euros, além dos 9,3 bilhões de euros em custos de recolha e tratamento de lixo; socialmente, contrasta com os 37,1 milhões de pessoas em países da UE que não conseguem pagar por uma refeição com carne, frango, peixe ou equivalente vegetariano a cada dois dias. (Comissão Europeia, 2023).

Mais ainda, a perda e o desperdício de alimentos têm um impacto significativo nas cadeias de abastecimento alimentar, afetando a eficiência e eficácia de todo o sistema. Quando os alimentos são perdidos ou desperdiçados em qualquer etapa, desde a produção até ao consumo, ocorre uma interrupção no fluxo de produtos que impacta negativamente todo o sistema. Esta situação afeta a rentabilidade dos produtores de alimentos, pois os custos de produção não recuperados reduzem os lucros significativamente quando os produtos não chegam ao mercado ou não são vendidos. Além disso, o desperdício alimentar aumenta os custos de produção e distribuição, resultando em preços mais altos para os consumidores, o que

pode restringir o acesso aos alimentos, especialmente em regiões onde a insegurança alimentar já é um problema (Hasan e Lafeen, 2022).

A redução da perda e do desperdício de alimentos pode ter um impacto significativo na segurança alimentar, aumentando a disponibilidade de alimentos para a população. Além disso, ao reduzir o desperdício, utiliza-se os recursos naturais, como água e solo, de maneira mais eficiente, e diminui-se as emissões de GEE associadas à decomposição de resíduos alimentares em aterros sanitários (Hasan e Lafeen, 2022). Portanto, a redução da perda e do desperdício de alimentos não só beneficia a economia e o acesso aos alimentos, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar global.

Na Europa, a nível industrial, 40% do desperdício ocorre durante a fase de produção. Entre as principais causas de desperdício na produção, incluem-se transporte inadequado, interrupções na produção, mudanças de produto, erros humanos e defeitos do produto (Dora, et al., 2020). A FAO, (2021) também aponta que em linhas de produção de alimentos industrializadas, frequentemente ocorre o "aparamento" para garantir que o produto final tenha o formato e tamanho corretos. Estes cortes, em alguns casos, poderiam ser usados para consumo humano, mas geralmente são descartados. Além disso, erros durante o processamento podem resultar em produtos finais com peso, formato ou aparência inadequados, ou embalagens danificadas, embora a segurança, o sabor ou o valor nutricional dos alimentos não sejam afetados.

1.3.1.2 Valorização de Desperdício Orgânico na Indústria Alimentar

1.3.1.2.1 Sustentabilidade e Economia Circular

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu o ano de 2030 como meta para a redução pela metade do desperdício alimentar, de acordo com o Objetivo 12 dos ODS, que visa garantir padrões de consumo e produção sustentáveis (ONU, 2015). Atualmente, a sustentabilidade tornou-se um princípio central das práticas empresariais. A definição mais amplamente utilizada é a apresentada pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1988), que descreve a sustentabilidade como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades”. Esta definição enfatiza a importância da qualidade ambiental e da conservação dos recursos naturais no consumo. Alternativamente, sustentabilidade pode ser definida como consumo que pode continuar indefinidamente sem degradar o capital natural, físico, humano e intelectual (Crittenden, et al., 2011).

Outro conceito intimamente ligado à sustentabilidade é o Tripé da Sustentabilidade (TBL, *Triple Bottom Line*). O TBL oferece um modelo para medir o desempenho de uma empresa e o sucesso da organização através de três dimensões: qualidade ambiental, equidade social e prosperidade económica. Funcionando como uma estrutura prática para a sustentabilidade, sugere que a avaliação dos resultados empresariais deve considerar não apenas o desempenho económico, mas também os impactes ambientais e sociais (Alhaddi, 2015).

No contexto empresarial, a sustentabilidade é considerada uma tendência emergente, não só ajuda a enfrentar desafios ambientais e sociais, mas também pode levar a um sucesso económico a longo prazo. Integrar a sustentabilidade na estratégia de marketing, por exemplo, pode proporcionar uma vantagem competitiva diferencial (Foster, 2013). Além disso, empresas que adotam práticas sustentáveis podem beneficiar de uma melhor eficiência operacional, redução de custos e melhoria da sua reputação (Şimşek, et al., 2024). Portanto, a sustentabilidade deve ser vista como uma oportunidade para a inovação e um caminho essencial para o desenvolvimento económico e social sustentável.

"O sistema linear de produção de alimentos atingiu o seu ponto de ruptura" (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Como resposta aos mais de mil milhões de toneladas de resíduos produzidos anualmente, a UE começou a atualizar a sua legislação sobre gestão de resíduos para promover a transição para um modelo mais sustentável. Assim, define economia circular como sendo um modelo de produção e consumo que promove a partilha, aluguer, reutilização, reparação, recondicionamento e reciclagem de materiais e produtos existentes durante o maior tempo possível, prolongando assim o ciclo de vida dos produtos. Este modelo visa reduzir ao máximo a geração de resíduos, garantindo que, quando um produto chega ao fim da sua vida útil, os seus materiais sejam reciclados e mantidos na economia, gerando valor contínuo. Este conceito contrasta com o modelo económico linear tradicional, que segue um padrão de "extrair-produzir-consumir-descartar", baseado em grandes quantidades de materiais e energia baratos e facilmente acessíveis (Guillot, 2015).

No relatório "Cidades e Economia Circular dos Alimentos" da Fundação MacArthur, (2019), encontramos que a economia circular, sustentada numa transição para fontes de energias renováveis, baseia-se em três princípios: eliminar resíduos e poluição, manter produtos e materiais em uso, e regenerar sistemas naturais. A economia circular requer a colaboração

entre empresas de todos os tamanhos, bem como entre países, cidades e comunidades locais, criando uma economia mais distribuída, diversa e inclusiva, capaz de compartilhar os benefícios da circularidade. A mesma considera dois fluxos distintos de materiais: o ciclo técnico e o ciclo biológico. No ciclo técnico, a noção de consumo é substituída por ciclos de uso contínuo, onde produtos e materiais são recuperados e restaurados através de reuso, reparo, remanufatura ou reciclagem. Já no ciclo biológico, o consumo ocorre com alimentos e produtos de base biológica que retornam ao sistema através de processos como compostagem, regenerando sistemas vivos como o solo (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

O mesmo relatório sugere também que materiais orgânicos, como subprodutos de alimentos, possuem aplicações que vão além da produção alimentar, podendo ser transformados numa variedade de produtos de alto valor, como biocombustíveis, materiais têxteis para a moda de luxo e novos alimentos. A escolha do produto a ser desenvolvido a partir desses subprodutos deve considerar a procura local e a disponibilidade de matéria-prima. Tecnologias emergentes e plataformas digitais, como localizadores de recursos orgânicos, desempenham um papel crucial na otimização do uso destes materiais, conectando produtores com soluções adequadas para seus resíduos. Avanços em biotecnologias, especialmente aquelas que utilizam microrganismos, expandem ainda mais as possibilidades de uso dos subprodutos, permitindo a sua transformação em produtos valiosos, como alimentos, fibras e insumos agrícolas. A valorização desses materiais não deve, no entanto, seguir uma hierarquia rígida, sendo a melhor alternativa determinada pelo contexto local e pelas necessidades específicas da região (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

1.3.1.2.2 Valorização de Subprodutos

Implementar práticas sustentáveis na valorização de subprodutos alimentares não apenas mitiga esses impactos negativos, mas também cria oportunidades para a inovação, promovendo uma economia circular que transforma resíduos em recursos valiosos.

A valorização de resíduos é baseada no conceito de recuperação, conforme definido pela Diretiva-Quadro de Resíduos (2008/98/EC), (Comissão Europeia, 2008). A recuperação refere-se a qualquer operação que permita que os resíduos substituam outros materiais que, de outra forma, seriam utilizados para cumprir uma função específica, seja numa fábrica ou na economia em geral. Isso pode ocorrer por meio da utilização direta dos resíduos ou após a modificação de suas características. No entanto, a valorização vai além da simples recuperação; ela busca maximizar o aproveitamento das características dos resíduos, alcançando o maior valor

agregado possível. Por isso, o termo "subproduto alimentar" torna-se cada vez mais comum entre os pesquisadores do setor, substituindo o uso de "desperdício alimentar" ao se referir à valorização desses materiais (Plazzotta e Manzocco, 2019).

A hierarquia do desperdício alimentar, representada como uma pirâmide (Figura 1.6) estabelece prioridades para a gestão dos resíduos alimentares, visando minimizar o seu impacto ambiental.

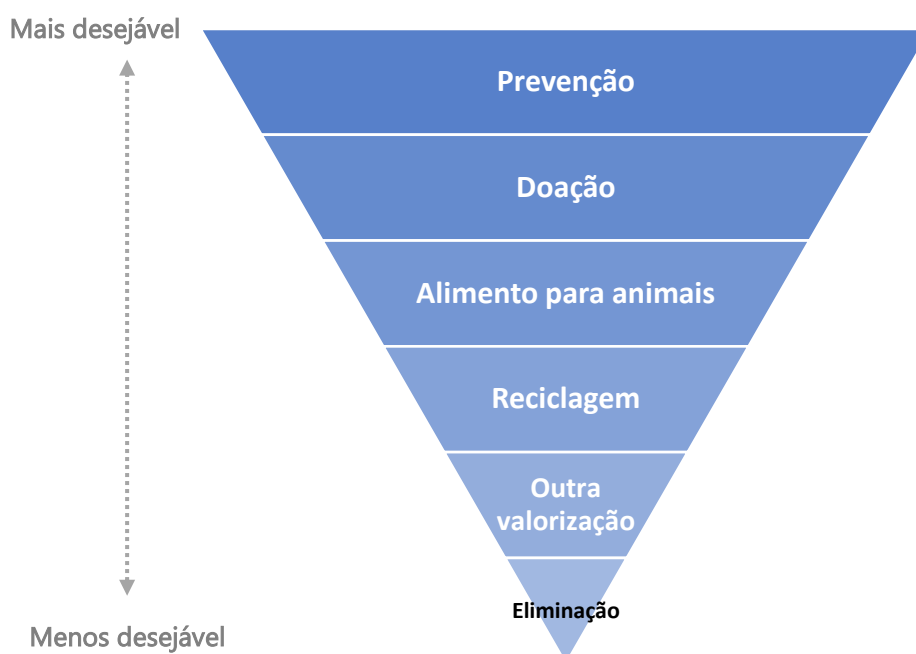


Figura 1.6 Esquema ilustrativo da hierarquia do desperdício alimentar, representando, por ordem decrescente de preferência, as opções de prevenção e gestão de desperdício alimentar. Adaptado de: Tribunal de Contas Europeu, (2016).

No topo da pirâmide está a prevenção, que consiste em evitar a geração de desperdício desde o início. Em seguida, a redistribuição para consumo humano, onde alimentos excedentes são doados a pessoas necessitadas. O terceiro nível é o uso como ração animal, redirecionando resíduos alimentares para alimentar animais. A reciclagem de nutrientes ocupa o próximo nível, com a compostagem ou digestão anaeróbia para produzir compostos orgânicos ou biogás. A recuperação de energia é a penúltima opção, onde resíduos são incinerados para gerar energia. No base da pirâmide, a última e menos preferida opção é o descarte, enviando resíduos para aterros sanitários, devido ao seu impacto ambiental negativo.

1.3.1.2.3 *Lean Six Sigma* como Ferramenta de Redução de Desperdício

Com base pirâmide anterior, torna-se evidente a importância de criar estratégias de prevenção para a diminuição de desperdício alimentar. O desperdício está intimamente ligado à qualidade de fabrico, uma vez que procedimentos e controlos eficazes durante as várias etapas de produção melhoram a qualidade, reduzindo o desperdício e aumentando a eficiência e os lucros da empresa (Henny, 2019). O *Lean Six Sigma* (LSS) é uma abordagem que combina métodos do *Lean* e *Six Sigma* através do processo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). A sua origem pode ser traçada a até ao "Sistema de Produção da Toyota (TPS)", desenvolvido pela Toyota Motor Corporation, no Japão, a partir da década de 1950, que enfatizava a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua dos processos de produção. O *Six Sigma*, por sua vez, foi desenvolvido pela Motorola na década de 1980 como uma abordagem estruturada para a melhoria da qualidade e redução da variabilidade nos processos, concentrando-se em identificar e eliminar as causas de defeitos e erros. A integração do *Lean Manufacturing* e do *Six Sigma* surgiu na década de 1990, quando as empresas começaram a perceber os benefícios de combinar as duas abordagens (Gillespie of Blackhall, 2022).

Devido aos resultados positivos, esta abordagem, é aplicada por vários investigadores, e por diversas indústrias, incluindo a indústria alimentar (Ibarra, et al., 2018; Henny, et al., 2019; Airfin, et al., 2021).

Os benefícios da aplicação do LSS dão-se a vários níveis:

1. **Redução de Custos e Aumento da Produtividade:** A implementação do LSS na indústria alimentar pode levar a reduções significativas de custos e aumento da produtividade. Ao otimizar processos e eliminar desperdícios, as empresas podem produzir de forma mais eficiente e reduzir despesas desnecessárias (Costa et al., 2018).
2. **Melhoria da Qualidade e Segurança Alimentar:** O LSS ajuda a melhorar a qualidade dos alimentos ao reduzir a variação nos processos de produção e garantir padrões de produtos consistentes. Este foco no controlo de qualidade é crucial para manter a segurança e cumprir os requisitos regulamentares (Azalanzazllay e Abdul Halim Lim, 2019).
3. **Eficiência Operacional Melhorada:** O LSS melhora a eficiência operacional ao simplificar linhas de produção, reduzir a complexidade dos processos e encurtar os tempos de ciclo. Isto leva a uma produção e entrega mais rápidas, respondendo de forma mais eficaz às procura dos consumidores (Algasseem et al., 2014).

4. **Sustentabilidade Ambiental:** A aplicação do LSS na indústria alimentar contribui para a sustentabilidade ambiental ao reduzir o desperdício e o consumo de recursos (Powell et al., 2017).
5. **Competitividade Melhorada:** O LSS pode ajudar as empresas alimentares a manterem-se competitivas ao melhorar a sua capacidade de responder a mudanças de mercado e preferências dos consumidores. A metodologia apoia a melhoria contínua, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente e mantenham uma vantagem competitiva (Dora & Gellynck, 2015).

1.3.1.2.4 Tecnologias e Métodos de Valorização

A prevenção do desperdício é a primeira de várias linhas de defesa na redução do impacto ambiental e económico dos resíduos, porque a realidade das operações industriais e de consumo é que algum nível de desperdício é inevitável. Assim, surge a necessidade de explorar tecnologias e métodos de valorização de subprodutos, transformando o que outrora era visto como lixo, em recursos valiosos.

O desperdício alimentar possui características únicas que o tornam uma fonte valiosa de diversos compostos, como carboidratos, proteínas, lípidos e moléculas bioativas. Sendo uma fonte renovável e disponível de forma contínua, o desperdício alimentar é também uma opção económica. Devido a estas características, tem sido amplamente aproveitado para a produção não apenas de energia e biocombustíveis, mas também de enzimas, extratos antioxidantes, novos materiais biodegradáveis e muitos outros derivados com valor comercial (Plazzotta e Manzocco, 2019). Esta abordagem não só complementa os esforços de prevenção ao minimizar o desperdício remanescente, mas também impulsiona a inovação e a sustentabilidade, promovendo uma economia circular.

Atualmente, existem várias tecnologias e métodos para converter o desperdício alimentar em subprodutos valiosos, tais como:

1. **Digestão Anaeróbica e Fermentação:** Estas tecnologias biológicas são utilizadas para converter resíduos alimentares em energia renovável, como biogás, que pode ser utilizado para gerar eletricidade ou calor. A digestão anaeróbica é eficiente na decomposição de matéria orgânica em ambientes sem oxigénio, produzindo metano como subproduto principal (Pham et al., 2015).

A digestão anaeróbica é uma tecnologia que apresenta vantagens significativas na valorização de resíduos alimentares. Os resíduos da digestão também podem ser transformados em biofertilizantes ricos em nutrientes. No entanto, a digestão

anaeróbica possui desvantagens, como o elevado custo inicial, a complexidade operacional, que exige um controlo rigoroso das condições para maximizar a produção de biogás, e a potencial geração de odores desagradáveis, necessitando de uma gestão cuidadosa de efluentes (Plazzotta e Manzocco, 2019).

2. **Compostagem:** A compostagem é um método de gestão de resíduos orgânicos onde os resíduos alimentares são decompostos por microrganismos, transformando-se em composto que pode ser utilizado como fertilizante natural na agricultura. Este processo ajuda a melhorar a qualidade do solo e a reduzir a necessidade de fertilizantes químicos (Cerdeira et al., 2018).

A compostagem é outro método com várias vantagens. É um processo relativamente simples e acessível, ideal para pequenas quantidades de resíduos, e contribui para a redução de resíduos orgânicos em aterros. No entanto, a compostagem pode ser demorada, levando semanas ou meses para ser concluída, e pode não ser viável para grandes volumes de resíduos industriais. Além disso, se mal gerida, pode emitir metano, um GEE (Cerdeira et al., 2018; Sharma, 2019).

3. **Produção de Bioplásticos:** Resíduos alimentares podem ser utilizados para produzir plásticos biodegradáveis, como poli-hidroxialcanoatos (PHA). Esta abordagem reduz o impacto ambiental dos plásticos tradicionais e utiliza resíduos como matéria-prima, diminuindo a necessidade de recursos fósseis (Tsang et al., 2019). A produção de bioplásticos a partir de resíduos alimentares oferece a vantagem da sustentabilidade, reduzindo a dependência de plásticos à base de petróleo. Contudo, a produção de bioplásticos pode ser mais cara do que a dos plásticos convencionais e alguns bioplásticos podem não possuir as mesmas propriedades físicas dos plásticos tradicionais. Além disso, a produção de bioplásticos pode competir por recursos com a produção de alimentos (Nayak e Bhushan, 2019).

4. **Extração de Compostos Bioativos:** Os resíduos alimentares, especialmente de frutas e vegetais, contêm compostos bioativos como polifenóis e vitaminas, que podem ser extraídos e utilizados em suplementos alimentares e cosméticos. As tecnologias emergentes, como extração assistida por ultrassom e micro-ondas, têm melhorado a eficiência e a qualidade destes processos (Pattnaik et al., 2021).

No entanto, este processo requer tecnologia avançada para extração e purificação, o que pode ser dispendioso devido à necessidade de equipamentos especializados. A variabilidade na composição dos resíduos também pode afetar a qualidade do produto final (Nayak e Bhushan, 2019; Socaz-Rodríguez, et al., 2021).

5. **Produção de Biocombustíveis:** O desperdício alimentar pode ser convertido em biocombustíveis, como bioetanol e biodiesel, através de processos de fermentação e outras tecnologias químicas. Estes combustíveis renováveis oferecem uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis, contribuindo para a redução das emissões de GEE (Zeng et al., 2022).

No entanto, este método pode ser caro devido aos processos de conversão, pode competir com a produção de alimentos, e a eficiência na conversão de resíduos em combustível pode variar dependendo do tipo de resíduo (Nayak e Bhushan, 2019; Kim, et al., 2020).

6. **Ração Animal:** A transformação de desperdício alimentar em ração animal é uma estratégia viável para a gestão de resíduos, promovendo a sustentabilidade e a economia circular. Esta alternativa oferece uma solução que aborda simultaneamente os desafios da gestão de resíduos e da segurança alimentar, ao mesmo tempo em que reduz a pressão sobre a produção de rações convencionais, como a farinha de peixe, que representa um grande fardo ambiental. Estudos indicam que diversos tipos de resíduos alimentares são nutricionalmente adequados e podem ser processados de forma segura para incorporar dietas animais sem comprometer o crescimento ou a saúde dos animais (Rajeh et al., 2020).

1.3.1.2.4.1 Ração Animal como Estratégia de Valorização

Como acima descrito, existe a possibilidade de converter o desperdício alimentar em ração animal. Apesar do método não ser novidade, poucos estudos científicos foram realizados no passado sobre o assunto. Os poucos estudos existentes, entre 1956 e 1994, podem dever-se ao surto de doenças associadas à alimentação de animais com resíduos alimentares crus ou parcialmente cozidos, como os surtos de Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE) na década de 1980. Surtos esses, que levaram a legislações governamentais que restringiram o uso de resíduos alimentares não tratados na alimentação animal. A título de exemplo, temos, nos Estados Unidos, após problemas com cólera suína e outras doenças, o *Swine Health Protection Act* de 1980, que proibia o uso de desperdício não tratado como ração para suínos. A epidemia de BSE, também conhecida como "doença das vacas loucas", que começou em 1986 no Reino Unido, também teve um impacto significativo nas regulamentações globais sobre ração animal (Rajeh, et al., 2020).

Apesar da prática de alimentar animais domésticos com resíduos alimentares seja comum em áreas rurais, o interesse em usar desperdício alimentar para a alimentação animal em escala industrial cresceu no final do século XX, uma vez que o descarte de resíduos alimentares se tornou uma questão de maior preocupação. Apesar disso, a pesquisa sobre o desempenho de crescimento de animais de criação alimentados com ração à base de resíduos permaneceu limitada, com pouco mais de 66 estudos entre 1995 e 2018 (Rajeh, et al., 2020).

A maioria dos resíduos alimentares, incluindo comida cozida, vegetais, frutas, laticínios e cereais, é uma boa fonte de nutrientes para alimentação animal. Isto, devido à sua composição nutricional: 30% a 60% de carboidratos, 5% a 10% de proteínas e 10% a 40% de gorduras (Rajeh, et al., 2020; Nath, et al., 2023). Para melhor exemplificar, uma tonelada de resíduos alimentares secos pode substituir a mesma quantidade de milho, que é uma das principais fontes de ração animal com 8 a 10% de proteína (Nath, et al., 2023).

A produção de ração animal enfrenta desafios significativos devido à escassez de terras férteis, água potável, problemas climáticos, e a competição entre alimentos, combustível e ração. Além disso, o custo dos ingredientes tradicionais para a produção de ração, como milho, trigo e soja, tem aumentado. Portanto, é necessário explorar matérias-primas nutritivas e de baixo custo, que têm sido avaliados como potenciais substitutos para a ração animal devido ao seu baixo custo, fácil disponibilidade e riqueza nutricional (Malenica, et al., 2022).

O aproveitamento de desperdício alimentar como ração animal pode contribuir para a redução de custos de alimentação para os criadores, além de minimizar os problemas ambientais decorrentes da decomposição desses resíduos (Rajeh, et al., 2020).

Um caso de estudo interessante dá-se no Japão, onde foi criado o modelo chamado *Ecofeed*. Este conceito surgiu como resposta ao aumento dos preços dos grãos importados para alimentação animal. O processo envolve a utilização de restos de alimentos provenientes da indústria de processamento de alimentos, de supermercados, e de lojas de conveniência, entre outros. Devido ao elevado teor de umidade dos desperdícios alimentares, que os torna suscetíveis à deterioração, foram estabelecidas diretrizes rigorosas para a recolha, transporte, armazenamento, produção e utilização do *Ecofeed*, garantindo assim a segurança do produto (Sugiura, et al., 2009).

Estas diretrizes incluem medidas para prevenir a propagação da BSE, durante a produção e o uso do *Ecofeed*. Além disso, em março de 2009, foi introduzido um sistema de certificação

para assegurar a qualidade e a segurança do *Ecofeed*, promovendo assim sua utilização (Sugiura, et al., 2009). Esta abordagem inovadora acaba por aumentar a autossuficiência da alimentação animal no Japão, enquanto reduz os custos de produção pecuária e minimiza o impacto ambiental associado ao descarte de resíduos alimentares.

Contudo, existem desafios a considerar no aproveitamento de desperdício alimentar para ração animal. Os resíduos apresentam elevada humidade (entre 50% a 85%), que pode levar à deterioração microbiana, comprometendo a qualidade da ração durante os processos de recolha, transporte e armazenamento. A composição nutricional variável dos resíduos também é um ponto preocupante uma vez que dificulta a padronização da matéria-prima (NAAS, 2020; Rajeh, et al., 2020; Malenica, et al., 2022; Deymi-Dashtebayaz, et al., 2024). Ainda sobre a composição nutricional, há também que ter em atenção a presença de especiarias e condimentos que inibem o crescimento de organismos benéficos e promovem a proliferação de organismos de deterioração (NAAS, 2020). Os métodos como a secagem no local de origem apesar de poderem reduzir custos, também podem afetar o valor nutricional do desperdício alimentar, e implicar o uso de gás ou eletricidade para o processo de secagem. Finalmente, a conformidade com regulamentações rigorosas e a necessidade de práticas de segurança dificultam o uso generalizado de desperdício alimentar como ração (Salemdeeb, et al., 2016; Malenica, et al., 2022).

São diversos os processos de transformação empregados para aprimorar as características dos resíduos alimentares de modo a torná-los adequados para a produção de ração animal. Estes processos visam aumentar o conteúdo nutricional, melhorar a digestibilidade, otimizar a eficiência alimentar, eliminar toxinas e patógenos, remover componentes não comestíveis e garantir a viabilidade para armazenamento a longo prazo e transportabilidade. Além disso, estes métodos também melhoram a comercialização dos produtos finais (Nath, et al., 2023).

Os principais métodos de tratamento de desperdício alimentar podem-se dividir em métodos baseados em humidade, que envolvem um simples passo de aquecimento, resultando em rações com alto teor de humidade (70-80%); métodos baseados em secagem, nos quais se reduz o teor de humidade da matéria para menos de 20%, resultando em rações com maior vida útil e menor volume, o que facilita o armazenamento e transporte; e fermentação, na qual ocorre a adição de agentes microbianos ou leveduras após o aquecimento/esterilização para estabilizar a mistura de ração e prolongar sua vida útil. (Rajeh, et al., 2020):

Tais tecnologias podem ser combinadas ou utilizadas de forma independente, dependendo do tipo de resíduo alimentar.

Apesar dos métodos baseados em humidade terem a vantagem de gastarem menos recursos energéticos (Saleemdeen, et al., 2017), os métodos baseados em secagem são mais utilizados devido ao baixo teor em água, que por consequência facilita o transporte, armazenamento, integridade do material e maior flexibilidade na formulação de ração animal (Banožić, et al., 2021; Nori et al., 2022; Deymi-Dashtebayaz, et al., 2024). Assim temos como principais técnicas de secagem a secagem solar, secagem por pulverização, a desidratação, a liofilização, a secagem por microondas e a silagem (Nori et al., 2022; Nath, et al., 2023; Deymi-Dashtebayaz, et al., 2024):

1.3.1.2.4.1.1 Ração para Piscicultura

A conversão de desperdício alimentar em ração para piscicultura, por exemplo, pode ser uma estratégia inovadora e sustentável. Globalmente, há um aumento na procura por produtos de pesca e aquicultura, com uma substituição gradual dos produtos de pesca por aqueles provenientes da aquicultura, especialmente a partir do final do século XX. Enquanto as capturas de pesca estagnaram e até regrediram no primeiro decénio deste século, a produção aquícola cresceu significativamente (GDRM, 2021). À medida que o setor de aquicultura continua a crescer, especialmente em países como a China, onde representa 60,5% da produção global de aquicultura, a necessidade de fontes de alimento alternativas e sustentáveis para peixes torna-se cada vez mais urgente (Mo, et al., 2018).

Estudos demonstram que até 73,2% da ração comercial para peixes como o *Siganus rivulatus*, pode ser substituída por ração à base de resíduos alimentares sem impactar negativamente o crescimento ou a saúde dos peixes. Esta abordagem não só mitiga o impacto ambiental dos resíduos, como também diminui os custos de produção na aquicultura, tornando-a mais acessível e sustentável para os produtores (Nasser, et al., 2018). Noutro estudo, o uso de *pellets* compostos por resíduos alimentares, enriquecidos com levedura e enzimas, mostrou melhorias significativas no crescimento e na imunidade das carpas, destacando o potencial de tais rações para melhorar a eficiência e a produtividade na piscicultura (Mo, et al., 2019).

Além disso, a fermentação de resíduos alimentares para a produção de rações também foi explorada, com resultados promissores. Por exemplo, a utilização de resíduos fermentados para alimentar espécies como o *jade perch* (*Scortum bardoo*) e a tilápia demonstrou que estes

peixes podem crescer de maneira eficiente, com taxas de conversão alimentar comparáveis às rações comerciais tradicionais. A fermentação não só melhora a qualidade nutricional dos resíduos alimentares, mas também ajuda a preservar a sua segurança e a prolongar a sua vida útil, tornando-os adequados para uso em sistemas de aquicultura (Mo, et al., 2018; Mo, et al., 2019).

A aquicultura em Portugal é caracterizada por um grande número de pequenos estabelecimentos, principalmente viveiros de bivalves em áreas estuarinas. Esses viveiros utilizam infraestruturas antigas da indústria de sal, adaptando-as para a aquicultura marinha de forma económica e com menor impacto ambiental (GDRM,2021).

No mesmo relatório da Direção-Geral de Recursos Naturais, Águas e Mares (DGRM), (2021), encontra-se que, na costa, há alguns estabelecimentos que operam em regime intensivo, produzindo principalmente pregado e linguado.

Segundo a DGRM, (2021), a aquicultura em águas interiores, principalmente dedicada à produção de truta, também cresceu nos últimos anos, contribuindo para o aumento geral da produção aquícola em Portugal, como indica a Figura 1.7. Em 2020, a produção aquícola nacional alcançou 16 999 toneladas, representando um aumento significativo em relação a anos anteriores. Estes dados evidenciam o mercado existente para escoamento de ração para piscicultura a nível nacional.

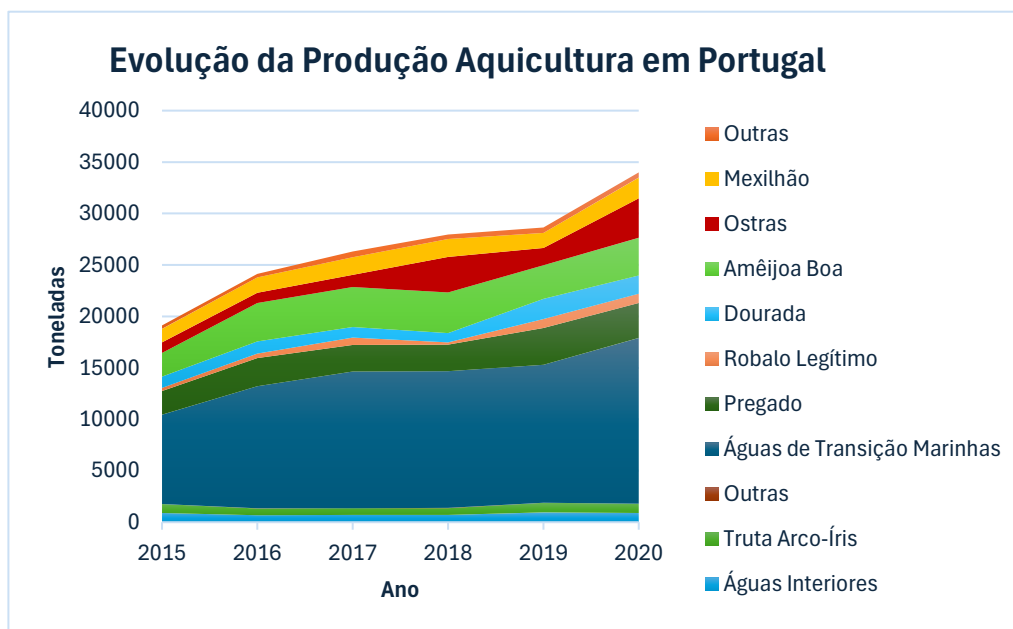


Figura 1.7 Evolução da produção aquícola por espécies, em toneladas de 2015 a 2020. Adaptado de: DGRM, (2021).

No Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa 2021-2030, da DGRM, (2021) destaca-se a importância de garantir que a aquicultura, como uma das principais atividades da economia do mar, seja conduzida de forma sustentável, com altos padrões de qualidade ambiental.

Para alcançar esses objetivos, o plano propõe a dinamização de parcerias entre a administração, institutos de investigação, universidades e entidades privadas, especialmente associações profissionais e organizações não-governamentais (ONGs), com foco na inovação na aquicultura. Entre as ações a serem implementadas, destaca-se o incentivo ao uso de fontes de alimentação sustentáveis e com baixa pegada ecológica. O desenvolvimento da alimentação animal deverá priorizar o uso eficiente de recursos e a redução de resíduos alimentares e descarga de nutrientes, além de reduzir o uso de farinha e óleos de peixe nas dietas para peixes, o que não só diminui os custos de alimentação, mas também evita a competição com outros setores que utilizam esses produtos (DGRM, 2021).

1.3.2 Legislação

No contexto da valorização do desperdício alimentar industrial, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de Dezembro (Ministério do Ambiente e Ação Climática, 2020), estabelece um quadro normativo essencial para assegurar que as práticas de gestão de resíduos sejam sustentáveis e compatíveis com os objetivos ambientais de Portugal. Este regime abrange uma variedade de disposições legais que afetam diretamente a gestão e valorização dos resíduos alimentares industriais, destacando a importância de minimizar o desperdício e maximizar o aproveitamento dos recursos.

A destacar, temos os seguintes artigos:

- **Artigo 21.º - Objetivos e Metas de Prevenção** - Este artigo sublinha a importância de estabelecer metas claras para a redução de resíduos alimentares em diversos setores, incluindo a indústria agroalimentar. A meta é reduzir o desperdício alimentar em estabelecimentos de restauração, empresas de catering, supermercados, e, crucialmente, na indústria alimentar, até 2025 e 2030. Esta redução é vital para aumentar a eficiência e sustentabilidade do setor, promovendo a reutilização e reciclagem dos resíduos orgânicos gerados.
- **Artigo 23.º - Prevenção do Desperdício Alimentar** - Neste artigo, são delineadas obrigações específicas para combater o desperdício alimentar, como a adoção

de medidas que incentivem a reutilização de alimentos ainda próprios para consumo e a doação de excedentes. Para a indústria, isto significa a implementação de práticas que reduzam ao máximo o desperdício, integrando soluções como a compostagem, a produção de biogás, ou a conversão de resíduos alimentares em ração animal, seguindo os princípios da economia circular.

- **Artigo 108.º - Taxas de Avaliação Administrativa** - Este artigo estabelece que os atos procedimentais, incluindo pedidos de autorização ou licenciamento de instalações de tratamento de resíduos, estão sujeitos ao pagamento de taxas administrativas. Para as indústrias alimentares, isso implica que qualquer instalação destinada ao tratamento e valorização de resíduos deverá considerar os custos associados ao cumprimento das normativas estabelecidas.
- **Artigo 110.º - Taxa de Gestão de Resíduos (TGR)** - A TGR é imposta para custear os encargos administrativos relacionados à gestão de resíduos e para incentivar práticas mais sustentáveis. No contexto da valorização de resíduos alimentares industriais, esta taxa serve como um incentivo para as empresas adotarem práticas que minimizem a produção de resíduos e promovam a sua reciclagem ou reutilização, reduzindo assim os custos associados à eliminação de resíduos em aterros ou incineração.

Estes artigos formam o alicerce legal para a valorização do desperdício alimentar na indústria, incentivando a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos através de uma combinação de metas ambiciosas, incentivos financeiros, e regulamentação rigorosa. A implementação destas medidas pode não apenas reduzir o impacto ambiental da indústria alimentar, mas também transformar resíduos em recursos valiosos, promovendo uma economia mais circular e sustentável.

Por outro lado, a produção de alimentos para animais é rigorosamente regulada na UE para garantir a segurança alimentar, proteção ambiental e bem-estar animal. A legislação cobre desde a colocação no mercado e uso de rações até ao controlo oficial, amostragem e análise, higiene, substâncias indesejáveis, aditivos, subprodutos animais, organismos geneticamente modificados (OGMs) e a produção orgânica (Cheli et al., 2013).

Um aspeto significativo da legislação europeia é a regulamentação sobre subprodutos animais, que inclui resíduos provenientes da indústria alimentar. Estes subprodutos são

regulados para garantir que sejam seguros para uso na produção de rações, evitando riscos de contaminação ou problemas de saúde para os animais (Cheli et al., 2013).

As regulamentações específicas, como o Regulamento (CE) 767/2009, (Comissão Europeia, 2009), estabelecem condições para o uso de materiais de alimentação, garantindo que todos os operadores do setor de rações sigam normas estritas para segurança e qualidade, o que inclui o uso de resíduos alimentares na alimentação animal.

A Comissão Europeia atualizou o Catálogo Comunitário de Materiais de Alimentação através do Regulamento (UE) 68/2013, (Comissão Europeia, 2013), que fornece uma lista de materiais de alimentação permitidos e as restrições sobre seu uso, de acordo com a legislação relevante da UE. Este catálogo é uma ferramenta fundamental para garantir que os materiais de alimentação, incluindo aqueles derivados de resíduos, sejam utilizados de maneira segura e eficiente.

"Entende-se por «restos de géneros alimentícios», os géneros alimentícios, exceto os restos de cozinha e de mesa que tenham sido fabricados para consumo humano em plena conformidade com a legislação alimentar da UE, mas que já não se destinem ao consumo humano, por motivos de ordem prática ou de logística, ou devido a problemas de fabrico ou a defeitos de embalagem ou outros defeitos, e que não representem quaisquer riscos para a saúde, quando utilizados como alimentos para animais. A fixação de um teor máximo específico, tal como referido no anexo I, ponto 1, do Regulamento (CE) n.º 767/2009, não deve ser aplicável aos restos de géneros alimentícios e de cozinha e mesa. É aplicável quando estes forem objeto de nova transformação como alimentos para animais."

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente estratégia foi desenvolvida para resolver o problema do desperdício de massas (aparas de massa com recheio ou "*aparas sujas*" e rissóis inviáveis) na linha de produção de rissóis, adotando uma abordagem baseada na hierarquia do desperdício alimentar. O objetivo principal é reduzir o desperdício ao mínimo possível, melhorando a eficiência do processo de produção e, para o desperdício inevitável, reencaminhá-lo para a conversão em subprodutos valiosos, como ração animal para piscicultura.

A abordagem escolhida para a redução do desperdício e melhoramento da eficiência de produção foi o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar-*Improve*, Controlar) um método estruturado de melhoria contínua que permite uma análise rigorosa das causas do desperdício e a implementação de soluções eficazes para a sua redução.

Em complemento à abordagem DMAIC, adotou-se uma estratégia multidimensional e integrada, centrada na sustentabilidade, viabilidade económica e colaboração estratégica, para lidar com a valorização do desperdício remanescente.

2.1 Redução do Desperdício

2.1.1 Definição do Problema e Identificação de Pontos Críticos

Foram realizadas visitas à linha de produção de rissóis na Eurofrozen para observar o processo e identificar os principais pontos de desperdício.

2.1.2 Medição dos Parâmetros Críticos e Recolha de Dados

Foram realizadas observações e medições ao longo da linha de produção para quantificar o problema, isto é, determinar a quantidade de desperdício gerado. Para isso foram selecionados e medidos parâmetros como a quantidade de aparas sujas, rissóis inviáveis e defeitos na laminação da massa, considerando a observação de que um defeito na fase de laminação

poderá afetar mais que um rissol. Isso significa que neste trabalho, ao referir-se a "defeito" deve-se assumir a existência de um buraco ou rasgo na laminação da massa, os quais, podem variar de, aproximadamente, 1 cm a 4,5 cm. Estas medições foram feitas em períodos de 1 hora, em diferentes turnos e dias da semana de produção, escolhidos de forma.

2.1.3 Análise dos Fatores que Contribuem para o Desperdício

2.1.3.1 Análise das Causas Raiz

Utilizou-se o diagrama de Ishikawa para identificar as causas potenciais do desperdício, considerando fatores relacionados aos materiais, métodos, máquinas, e ao ambiente de produção.

2.1.3.2 Desenho de Experiências (DoE):

2.1.3.2.1 Screening Inicial - Design Fatorial Fracionado

Foi utilizado um design fatorial fracionado para realizar o "*screening*" dos fatores mais influentes nas causas de desperdício, identificadas no diagrama de Ishikawa. Este design foi escolhido pela sua eficiência em identificar rapidamente os efeitos principais e as interações mais significativas entre os fatores, utilizando um número reduzido de experiências. O design fatorial fracionado é particularmente adequado em fases iniciais de estudo, onde há muitos fatores potenciais e o objetivo é identificar aqueles que têm o maior impacto no resultado.

Deste modo, testaram-se combinações dos fatores definidos em 2 níveis diferentes e um ponto central, realizando-se um total de 19 testes (*runs*) conforme a Tabela 6.1 (em Apêndice A.1), gerada pelo software Minitab versão 21.4.2 (2023). Definiram como efeitos (respostas) o número de defeitos (buracos e rasgos) e propriedades reológicas relevantes (elasticidade e dureza) da massa. Para avaliar a existência de defeitos na massa, usou-se uma máquina de esticar massa manual (Marcato Atlas 180) para esticar as massas produzidas nas combinações deste design, simulando assim os rolos de compressão no processo de laminação, da linha de produção.

2.1.3.2.2 Otimização - Método de Superfície de Resposta (RSM) Box-Behnken

Após o *screening*, os fatores identificados como significativos foram otimizados usando um design de superfície de resposta, no caso, o Box-Behnken. Este design foi selecionado porque permite uma análise detalhada das interações entre os fatores, além de oferecer uma boa

estimativa da resposta sem a necessidade de realizar experiências nos extremos do espaço experimental. O Box-Behnken é especialmente útil para explorar o comportamento dos fatores dentro de um intervalo central, o que é ideal para otimizar a qualidade da massa, minimizando defeitos.

Assim, testaram-se combinações dos fatores definidos em 2 níveis diferentes e um ponto central, realizando-se um total de 15 testes (*runs*) conforme a Tabela 6.2 (em Apêndice A.2). Definiram-se como efeitos (respostas) o número de defeitos (buracos e rasgos) e propriedades reológicas relevantes (elasticidade, dureza, extensibilidade e resistência à rutura).

O software Minitab versão 21.4.2 (2023) também foi utilizado para realizar a análise estatística dos dados recolhidos nas experiências. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para identificar os fatores significativos e as interações entre os mesmos.

Os equipamentos laboratoriais utilizados são descritos a seguir.

2.1.3.3 Testes Laboratoriais

Para avaliar os efeitos dos fatores experimentais, acima mencionados, nas propriedades reológicas, foram realizadas análises de perfil de textura (TPA), utilizando um texturómetro TA.TX Plus (Stable Micro Systems) equipado com a sonda de penetração P-2 para medição da dureza das massas e a sonda de compressão P-35 para medição da elasticidade das mesmas. Ambas as sondas foram montadas no aparelho conforme as instruções, após se proceder à calibração do peso e da distância do mesmo. Os resultados foram guardados numa folha de cálculo, para posterior análise estatística.

Também se fez uso do equipamento de extensibilidade de massa e glúten de Kieffer (*Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig*), com o qual foram medidos parâmetros como a extensibilidade e resistência à rutura.

2.1.4 Implementação de Melhorias no Processo de Produção

Com base nos resultados dos DoE, ajustaram-se os fatores significativos para melhorar as propriedades da massa de forma a reduzir defeitos na massa e rissóis inviáveis.

Finalmente, realizou-se um teste piloto para validar as melhorias na linha de produção.

2.1.5 Desenvolvimento de um Plano de Monitorização Contínua

Foi criado um plano de monitoramento contínuo para garantir a manutenção da qualidade da massa e a eficácia das melhorias propostas. Este plano inclui medições regulares de parâmetros críticos.

Além disso, atualizaram-se os procedimentos operacionais para garantir a continuidade das boas práticas estabelecidas.

2.2 Valorização do desperdício

2.2.1 Caracterização dos Resíduos

Caracterizou-se, química e nutricionalmente, as aparas sujas e dos rissóis inviáveis, com base nos boletins de análise de amostras dos mesmos, realizado por um laboratório de análises de qualidade externo, para fins de controlo de qualidade da Eurofrozen. Esta caracterização permitiu determinar a viabilidade dos resíduos como matéria-prima para ração para piscicultura.

2.2.2 Identificação de Empresas Parceiras

Identificou empresas especializadas no aproveitamento de desperdício alimentar para produção de ração animal que poderiam utilizar os resíduos da produção de rissóis como uma das suas matérias-primas. As empresas foram selecionadas com base na sua localização geográfica, e recursos tecnológicos de modo a reduzir ao máximo a pegada ecológica associada à valorização do desperdício, bem como na sua capacidade técnica para transformar os resíduos em ração, mantendo a qualidade e segurança alimentar.

2.2.3 Estudo de Viabilidade

Foi realizado um estudo de viabilidade que consistiu em avaliar a possibilidade de transformar os resíduos da linha de produção de rissóis (aparas sujas e rissóis inviáveis) em ração para piscicultura. Foram analisados os custos de recolha, comparando-os com os benefícios económicos e ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos ao longo deste estudo, que visou tanto a redução do desperdício na linha de produção de rissóis quanto a valorização dos resíduos gerados. Os dados foram analisados com base na metodologia definida, incluindo a aplicação do DoE para otimização dos processos de produção e a avaliação da viabilidade econômica e ambiental para a conversão dos resíduos em subprodutos valiosos.

3.1 Redução do Desperdício

3.1.1 Definição do Problema e Identificação de Pontos Críticos

No início do projeto, identificou-se como principal problema o desperdício na linha de produção de rissóis, manifestado pela quantidade de aparas sujas e rissóis inviáveis gerados ao longo do processo. Definiu-se assim o objetivo de reduzir a quantidade de massas desperdiçadas (aparas sujas e rissóis inviáveis) na linha de produção de rissóis.

A atenção foi focada nos processos críticos da produção, incluindo a incorporação das aparas limpas na massa fresca, laminação e corte, onde foram observados variações e defeitos (aparas limpas incorporadas na massa fresca de forma aleatória, rasgos e buracos na massa laminada, aparas limpas geradas na etapa de formatação e corte de rissóis, com vestígios de camarão que são posteriormente incorporados na nova massa). Foram definidos como requisitos críticos para a qualidade a redução desses resíduos que se reverterá na melhoria da eficiência do processo.

3.1.2 Medição dos Fatores Críticos e Recolha de Dados

O objetivo desta fase foi obter dados precisos e relevantes que permitissem uma compreensão detalhada do processo de produção e das causas do desperdício na linha de produção de rissóis. As medições realizadas foram selecionadas para fornecer uma visão abrangente dos fatores que poderiam estar a contribuir para a geração de aparas sujas e rissóis inviáveis.

Começou-se, portanto, por medir a quantidade de aparas sujas e rissóis inviáveis gerados ao longo do processo produtivo para quantificar o nível de desperdício e estabelecer uma linha de base para as melhorias subsequentes, conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Desperdício, em Kg por dia de produção, na linha de produção de rissóis da Eurofrozen, de 03/05/2024 a 29/05/2024.

Tipo de rissol	Aparas Sujas (Kg)	Rissóis inviáveis(kg)	Desperdício Total (Kg)
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>	
Rissol de Carne	62,8±18,45	21,87±2,97	84,67
Rissol de Camarão	101,73±10,24	27,67±3,35	129,40
Rissol de Leitão	97,47±38,03	29,47±11,16	127,04
Total	262,0±48,95	79,10±6,00	341,10

M= Média; SD= Desvio Padrão

Nas imagens Figura 3.2 e Figura 3.1 é possível observar dois exemplos de aparas sujas de rissóis de camarão e de rissóis de carne, respetivamente. De acordo com as observações feitas, estas aparas com recheio surgem devido a buracos ou rasgos na massa laminada pelos rolos de compressão. Esse mesmo "lençol" de massa laminada avança ao longo do tapete, onde será dispensado o recheio ainda que apresente rasgos ou buracos (Figura 3.3 e Figura 3.4). Após a etapa de formatação e corte, há oportunidade de retirar da linha tais aparas sujas, no entanto, devido à rapidez com que a linha se move ou ausência de operador em dado ponto da linha, tal não é possível, acabando pelo rissol ser panado e posteriormente descartado como rissol inviável (Figura 3.5).



Figura 3.1 Aparas sujas resultantes da produção de rissóis de camarão de 40g.



Figura 3.2 Exemplo de aparta suja com recheio de carne.



Figura 3.4 Massa esticada apresentando um rasgo devido à presença de restos de camarão proveniente das aparas limpas.



Figura 3.3 Massa com recheio de carne apresentando rasgo.



Figura 3.5 Rissóis de camarão de 40g inviável devido a buracos.

3.1.2.1 Identificação e Medição de Parâmetros Relevantes

Durante esta fase, foram identificados fatores críticos que poderiam estar diretamente relacionados à geração de aparas sujas e rissóis inviáveis. Assim selecionou-se os defeitos na massa, isto é, buracos e rasgos, os quais geram rissóis que não respeitam os padrões de qualidade.

Para o efeito, observou-se a confecção de 5 bateladas de cada tipo de rissol (camarão, carne e leitão), ao longo de 1 hora, a fim de quantificar os defeitos e rissóis inviáveis resultantes. Cada batelada origina 6 a 7 doses de massa que será esticada e recheada ao longo da linha de produção.

É importante salientar que a contabilização de defeitos foi feita por análise visual (sem sistema de visão automatizada), o que indica que a contagem é conservativa, isto é, poderá haver mais defeitos por batelada. Abaixo encontram-se dois gráficos (Figura 3.6 e Figura 3.7) que representam o resultado de tais observações:

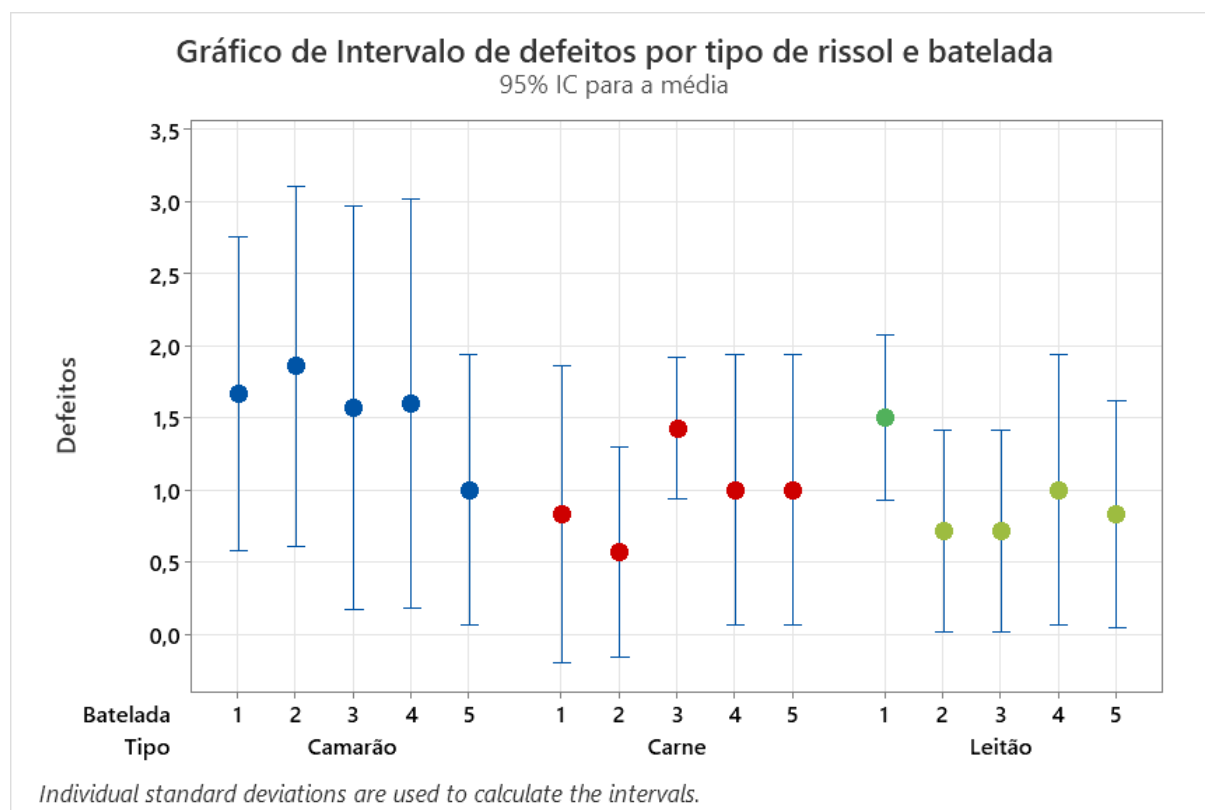


Figura 3.6 Gráfico com o valor médio e respectivo intervalo de confiança de defeitos (rasgos e buracos) detetados em cada batelada por tipo de rissol e batelada observada

O gráfico da Figura 3.6 Gráfico com o valor médio e respectivo intervalo de confiança de defeitos (rasgos e buracos) detetados em cada batelada por tipo de rissol e batelada observada ilustra a média de defeitos observados na massa de rissóis, especificamente rasgos e buracos, nos três tipos de rissóis (camarão, carne e leitão) ao longo de cinco bateladas distintas. Cada ponto central colorido representa a média de defeitos para um tipo específico de rissol em cada batelada, enquanto as barras de erro que representam o intervalo de confiança de 95% indicam a variabilidade dos defeitos.

Os valores médios respectivos ao número de defeitos observados não chegam a ultrapassar o número 2, porém, apesar de ser um valor aparentemente baixo, cada rasgo ou buraco pode resultar na geração de uma quantidade superior de aparas sujas e rissóis inviáveis.

Observa-se que os rissóis de camarão apresentaram, de maneira consistente, uma maior incidência de defeitos, onde também se verificou uma maior variabilidade, sugerindo possíveis inconsistências no processo de produção desses rissóis. Em contraste, os rissóis de carne e leitão exibiram menores médios de defeitos, com variabilidade também mais reduzida, indicando um processo de produção relativamente mais estável.

O gráfico seguinte (Figura 3.7) refere-se ao número médio de rissóis inviáveis observados em cada batelada.

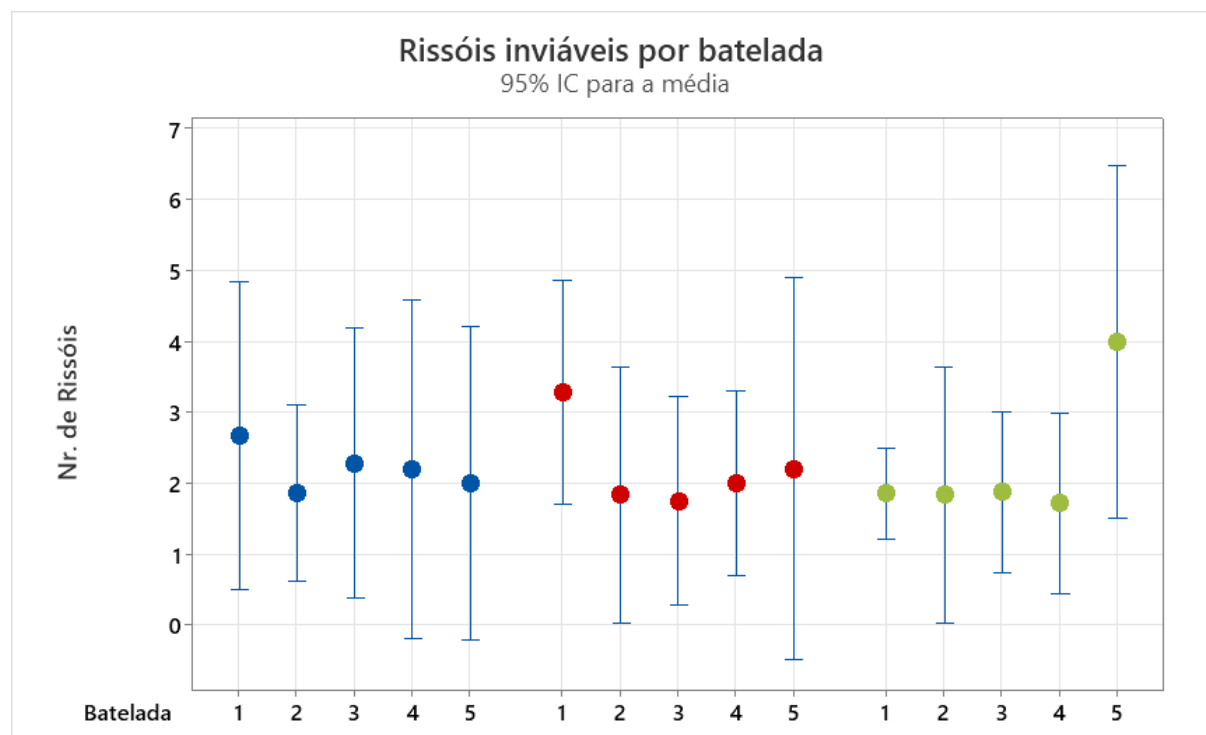


Figura 3.7 Gráfico com o valor médio e respectivo intervalo de confiança de rissóis inviáveis por tipo e batelada observada.

O gráfico da Figura 3.7 representa a quantidade média de rissóis inviáveis, devido a defeitos como rasgos e buracos, para três tipos de rissóis (camarão, carne e leitão) ao longo de cinco bateladas diferentes.

Os rissóis de camarão, indicados pelos pontos azuis, apresentam uma distribuição relativamente constante de rissóis inviáveis em todas as bateladas, com uma leve variação em torno de uma média. Em contraste, os rissóis de carne, representados pelos pontos vermelhos, parecem ser os que apresentam maior variabilidade. Por outro lado, os rissóis de leitão, indicados pelos pontos verdes, mostram um padrão de variabilidade considerável, onde a média de rissóis inviáveis é a mais alta registrada para esse tipo de produto.

Os resultados apresentados podem ser explicados com base nas observações feitas durante o processo de produção, especialmente no que diz respeito aos rissóis de camarão.

Para os rissóis de camarão, os resultados observados parecem estar relacionados ao processo de moldagem e corte. As aparas limpas que resultam desse processo frequentemente contêm pedaços de camarão que não ficaram adequadamente posicionados no centro do recheio do rissol. Essas aparas são incorporadas indiscriminadamente na nova massa fresca que será laminada, resultando em buracos e rasgos que por sua vez podem gerar rissóis inviáveis.

Adicionalmente, a elevada variabilidade e o desperdício total podem ser indicativos de problemas em várias etapas do processo, como inconsistências na proporção de recheio, problemas com a massa ou até falhas na configuração do equipamento utilizado, que afetam todos os tipos de rissol.

3.1.3 Análise dos Fatores que Contribuem para o Desperdício

Para identificar as causas raízes do desperdício na linha de produção de rissóis foi utilizado um diagrama de Ishikawa (ou diagrama de causa-efeito) (Figura 3.8), que permitiu mapear de forma visual as possíveis origens dos defeitos e consequentes desperdícios observados. Depois, utilizou-se o DoE para analisar experimentalmente como os fatores identificados no diagrama influenciam a qualidade da massa.

3.1.3.1 Diagrama de Ishikawa

A figura abaixo apresenta o Diagrama de Ishikawa, que ilustra as possíveis causas dos defeitos na massa de rissol.

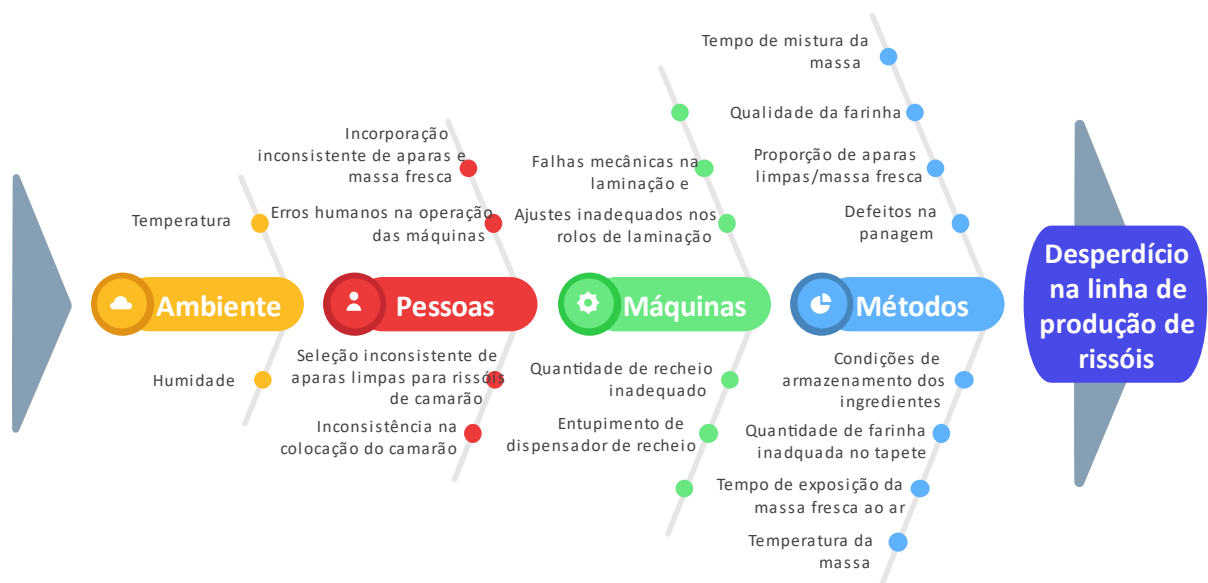


Figura 3.8 Diagrama de Ishikawa relativo às possíveis causas para o desperdício na linha de produção de rissóis da Eurofrozen.

Este diagrama categoriza as causas em quatro grandes áreas: Método, Máquinas, Pessoas e Ambiente, proporcionando uma visão estruturada das fontes potenciais de desperdício:

- **Método** - Inclui fatores relacionados ao processo de produção e manipulação das matérias-primas. Entre as causas listadas estão o tempo de homogeneização da massa fresca e aparas, a qualidade da farinha, a proporção de aparas/massa fresca e as condições de armazenamento dos ingredientes. Problemas como a inadequada quantidade de farinha no tapete e o tempo de exposição ao ar, também são identificados como causas potenciais de desperdício.
- **Máquinas** - Aborda as falhas mecânicas que podem ocorrer durante a produção, como problemas nos tapetes de distribuição da massa e rissóis, ajustes inadequados dos rolos de laminação, e a inadequação da quantidade de recheio devido a entupimento ou falta de calibração do dispensador de recheio. Estas falhas podem levar a inconsistências na produção, resultando em rissóis defeituosos e, consequentemente, em desperdício.
- **Pessoas** - Refere-se aos fatores humanos que contribuem para o desperdício, como a inconsistência na colocação do camarão, erros operacionais nas máquinas, e procedimentos de mistura da massa feitos de forma inconsistente. Estes fatores refletem a

importância de formação adequada e do rigor nos processos operacionais para minimizar os defeitos na produção.

- **Ambiente** - Considera os fatores externos, como a temperatura e a humidade, que podem afetar a qualidade das massas e dos ingredientes, contribuindo para o desperdício. Condições ambientais inadequadas podem alterar as propriedades dos ingredientes e do produto final, aumentando a incidência de rissóis inviáveis.

Em análise, o diagrama de Ishikawa, além de identificar diversas causas potenciais de desperdício na linha de produção de rissóis, permitindo-nos avaliar quais dessas causas podem ser efetivamente endereçadas dentro do âmbito do trabalho atual. A distinção entre fatores controláveis e aqueles que exigem soluções mais abrangentes é crucial para o direcionamento eficiente dos esforços de melhoria.

Os aspetos relacionados ao método de produção, como o tempo de homogeneização da massa, a proporção de aparas e a o tempo de exposição ao ar da massa fresca, são elementos que podem ser ajustados diretamente no contexto do projeto. Estas variáveis, por serem controláveis, são candidatas ideais para experiências utilizando a metodologia do DoE. O DoE permite que se identifique as condições ótimas de operação ao testar sistematicamente diferentes configurações do processo, a fim de minimizar o desperdício e garantir a qualidade do produto.

Embora a manutenção e os ajustes das máquinas sejam teoricamente controláveis, tais intervenções não se enquadram no campo de ação deste trabalho, uma vez que exigem recursos e planeamento que vão além do que pode ser realizado a curto prazo

No que diz respeito ao fator humano, a formação dos operadores e a padronização dos procedimentos operacionais são áreas de intervenção imediata. A consistência na colocação do camarão, por exemplo, pode ser melhorada através de formação ou até mesmo com a introdução de processos semiautomáticos.

Por outro lado, fatores como as condições ambientais, incluindo temperatura e humidade, apresentam um desafio maior para o controlo direto no curto prazo. Embora o ambiente influencie a qualidade do produto, estas variáveis são mais difíceis de ajustar diretamente e podem não se encaixar no contexto do projeto.

Da mesma forma, a necessidade de atualizações em infraestrutura ou a aquisição de novas máquinas pode não ser viável a curto prazo, uma vez que envolve investimentos significativos e planeamento a longo prazo. Os fatores humanos e mecânicos encontram-se fora do âmbito do trabalho, no entanto serão abordados mais tarde, nas recomendações.

Raak, et al., (2017), sugere que diversos fatores na cadeia de processamento de alimentos, como defeitos nos equipamentos, erros humanos e falhas no processamento, podem levar a um desperdício significativo. Estas perdas podem ser minimizadas através da melhoria do controle de processos e da fiabilidade dos equipamentos, o que é crucial quando se lida com produtos alimentares que exigem consistência e qualidade precisas.

Além disso, os mesmos autores, acrescentam que melhorar as propriedades reológicas dos produtos alimentares através de um melhor controle do processo pode ajudar a cumprir padrões de qualidade de forma consistente, reduzindo assim o desperdício. O mesmo é verdade, principalmente na produção de massas, onde a textura e a aparência são cruciais, onde os produtos são sujeitos a critérios organoléticos rígidos. Também a adoção de tecnologias avançadas para monitorizar e controlar os processos de produção alimentar pode ajudar a reduzir o desperdício, garantindo consistência e qualidade (Raak et al., 2017).

3.1.3.2 Desenho de Experiências (DoE)

Com base nas causas identificadas, foram realizadas duas experiências principais utilizando a abordagem de DoE:

- a) Design fatorial fracionado para identificar quais os fatores significativos para a qualidade e propriedades da massa;
- b) Design de superfície de resposta (RSM) para entender melhor e otimizar os fatores que influenciam a qualidade e propriedades da massa dos rissóis.

Esta abordagem permitiu uma análise detalhada, facilitando a identificação das variáveis mais influentes e direcionando as melhorias necessárias.

3.1.3.2.1 Screening - Design Fatorial Fracionado

Os fatores e respetivos níveis selecionados para este design encontram-se na Tabela 3.2. Os níveis foram estipulados com base nas condições operacionais da linha de produção, garantindo que as experiências reflitam o processo produtivo real.

Tabela 3.2 Tabela de fatores e respectivos níveis investigados no design fatorial fracionado

Fatores	Níveis		Efeitos
Hidratação da massa	0;0,5;1 [%]	→	Defeitos
Proporção de aparas limpas	50;60;70 [%]		Elasticidade
Tempo de homogeneização	45; 52,5;60 [s]		Dureza
Tempo de exposição ao ar	5; 10;15 [min]		

Selecionaram-se estes fatores, por um lado, baseados nas observações à linha de produção, dado que as aparas limpas são reincorporadas na massa fresca para otimizar o uso de recursos, mas a proporção de aparas versus massa fresca variava entre os lotes de massa. Por outro lado, a massa de rissol é um material viscoelástico, a qual exibe tanto comportamentos elásticos, como um sólido, quanto comportamentos viscosos, como um líquido. Este equilíbrio entre elasticidade e viscosidade é influenciado principalmente pela formação e estruturação da rede de glúten, a qual responde às forças aplicadas durante o processo de homogeneização e manipulação (Osella et al., 2008). No contexto experimental, fatores como o tempo de exposição ao ar afetam a elasticidade da massa, pois influenciam a hidratação e oxidação do glúten, enquanto a homogeneização garante uma distribuição uniforme dos ingredientes e, consequentemente, uma estrutura mais estável e coesa. Estes fatores são críticos para entender a performance da massa em termos de defeitos e elasticidade, uma vez que a manipulação destas propriedades viscoelásticas influencia diretamente a qualidade final do produto. (Wieser, 2007). Além disso, estes fatores são facilmente controlados no laboratório.

Como efeitos, definiu-se a existência de defeitos observados na massa após ser esticada por compressão com a máquina de massas, e propriedades reológicas da massa, nomeadamente a elasticidade, dureza. A elasticidade reflete a capacidade da massa retornar à sua forma original após ser deformada (Trin e Glasgow, 2012). No caso dos rissóis, uma elasticidade adequada é importante para que a massa não encolha ou se rasgue durante a laminação. Já a dureza é importante, porque está relacionada à resistência da massa à deformação (Trin e Glasgow, 2012). A dureza adequada garante que a massa seja firme o suficiente para suportar o processo de laminação e corte sem se desintegrar ou formar grumos.

As imagens abaixo ilustram o tipo de defeito considerado na experiência, sendo que a Figura 3.9 apresenta um rasgo na massa, a Figura 3.10 apresenta um buraco na massa e a Figura 3.11 não apresenta nenhum defeito.



Figura 3.9 Amostra de massa apresentando rasgo.



Figura 3.10 Amostra de massa apresentando um buraco.



Figura 3.11 Amostra de massa sem defeitos.

Após a laminação das amostras, analisou-se a elasticidade e dureza das mesmas com recurso ao texturómetro, obtendo-se uma macro pelo software do equipamento (Exponent) (Figura 3.12) que posteriormente foi salva em formato excel e analisada estatisticamente no software Minitab.

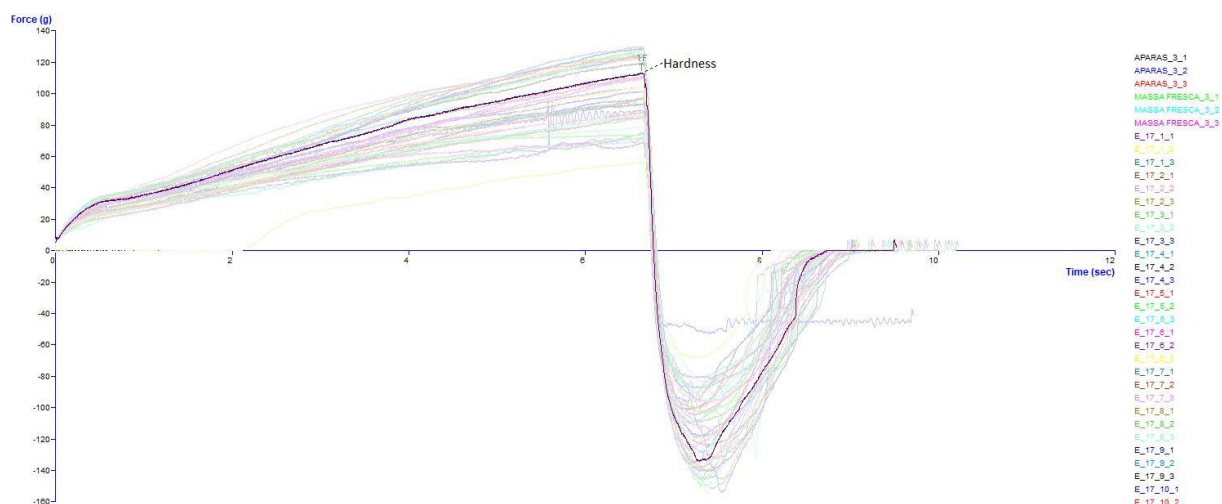


Figura 3.12 Gráfico relativo à dureza das amostras produzidas na experiência do design fatorial fracionado.

Este gráfico representa uma Análise de Perfil de Textura (TPA) realizada nas amostras de massa. No eixo vertical (Y), está a força aplicada (em gramas) e no eixo horizontal (X), o tempo (em segundos). O gráfico mostra o comportamento da amostra sob compressão, permitindo avaliar parâmetros de textura, como dureza, e elasticidade, entre outras. A "hardness" (dureza) é indicada pelo pico máximo da força, que reflete a resistência da amostra à deformação. A curva descendente após a compressão inicial reflete a recuperação da massa, indicando elasticidade.

Os resultados da experiência foram submetidos a análise de variância (ANOVA) (em Apêndice B.1) e criaram-se os gráficos colocados abaixo para os efeitos "Defeitos", "Elasticidade" e "Dureza".

- **Defeitos**

Abaixo encontra-se o gráfico de Pareto dos efeitos padronizados, para o efeito "Defeitos", mostrando a influência dos fatores testados. A linha vermelha pontilhada indica o valor crítico de 2,228, que é o limiar de significância ($\alpha = 0,05$). Os efeitos que ultrapassam essa linha são considerados estatisticamente significativos.

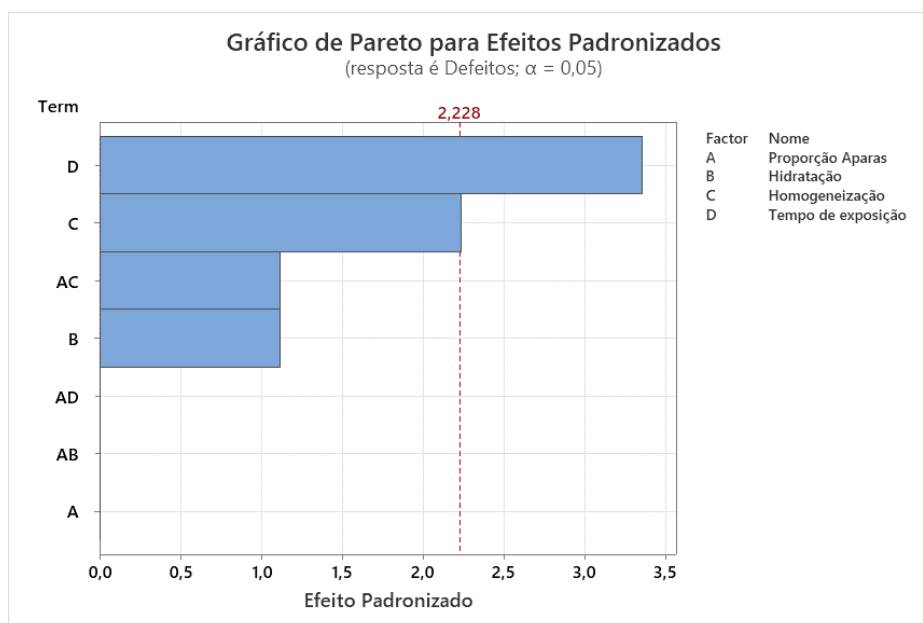


Figura 3.13 Gráfico de Pareto de Efeitos Padronizados para o efeito "Defeitos". O fator "Tempo de Exposição" (D) é significativo, seguido do fator "Homogeneização" (C).

O gráfico mostra que, dentro do contexto dos defeitos, o "Tempo de Exposição" (D) é o fator com impacto mais significativo na qualidade do produto, nesta experiência. A "Homogeneização" (C) também desempenha um papel relevante, embora menor. A "Proporção de Aparas" (A) e a "Hidratação" (B) não demonstraram influenciar significativamente os defeitos, para a combinação de parâmetros escolhida. A ausência de significância nas interações sugere que cada fator primário age de forma independente.

Isso pode ser explicado pelo fato de que a homogeneização do processo influencia diretamente a estrutura da massa. A homogeneização adequada promove uma distribuição uniforme dos ingredientes, particularmente do glúten, responsável por dar estrutura à massa. Se a mistura não for homogênea, pode significar o surgimento de irregularidades na rede de glúten, resultando em defeitos visíveis, como buracos ou irregularidades na textura final da massa (Osella et al., 2008; Fan et al., 2023;).

O tempo de exposição ao ar, por sua vez, afeta diretamente a qualidade da superfície da massa, levando à formação de uma crosta ou ao ressecamento da massa, especialmente se a massa for exposta por longos períodos sem proteção. Quando a superfície seca, devido à perda de humidade a elasticidade da massa é comprometida, e podem aparecer defeitos como fissuras ou a formação de uma camada externa mais rígida, que pode resultar em imperfeições visuais no produto final. Além disso, a exposição ao ar pode promover oxidação dos lipídios presentes na farinha, levando a defeitos na aparência e no sabor (Rasper, 1993).

- **Elasticidade**

Abaixo encontra-se o gráfico de Pareto dos efeitos padronizados, para o efeito "Elasticidade", mostrando a influência dos fatores testados.

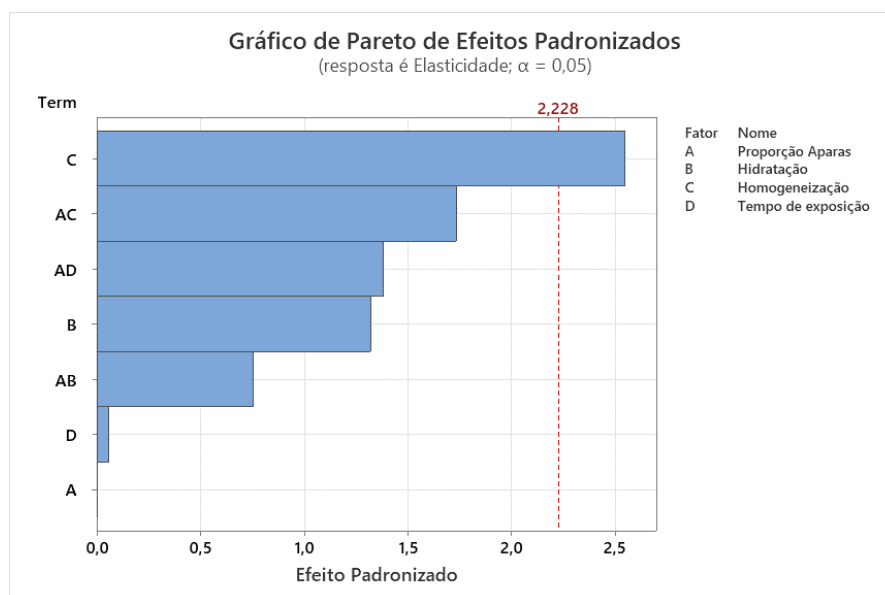


Figura 3.14 Gráfico de Pareto de Efeitos Padronizados para o efeito "Elasticidade". O fator "Homogeneização" (C) foi o mais significativo.

O gráfico indica que, para o efeito "Elasticidade", apenas o fator "Homogeneização" (C) tem um impacto significativo. Outros fatores, como "Proporção de Aparas" (A), "Hidratação" (B) e "Tempo de Exposição" (D), não mostraram ter um efeito significativo nesta experiência. Por outro lado, observa-se pela primeira vez, influência de fatores combinados, ainda que pouco significativa.

A homogeneização, mais uma vez, desempenha um papel fundamental neste aspeto. Uma mistura inadequada pode resultar em uma rede de glúten malformada ou não completamente desenvolvida, o que reduz a elasticidade da massa. A homogeneização, por outro

lado, distribuí de forma adequada os componentes do glúten (gliadina e glutenina), responsáveis pela elasticidade e pela extensibilidade da massa. Este efeito promove uma estrutura de glúten mais robusta, capaz de se esticar sem rasgar, contribuindo positivamente para a elasticidade da massa (Rasper, 1993; Fan et al., 2023).

- **Dureza**

Abaixo encontra-se o gráfico de Pareto dos efeitos padronizados, para o efeito Dureza", mostrando a influência dos fatores testados.



Figura 3.15 Gráfico de Pareto de efeitos padronizados para o efeito "Dureza". Nenhum dos fatores foi significativo.

O gráfico mostra que para o efeito "dureza", apenas a "Hidratação" (B) aparenta ter impacto mais relevante na dureza da massa, embora não significativo. Outros fatores, como "Proporção de Aparas" (A), "Homogeneização" (B), e "Tempo de Exposição" (D), não mostraram influenciar a dureza de maneira significativa nesta experiência.

Isso pode ser explicado pela natureza multifatorial da dureza da massa, que pode depender de outros parâmetros não considerados nos testes, como a composição da farinha (por exemplo, teor de proteínas), a hidratação inicial e a temperatura da massa durante o processamento (Bourne, 2002). O resultado também pode ser explicado, em parte, pela limitação inerente de um design fatorial fracionado, que pode não ser sensível o suficiente para captar efeitos sutis ou interações complexas. O uso de um design com maior resolução ou mais replicações poderia ajudar a identificar melhor os fatores que impactam a dureza da massa.

3.1.3.2.2 Otimização - Design de Resposta de Superfície

Com base nos resultados da primeira experiência, foi conduzida uma segunda experiência para estudar os efeitos que se mostraram significativos (Tempo de Exposição, Homogeneização) (Tabela 3.3). A "proporção de aparas" foi também incluída no design devido à sua relevância potencial no processo de reutilização de material, onde a redução de desperdício é fundamental. Além disso, o efeito da proporção das aparas pode não ter sido devidamente detetado na experiência anterior.

Tabela 3.3 Tabela de fatores e respetivos níveis investigados no design fatorial fracionado.

Fatores	Níveis		Efeitos
Proporção de aparas limpas	50;60;70 [%]	→	Defeitos
Tempo de homogeneização	45; 52,5;60 [s]		Elasticidade
Tempo de exposição ao ar	5; 10;15 [min]		Dureza
			Extensibilidade
			Resistência à rutura

O design RSM diferencia-se do design fatorial fracionado ao permitir a exploração de efeitos não lineares, proporcionando uma compreensão mais profunda de como as variáveis influenciam a resposta. Enquanto o design fatorial fracionado é eficiente para identificar os principais fatores e suas interações de primeira ordem num número reduzido de experiências, oferecendo uma visão mais detalhada sobre como ajustar precisamente as condições de processo.

Neste design acrescentou-se a extensibilidade e a resistência à rutura aos efeitos explorados na experiência anteriores. Estes efeitos correspondem a propriedades mecânicas importantes para avaliar a manipulação e resistência da massa, que não foram incluídas no design anterior devido à indisponibilidade de equipamentos específicos.

Abaixo a Figura 3.16, Figura 3.17 e Figura 3.18 mostram amostras de massa resultantes dos designs experimentais a serem analisadas quanto à dureza, elasticidade, extensibilidade e resistência á rutura, com recurso ao texturómetro.

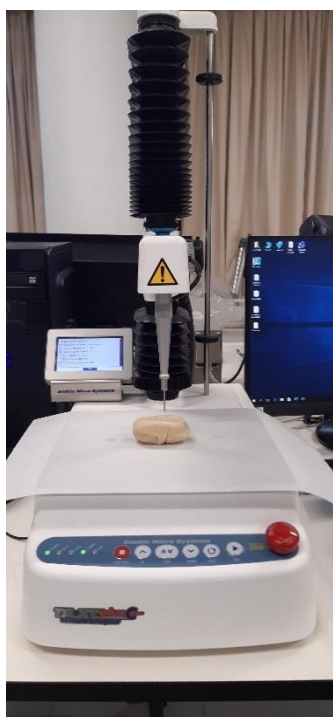


Figura 3.16 Teste de dureza executado numa das amostras de massa provenientes do experimento de RSM, com a sonda P-2 no texturómetro TA.TX Plus (Stable Micro Systems).



Figura 3.17 Teste de elasticidade executado numa das amostras de massa provenientes do experimento de RSM, com a sonda P-35 no texturómetro TA.TX Plus (Stable Micro Systems).

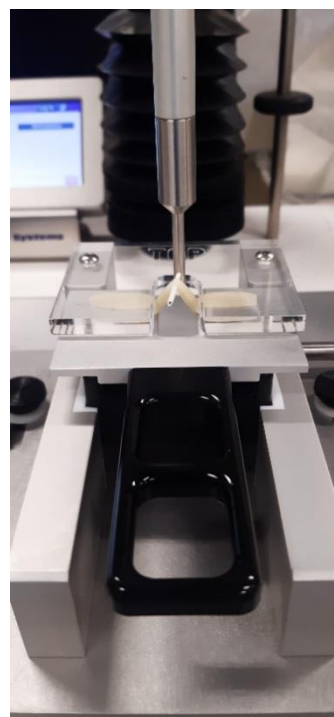


Figura 3.18 Teste de tenacidade e resistência à rutura, executado numa das amostras de massa provenientes do experimento de RSM, com os acessórios de teste de extensibilidade e glúten de Kieffer, no texturómetro TA.TX Plus (Stable Micro Systems).

Os resultados da experiência foram submetidos a análise de variância (em Apêndice B) e criaram-se os gráficos colocados abaixo para os efeitos "Defeitos", "Elasticidade" e "Dureza", "Extensibilidade" e "Resistência à rutura".

- **Defeitos**

Abaixo encontra-se o gráfico de Pareto dos efeitos padronizados, para o efeito "Defeitos", mostrando a influência dos fatores testados.

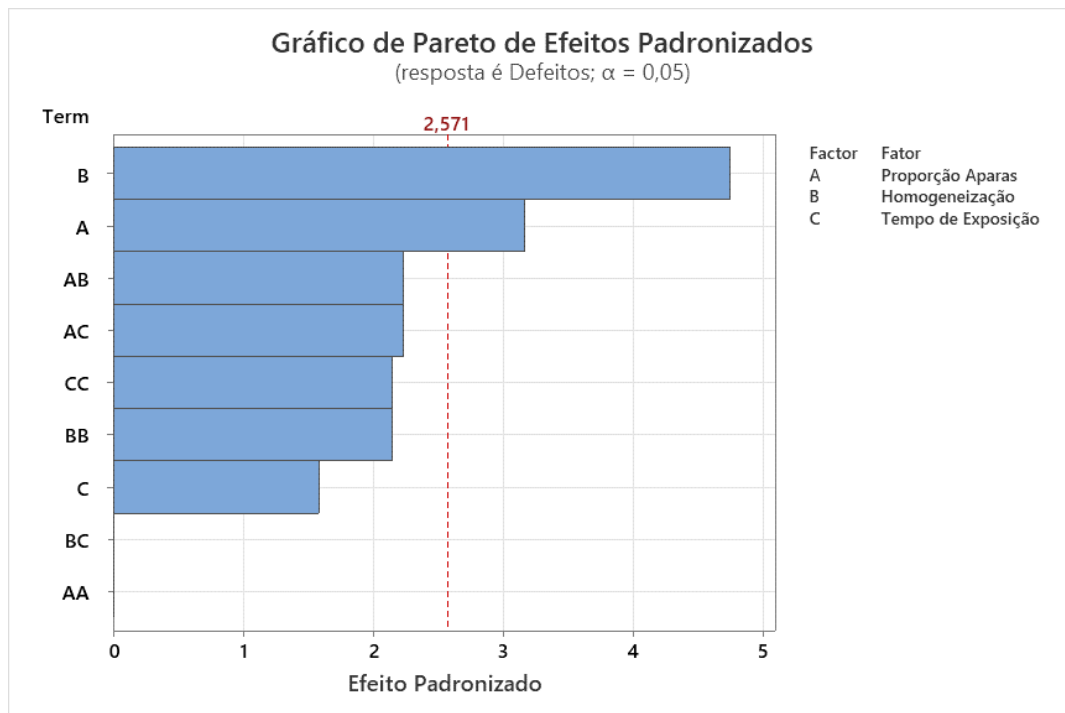


Figura 3.19 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para o efeito "Defeitos", mostrando que a "Homogeneização" e a "Proporção de Aparas", junto com as suas interações, são os fatores mais significativos ($\alpha = 0,05$).

O gráfico de Pareto dos efeitos padronizados, acima, mostra novamente que a homogeneização" (B) é o fator mais crítico para controlar defeitos, seguido pela "Proporção de Aparas" (A) e pelas interações entre esses fatores e o Tempo de Exposição. O gráfico sugere assim que ajustes nesses fatores podem levar a melhorias significativas na qualidade da massa de rissóis.

- **Elasticidade**

Abaixo encontra-se o gráfico de Pareto dos efeitos padronizados, para o efeito "Defeitos", mostrando a influência dos fatores testados

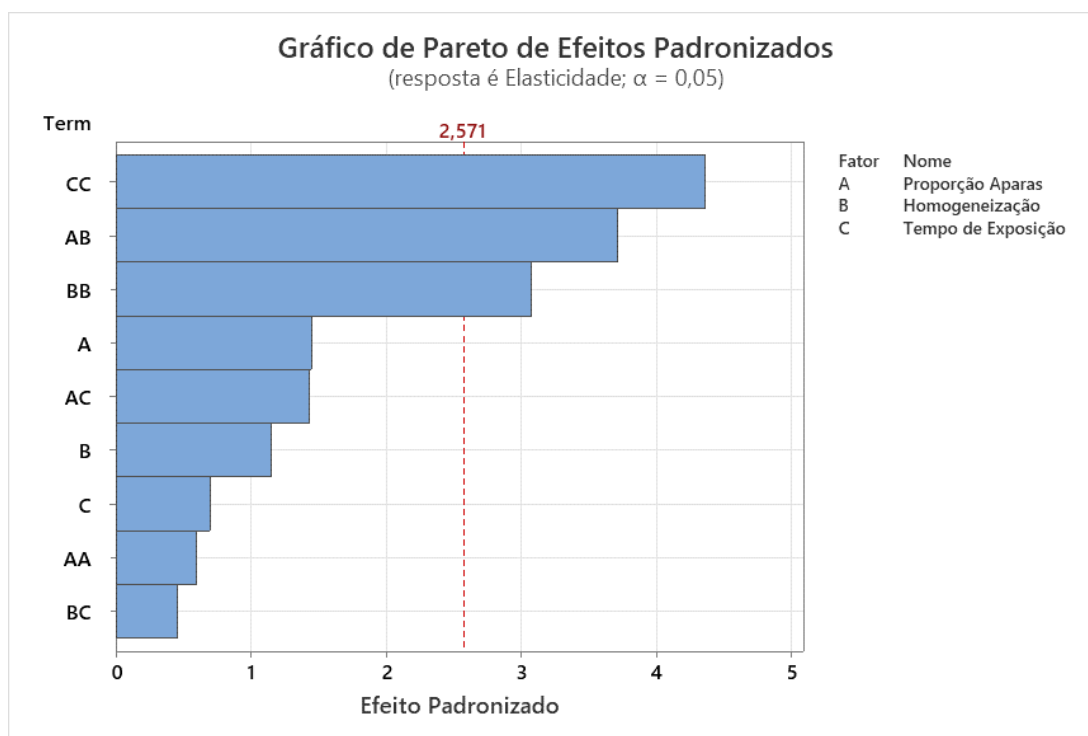


Figura 3.20 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que o Tempo de Exposição², Homogeneização², e a interação Proporção de Aparas * Homogeneização são os fatores mais significativos que afetam a elasticidade da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).

O gráfico de Pareto sugere que, para otimizar a elasticidade da massa de rissóis, é essencial focar nos efeitos quadráticos do "Tempo de Exposição (CC)" e do "Homogeneização (BB)", bem como na interação entre "Proporção de Aparas" e "Homogeneização (AB)". Estes fatores não lineares e interativos são os principais influenciadores da elasticidade e devem ser ajustados para atingir as propriedades da massa desejadas.

- Dureza

A figura abaixo apresenta o gráfico de Pareto de efeitos padronizados para o efeito "Dureza".



Figura 3.21 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que o Tempo de Exposição (linear e quadrático) e a interação entre Homogeneização e Tempo de Exposição são os fatores mais significativos que influenciam a dureza da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).

O gráfico destaca que o "Tempo de Exposição" (C) (linear e quadrático) e a interação entre "Homogeneização" e "Tempo de Exposição" (BC) são os fatores mais influentes na dureza da massa de rissóis, seguindo-se a interação entre os fatores "Proporção de Aparas" e "Homogeneização". Fatores como "Proporção de Aparas" e as suas interações com outros fatores têm menos impacto na dureza.

- **Extensibilidade**

A figura abaixo corresponde ao gráfico de Pareto de efeitos padronizados para o efeito "Extensibilidade".

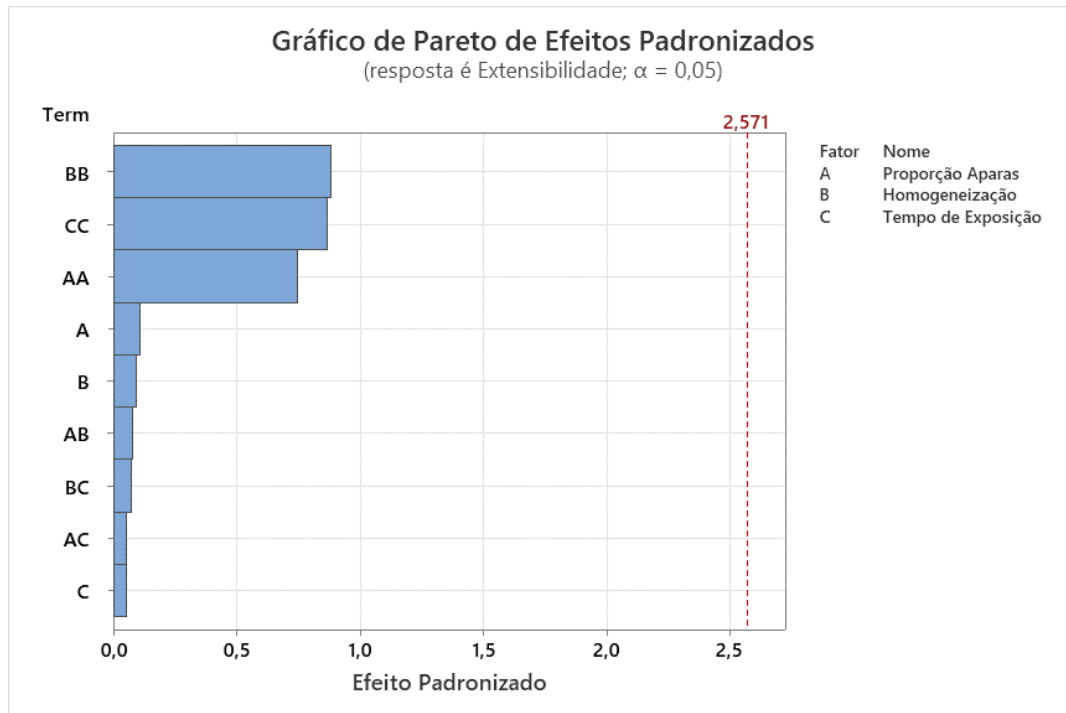


Figura 3.22 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que nenhum fator ou interação é estatisticamente significativo para a extensibilidade da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).

O gráfico acima indica que nenhum dos fatores ou as suas interações tem um impacto significativo na extensibilidade da massa de rissóis. Os efeitos quadráticos do "Homogeneização", "Tempo de Exposição", e "Proporção de Aparas" são os que mais se aproximam da significância, mas não ultrapassam o limiar crítico, confirmando que a extensibilidade não é sensível aos fatores estudados dentro do intervalo considerado.

- Resistência à rutura

A figura abaixo corresponde ao gráfico de Pareto de efeitos padronizados para o efeito "Resistência à rutura".

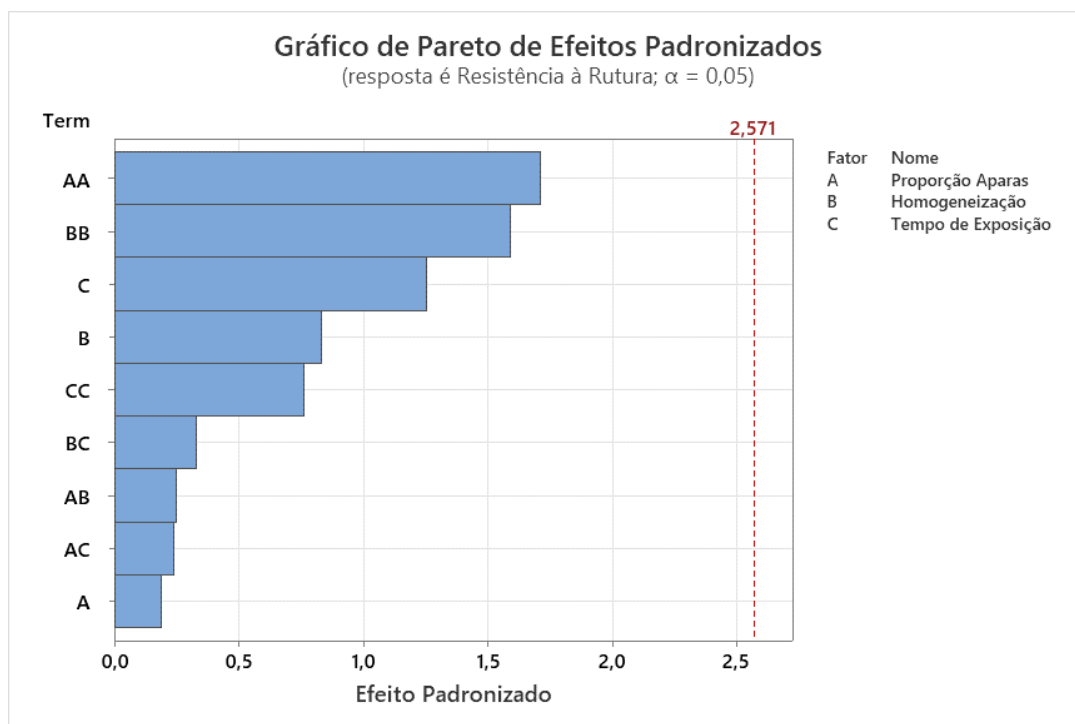


Figura 3.23 Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados mostrando que nenhum fator ou interação é estatisticamente significativo para a resistência à rutura da massa de rissóis ($\alpha = 0,05$).

O gráfico acima indica que nenhum dos fatores ou suas interações é estatisticamente significativo para a resistência à rutura da massa de rissóis, uma vez que todos os efeitos estão abaixo da linha de significância. No entanto, os efeitos quadráticos da "Proporção de Aparas" (AA) e do "Homogeneização" (BB) são os que mais se aproximam de ter um impacto relevante, sugerindo uma possível influência não linear que não é suficientemente forte para ser considerada significativa neste contexto.

Os resultados indicam que o tempo de homogeneização e a proporção de aparas são fatores significativos na formação de defeitos na massa. Os gráficos de Pareto mostram que esses fatores, assim como suas interações com o tempo de exposição, ultrapassam o limiar de significância.

A significância das aparas pode-se dever ao facto de que, quando não devidamente integradas, podem criar inconsistências na textura que levam a rasgos e buracos na massa. Estudos sugerem que a laminação, como técnica de desenvolvimento de glúten, pode ajudar a suavizar essas irregularidades ao redistribuir as proteínas do glúten, melhorando a coesão e, por conseguinte, a qualidade da massa (Lemay et al., 2020).

A elasticidade da massa está intimamente ligada ao desenvolvimento da rede de glúten, que é fortemente influenciada pelas condições de mistura e manipulação da massa. A adição de aparas pode alterar a distribuição e a densidade do glúten na massa, necessitando de ajustes no processamento para alcançar o ponto ideal de elasticidade (Shewry et al., 2002). O comportamento não linear observado na experiência indica que há um ponto ótimo para a incorporação de aparas que maximiza a elasticidade sem comprometer a qualidade.

O "Tempo de Exposição" e as interações entre "Homogeneização" e "Tempo de Exposição" mostraram-se fatores significativos para a dureza da massa. O gráfico de Pareto evidenciou que o "Tempo de Exposição" é o fator linear mais relevante, o que pode ser explicado pela influência do ambiente na estrutura da massa durante a exposição ao ar. A dureza está diretamente relacionada à resistência ao corte e à mastigabilidade do produto final, fatores críticos na aceitação do consumidor (Bourne, 2017). Aqui, o impacto das aparas na dureza, apesar de não ser significativo, pode ser relacionado à quantidade de glúten já parcialmente desenvolvido que se integra com a nova massa, afetando diretamente sua rigidez e textura.

Para a extensibilidade, nenhum dos fatores ou interações testadas foi estatisticamente significativo. Isso sugere que a extensibilidade da massa pode ser mais influenciada por outros fatores não considerados no presente estudo, como o teor de água ou a qualidade da farinha utilizada. A literatura aponta, no entanto, que a extensibilidade está fortemente relacionada à composição do glúten e à sua capacidade de formar uma matriz coesa e elástica (Belton, 1999). Portanto, futuros estudos devem considerar a inclusão de variáveis como o tipo de farinha para capturar os efeitos sobre a extensibilidade de maneira mais precisa.

Os efeitos quadráticos da "Proporção de Aparas" e do "Homogeneização" foram os mais próximos da significância para a resistência à rutura, embora não tenham sido significativos. A resistência à rutura, é uma propriedade crucial para a integridade estrutural da massa durante o manuseio e a cozedura. A falta de significância sugere que as variáveis testadas,

dentro dos níveis experimentais, não são os principais determinantes dessa propriedade. Também pode-se dar a situação da dependência não ser visível devido ao intervalo de fatores selecionado nesta experiência.

No entanto, a importância das aparas não deve ser subestimada, pois a distribuição inadequada pode comprometer a estrutura do glúten, afetando negativamente a resistência à rutura (Edwards, 2007).

Para melhor compreensão de como os fatores selecionados influenciam os efeitos (respostas) nesta experiência, abaixo apresentam-se os respectivos "*contour plots*" ou gráficos de contorno. Estes gráficos ajudam a identificar as combinações de fatores que levam a resultados ótimos, permitindo ajustes finos no processo para reduzir o desperdício e melhorar a qualidade do produto final.

O gráfico de contorno (*contour plot*) Figura 3.24 mostra a relação entre a quantidade de Defeitos na massa de rissóis e dois fatores: "Proporção de Aparas" (eixo X) e "Homogeneização" (eixo Y), enquanto o "Tempo de Exposição" é mantido constante em 10 minutos (como indicado nos valores de controle - "*Hold Values*").

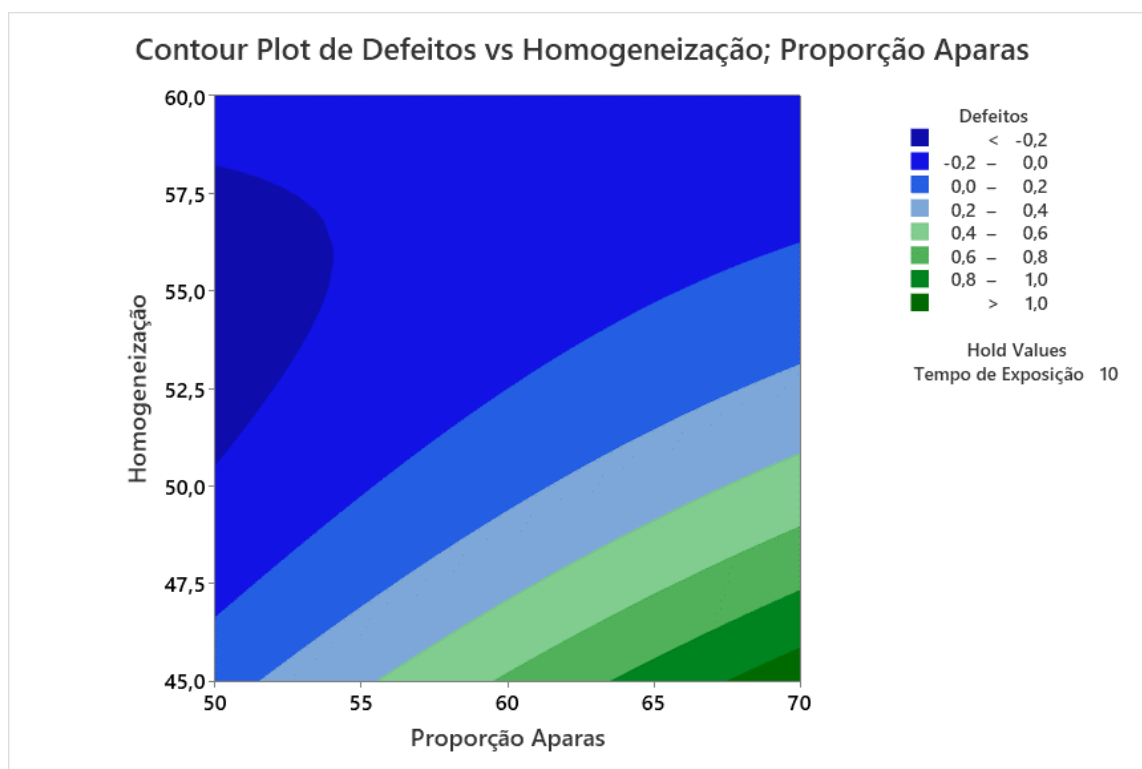


Figura 3.24 Gráfico de contorno relativo ao efeito da Proporção de Aparas e da Homogeneização sobre os Defeitos na massa, com o Tempo de Exposição fixo em 10 minutos.

No gráfico eixo X varia de 50% a 70%, representando diferentes proporções de aparas, enquanto o eixo Y varia de 45 a 60 segundos, mostrando a "Homogeneização". Os defeitos são indicados por tons de azul a verde, variando de menos de -0,2 a mais de 1.

Áreas em azul-escuro a azul-claro indicam menor quantidade de defeitos, especialmente quando a proporção de aparas está abaixo de 55% e o tempo de homogeneização está acima de 52,5 segundos. Áreas em verde-claro representam defeitos moderados, observados quando a proporção de aparas está entre 55% e 65% e o tempo de homogeneização varia entre 47,5 e 55 segundos. Regiões em verde-escuro indicam maior quantidade de defeitos, que ocorrem quando a proporção de aparas está acima de 65% e a "Homogeneização" está abaixo de 50 segundos.

O gráfico mostra que para reduzir defeitos, é necessário aumentar o tempo de homogeneização (acima de 52,5 segundos) e diminuir a proporção de aparas (menos de 55%).

O gráfico de contorno Figura 3.25 mostra como a "Proporção de Aparas" (eixo X) e o "Homogeneização" (eixo Y) influenciam a "Elasticidade" da massa de rissóis.

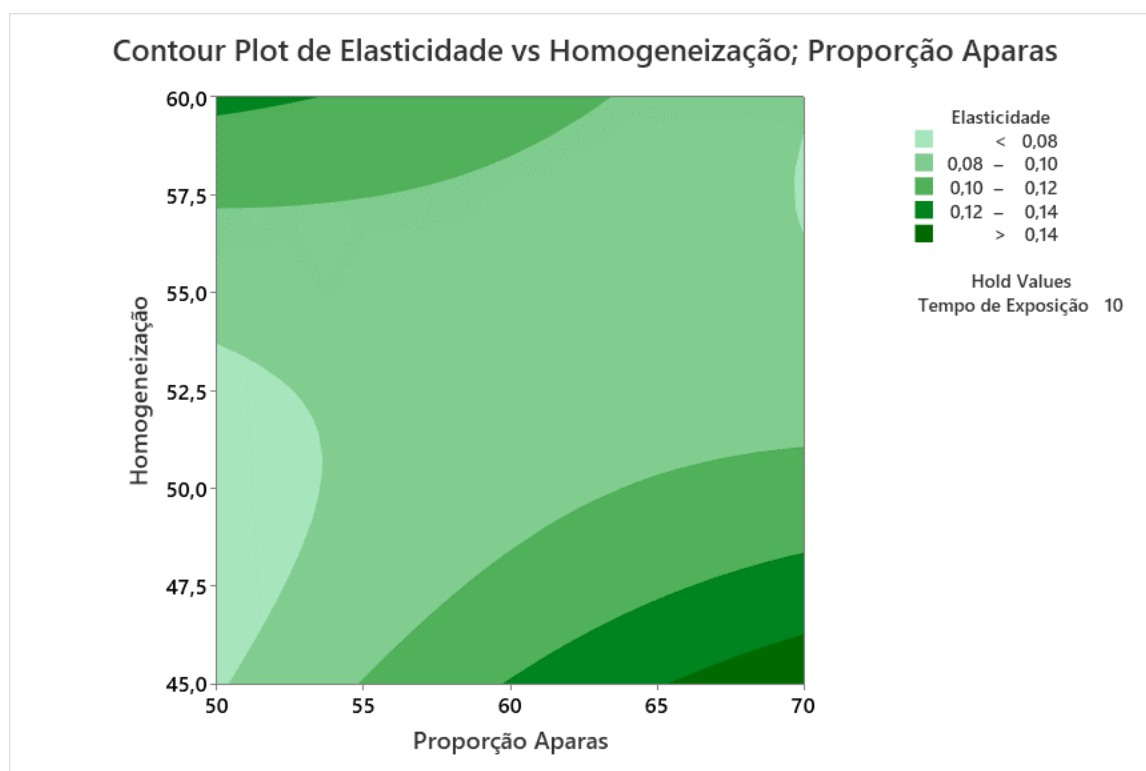


Figura 3.25 Gráfico de contorno relativo ao efeito da Proporção de Aparas e da Homogeneização sobre a Elasticidade da massa, com o Tempo de Exposição fixo em 10 minutos.

A elasticidade é representada por tons de verde que variam de menos de 0,08 a mais de 0,14 , conforme a legenda.

Áreas em verde-claro indicam menor elasticidade, observadas quando a proporção de aparas está abaixo de 55 e o tempo de homogeneização entre 45 e 50 segundos. Elasticidade moderada é encontrada em áreas de verde médio, ocorrendo quando a proporção de aparas está entre 55% e 65% e o tempo de homogeneização entre 50 e 55 segundos. As áreas de verde-escuro indicam maior elasticidade, que ocorre quando a proporção de aparas está acima de 65% e o tempo de homogeneização é maior que 55 segundos.

O gráfico revela que a elasticidade aumenta com o aumento da proporção de aparas ou com o aumento do tempo de homogeneização.

O gráfico Figura 3.26 mostra a relação entre a "Dureza" da massa de rissóis e dois fatores: "Proporção de Aparas" (eixo X) e "Homogeneização" (eixo Y). A dureza é representada por tons de verde, variando de menos de 800 g a mais de 1200 g.

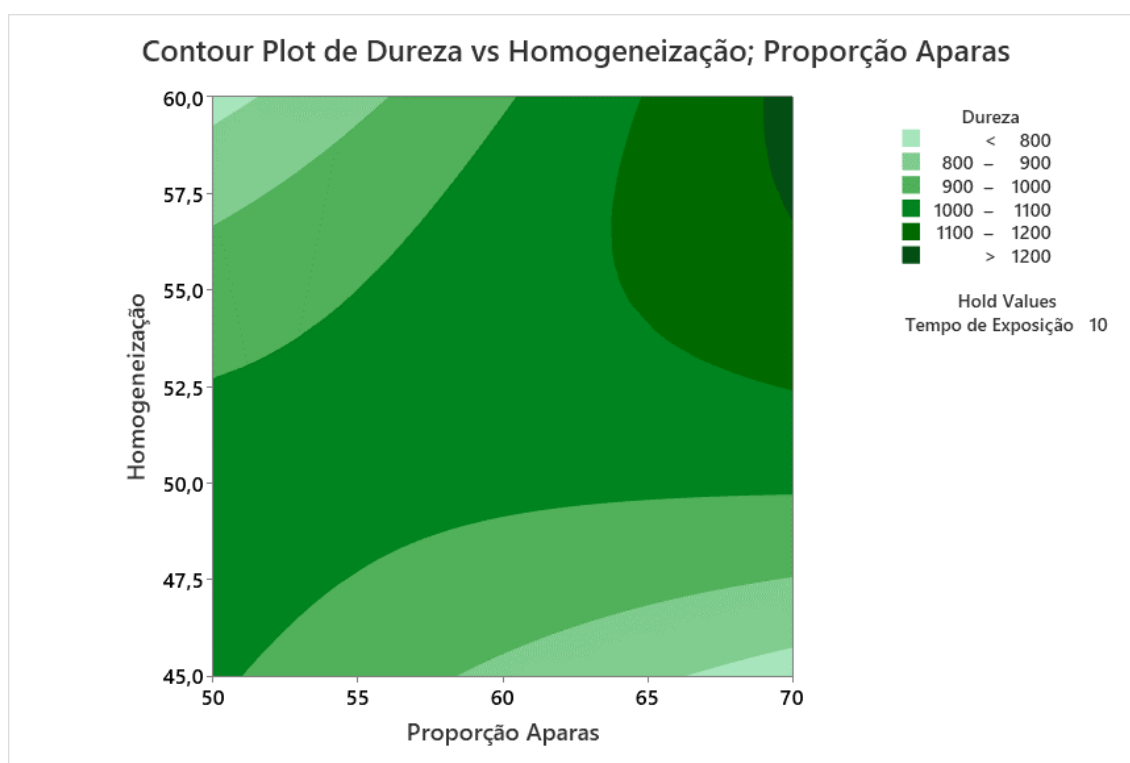


Figura 3.26 Gráfico de contorno relativo ao efeito da Proporção de Aparas e o Homogeneização sobre a Dureza da massa, mantendo o Tempo de Exposição em 10 minutos.

O mesmo gráfico indica que a dureza da massa muda com variações na proporção de aparas e no tempo de homogeneização. Durezas mais baixas (menos de 800 g) são observadas

em verde-claro, quando a proporção de aparas está entre 50% e 55% e o tempo de homogeneização é inferior a 50 segundos. Durezas moderadas (800 g a 1000 g) aparecem em verde médio, ocorrendo com proporções de aparas entre 55% e 65% e tempos de homogeneização entre 50 e 57,5 segundos. Durezas altas (1000 g a 1200 g ou mais) aparecem em verde-escuro, sendo mais comuns quando a proporção de aparas está acima de 60% e o Homogeneização é superior a 55 segundos.

O gráfico revela que tanto o aumento da proporção de aparas quanto o aumento do tempo de homogeneização tendem a aumentar a dureza da massa.

Os resultados deste estudo também reforçam a importância de uma gestão cuidadosa da proporção de aparas na produção de massa. As aparas podem ser uma forma eficaz de reduzir o desperdício e melhorar a sustentabilidade do processo de produção, desde que sejam devidamente integradas no processo de mistura e manipulação. A técnica de laminação, em particular, mostrou-se eficaz em mitigar os efeitos negativos das aparas, melhorando a coesão e a qualidade geral da massa (Shewry et al., 2002; Lemay et al., 2020). A abordagem otimizada para o uso de aparas pode resultar num produto final que mantém altos padrões de qualidade enquanto minimiza os custos e o desperdício.

3.1.3.2.2.1 Otimização de fatores significativos para a qualidade da massa

Finalmente, na fase de análise, recorreu-se à ferramenta estatística "*Response Optimizer*" (RO). Esta é utilizada no contexto de experiências de otimização para identificar os níveis ideais de variáveis que afetam uma resposta desejada. Esta ferramenta combina as relações entre os fatores estudados e as respostas observadas, encontradas através de modelos de regressão e superfícies de resposta, para maximizar ou minimizar um objetivo específico. Num ambiente industrial, como na linha de produção de rissóis, essa ferramenta é essencial para otimizar processos e reduzir o desperdício, garantindo eficiência e qualidade.

Assim sendo, e complementando a análise dos gráficos de contorno, que visualizam as interações entre os fatores como "Proporção de Aparas", "Homogeneização" e "Tempo de Exposição" e as suas influências na dureza, elasticidade e defeitos da massa, o RO (Tabela 3.4) permite determinar as condições exatas que minimizam defeitos e otimizam a textura da massa. Enquanto os gráficos de contorno fornecem uma compreensão visual de como as variáveis interagem, o RO vai além, utilizando essas informações para sugerir combinações ideais

de fatores que atendam a múltiplos objetivos ao mesmo tempo, como minimizar defeitos, controlar elasticidade e a dureza.

Tabela 3.4 Valores otimizados dos fatores para minimizar o efeito "defeitos".

Solução	Proporção Aparas	Tempo de Mistura	Tempo de Exposição	Elasticidade Fit	Dureza Fit	Defeitos Fit	Composite Desirability
1	50,6061	59,8485	11,5657	0,119883	1006,18	-0,0732578	0,997105
2	67,6583	60,0000	8,4196	0,090121	1088,21	0,0000008	0,855850

A análise das soluções do RO para a produção de rissóis na linha de produção destaca a importância de escolher combinações de fatores que otimizem a elasticidade e a dureza da massa, minimizando os defeitos. De acordo com a tabela de soluções, a Solução 2 parece ser a melhor opção quando o objetivo é minimizar a elasticidade, um fator crítico na melhoria da "*sheetability*" (capacidade de ser laminada ou laminabilidade) da massa. Tal aspecto alinha-se com as descobertas de Patel e Chakrabarti-Bell, (2013), que enfatizam que a elasticidade da massa é um fator determinante para sua laminabilidade pois massas mais elásticas tendem a retornar à sua forma original ao sair dos rolos, o que pode dificultar a obtenção de uma espessura consistente.

No contexto da produção de rissóis, onde a massa deve passar por rolos e manter a deformação adquirida, a elasticidade reduzida é preferível. A Solução 2 do RO apresenta uma elasticidade mais baixa (0,090121) e defeitos praticamente inexistentes (0,0000008), o que sugere que esta combinação de fatores (Proporção de Aparas de 67,7, Homogeneização de 60 segundos, e Tempo de Exposição de aproximadamente 8,4 minutos) é eficaz para reduzir a recuperação elástica da massa e, portanto, melhorar sua laminabilidade. Os estudos de Chakrabarti-Bell, et al., (2010) e Patel e Chakrabarti-Bell, (2013) reforçam que a elasticidade afeta diretamente a capacidade da massa de manter sua forma laminada. Eles propõem que uma elasticidade mais baixa, medida através de tempos de relaxamento, facilita o controle da espessura ao sair dos rolos de laminação.

Por outro lado, a Solução 1, embora apresente uma "*Composite Desirability*" ligeiramente superior (0,997105), tem uma elasticidade mais alta (0,119883), o que pode resultar em uma maior recuperação elástica, desfavorecendo a laminabilidade. Assim, apesar de parecer

mais desejável em termos globais, ela não atende ao critério específico de minimizar a elasticidade para melhorar a laminação da massa.

Portanto, ao considerar a laminabilidade como um fator crítico na produção de rissóis, a Solução 2 do RO oferece a melhor combinação de fatores para manter a integridade e consistência da massa após a laminação, promovendo um processo de fabricação mais eficiente e um produto final de maior qualidade.

3.1.4 Implementação de Melhorias no Processo de Produção

No que diz respeito ao ponto "Melhorar" dentro do método DMAIC, foi realizado um teste piloto para avaliar o impacto dos ajustes, baseados no ponto anterior, no processo de fabricação dos rissóis de leitão de 65g. Neste teste, foram preparadas duas bateladas de 100 kg de massa fresca cada, sendo consumida em porções de 30kg, numa proporção de 70% de aparas para 30% de massa fresca (18 kg de aparas e 12 kg de massa fresca) (Figura 3.27). O tempo de homogeneização da massa foi ajustado para 52 segundos, uma redução em relação ao tempo, originalmente sugerido no RO, de 60 segundos, visando manter a fluidez do processo produtivo. Cada batelada de massa fresca de teste foi consumida e exposta num período máximo de 10 minutos para evitar secagem excessiva.

Estas bateladas foram comparadas com duas bateladas de massa de controlo, que seguiram o processo tradicional, com tempo de homogeneização de 45 segundos e proporção de aparas usada de forma aleatória. Os resultados e observações foram analisados com foco na quantidade de aparas sujas, rissóis não conformes, defeitos como rasgos e buracos, e a presença de grumos na massa. As bateladas controlo e teste foram observadas de forma intercalada.



Figura 3.27 Misturadora semiautomática onde a massa fresca (12kg) é misturada com as aparas (18kg)

Abaixo encontram-se a Figura 3.28 com o gráfico comparativo do desperdício gerado na batelada de controlo e na batelada de teste, mostrando uma redução significativa de desperdício nas bateladas de teste.

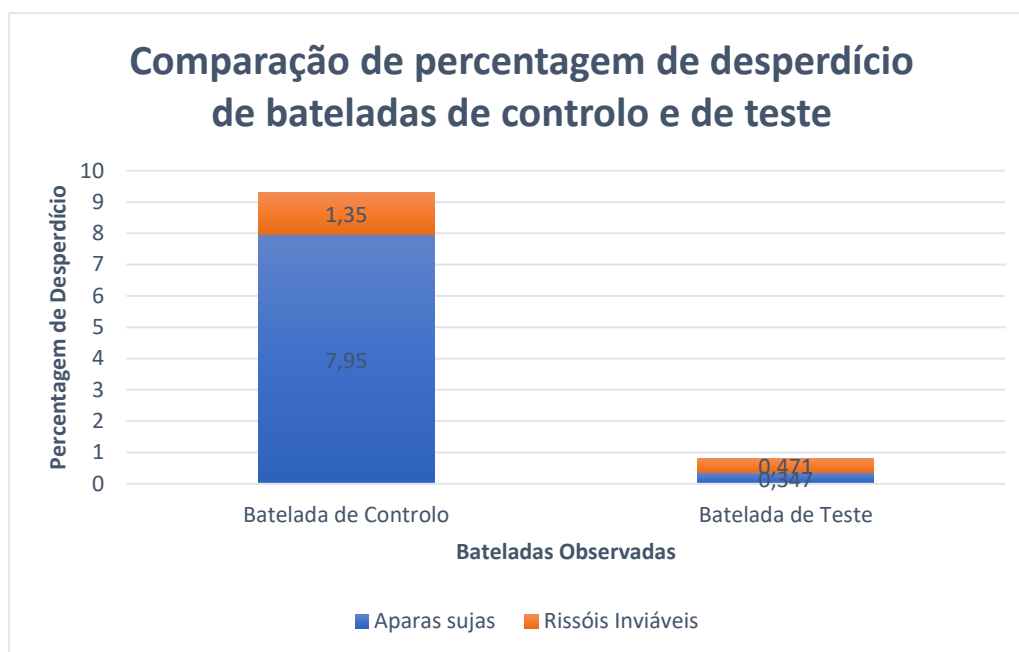


Figura 3.28 Gráfico da percentagem de desperdício (aparas sujas e rissóis inviáveis) resultantes das bateladas de controlo e de teste na produção de rissóis de leitão.

O gráfico acima apresenta duas categorias de desperdício, as quais, aparas sujas e rissóis inviáveis. A batelada de controlo mostra um desperdício 11 vezes maior, com 7,95% de aparas sujas e 1,35% de rissóis inviáveis, totalizando cerca de 9,3% de desperdício. Em contraste, a batelada de teste apresenta valores menores, com 0,347% de aparas sujas e 0,471% de rissóis inviáveis, totalizando aproximadamente 0,82% de desperdício.

Esta diferença sugere que as condições ajustadas na batelada de teste resultaram numa redução de 91,2% no desperdício, melhorando a eficiência da produção e a qualidade dos rissóis. A menor proporção de desperdício nas bateladas de teste indica que a otimização dos parâmetros foi eficaz.

Estes resultados estão em conformidade com outros estudos, que aplicaram metodologias semelhantes para otimizar processos em diferentes indústrias alimentares. A aplicação do *Lean Six Sigma* e *Six Sigma DMAIC*, conforme descrito em tais estudos, foca-se na eliminação de atividades que não agregam valor e na redução de defeitos e variabilidade nos processos de produção (Henny et al., (2019); Arifin et al., (2021). No caso dos rissóis, a padronização do tempo de homogeneização e da proporção de aparas, bem como o controlo rigoroso de

variáveis de processo, levaram a uma redução significativa de grumos, buracos e rasgos na massa, melhorando a extensibilidade e a qualidade geral do produto.

As ações de melhoria contínua são fundamentais para alcançar melhorias sustentáveis no processo produtivo (Arifin et al., 2021). No teste piloto de rissóis, mesmo diante de desafios, como a necessidade de ajustar o Homogeneização para 52 segundos devido à necessidade de manter o fluxo da linha de produção, os resultados mostraram que ajustes incrementais podem ter impactos significativos na redução de desperdício e na qualidade do produto. A padronização e a melhoria contínua não apenas otimizam os recursos, mas também reduzem o tempo de trabalho e o custo com defeitos (Arifin et al., 2021).

3.1.5 Desenvolvimento de um Plano de Monitorização Contínua

Relativamente ao aspeto "Controlar" do método DMAIC, foi desenvolvido um plano de monitoramento contínuo para assegurar a manutenção da qualidade da massa e a eficácia das melhorias implementadas durante a fase de melhoria.

O Plano de Controlo Six Sigma (em Apêndice C) é uma ferramenta essencial para garantir que as melhorias implementadas num processo sejam sustentadas a longo prazo. No contexto de uma linha de produção de rissóis, o plano de controlo serve como um guia para monitorar e gerenciar as variáveis críticas de processo (KPIVs) e os resultados (KPOVs) que são fundamentais para manter a qualidade e minimizar o desperdício. Ele proporciona uma abordagem estruturada para a recolha de dados, monitoramento e tomada de decisões corretivas, assegurando que a produção permaneça dentro dos padrões de qualidade estabelecidos.

O plano de controlo Six Sigma é um documento detalhado que especifica:

1. **Subprocessos e Etapas Críticas do Processo:** A produção de rissóis envolve várias etapas, desde a mistura da massa, moldagem, recheio, até o empanamento. Cada uma destas etapas pode ser decomposta em subprocessos que são críticos para a qualidade final do produto. O plano de controlo lista cada subprocesso e define os pontos de controlo para monitorar variáveis-chave.
2. **Variáveis Críticas para a Qualidade (CTQs), KPIVs e KPOVs:** Para cada etapa do subprocesso, o plano identifica as variáveis críticas que devem ser monitoradas. Por exemplo, na mistura da massa, a proporção de aparas e o tempo de homogeneização podem ser

identificados como KPIVs (variáveis de entrada), enquanto o número de defeitos (riscos e buracos) e rissóis inviáveis podem ser KPOVs (variáveis de saída).

3. **Especificações e Limites de Controle (USL e LSL):** O plano de controle define os limites superiores e inferiores de especificação para cada variável monitorada. Por exemplo, o tempo de homogeneização da massa pode ter um limite inferior (LSL) de 45 segundos e um limite superior (USL) de 52 segundos.
4. **Método de Medição e Frequência:** Para cada variável, o plano especifica o método de medição (por exemplo, pesagem de aparas sujas, inspeção visual de defeitos) e a frequência das medições (por exemplo, por lote, diariamente). Isso assegura que os dados sejam recolhidos de maneira padronizada e representativa.
5. **Responsabilidade e Registo:** Define quem é responsável por medir cada variável (por exemplo, operador de linha, supervisor de qualidade) e onde esses dados serão registados (planilha de controle de qualidade, software de monitoramento).
6. **Regras de Decisão e Ações Corretivas:** O plano de controle inclui regras claras para tomar decisões e ações corretivas caso os limites de especificação sejam ultrapassados. Por exemplo, se o peso de aparas sujas ultrapassar um determinado limite, a ação corretiva pode ser ajustar a proporção de aparas ou rever o procedimento de mistura.
7. **Referências de Procedimento Operacional Padrão (SOPs):** Para cada etapa e variável, o plano de controle faz referência a SOPs específicos que detalham os procedimentos a serem seguidos para medições, controle de qualidade e ações corretivas.

Além do plano de controle, os procedimentos operacionais padrão (POPs) foram atualizados (em Apêndice D) para refletir as novas práticas estabelecidas, garantindo que a equipa siga rigorosamente as novas diretrizes e mantenha a consistência e a qualidade dos rissóis ao longo do tempo. Este enfoque na monitorização contínua e na padronização de processos é fundamental para prevenir a reincidência de problemas e sustentar os ganhos obtidos com as ações de melhoria.

3.2 Valorização do Desperdício

Após a aplicação da metodologia DMAIC na linha de produção de rissóis, alcançou-se uma redução significativa de 91% no desperdício, minimizando a quantidade de aparas sujas e rissóis inviáveis. No entanto, mesmo com essa otimização, ainda existe uma fração de desperdício inevitável que precisa ser gerida de forma eficiente. Nesta subsecção, apresenta-se o estudo de valorização desse desperdício residual, explorando estratégias para a sua conversão em subprodutos de valor acrescentado, como ração para piscicultura. Através de uma abordagem multidimensional, analisou-se a viabilidade técnica, económica e ambiental dessas alternativas, visando promover uma cadeia de produção mais sustentável e alinhada com os princípios da economia circular.

3.2.1 Caracterização dos Resíduos

A caracterização dos resíduos da linha de produção de rissóis foi realizada através de análises químicas detalhadas das amostras de rissóis de leitão, camarão e carne, utilizando-se métodos de laboratório padrão. As análises incluíram a determinação de humidade, teor de proteína bruta, colesterol, matéria gorda, cinzas totais, fibra alimentar, hidratos de carbono, açúcares totais e sal, entre outros parâmetros. Estes resultados forneceram uma compreensão abrangente da composição nutricional dos resíduos, permitindo avaliar a sua adequabilidade para a conversão em ração para piscicultura.

Com base no boletim de análises químicas a amostras de rissol de leitão, carne e camarão, disponibilizado pela Eurofrozen, foi possível obter um perfil nutricional dos salgados, apresentado em baixo, na tabela Tabela 3.5.

Tabela 3.5 Comparação do perfil nutricional dos rissóis de leitão, carne e camarão (valores por 100 g de produto).

Componentes	Rissol de Leitão	Rissol de Carne	Rissol de Camarão
Proteína (g/100 g)	8,56	7,84	5,87
Gordura (g/100 g)	8,9	3,8	4,7
Hidratos de Carbono (g/100 g)	22,0	28,6	27,9
Fibra Alimentar (g/100 g)	1,05	1,9	1,9
Sal (g/100 g)	1,00	1,03	1,38

Os rissóis de leitão destacam-se pelo maior teor de proteína e gordura, mas apresentam o menor valor de hidratos de carbono, fibra e sal. Os rissóis de carne possuem um perfil equilibrado, com valores moderados de proteína, gordura e sal, mas têm o maior teor de hidratos de carbono. Por outro lado, os rissóis de camarão apresentam o menor teor de proteína e os maiores valores de sal, enquanto a gordura e os hidratos de carbono estão em níveis intermediários. A fibra alimentar é semelhante nos rissóis de carne e camarão, sendo ligeiramente menor no rissol de leitão.

Ao avaliar a adequação nutricional dos rissóis de carne, camarão e leitão para ração animal, especialmente para peixes, é essencial considerar o equilíbrio entre proteína, gordura, hidratos de carbono, fibra e sal. Joshi et al., (2021) afirmam que a proteína é o nutriente mais crucial para o crescimento dos peixes e também o componente mais caro da ração. Os autores destacam que as necessidades de proteína variam significativamente de acordo com a espécie de peixe, fases de vida e condições ambientais. Isto está em consonância com Lall e Dumas, (2022), que indicam que os requisitos de proteína para peixes juvenis situam-se entre 40-50% de proteína bruta (PB) para alcançar o crescimento máximo. Os rissóis analisados têm um teor de proteína mais baixo (5.87–8.56 g/100g), o que pode não atender às elevadas exigências de proteína de peixes carnívoros ou em fases juvenis, a menos que sejam suplementados com fontes de proteína adicionais. Além disso, Joshi et al., (2021) discutem o conceito de "poupança de proteína," onde os lípidos são usados para reduzir a dependência da proteína para a obtenção de energia. No entanto, se os rissóis forem utilizados como ingrediente de ração, o seu teor relativamente baixo de proteína e a potencial presença de proteínas não digeríveis (devido a métodos de processamento) podem limitar a sua eficácia como fontes primárias de proteína.

Ambas as fontes sublinham a importância da digestibilidade na formulação de rações. De acordo com Lall e Dumas, (2022), a digestibilidade é influenciada pelo processamento dos ingredientes, o que pode afetar a absorção e utilização de nutrientes. Joshi et al., (2021) complementam ao discutir como a forma física e o processamento das rações, como extrusão, moagem e inclusão de agentes aglutinantes, podem impactar a estabilidade da ração, a retenção de nutrientes e a digestibilidade. Para os rissóis, que passam por um processamento significativo, existe o risco potencial de digestibilidade reduzida, especialmente se ocorrer a reação de Maillard ou aquecimento excessivo, conforme mencionado por Lall e Dumas, (2022). Para mitigar este problema, Joshi et al., (2021) sugerem o uso de enzimas alimentares para melhorar a digestibilidade de carboidratos complexos e proteínas, o que poderia ser aplicado caso os rissóis fossem incluídos nas dietas de peixes.

Joshi et al., (2021) explicam que os carboidratos são uma fonte de energia económica, mas não são bem utilizados por todas as espécies de peixes, particularmente as carnívoras e marinhas, que dependem mais de proteínas e lípidos para energia. O alto teor de carboidratos no rissol de carne (28.6 g/100g) pode ser inadequado para tais espécies, alinhando-se com Lall e Dumas, (2022), que observam que peixes como os salmonídeos têm uma utilização limitada de carboidratos. Em contraste, peixes omnívoros como a tilápia podem beneficiar dos níveis de carboidratos nos rissóis, desde que estes estejam numa forma digerível. No que diz respeito aos lípidos, Joshi et al., (2021) destacam o papel dos lípidos dietéticos na poupança de proteína e no fornecimento de ácidos gordos essenciais. O teor de lípidos no rissol de leitão (8.9 g/100g) pode servir como fonte de energia, mas deve ser equilibrado para evitar a deposição excessiva de gordura, que poderia afetar a saúde dos peixes e a qualidade do produto final.

Finalmente, Joshi et al., (2021) discutem a importância das taxas de conversão alimentar (FCR) na determinação da viabilidade económica dos ingredientes de ração. O uso de produtos alimentares processados para consumo humano, poderia aumentar os custos da ração. No entanto, se estes estiverem disponíveis como subprodutos ou a custos reduzidos, poderão ser economicamente viáveis. Por outro lado, Lall e Dumas, (2022) sublinham que a eficiência de conversão da ração depende da digestibilidade e do perfil nutricional da mesma. Se os rissóis puderem ser integrados nas dietas de uma forma que complemente outros ingredientes ricos em nutrientes, poderão ser um componente de baixo custo, especialmente em sistemas de aquicultura semi-intensivos onde a alimentação suplementar é usada para melhorar a produtividade natural.

Em última análise, embora os rissóis possam ter potencial como ingredientes suplementares em rações para aquicultura, a sua utilização exigiria uma formulação cuidadosa para equilibrar o teor de proteína, lípidos e carboidratos e garantir uma digestibilidade adequada. O seu perfil nutricional pode limitar a sua aplicação como componente principal da ração para espécies com elevadas necessidades proteicas ou com utilização limitada de carboidratos. No entanto, para espécies omnívoras ou em sistemas onde os custos e a disponibilidade de ração são restrições significativas, os rissóis poderiam ser considerados, especialmente se combinados com estratégias para aumentar a disponibilidade de nutrientes e minimizar fatores anti-nutricionais. Assim, a sua adequação como ração para aquicultura dependerá amplamente da espécie de peixe alvo, das estratégias de alimentação e das considerações económicas do sistema de aquicultura.

3.2.2 Identificação de Empresas Parceiras

O processo de pesquisa de empresas parceiras para a valorização do desperdício de rissóis na linha de produção da Eurofrozen visou identificar entidades que pudessem transformar esses resíduos em subprodutos de valor acrescentado, como ração para piscicultura. Este processo foi orientado pelos princípios da economia circular, que procuram promover o reaproveitamento de resíduos, reduzindo o impacto ambiental e gerando benefícios económicos.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa extensiva para mapear empresas na região que operam no setor de transformação de resíduos orgânicos. A pesquisa incluiu a análise de bases de dados comerciais, redes de contactos do setor. Após a identificação das empresas com maior potencial, estabeleceram-se contactos iniciais para apresentar o projeto e discutir o interesse na parceria.

A empresa selecionada para a valorização dos resíduos orgânicos gerados na produção de rissóis pela Eurofrozen foi a AVASTEAM, devido ao seu histórico de colaboração e experiência na gestão de resíduos na indústria alimentar. A AVASTEAM fornece soluções integradas e sustentáveis para o tratamento de resíduos orgânicos, oferecendo tecnologias inovadoras e personalizadas que visam a maximização do aproveitamento de subprodutos, minimizando o impacto ambiental e promovendo a economia circular. Com um portfólio diversificado que inclui sistemas de secagem de alta eficiência, que não causam caramelização dos produtos, e tecnologias para otimização de processos na indústria alimentar, a AVASTEAM destaca-se como um parceiro estratégico para a Eurofrozen. A escolha da AVASTEAM foi também impulsionada pela sua flexibilidade em adaptar soluções específicas às necessidades do cliente, bem como pela sua experiência em maximizar o valor dos resíduos e subprodutos na indústria alimentar, alinhando-se assim aos objetivos de sustentabilidade e redução de desperdício da Eurofrozen.

Em termos de tecnologia, a AVASTEAM utiliza sistemas de secagem de baixa temperatura que preservam a qualidade nutricional dos resíduos orgânicos. A secagem a baixas temperaturas (abaixo de 60°C) permite a desidratação eficiente dos resíduos, como massas, aparas e produtos malformados, mantendo o seu valor nutricional. A empresa oferece soluções que combinam a homogeneização dos resíduos com a esterilização, eliminando patógenos e reduzindo a carga microbiana. Esta tecnologia é crucial para garantir a segurança dos subprodutos alimentares resultantes, tornando-os adequados para uso em alimentação animal ou como biofertilizantes. A AVASTEAM também emprega processos de fermentação controlada para estabilizar os resíduos orgânicos, promovendo a conversão de material orgânico em

subprodutos valiosos. A fermentação pode aumentar o valor nutricional dos resíduos e melhorar sua digestibilidade quando utilizados como ingredientes para ração.

A empresa disponibiliza diferentes modelos de negócio que permitem às empresas escolherem a melhor forma de transformar os seus resíduos em subprodutos de valor acrescentado, como fertilizantes ou biodiesel.

- **Instalação de Máquinas nas Instalações do Cliente** - A AVASTEAM oferece a opção de instalar as suas máquinas de transformação de resíduos diretamente nas instalações do cliente. Este modelo é ideal para empresas que desejam gerir os seus resíduos internamente e utilizar o subproduto final para fins próprios, como a fertilização de culturas agrícolas ou plantio de árvores nas suas instalações.
- **Aluguer de Máquinas** - Para empresas que preferem não investir diretamente na compra de equipamentos, a AVASTEAM oferece a opção de aluguer das suas máquinas de transformação de resíduos. Este modelo permite que as empresas testem a viabilidade do processo sem comprometerem capital significativo.
- **Parceria para Recolha e Transformação Externa** - Outra opção oferecida pela AVASTEAM é estabelecer uma parceria onde a empresa recolhe os resíduos orgânicos do cliente e os transforma nas suas próprias instalações. Este modelo é adequado para empresas que geram quantidades menores de resíduos ou que não têm interesse em gerir o processo internamente. Após a transformação dos resíduos, a AVASTEAM vende o subproduto, geralmente na forma de fertilizante, a outras empresas devido à alta procura deste insumo no mercado.

Dado que a quantidade de desperdício gerado na linha de produção varia conforme o tipo de rissol, situando-se entre 84,67 kg e 127,04 kg por dia de produção, a opção mais viável para a Eurofrozen é a recolha dos resíduos pela AVASTEAM. Esta alternativa permite que os resíduos sejam transformados em matérias-primas para ração animal, aproveitando a rede de parceiros da AVASTEAM que utilizam esses subprodutos em suas próprias cadeias produtivas. Esta opção é particularmente vantajosa, pois evita a necessidade de investimentos diretos por parte da Eurofrozen em equipamentos e infraestrutura, garantindo ao mesmo tempo a valorização sustentável dos seus resíduos orgânicos.

3.2.3 Viabilidade Económica

A análise de custo-benefício para a opção de fornecer os resíduos orgânicos da Eurofrozen à AVASTEAM considera os custos de recolha dos resíduos e os benefícios económicos,

ambientais e operacionais associados à valorização desses resíduos como matérias-primas para ração animal. Abaixo encontra-se uma breve análise económica:

Tabela 3.6 Estimativa de custos relativos à recolha de resíduos orgânicos da linha de produção de rissóis da Eurofrozen pela AVASTEAM

Item	Valor (Mês)	Comentários
Toneladas de resíduos orgânicos a recolher	0,3411	Baseado nas estimativas atuais de desperdício na linha de produção de rissóis, nas quais se produz 341,10 kg/mês de desperdício orgânico.
Preço de recolha por tonelada	40€/tonelada	Preço acordado com a AVASTEAM para recolha de resíduos.
Custo de recolha mensal	13,64€	

Na Tabela 3.6 é apresentada uma estimativa dos custos associados à terceirização da conversão dos resíduos orgânicos da linha de produção de rissóis, através da AVASTEAM. Os valores indicados refletem o cenário atual de desperdício. Os custos dependem, por um lado, da frequência de recolha (diária, semanal ou quinzenal) e da distância entre as instalações da Eurofrozen e da AVASTEAM (neste caso, de Almada para Alverca), sendo a recolha realizada em todos os dias úteis nas quantidades referidas.

Em entrevista com Augusto Sacramento, responsável da AVASTEAM, soube-se que a quantidade de resíduos gerada exclusivamente pela linha de produção de rissóis seria insuficiente para "alimentar" o equipamento de secagem e peletização da empresa. Deste modo, uma solução mais viável seria realizar a recolha de todos os resíduos orgânicos alimentares da Eurofrozen (devidamente separados e identificados), bem como integrar resíduos de outras empresas do setor alimentar da região, com as quais a AVASTEAM já colabora, a fim de aumentar o volume de resíduos orgânicos e tornar o processo economicamente compensador.

Comparando com o custo atual de recolha de resíduos (orgânicos e inorgânicos), e considerando a natureza variável do volume produzido mensalmente, observamos que, em dezembro de 2023, foram desembolsados 2275€ pela recolha de 96.000 litros de resíduos, o

equivalente a 12 toneladas. Embora a densidade dos resíduos possa variar, estima-se que os resíduos sólidos urbanos tenham uma densidade média de cerca de 0,125 toneladas por metro cúbico (Abilmagzhanov et al., 2022), resultando num custo aproximado de 189,58€/tonelada. Deste modo, o valor de recolha cobrado pela AVASTEAM mostra-se competitivo quando comparado aos custos atuais

Além disso, desta parceria podem advir outros ganhos não monetários. A valorização dos resíduos orgânicos pela Eurofrozen, em vez de enviá-los para aterros, contribui significativamente para a redução da pegada ambiental. Ao adotar essa prática, a empresa reduz as emissões de gases de efeito estufa, diminui o desperdício, alinhando-se com metas corporativas e regulatórias de sustentabilidade. Além disso, a conversão de resíduos em produtos valiosos, como ração animal, promove o aproveitamento de subprodutos, minimizando a necessidade de explorar novos recursos naturais.

A correta gestão de resíduos orgânicos também ajuda a Eurofrozen a manter-se em conformidade com as normas e regulamentações ambientais, que tendem a tornar-se mais rigorosas e adquirir certificações ambientais (como ISO 14001), que podem ser usadas para se diferenciar no mercado e atrair clientes preocupados com a sustentabilidade. Cumprir essas regulamentações evita penalidades e garante que a empresa esteja preparada para futuras exigências legais. Nesse contexto, a parceria com a AVASTEAM pode representar uma inovação em gestão sustentável, que pode ser comunicada aos *stakeholders*, clientes e consumidores. Ao demonstrar um compromisso com a redução do desperdício e a reutilização de materiais, a Eurofrozen melhora sua reputação e fortalece sua competitividade, especialmente entre consumidores que valorizam práticas sustentáveis.

Com a AVASTEAM responsável pela recolha e transformação dos resíduos, a Eurofrozen pode focar nas suas atividades principais, evitando custos e complexidades associados ao investimento em infraestrutura e tecnologia de gestão de resíduos. Essa simplificação operacional aumenta a eficiência, ao reduzir custos indiretos e otimizar a cadeia de gestão de resíduos.

Este modelo de recolha de resíduos orgânicos possibilita a participação de outras empresas alimentares da região no processo de valorização de desperdício alimentar. A AVASTEAM, ao recolher os resíduos dessas empresas, abre a oportunidade para a criação de um *cluster* de competitividade de economia circular, que integra diversas indústrias alimentares da região.

Este cluster não só pode vir a maximizar a eficiência do processo de recolha e tratamento de resíduos, como também a fomentar a colaboração entre as empresas, promovendo uma economia mais sustentável e inovadora (Razminien, et al., 2021; Stumpf, et al., 2021).

Embora os custos de preparação e operacionalização dos resíduos aumentem o investimento necessário, os benefícios indiretos em termos de sustentabilidade, imagem corporativa e potencial para certificações ambientais reforçam a viabilidade desta solução. A parceria com a AVASTEAM para a valorização de resíduos continua a ser uma opção estratégica alinhada com os objetivos de sustentabilidade da Eurofrozen, podendo ser ajustada conforme a evolução das operações e do mercado.

3.2.4 Viabilidade Ambiental

A Eurofrozen está localizada na região de Setúbal, conhecida pela sua significativa atividade de aquacultura, especialmente nas zonas da Mitrena, Pontes, Gâmbia, Zambujal e no canal de Alcácer. No estuário do Sado, cerca de 26% da produção refere-se à aquacultura de ostras, peixes e outros produtos, com 87 unidades de aquacultura identificadas em 2019, das quais 42 (abrangendo 422 ha) estão ativas (Município de Setúbal, 2019). Este contexto regional oferece um cenário propício para a valorização dos resíduos da produção de rissóis como uma fonte de ração para piscicultura, promovendo um ciclo de produção e reutilização mais sustentável.

A utilização dos resíduos gerados pela linha de produção de rissóis na formulação de ração para peixes pode reduzir significativamente a quantidade de resíduos que seriam enviados para aterros sanitários, diminuindo a sobrecarga em aterros sanitários.

Além disso, a produção de ração a partir de resíduos de rissóis pode contribuir para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE). A decomposição de resíduos orgânicos em aterros resulta na emissão de metano (CH₄), um GEE com um potencial de aquecimento global significativamente superior ao dióxido de carbono (CO₂) (Forastiere, et al., 2009; Sauve, G., & Acker, K., 2020).

A ração para peixes é fundamental na aquacultura, especialmente para espécies carnívoras ou em crescimento, que requerem dietas ricas em proteínas. Os resíduos de rissóis, que contêm uma combinação de proteínas e lípidos, podem ser utilizados como ingredientes

alternativos nas rações, reduzindo a necessidade de fontes tradicionais como a farinha de peixe, que tem um elevado impacto ambiental e económico (Sugiura, et al., 2009; Lall e Dumas, 2022).

O aproveitamento das condições regionais para a aquacultura fortalece ainda mais o argumento para o uso de resíduos de rissóis na produção de ração. A região de Setúbal, com as suas 42 unidades de aquacultura ativas, representa um mercado potencial imediato para a ração produzida localmente (Município de Setúbal, 2019). A proximidade geográfica pode diminuir significativamente os custos de transporte e logística associados ao fornecimento de ração, além de estimular a economia local. Além disso, a produção de ração a partir de resíduos locais pode contribuir para a autonomia e resiliência da cadeia de abastecimento de aquacultura na região.

A conversão de resíduos de rissóis em ração para peixes pode também reduzir a utilização de recursos e energia necessários para a produção de novos ingredientes a partir de matérias-primas virgens, diminuindo-se assim a pegada ecológica associada à produção de ração. Esta estratégia é alinhada com os princípios de sustentabilidade, promovendo um uso mais eficiente dos recursos e reduzindo os impactos ambientais da produção (Guillot, 2015, Ellen MacArthur Foundation, 2019; Nath, et al., 2023).

Por fim, a escolha do modelo de negócio sustentável da AVASTEAM influenciará diretamente a viabilidade ambiental da iniciativa. A opção de recolha e processamento dos resíduos pela AVASTEAM nas suas próprias instalações, por exemplo, poderia minimizar as necessidades de transporte e infraestrutura na Eurofrozen, contribuindo para a redução do impacto ambiental.

3.2.5 Operacionalização

A operacionalização do encaminhamento do desperdício de rissóis para recolha pela AVASTEAM envolve uma série de etapas bem definidas, que visam garantir a eficiência, segurança e sustentabilidade do processo. Estas etapas são projetadas para minimizar os custos operacionais, maximizar a eficácia da recolha de resíduos e assegurar que os resíduos sejam processados de acordo com as exigências e regulamentações ambientais. Abaixo listam-se as etapas a seguir no encaminhamento do desperdício segundo práticas descritas por Polprasert, C. (2007), WALGA, (2014), Abdel-Shafy e Mansour, (2018), (EPA, 2021)

1. Planeamento e Preparação

- a. **Identificação dos Resíduos Orgânicos:** Classificar os tipos de resíduos orgânicos gerados (massas, recheios, frutas, vegetais, carnes, laticínios entre outros). Este passo é especialmente importante na eventualidade da recolha incluir desperdício proveniente de outras linhas de produção. Isso ajuda a definir o tipo de tratamento ou acondicionamento necessário.
- b. **Criação de Zona de Triagem:** Definir áreas específicas para a triagem dentro da instalação, garantindo que sejam bem ventiladas e de fácil acesso para os trabalhadores, mas restritas ao acesso de pessoas não autorizadas. A zona deve ser claramente identificada e dividida por tipo de resíduo a triar.
- c. **Equipamentos Necessários:** Providenciar baldes de lixo, contentores, tapetes transportadores, mesas de triagem, balanças e prensas compactadoras, conforme necessário. Equipamentos de segurança, como luvas, aventais e máscaras, também devem ser disponibilizados para os trabalhadores.

2. Triagem e Separação de Resíduos

- a. **Procedimentos de Triagem:** Os resíduos devem ser triados imediatamente após a produção para evitar contaminação cruzada. Os funcionários responsáveis pela triagem devem ser treinados para separar resíduos orgânicos de resíduos não-orgânicos e recicláveis.
- b. **Categorias de Resíduos Orgânicos:**
 - i. **Resíduos de Preparação de Alimentos:** Cascas, talos, sementes, restos de frutas e vegetais.
 - ii. **Resíduos Cozinhados e de Sobras:** Aparas limpas, aparas sujas, sobras de recheios, produtos não conformes sem embalagem ou invólucro.
 - iii. **Subprodutos Animais:** Ossos, gorduras, peles.
- c. **Controlo de Contaminação:** Garantir que não há mistura de resíduos orgânicos com plásticos, metais ou outros materiais que possam comprometer o processo de compostagem ou digestão anaeróbica.

3. Acondicionamento dos Resíduos

- a. **Seleção de Contentores:** Usar contentores apropriados para cada tipo de resíduo. Contentores para resíduos orgânicos devem ser resistentes, de fácil limpeza e com tampas para evitar odores e a atração de pragas.
- b. **Rotulagem e Identificação:** Cada contentor deve ser devidamente rotulado com o tipo de resíduo que contém, a data de enchimento e as instruções para manipulação e transporte. Isso facilita o processo de recolha por terceiros e assegura o cumprimento das normas sanitárias.

4. Armazenamento Temporário e Manutenção

- a. **Local de Armazenamento:** Os contentores de resíduos devem ser armazenados em áreas designadas, preferencialmente à sombra e em locais frescos para minimizar a decomposição e o odor. Utilizar sistemas de contenção que evitem vazamentos, dispersão pelo vento ou água. Exemplos incluem contentores à prova de intempéries ou armazenados sob uma área coberta. O local deve ser de fácil acesso para a recolha. As áreas de armazenamento de contentores devem ser fáceis de limpar, equipada com água quente e/ou fria (incluindo mangueira) e conexão ao esgoto (já que a água proveniente desta limpeza não deve ser descartada em drenos de águas pluviais).
- b. **Condições de Armazenamento:** Monitorizar regularmente a temperatura e a integridade dos contentores para evitar derrames ou contaminações. Manter os resíduos longe de áreas de preparação de alimentos e assegurar um espaço de armazenamento adequado. No caso dos resíduos alimentares não poderem ser recolhidos com frequência, considerar o uso de refrigeradores dedicados para armazenar resíduos alimentares embalados até a recolha. Isso reduz odores e o risco de deterioração.
- c. **Limpeza e Desinfecção:** Estabelecer um cronograma regular de limpeza e desinfecção para todas as áreas de triagem e armazenamento de resíduos. Contentores devem ser lavados após cada utilização para evitar a propagação de microrganismos e eliminar odores.

5. Procedimentos para Recolha por Terceiros

- a. **Coordenação com Terceiros:** Estabelecer contratos e comunicações claras com empresas de recolha de resíduos ou prestadores de serviços de

compostagem/digestão anaeróbica. Determinar cronogramas de recolha que minimizem o tempo de armazenamento dos resíduos no local.

- b. Inspeção Pré-Recolha:** Antes da recolha, os contentores devem ser inspecionados para garantir que não contêm materiais não-orgânicos ou contaminantes. Garantir que todos os contentores estão corretamente etiquetados.
- **Documentação e Registo:** A cada recolha, a Eurofrozen deve manter um registo detalhado da quantidade de resíduos encaminhados, as condições de armazenamento e quaisquer características relevantes do resíduo que possam impactar o processamento. Estes registos são fundamentais para rastreabilidade, conformidade regulatória e avaliação contínua da eficácia do sistema de recolha de resíduos. A Eurofrozen também deve manter um sistema de comunicação direta com a AVASTEAM para ajustar o cronograma de recolha conforme necessário e garantir que todas as partes estejam alinhadas quanto aos procedimentos.

6. Formação e Conformidade

- a. Formação de Funcionários:** Para garantir a correta separação, preparação e encaminhamento dos resíduos, todos os colaboradores envolvidos devem ser treinados regularmente nas melhores práticas de gestão de resíduos, segurança alimentar, higiene e conformidade regulatória. A formação deve incluir simulações práticas, avaliação de desempenho e feedback contínuo para melhorar a eficiência do processo.
- b. Conformidade Regulamentar:** Acompanhar as regulamentações locais, nacionais e europeias sobre a gestão de resíduos orgânicos. Implementar auditorias regulares para assegurar que os procedimentos estão em conformidade com as leis ambientais e sanitárias

CONCLUSÃO

4.1 Considerações Finais

A presente dissertação explorou a problemática do desperdício na linha de produção de rissóis na Eurofrozen e propôs soluções integradas para a sua redução e valorização, seguindo os princípios da hierarquia do desperdício alimentar. Através da aplicação da metodologia DMAIC, identificaram-se as principais causas do desperdício e implementaram-se melhorias significativas no processo de produção que resultaram numa redução de 91% do desperdício. Este resultado demonstra a eficácia de uma abordagem sistemática e baseada em dados para otimizar processos na indústria alimentar, melhorando tanto a eficiência operacional quanto a sustentabilidade.

No que respeita ao reaproveitamento dos resíduos inevitáveis, optou-se pela sua conversão em ração para aquacultura como método de valorização, respeitando a hierarquia do desperdício alimentar. Este modelo prioriza o uso do desperdício orgânico como recurso alimentar, maximizando o seu valor antes de considerar alternativas menos nobres, como a produção de fertilizante. A análise de viabilidade revelou que, dado o volume de resíduos gerados e as capacidades tecnológicas da AVASTEAM, a recolha e transformação destes resíduos em subprodutos é uma solução vantajosa tanto do ponto de vista económico quanto ambiental. A utilização de resíduos de rissóis da Eurofrozen como matéria-prima para a produção de ração para aquacultura é uma abordagem promissora, especialmente considerando o contexto regional favorável de Setúbal como um polo de aquacultura. A redução de resíduos sólidos, a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, e a reutilização eficiente de subprodutos reforçam a viabilidade desta estratégia. Embora o uso como fertilizante orgânico possa ser

uma opção secundária, o foco na produção de ração para peixes alinha-se melhor com as necessidades da região e os princípios de sustentabilidade.

Esta estratégia não só contribui para a sustentabilidade da Eurofrozen, ao minimizar os custos associados à gestão de resíduos e reduzir a pegada ambiental, mas também se alinha com as práticas de economia circular, ao criar valor a partir de subprodutos que, de outra forma, seriam descartados.

A integração das abordagens DMAIC e multidimensional para a redução e valorização de resíduos na Eurofrozen reflete uma resposta inovadora e prática à crescente procura de sustentabilidade na indústria alimentar. A pesquisa não só fornece uma solução concreta para a empresa, como também serve de modelo replicável para outras empresas da indústria alimentar que enfrentam desafios semelhantes. Estudos futuros podem expandir esta abordagem, incluindo análises mais detalhadas de viabilidade económica e ambiental, e explorar outras possibilidades de valorização de subprodutos, reforçando ainda mais o compromisso com uma produção sustentável e eficiente.

4.2 Análise SWOT

FATORES INTERNOS	
<i>STRENGTHS (FORÇAS) +</i>	<i>WEAKNESSES (FRAQUEZAS) –</i>
Redução de Desperdício: Implementação eficaz do método DMAIC resultando em uma redução de 91% do desperdício na linha de produção de rissóis, aumentando a eficiência operacional. Aproveitamento de Subprodutos: Parceria com a AVASTEAM permite a transformação de resíduos orgânicos em produtos de valor (ração animal), minimizando o impacto ambiental e gerando benefícios econômicos. Conformidade com a Sustentabilidade: Alinhamento da estratégia com os princípios de economia circular e sustentabilidade, valorizando os resíduos e minimizando a pegada ecológica. Reputação e Imagem: Adoção de práticas sustentáveis pode melhorar a reputação da Eurofrozen no mercado, atraindo consumidores conscientes e investidores.	Dependência de Parceiros Externos: A estratégia depende da colaboração e capacidade de terceiros (AVASTEAM) para a transformação dos resíduos, o que pode limitar o controle sobre o processo. Custos de Implementação e Operacionalização: Embora não haja custos adicionais significativos com mão de obra, há custos associados ao transporte, preparação e armazenamento dos resíduos.
FATORES EXTERNOS	
<i>OPPORTUNITIES (OPORTUNIDADES) +</i>	<i>THREATS (AMEAÇAS) –</i>
Expansão para Novos Mercados: A produção de subprodutos como fertilizantes ou ração animal abre novas possibilidades de mercado e parcerias comerciais, especialmente no setor agrícola e aquícola. Acesso a Incentivos Governamentais: A adoção de práticas sustentáveis pode qualificar a empresa para incentivos fiscais e financeiros oferecidos por programas governamentais de sustentabilidade. Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos: O sucesso na valorização de resíduos pode incentivar o desenvolvimento de novos produtos a partir de outros tipos de desperdícios. Crescimento da Economia Circular: A tendência global em direção à economia circular pode aumentar a procura por práticas de valorização de resíduos e abrir novas oportunidades de colaboração.	Mudanças na Legislação: Regulamentações mais rigorosas quanto à formulação de ração para piscicultura podem afetar os custos de implementação e operacionalização de estratégias de gestão de resíduos. Concorrência e Alternativas Mais Sustentáveis: Empresas concorrentes podem adotar práticas ainda mais inovadoras ou sustentáveis, oferecendo alternativas mais atrativas ao mercado.

4.3 Recomendações

As recomendações apresentadas visam consolidar as melhorias identificadas ao longo deste estudo, sugerindo diretrizes para a continuidade da redução de desperdício e para a valorização dos subprodutos, garantindo uma produção mais eficiente e sustentável.

- Considerar a possibilidade de automatizar o processo de mistura e homogeneização da massa, utilizando sensores que garantam a proporção correta de ingredientes e o Homogeneização. Isso pode reduzir a variabilidade e aumentar a eficiência do processo.
- Utilizar guias visuais ou dispositivos simples que ajudem a alinhar o camarão manualmente de forma consistente, reduzindo erros de posicionamento e evitando cortes no camarão que resultam em aparas sujas e problemas na extensão da massa.
- Os operadores que estão na linha de frente da produção de rissóis podem oferecer insights valiosos sobre onde ocorrem problemas e como os processos podem ser melhorados. Reuniões regulares para discutir melhorias podem aumentar a eficiência e reduzir o desperdício.
- Implementar um sistema robusto de monitoramento contínuo da qualidade da massa de rissóis e do processo de produção, como sugerido na etapa "Controlar" do DMAIC. Utilizar indicadores-chave de desempenho (KPIs) para medir a eficiência, redução de defeitos e a quantidade de resíduos produzidos.
- Realizar auditorias periódicas para garantir que os procedimentos de redução de desperdício e a preparação de resíduos para transformação estejam em conformidade com os padrões de qualidade e segurança alimentar.
- Desenvolver um sistema de documentação e rastreabilidade que permita o monitoramento do fluxo de resíduos desde a produção até a transformação, facilitando auditorias e garantindo conformidade com regulamentações ambientais.
- Identificar programas de incentivos e subsídios governamentais ou europeus que possam apoiar financeiramente as iniciativas de redução de desperdício e valorização de resíduos.
- Aproveitar os benefícios fiscais associados a práticas sustentáveis e buscar certificações ambientais que possam agregar valor ao produto final e à marca da empresa

5 BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Shafy, H. I., Mansour, M. S. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian journal of petroleum*, 27(4), 1275-1290.
- Abilmagzhanov, A., Ivanov, N., Kholkin, O., Adelbayev, I. (2022). Studying of Energy and Environmental Characteristics of Municipal Solid Waste From Shymkent City Polygon. 10.21203/rs.3.rs-1944414/v1.
- Algasse, F., Yang, Q., Au, J. (2014). Application of Lean Six Sigma Principles to Food Distribution SMEs. *American academic & scholarly research journal*, 6, 251.
- Alhaddi, H. (2015). Triple bottom line and sustainability: A literature review. *Business and Management studies*, 1(2), 6-10.
- Ali, A. Y. (2020). Six Sigma-DMAIC and food waste hierarchy-based framework for reducing food waste in University canteens in Ethiopia. *International journal of research in industrial engineering*, 9(1), 77-83.
- Arifin, M. H. F., Mustanirroh, S. A., Sucipto, S. (2021). Application of the Six Sigma DMAIC in quality control of potato chips to reduce production defects. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 924, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
- Azalanazlay, N., Lim, S. (2019). A Systematic Review of Lean Six Sigma Implementation in Food Industry. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.14.27664>.
- Belton, P. S. (1999). On the elasticity of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 29(2), 103-107.
- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2ª Edição. Academic Press. São Francisco.
- Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresour. technology*, 248, 57-67.
- Chakrabarti-Bell, S., Patel, M. J., Scanlon, M. G. (2010). Computational modeling of dough sheeting and physical interpretation of the non-linear rheological behavior of wheat flour dough. *Journal of Food Engineering*.

- Cheli, F., Gallo, R., Battaglia, D., Dell'Orto, V. (2013). EU Legislation on Feed Related Issues: An Update. *Italian Journal of Animal Science*, 12(2). <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e48>
- Comissão Europeia. (2008). Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas directivas. Em: Jornal Oficial, L 312 de 22.11.2008, p. 3–30. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/por>
- Comissão Europeia. (2009). Regulamento (CE) n. o 767/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de Julho de 2009, relativo à colocação no mercado e à utilização de alimentos para animais, que altera o Regulamento (CE) n. o 1831/2003 e revoga as Directivas 79/373/CEE do Conselho, 80/511/CEE da Comissão, 82/471/CEE do Conselho, 83/228/CEE do Conselho, 93/74/CEE do Conselho, 93/113/CE do Conselho e 96/25/CE do Conselho e a Decisão 2004/217/CE da Comissão. Em: Jornal Oficial, L 229 de 1.9.2009, p. 1–28. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32009R0767>
- Comissão Europeia. (2013). Regulamento (UE) n. ° 68/2013 da Comissão, de 16 de janeiro de 2013 , relativo ao Catálogo de matérias-primas para alimentação animal Texto relevante para efeitos do EEE. Em: Jornal Oficial, L 29 de 30.1.2013, p. 1–64. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32013R0068&qid=1727476538368>.
- Comissão Europeia. (2023). Factsheet on reducing food waste In EU. Disponível em https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_23_3569 Acedido a 10 de Julho de 2024
- Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente E Desenvolvimento (CMMAD).(1988). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas.
- Costa, L., Filho, M., Fredendall, L., Paredes, F. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.10.002>.
- Deymi-Dashtebayaz, M., Hosseinzadeh, D., Asadi, M., Khutornaya, J., Sergienko, O. (2024). A Comprehensive Review of Food Waste Dryers and Their Energy Supply Methods. *Waste and Biomass Valorization*, 1-30. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2> Acedido a 28 de Julho, 2024.
- Direção-Geral de Recursos Naturais, Águas e Mares (DGRM). (2021). Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa 2021-2030. DGRM.
- Dora, M., Gellynck, X. (2015). Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: A Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*, 31, 1151 - 1159. <https://doi.org/10.1002/qre.1852>.
- Edwards, W. P. (Ed.). (2007). *The science of bakery products*. Royal Society of chemistry. RSC Publishing. Reino Unido.

- Dora, M., Wesana, J., Gellynck, X., Seth, N., Dey, B., De Steur, H. (2020). Importance of sustainable operations in food loss: evidence from the Belgian food processing industry. *Annals of operations research*, 290, 47-72.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). Cities and circular economy for food.
- Environment Protection Authority of Victoria (EPA). (2021). Managing industrial waste – Your duties as a waste producer. Publication 1990.1. Disponível em <https://www.epa.vic.gov.au/about-epa/publications/1990-1>. Acedido a 25 de Agosto de 2024.
- EUROSTAT. (2023). Food Waste and Food Waste Prevention–Estimates. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Food_waste_and_food_waste_prevention_-_estimates#Amounts_of_food_waste_at_EU_level Acedido a 10 de Julho de 2024.
- Fan, X., Liu, C., Li, L., Shang, J., Hong, J., Liu, M., Zheng, X. (2023). Impact of salt and homogenization on yield, aggregation, and mechanical characteristics of wheat gluten separated by batter procedure. *Journal of Cereal Science*, 109, 103623.
- FAO. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome
- Forastiere, F., Badaloni, C., de Hoogh, K., von Kraus, M.K., Martuzzi, M., Mitis, F., Palkovičová, L., Porta, D., Preiss, P., Ranzi, A., Perucci, C.A., Briggs, D.J. (2009). Health impact assessment of waste management facilities in three European countries. *Environmental Health*, 10, 53 - 53.
- Gillespie of Blackhall, R. (2022). Understanding Lean Six Sigma as a Waste Square (Version 1). University of Sussex. <https://hdl.handle.net/10779/uos.23487047.v1>
- Giroto, F., Alibardi, L., Cossu, R. (2015). Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste management*, 45, 32-41.
- Guillot, J. D. (2015). Circular economy: Definition, importance and benefits. *European Parliament*.
- Henny, H., Andriana, I., Latifah, A. N., Haryanto, H. (2019, November). The Application Lean Six Sigma Method Approach to Minimize Waste. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 662, No. 2, p. 022089). IOP Publishing.
- Hung, H. C., Sung, M. H. (2011). Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 580-591.
- Ibarra, J. D., Robles, A., Montemayor, A., Iñiguez, A., Blanco, A., Torrecillas, A. (2018). A lean six sigma project to reduce waste and variability in a confectionery manufacturing. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 631-641).
- Instituto Nacional de Estatística (INE). (2024). Anual - Estatísticas do Desperdício Alimentar. Instituto Nacional de Estatística. Disponível em

https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorr-Cod=0011470&contexto=bd&selTab=tab2. Acedido a 28 de Julho, 2024.

- International Food & Beverage Alliance (IFBA). (2024). The Role of Processed Foods in a Sustainable Food System.
- Crittenden, V. L., Crittenden, W. F., Ferrell, L. K., Ferrell, O. C., Pinney, C. C. (2011). Market-oriented sustainability: a conceptual framework and propositions. *Journal of the academy of marketing science*, 39, 71-85.
- Joshi, P. S., Praveen, B. M., & Aithal, P. S. (2021). Introduction to the fish nutrition, feed formulation, and feeding conversion. *Bio. Disc*, 12(4), 208-216.
- Katsarova, I.(2024). Waste framework directive: A more sustainable use of natural resources [Briefing]. European Parliamentary Research Service. Disponível em [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/757572/EPRS_BRI\(2023\)757572_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/757572/EPRS_BRI(2023)757572_EN.pdf) Acessado a 05 de Julho de 2024.
- Kim, S., Lee, Y., Lin, K., Hong, E., Kwon, E., Lee, J. (2020). The valorization of food waste via pyrolysis. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120816. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120816>.
- Lall, S. P., Dumas, A. (2022). Nutritional requirements of cultured fish: Formulating nutritionally adequate feeds. In *Feed and feeding practices in aquaculture* (pp. 65-132). Woodhead publishing.
- Lemay, A., Nassar, R., Dubé, M. A. (2020). Development of Bread Dough by Sheeting: Effects of Sheeting Regime, Bran Level and Bran Particle Size. *Journal of Food Engineering*, 276, 109582.
- Malenica, D., Kass, M., Bhat, R. (2022). Sustainable Management and Valorization of Agri-Food Industrial Wastes and By-Products as Animal Feed: For Ruminants, Non-Ruminants and as Poultry Feed. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15010117>.
- Banožić, M., Vladić, J., Banjari, I., Velić, D., Aladić, K., Jokić, S. (2021). Spray Drying as a Method of Choice for Obtaining High Quality Products from Food Wastes– A Review, *Food Reviews International*, DOI: 10.1080/87559129.2021.1938601
- Ministério do Ambiente e Ação Climática. (2020). Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro. Diário da República n.º 239/2020, 1º Suplemento, Série I de 2020-12-10, páginas 2 - 269. Disponível em <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012> Acedido 29 de Julho de 2024.
- Mo, W., Choi, W., Man, K., Wong, M. (2019). Food waste-based pellets for feeding grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*): Adding baker's yeast and enzymes to enhance growth and immunity.. *The Science of the total environment*, 707, 134954 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134954>.

- Mo, W., Man, Y., Wong, M. (2018). Use of food waste, fish waste and food processing waste for China's aquaculture industry: Needs and challenge.. *The Science of the total environment*, 613-614, 635-643 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.321>.
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Moubarac, J. C., Levy, R. B., Louzada, M. L. C., Jaime, P. C. (2018). The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public health nutrition*, 21(1), 5-17.
- Município de Setúbal (2019). Estudo valoriza produção de ostra. Disponível em: https://www.mun-setubal.pt/estudo-valoriza-producao-de-os-tra/?ding_wp_cron=1593960764.0447599887847900390625
- NAAS 2022. Waste to Wealth – Use of Food Waste as Animal Feed and Beyond. Policy Paper No. 115, National Academy of Agricultural Sciences, New Delhi: 12 p.
- Nasser, N., Babikian, J., Hatem, M., Saoud, I., Abiad, M. (2018). Evaluation of post-consumer food waste as partial replacement of commercial feed in marbled rabbitfish, *Siganus rivulatus* aquaculture. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2051-x>.
- Nath, P. C., Ojha, A., Debnath, S., Sharma, M., Nayak, P. K., Sridhar, K., Inbaraj, B. S. (2023). Valorization of food waste as animal feed: a step towards sustainable food waste management and circular bioeconomy. *Animals*, 13(8), 1366.
- Nayak, A., Bhushan, B. (2019). An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. *Journal of environmental management*, 233, 352-370 . <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.041>.
- Noori, A.W., Royen, M.J., Medved'ová, A., Haydari, J. (2022). Drying of Food Waste for Potential Use as Animal Feed. *Sustainability* 14, 5849. <https://doi.org/10.3390/su14105849>
- ONU (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015, 42809, 1-13.
- Osella, C. A., Robutti, J., Sánchez, H. D., Borrás, F., De la Torre, M. A. (2008). Dough properties related to baking quality using principal component analysis análisis de componentes principales entre propiedades de masa y productos panificados. *CYTA-Journal of Food*, 6(2), 95-100.
- Park, S. H., Lamsal, B. P., e Balasubramaniam, V. M. (2014). Principles of food processing. In S. Clark, S. Jung, & B. Lamsal (Eds.), *Food processing: Principles and applications* (2nd ed., pp. 1-25). John Wiley & Sons, Ltd
- Parlamento Europeu (2008). Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas directivas (Texto relevante para

efeitos do EEE). Disponível em: EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0098> Acedido a 10 de Julho de 2024.

- Patel, M. J., Chakrabarti-Bell, S. (2013). Flour quality and dough elasticity: Dough sheetability. *Journal of Food Engineering*, 115(3), 371-383.
- Pattnaik, M., Pandey, P., Martin, G., Mishra, H., Ashokkumar, M. (2021). Innovative Technologies for Extraction and Microencapsulation of Bioactives from Plant-Based Food Waste and Their Applications in Functional Food Development. *Foods*, 10. <https://doi.org/10.3390/foods10020279>.
- Pham, T., Kaushik, R., Parshetti, G., Mahmood, R., Balasubramanian, R. (2015). Food waste-to-energy conversion technologies: current status and future directions. *Waste management*, 38, 399-408. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.12.004>.
- Plazzotta, S., Manzocco, L. (2019). Food waste valorization. *Saving Food*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815357-4.00010-9>.
- Polprasert, C. (2007). Organic waste recycling: technology and management. IWA publishing.
- Powell, D., Lundebj, S., Chabada, L., & Dreyer, H. (2017). Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8, 53-64. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0024>.
- Rajeh, C., Saoud, I., Kharroubi, S., Nalbandian, S., Abiad, M. (2020). Food loss and food waste recovery as animal feed: a systematic review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01102-6>.
- Rasper, V.F. (1993). Dough rheology and physical testing of dough. In: Kamel, B.S., Stauffer, C.E. (eds) *Advances in Baking Technology*. Springer, Boston, MA. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7256-9_5 Acessado a 15 de Agosto de 2024.
- Razminien, K., Vinogradova, I., Tvaronavi, M., Ien. (2021). Clusters in Transition to Circular Economy: Evaluation of Relation. *Acta Montanistica Slovaca*. <https://doi.org/10.46544/ams.v26i3.06>.
- Sadler, C. R., Grassby, T., Hart, K., Raats, M., Sokolović, M., Timotijevic, L. (2021). Processed food classification: Conceptualisation and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 149-162.
- Salemdeeb R, zu Ermgassen EKHJ, Kim MH, Balmford A, Al-Tabbaa A. (2016). Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food
- Sauve, G., Acker, K. (2020). The environmental impacts of municipal solid waste landfills in Europe: A life cycle assessment of proper reference cases to support decision making.. *Journal of environmental management*, 261, 110216. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110216>.

- Sharma, P., Gaur, V., Kim, S., Pandey, A. (2019). Microbial strategies for bio-transforming food waste into resources. *Bioresource technology*, 299, 122580 . <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122580>.
- Shewry, P. R., Halford, N. G., Tatham, A. S. (2002). High Molecular Weight Subunits of Wheat Glutenin. *Journal of Cereal Science*, 15(2), 105-120.
- Şimşek, E. K., Kara, M., Kalıpçı, M. B., Eren, R. (2024). Sustainability and the Food Industry: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 16(7), 3070.
- Socas-Rodríguez, B., Álvarez-Rivera, G., Valdés, A., Ibáñez, E., Cifuentes, A. (2021). Food by-products and food wastes: Are they safe enough for their valorization?. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 133-147.
- Stumpf, L., Schögg, J., Baumgartner, R. (2021). Climbing up the circularity ladder? – A mixed-methods analysis of circular economy in business practice. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128158. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128158>.
- Sugiura, K., Yamatani, S., Watahara, M., Onodera, T. (2009). Ecofeed, animal feed produced from recycled food waste. *Veterinaria italiana*, 45(3), 397-404.
- Raak, N., Symmank, C., Zahn, S., Aschemann-Witzel, J., Rohm, H. (2017). Processing- and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain. *Waste management (New York, N.Y.)*, 61, 461–472. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.027>
- The Western Australian Local Government Association (WALGA). (2014). Commercial and Industrial Waste Management Plan Guidelines.
- Tribunal de Contas Europeu. (2016). Luta contra o desperdício alimentar: uma oportunidade para a UE melhorar a eficiência dos recursos na cadeia de abastecimento alimentar. Relatório Especial. (2016). Disponível em <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/foodwaste-34-2016/pt/#chapter10>. Acedido a 28 de Julho, 2024.
- Trinh, K. T., Glasgow, S. (2012, September). On the texture profile analysis test. In *Proceedings of the Chemeca* (Vol. 2012, pp. 23-26). Wellington, New Zealand: Chemeca.
- Tsang, Y., Kumar, V., Samadar, P., Yang, Y., Lee, J., Ok, Y., Song, H., Kim, K., Kwon, E., Jeon, Y. (2019). Production of bioplastic through food waste valorization.. *Environment international*, 127, 625-644 . <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.076>.
- UNC Global Food Research Program. (2021). Alimentos ultraprocessados: Uma ameaça global à saúde pública. In *UNC GLOBAL FOOD RESEARCH PROGRAM* (pp. 1–11). Disponível em: https://www.globalfoodresearchprogram.org/wp-content/uploads/2021/05/UPF_ultra-processed_food_fact_sheet_Portuguese_portugues.pdf. Acedido em 28/07/2024.

United Nations Environment Programme. (2024). Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45230>. Acedido a 28 de Julho, 2024.

waste management options. *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.05.049.

Widiwati, I. T. B., Liman, S. D., Nurprihatin, F. (2024). The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry. *Journal of Engineering Research*.

Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115-119.

Young, T. W., Desai, S. V. (2016). Making Good Dough: How Standard Tests Can Help. *Journal of Cereal Science*, 70, 1-8.

Zeng, J., Zeng, H., & Wang, Z. (2022). Review on technology of making biofuel from food waste. *International Journal of Energy Research*, 46, 10301 - 10319. <https://doi.org/10.1002/er.7868>.

6 APÊNDICES

A.1 Tabela de Design Factorial Fracionado

Tabela 6.1 Desenho experimental aleatória criada pelo software de análise estatística Minitab 21.4.2 (2023).

Run	Fatores			
	<i>Proporção Aparas (%)</i>	<i>Hidratação</i>	<i>Homogeneização(s)</i>	<i>Tempo de exposição (min)</i>
1	50	0,0	45,0	5
2	50	0,0	45,0	5
3	70	1,0	60,0	15
4	50	1,0	45,0	15
5	50	0,0	60,0	15
6	60	0,5	52,5	10
7	50	0,0	60,0	15
8	70	1,0	60,0	15
9	70	0,0	45,0	15
10	70	1,0	45,0	5
11	70	0,0	60,0	5
12	70	1,0	45,0	5
13	60	0,5	52,5	10
14	50	1,0	60,0	5
15	50	1,0	45,0	15
16	50	1,0	60,0	5
17	70	0,0	60,0	5
18	70	0,0	45,0	15
19	60	0,5	52,5	10

A.2 Tabela de Design Box-Behnken

Tabela 6.2 Desenho experimental aleatória criada pelo software de análise estatística Minitab 21.4.2 (2023).

Run	Fatores		
	<i>Proporção Aparas (%)</i>	<i>Tempo de homogeneização(s)</i>	<i>Tempo de exposição ao ar (min)</i>
1	60	45,0	15
2	70	45,0	10
3	50	52,5	5
4	50	60,0	10
5	50	52,5	15
6	60	60,0	5
7	60	52,5	10
8	60	52,5	10
9	70	60,0	10
10	50	45,0	10
11	70	52,5	15
12	60	52,5	10
13	70	52,5	5
14	60	45,0	5
15	60	60,0	15

B.1 Tabelas de Análise de Variância (ANOVA) do Design Fatorial Fracionado

Tabela 6.3 Tabela ANOVA para o efeito "Defeitos".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	8	4,73684	0,59211	2,96	0,056
Linear	4	3,50000	0,87500	4,38	0,027
Proporção Aparas	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
Hidratação	1	0,25000	0,25000	1,25	0,290
Homogeneização	1	1,00000	1,00000	5,00	0,049
Tempo de exposição	1	2,25000	2,25000	11,25	0,007
Interações de 2-Vias	3	0,25000	0,08333	0,42	0,745
Proporção Aparas*Hidratação	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
Proporção Aparas*Homogeneização	1	0,25000	0,25000	1,25	0,290
Proporção Aparas*Tempo de exposição	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
Curvatura	1	0,98684	0,98684	4,93	0,051
Erro	10	2,00000	0,20000		
Total	18	6,73684			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; p-valor=0,05.

Tabela 6.4 Tabela ANOVA para o efeito "Elasticidade".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	5	0,024445	0,004889	1,48	0,263
Linear	4	0,022877	0,005719	1,73	0,204
Proporção Aparas	1	0,000000	0,000000	0,00	0,998
Hidratação	1	0,004842	0,004842	1,46	0,248
Homogeneização	1	0,018025	0,018025	5,44	0,036
Tempo de exposição	1	0,000009	0,000009	0,00	0,958
Curvatura	1	0,001569	0,001569	0,47	0,503
Erro	13	0,043045	0,003311		
Falta de Ajuste	3	0,015262	0,005087	1,83	0,205
Erro Puro	10	0,027783	0,002778		
Total	18	0,067490			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; p-valor=0,05.

Tabela 6.5 Tabela ANOVA para o efeito "Dureza".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	5	914734	182947	3,58	0,030
Linear	4	415313	103828	2,03	0,149
Proporção Aparas	1	1600	1600	0,03	0,862
Hidratação	1	284523	284523	5,57	0,035
Homogeneização	1	24193	24193	0,47	0,504
Tempo de exposição	1	104998	104998	2,05	0,175
Curvatura	1	499420	499420	9,77	0,008
Erro	13	664638	51126		
Falta de Ajuste	3	42300	14100	0,23	0,876
Erro Puro	10	622338	62234		
Total	18	1579371			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; P-valor=0,05.

B.2 Tabelas de Análise de Variância (ANOVA) do Design de Superfície de Resposta

Tabela 6.6 Tabela ANOVA para o efeito "Defeitos".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	9	2,68333	0,29815	5,96	0,032
Linear	3	1,75000	0,58333	11,67	0,011
Proporção Aparas	1	0,50000	0,50000	10,00	0,025
Homogeneização	1	1,12500	1,12500	22,50	0,005
Tempo de Exposição	1	0,12500	0,12500	2,50	0,175
Quadrado	3	0,43333	0,14444	2,89	0,142
Proporção Aparas*Proporção Aparas	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
Homogeneização*Homogeneização	1	0,23077	0,23077	4,62	0,084
Tempo de Exposição*Tempo de Exposição	1	0,23077	0,23077	4,62	0,084
Interações de 2-Vias	3	0,50000	0,16667	3,33	0,114
Proporção Aparas*Homogeneização	1	0,25000	0,25000	5,00	0,076
Proporção Aparas*Tempo de Exposição	1	0,25000	0,25000	5,00	0,076
Homogeneização*Tempo de Exposição	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
Erro	5	0,25000	0,05000		
Falta de Ajuste	3	0,25000	0,08333	*	*
Erro Puro	2	0,00000	0,00000		
Total	14	2,93333			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; P-valor=0,05.

Tabela 6.7 Tabela ANOVA para o efeito "Elasticidade".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	9	0,013102	0,001456	5,66	0,035
Linear	3	0,001001	0,000334	1,30	0,372
Proporção Aparas	1	0,000538	0,000538	2,09	0,208
Homogeneização	1	0,000338	0,000338	1,31	0,304
Tempo de Exposição	1	0,000125	0,000125	0,48	0,518
Quadrado	3	0,007975	0,002658	10,33	0,014
Proporção Aparas*Proporção Aparas	1	0,000091	0,000091	0,35	0,578
Homogeneização*Homogeneização	1	0,002439	0,002439	9,48	0,028
Tempo de Exposição*Tempo de Exposição	1	0,004892	0,004892	19,00	0,007
Interação de 2-Vias	3	0,004126	0,001375	5,34	0,051
Proporção Aparas*Homogeneização	1	0,003547	0,003547	13,78	0,014
Proporção Aparas*Tempo de Exposição	1	0,000526	0,000526	2,04	0,212
Homogeneização*Tempo de Exposição	1	0,000054	0,000054	0,21	0,668
Erro	5	0,001287	0,000257		
Falta de Ajuste	3	0,000617	0,000206	0,61	0,668
Erro Puro	2	0,000670	0,000335		
Total	14	0,014389			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; P-value=0,05.

Tabela 6.8 Tabela ANOVA do efeito "Dureza".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	9	1251953	139106	8,19	0,016
Linear	3	395684	131895	7,77	0,025
Proporção Aparas	1	19790	19790	1,17	0,330
Homogeneização	1	24287	24287	1,43	0,285
Tempo de Exposição	1	351607	351607	20,70	0,006
Quadrado	3	361439	120480	7,09	0,030
Proporção Aparas*Proporção Aparas	1	115	115	0,01	0,938
Homogeneização*Homogeneização	1	47439	47439	2,79	0,156
Tempo de Exposição*Tempo de Exposição	1	293551	293551	17,28	0,009
Interação de 2-Vias	3	494831	164944	9,71	0,016
Proporção Aparas*Homogeneização	1	127752	127752	7,52	0,041
Proporção Aparas*Tempo de Exposição	1	105747	105747	6,23	0,055
Homogeneização*Tempo de Exposição	1	261332	261332	15,39	0,011
Erro	5	84918	16984		
Falta de ajuste	3	80565	26855	12,34	0,076
Erro Puro	2	4353	2177		
Total	14	1336871			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; P-valor=0,05.

Tabela 6.9 Tabela ANOVA para o efeito "Extensibilidade".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	9	90,220	10,024	0,20	0,981
Linear	3	1,128	0,376	0,01	0,999
Proporção Aparas	1	0,555	0,555	0,01	0,919
Homogeneização	1	0,445	0,445	0,01	0,928
Tempo de Exposição	1	0,128	0,128	0,00	0,961
Quadrado	3	88,394	29,465	0,60	0,641
Proporção Aparas*Proporção Aparas	1	27,231	27,231	0,56	0,489
Homogeneização*Homogeneização	1	38,027	38,027	0,78	0,418
Tempo de Exposição*Tempo de Exposição	1	36,601	36,601	0,75	0,427
Interação de 2-Vias	3	0,699	0,233	0,00	0,999
Proporção Aparas*Homogeneização	1	0,300	0,300	0,01	0,941
Proporção Aparas*Tempo de Exposição	1	0,134	0,134	0,00	0,960
Homogeneização*Tempo de Exposição	1	0,265	0,265	0,01	0,944
Error	5	244,742	48,948		
Falta de Ajuste	3	4,034	1,345	0,01	0,998
Erro Puro	2	240,707	120,354		
Total	14	334,962			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; P-valor=0,05.

Tabela 6.10 Tabela ANOVA para o efeito "Resistência à rutura".

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Modelo	9	28,9173	3,2130	0,88	0,595
Linear	3	8,4354	2,8118	0,77	0,560
Proporção Aparas	1	0,1305	0,1305	0,04	0,858
Homogeneização	1	2,5288	2,5288	0,69	0,444
Tempo de Exposição	1	5,7762	5,7762	1,57	0,265
Quadrado	3	19,6396	6,5465	1,78	0,267
Proporção Aparas*Proporção Aparas	1	10,7364	10,7364	2,93	0,148
Homogeneização*Homogeneização	1	9,3101	9,3101	2,54	0,172
Tempo de Exposição*Tempo de Exposição	1	2,1225	2,1225	0,58	0,481
Interação de 2-Vias	3	0,8423	0,2808	0,08	0,970
Proporção Aparas*Homogeneização	1	0,2285	0,2285	0,06	0,813
Proporção Aparas*Tempo de Exposição	1	0,2118	0,2118	0,06	0,820
Homogeneização*Tempo de Exposição	1	0,4021	0,4021	0,11	0,754
Erro	5	18,3480	3,6696		
Falta de Ajuste	3	5,6694	1,8898	0,30	0,828
Erro Puro	2	12,6787	6,3393		
Total	14	47,2653			

Df = graus de liberdade; Adj SS = soma dos quadrados ajustada; Adj MS = média quadrática ajustada; P-value=0,05.

Tabela 6.11 Tabela de Controlo de processo Six-Sigma para monitorização do processo de produção de rissóis.

Nome do Processo: _____				Preparado por: _____				Página: _____ de _____			
Cliente: _____				Aprovado por: _____				Nº do Documento: _____			
Localização: _____				Aprovado por: _____				Data de Revisão: _____			
Área: _____				Aprovado por: _____				Supercedes: _____			

Sub Processo	Passo Sub Processo	CTQ		Característica de Especificação	Limites da Especificação USL LSL	Método de Medição	Tamanho da Amostra	Frequência	Responsável	Local de Registro	Ação Corretiva	Referência SOP
		KPOV	KPIV									

Processo de Preparação De Massa Atualizado

Tabela 6.12 Guia de procedimentos para a preparação da massa de rissol.

Etapa	Ação	Tempo(s)
1	Verificar o material e utensílios necessários: Doseador de Inox, Caixote de aparas, massa fresca, aparas limpas.	
2	Subir o recipiente com a massa fresca e tirar com o doseador 12 kg para a misturadora garantindo que a massa fica espalhada de forma uniforme no fundo da misturadora	-
3	Despejar 18kg de aparas limpas para a misturadora, com recurso a doseadora, de forma a cobrir a massa fresca	-
4	Iniciar a mistura	52
5	Parar mistura e retirar a massa para a tremonha em porções mais pequenas	-



2024

ÁGATA CORREIA

APROVEFITAMENTO ORGÂNICO DE MASSAS PREPARADAS EM REGIME INDIVIS-



2024

ÁGATA CORREIA

APROVEITAMENTO ORGÂNICO DE MASSAS PREPARA-
DAS EM REGIME INDUSTRIAL

