

Controlo de Qualidade e Integração de Novos Produtos de Panificação

Maria de Lurdes Lima Feiteira
Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar
Departamento de Química e Bioquímica
2017

Orientador

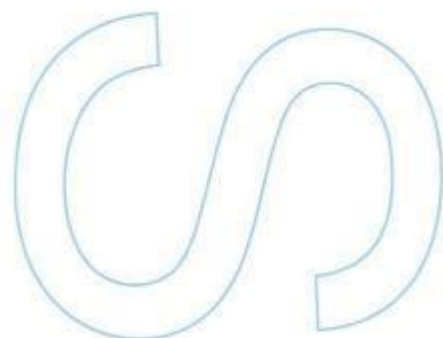
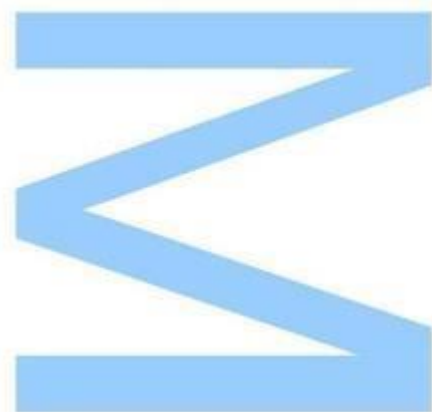
Luís Guilherme de Lima Ferreira Guido, Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

Víctor Armando Pereira Freitas, Professor Catedrático,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Orientador Externo

Helena Matos Rangel, Chefe de Gestão da Qualidade e
Segurança Alimentar,
Empresa Panrico - Produtos Alimentares, Lda



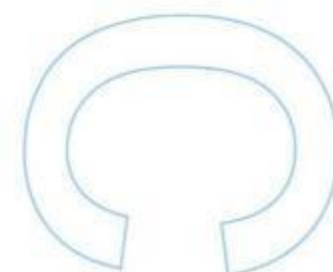
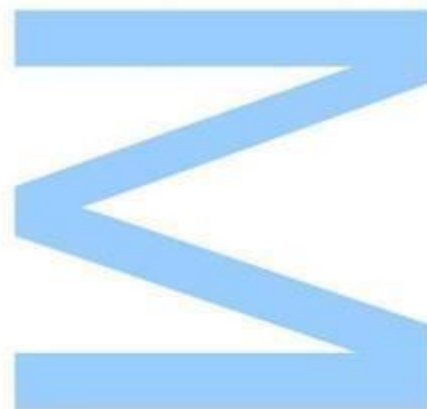


Universidade do Minho

Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, _____ / _____



Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Luís Guido, por toda a disponibilidade, preocupação e apoio, prestados desde o início deste projeto. O seu apoio foi determinante na elaboração desta Tese.

Agradeço também à minha supervisora, engenheira Helena Rangel e ao engenheiro Nuno Nogueira, diretor de fábrica, por todo o apoio e orientação prestados no decorrer do estágio e pela oportunidade de integração numa instituição de elevado prestígio, que em muito contribuiu para o enriquecimento da minha formação académica. Reconheço, com gratidão, não só a confiança que em mim depositaram, desde o início, mas também, o sentido de responsabilidade que me inculcaram em todas as fases deste projeto.

Expresso o meu profundo agradecimento a todos os colegas de trabalho do Departamento de Qualidade, Departamento de Produção e Departamento de I&D, que me ajudaram, direta ou indiretamente, neste projeto e me receberam com muita amabilidade, companheirismo e dedicação.

Por último, um agradecimento especial aos meus pais, irmão e namorado, por toda a paciência, amor, carinho, compreensão e dedicação incondicionais, que me ajudaram sempre a cumprir os meus objetivos e a realizar mais esta etapa da minha vida. A eles, dedico todo este trabalho.

Resumo

No setor alimentar o controlo da qualidade ao longo de toda a linha de produção e o estudo de vida útil do produto acabado são pontos fulcrais, uma vez que é por meio destes que se conhece se os produtos se encontram, ou não, dentro dos padrões exigidos pelo mercado.

A perda de humidade e a retrogradação do amido são os principais mecanismos responsáveis pelo “*staling*” dos produtos de panificação. Este fenómeno corresponde à perda de frescura em termos de sabor e aroma, textura, humidade e outras características, e implica a deterioração da sua qualidade e perda de aceitação por parte do consumidor.

Com a mecanização, a produção em grande escala e o aumento da demanda do consumidor por produtos seguros com qualidade consistente e maior tempo de prateleira, a indústria da panificação utiliza uma ampla gama de aditivos “*anti-staling*”, que incluem emulsionantes, agentes químicos redox e enzimas.

O objetivo deste estudo foi a inserção de novos produtos na produção da unidade fabril de Gulpilhares da *Panrico- Produtos Alimentares, Lda.*, empresa líder no fabrico de pão de forma em Portugal, e avaliar os efeitos a nível organolético, da adição de aditivos específicos nas formulações, no sentido de adaptar os novos produtos na linha de produção e revalidar os seus tempos de validade.

Neste contexto, foi acompanhado e realizado o controlo dos processos de produção ao longo de toda a linha, a avaliação das amostras de referência, recorrendo a estudos de vida útil ao nível microbiológico e organolético, não desfazendo o controlo de qualidade das matérias-primas rececionadas.

Os resultados obtidos permitiram concluir que formulações enriquecidas em aditivos com efeito sinérgico de emulsionantes e enzimas, apresentaram melhor adaptabilidade em linha e melhor qualidade sensorial do produto durante o seu armazenamento. Estes resultados constituem um ponto de partida tecnologicamente e economicamente importante no aumento do tempo de vida dos produtos em estudo.

Palavras-chave: Controlo de Qualidade, Retrogradação do Amido, *Staling*, Indústria da Panificação, Aditivos, *Anti – Staling*, Tempo de Validade

Abstract

In the food sector, quality control throughout the entire production line and the study of the shelf life of the finished product are key points, since it is by means of these that it is known whether the products meet the standards required by the market.

Loss of moisture and starch retrogradation are the main mechanisms responsible for the *staling* of bakery products. This phenomenon corresponds to loss of freshness in terms of flavour and aroma, texture, moisture and other characteristics, and implies a deterioration of its quality, leading to loss of consumer acceptance.

Mechanization, large scale production and increase in consumer demand for safe products with consistent quality and longer shelf life, the baking industry uses a wide range of anti - staling additives, which include emulsifiers, chemical agents redox and enzymes.

The objective of this study was the insertion of new products in the production of the Gulpilhares manufacturing unit of Panrico- Produtos Alimentares, Lda., a leading company in the manufacture of bread form in Portugal, and to evaluate the organoleptic effects of the addition of specific additives in formulations, to adapt the new products in the production line and to validate their shelf times.

In this context, the monitoring of production processes along the whole line was monitored and carried out, the evaluation of the reference samples was carried out using microbiological and organoleptic life studies and did not undercut the quality control of the raw materials received.

The results obtained allowed us to conclude that formulations enriched with additives with a synergistic effect of emulsifiers and enzymes, showed better in - line adaptability and better sensorial quality of the product during storage. These results constitute a technologically and economically important starting point in increasing the shelf life of the products under study.

Keywords: Quality control, Starch retrogradation, Staling, Baking Industry, Additives, Anti-Staling, Shelflife

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tabelas.....	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	ix
Definições.....	x
Estrutura do Relatório.....	xi
Descrição da Empresa.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Panificação.....	1
1.2. Processo de Fabrico do Pão.....	3
1.2.1. Fluxograma de Produção e Descrição Processual.....	7
1.2.2. Matérias-Primas.....	12
1.2.3. Aditivos.....	14
2. Controlo de Qualidade.....	16
2.1. Controlo de Qualidade das Matérias-Primas Embaladas e em Granel.....	17
2.1.1. Humidade Relativa (H_r).....	18
2.1.2. Método Alveográfico.....	18
2.1.3. pH.....	20
2.1.4. Densidade.....	20
2.1.5. Reofermentograma.....	20
2.1.6. Índice de Peróxidos.....	22
2.1.7. Índice de Acidez.....	22
2.2. Controlo de Qualidade da Água de Consumo.....	23
2.3. Controlo de Qualidade do Produto Acabado.....	23
2.3.1. Qualidade de Saída.....	25

2.3.2.	Análises Físico-Químicas	25
2.3.3.	Análise Sensorial.....	28
2.3.4.	Inspeção de Bolores Visíveis	29
2.3.5.	Análises Microbiológicas.....	30
2.4.	Controlo De Processos	31
3.	Projeto de Integração de Novos Produtos.....	32
3.1.	Definição do Projeto	32
3.2.	Resultados obtidos	33
3.2.1.	Resultados das Análise Microbiológicas	33
3.2.2.	Resultados da Análise Sensorial	33
3.2.3.	Resultados da Inspeção de Bolores Visíveis.....	35
3.2.4.	Resultados das Análises Físico-Químicas	36
4.	Projeto de Reformulação de Produtos–Revalidação de Tempos de Validade.....	38
4.1.	Definição do projeto.....	38
4.2.	Resultados Obtidos	39
4.2.1.	Resultados das Análise Microbiológicas	39
4.2.2.	Resultados da Inspeção de Bolores Visíveis.....	39
4.2.3.	Resultados das Análises Físico-Químicas	40
5.	Resultados e Discussão	43
5.1.	Resultados das Análises Microbiológicas	43
5.2.	Resultados do Projeto de Integração de Novos Produtos	43
6.	Conclusão	48
7.	Bibliografia.....	49
ANEXOS	53

Índice de Figuras

Figura 1. Logotipo atual da marca <i>Panrico</i> , após aquisição pelo grupo <i>Adam Foods</i> e logotipo da empresa <i>Nutpor Breads</i> do grupo <i>Adam Foods</i>	xi
Figura 2. Quantidade e valor diário recomendado (RDA, <i>Recommended dietary allowance</i> – valores de percentagem diários para adultos e crianças de idade igual ou superior a 4 anos, com uma dieta de referência de 2000 calorias) de micronutrientes em 100g de pão, fornecidas pela farinha de trigo branca, farinha de trigo integral ou pela farinha do trigo integral. (adaptado de Collar, 2016).....	2
Figura 3. Fluxograma do processo produtivo de pão com còdea e de pão sem còdea...8	
Figura 4. Exemplo de fórmula de pão expressa em peso e em <i>baker's percentage</i> (adaptado de <i>Figoni, 2008</i>).....	13
Figura 5. Curva alveográfica típica e parâmetros de tenacidade (P), extensibilidade (L) e força (W) da massa. (Tomoskozi & Békés,2016)	20
Figura 6. Curva de desenvolvimento da massa e curva de produção de gás típicas de ensaio reofermentativo (CHOPIN Technologies, 2016).....	22
Figura 7. Gráfico típico de TPA reproduzido, por duas compressões (“What is Texture Analysis” Brookfield Texture Analyzer).....	27
Figura 8. Gráfico típico de TPA evidenciando a adesividade (Texture Expert User Manual. Stable Micro Systems).....	27
Figura 9. Valores médios de avaliação global dos atributos organoléticos específicos das formulações Standard (STD), F1, F2, e F3 do produto Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias).....	35
Figura 10. Percentagem de bolores visíveis nas formulações Standard (STD), F1, F2 e F3 do produto Pão I, após o tempo de validade mais dois dias de margem de segurança (20 dias de vida)	35

Figura 11. Evolução da atividade da água em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias)	36
Figura 12. Evolução da humidade relativa em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias)	36
Figura 13. Evolução da dureza em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias)	37
Figura 14. Evolução da força adesiva em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias)	37
Figura 15. Evolução da dureza em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida	40
Figura 16. Evolução da resiliência em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida)	40
Figura 17. Evolução da adesividade em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida))	41

Índice de Tabelas

Tabela I. Tabela descritiva dos processos produtivos esquematizados no fluxograma da figura 3.	9
Tabela II. Controlo de qualidade efetuado às matérias-primas recebidas em granel, respetivos documentos de acompanhamento e respetivas análises realizadas em laboratório antes e após a descarga em silos de armazenamento	17
Tabela III. Valores Guia para avaliação da qualidade microbiológica dos alimentos, inseridos no grupo 1, onde se encontram os produtos de panificação (INSA,2005)...	30
Tabela IV. Caraterização das formulações F1, F2 e F3 de Pão I estudadas nas provas de integração (as percentagens descritas correspondem a “baker’s percentages”)...	32
Tabela V. Avaliação sensorial das formulações Standard (STD), F1, F2, e F3 do produto Pão I, ao longo do tempo de vida útil (com identificação do grau de intensidade com que atributos organoléuticos específicos se encontram presentes)...	34
Tabela VI. Caraterização das formulações F4, F5 e F6 de Pão II estudadas nas provas de extensão de validade (as percentagens descritas correspondem a “baker’s percentages”).....	39

Lista de Abreviaturas e Siglas

AG: Ácidos gordos

CAC: Codex Alimentarius Commission

DDV: Dia de Vida

DMG: Monoglicéridos destilados

ETA: Estação de Tratamento de Águas

HMWGS: High Molecular Weight Glutenin Subunits

IDA: Ingestão Diária Aceitável

ISO: International Organization for Standardization

IV: Infravermelhos

NP: Norma Portuguesa

PCC: Ponto Crítico de Controlo

RDA: Recommended dietary allowance

RM: Reações de Maillard

TG: Triglicéridos

TPA: Texture Profile Analysis

UE: União Europeia

Definições

As definições seguidamente apresentadas, para melhor compreensão do presente trabalho, foram retiradas da norma NP EN ISO 22000:2005 (ISO, 2005) e do *Codex Alimentarius* (CAC, 2003).

FLUXOGRAMA – Apresentação esquemática e sistemática da sequência e interações das etapas (ISO, 2005).

PCC - PONTO CRÍTICO DE CONTROLO – (Segurança alimentar) etapa na qual pode ser aplicada uma medida de controlo e é essencial para prevenir ou eliminar um perigo para a segurança alimentar ou reduzi-lo para um nível aceitável (ISO, 2005).

Um passo no qual pode ser aplicado um controlo e que seja essencial para eliminar um perigo para a segurança alimentar ou impedir que atinja um limite crítico (CAC, 2003).

PRODUTO ACABADO – Produto que não será sujeito a processamento ou transformação posterior por parte da organização (ISO, 2005).

Nota: Um produto que sofre posterior processamento ou transformação por outra organização é um produto acabado no contexto da primeira organização e uma matéria-prima ou um ingrediente no contexto da segunda organização.

SEGURANÇA ALIMENTAR – Conceito de que um género alimentício não causará dano ao consumidor quando preparado e/ou ingerido de acordo com a utilização prevista (ISO, 2005).

Nota 2: Segurança alimentar está relacionada com a ocorrência de perigos para a segurança alimentar e não inclui outros aspetos de saúde humana relacionados, por exemplo, com a má nutrição.

Estrutura do Relatório

O presente relatório resultou do estágio curricular do Mestrado em Ciência e Tecnologia Alimentar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, na empresa *PANRICO®- Produtos Alimentares, Lda.* nas instalações de Gulpilhares.

O plano de trabalho do estágio consistiu na participação em projetos de integração de novos produtos na produção da empresa e no controlo da qualidade desses mesmo produtos.

O relatório encontra-se estruturado da seguinte forma:

1. Introdução - Nesta primeira parte é realizada uma pequena revisão bibliográfica, na qual são focados aspetos relativos à produção de pão: técnicas, processos, equipamentos e ingredientes básicos envolvidos nas diferentes fases de produção, expondo os principais conceitos que possuem uma relação direta com o estudo. É feita também uma abordagem sobre o processo de fabrico de pão nas linhas de produção.
2. Controlo de qualidade e de processos na linha de produção – neste ponto é referido todo o processo de controlo de qualidade realizado durante o estágio, bem como as metodologias efetuadas, mais especificamente a receção das matérias-primas, o controlo dos processos de produção e as análises organolépticas realizadas a amostras referência.
3. Projeto de integração de novos produtos - esta parte do trabalho contempla a introdução ao estudo e os seus objetivos
4. Projeto de reformulação de produtos, com estudo de vida útil e revalidação de tempos de vida útil - esta parte do trabalho contempla a introdução ao estudo e os seus objetivos.
5. Resultados e Discussão – são apresentados os resultados obtidos com breve discussão dos mesmos à luz das diretrizes existentes na literatura científica
6. Conclusão – são apresentadas conclusões finais e proposta de trabalho futuro.

Descrição da Empresa

A *PANRICO®- Produtos Alimentares, Lda.* é uma empresa de origem espanhola, criada em 1961 e que está presente em Portugal desde 1986. Hoje, dispõe de duas fábricas em Portugal, Mem Martins e Gulpilhares. O seu nome resulta da conjugação de palavras PANIficio Rivera COstafreda, sendo Rivera e Costafreda os nomes das duas famílias fundadoras da empresa.

Inicialmente, o conceito da marca passava apenas pela produção de produtos na área da pastelaria, como os Donuts, Bollycao e a pastelaria fresca como o caso dos travesseiros. Em 1989, com o lançamento do pão de forma, a *Panrico* é a primeira marca de pão embalado a surgir no mercado português. Sempre com o objetivo de inovação, em 1991 é introduzido no mercado o pão de forma integral, e em 2002 o pão de forma sem cêdea que se revelou ser um produto de grande aceitação pelo mercado português.

Para além de presente em Espanha e Portugal, a *Panrico* expande-se ainda no mercado mundial, com a abertura de uma fábrica na China, e outra na Grécia, em 1997 e 2000 respetivamente, sendo mais tarde vendidas de modo a concentrar a produção na península ibérica. (PANRICO®donuts®, 2013) (Superbrands, 2005)

Em junho de 2015, o grupo Bimbo compra as marcas de pastelaria, como a marca Donuts e Bollycao e padaria doce. Recentemente, em 2016, o *Grupo Adam Foods*, detentor de várias marcas conhecidas no mercado português, como é o caso da Cuétara, adquire ao grupo Bimbo as marcas de pão *Panrico*, incluindo a unidade fabril de Gulpilhares, localizada em Vila Nova de Gaia, passando a mesma a integrar a empresa *Nutpor Breads*. (Ribeiro, 2016)

Atualmente, esta unidade, integra todas as funções operacionais do processo produtivo, desde controlo de matérias-primas, produção e ensaios, embalagem, expedição e assistência pós-venda, e dispões de duas linhas de produção:

- A linha I - produção de pão de forma sem cêdea;
- A linha II - produção de pão de forma com cêdea.

A história da *Panrico* é, desde sempre, uma história de inovação, quer pela permanente evolução e desenvolvimento de novos produtos quer pela procura de conceitos que permitam tirar partido de novos momentos de consumo e conquistar novos objetivos. (Alves R., 2005)



Figura 1. Logotipo atual da marca Panrico, após aquisição pelo grupo Adam Foods e logotipo da empresa Nutpor Breads do grupo Adam Foods.

1. Introdução

1.1. Panificação

A panificação é uma das artes culinárias mais antigas e a sua história permeia a própria história da humanidade. Os primeiros pães, produzidos a partir de farinhas simples de trigo e de outros grãos, eram o alimento básico das populações antigas em todo o mundo. Nos dias de hoje, os tipos de pães assim como os métodos utilizados para o seu fabrico, evoluíram para satisfazer os gostos e hábitos alimentares. (Collar, 2016)

O consumo de pão, praticamente omnipresente na dieta alimentar diária, revela a sua enorme importância na nutrição humana, devendo ser devidamente apresentado ao consumidor final, com as características nutricionais e organolépticas próprias.

O termo pão é usado para descrever uma grande variedade de produtos com diferentes formas, tamanhos, texturas, crosta, cores, qualidades alimentares e sabores. Segundo a Portaria nº 52/2015, “Pão” é o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, tritcale ou milho, estremes ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nomeadamente enzimas, nas condições legalmente fixadas. (Cauvain, 2012) (Portaria nº52, 2015)

O pão, como alimento à base de cereais, é uma importante fonte de macro e micronutrientes e de componentes bioativos que cumprem um número crescente de alegações nutricionais e acarretam bastantes benefícios para a saúde, destacando-se o seu elevado teor em carboidratos, proteínas, fibra, e uma grande variedade de vitaminas, minerais e fitoquímicos.

A farinha de trigo (*Triticum sp.*) fornece ao pão ácidos gordos saturados (por exemplo, ácido palmítico), monoinsaturados (por exemplo, ácido oleico) e polinsaturados (por exemplo, ácido linoleico).

A base fundamental da utilização da farinha de trigo como uma das mais importantes fontes alimentares no mundo é devido à sua capacidade de formar massa e desenvolver glúten quando misturada com água. (Serna Saldivar, 2016)

O pão é considerado um alimento “fonte de vitaminas e minerais” e/ou “com teor elevado em vitaminas e minerais”, como cálcio, ferro, zinco, cobre, magnésio, manganésio, selênio e algumas vitaminas B, pois a sua ingestão fornece cerca de 15 a 30% do valor recomendado diário desses micronutrientes. (Figura 2) (Collar, 2016)

		<i>Wheat</i>					
		<i>Brown</i>		<i>Whole grain</i>		<i>White</i>	
<i>Per 100 g bread</i>		% RDA		% RDA		% RDA	
<i>Vitamins</i>							
Vitamin K	µg	7.8	6	2.2	3	3.1	4
Thiamine	mg	0.4	25	0.4	27	0.5	30
Riboflavin	mg	0.2	18	0.3	20	0.3	19
Niacin	mg	4.7	26	4.4	22	4.4	22
Vitamin B6	mg	0.2	6	0.3	17	0.1	4
Folate	µg	50.0	21	118	29	111	28
Pantothenic acid	mg	0.7	8	0.5	5	0.2	2
Choline	mg	23.9		~		14.6	
Betaine	mg	180		~		102	
<i>Minerals</i>							
Ca	mg	107	14	91.0	9	151	15
Fe	mg	2.4	19	3.5	19	3.7	21
Mg	mg	82.0	12	53.0	13	23.0	6
P	mg	202	15	176	18	99.0	10
K	mg	248	5	204	6	100	3
Na	mg	472	22	487	20	681	28
Zn	mg	1.8	8	1.3	8	0.7	5
Cu	mg	0.4	8	0.3	13	0.3	13
Mn	mg	2.1	56	1.5	74	0.5	24
Se	µg	40.3	41	29.5	42	17.3	25

Figura 2. Quantidade e valor diário recomendado (RDA, Recommended dietary allowance – valores de percentagem diários para adultos e crianças de idade igual ou superior a 4 anos, com uma dieta de referência de 2000 calorias) de micronutrientes em 100g de pão, fornecidas pela farinha de trigo branca, farinha de trigo integral ou pela farinha do trigo integral. (adaptado de Collar, 2016)

Os padrões de consumo deste alimento diferem amplamente dentro da UE, mas na maior parte dos países a média de consumo corresponde a 50Kg/pessoa/ano. Ao longo das últimas décadas o pão tem sido dirigido a grupos específicos da população e está cada vez mais disponível em grande variedade: com baixa densidade calórica para prevenção e controlo de obesidade, sem glúten para consumidores celíacos e com elevado teor em fibras para aumentar o atual consumo de fibras na dieta. (Collar, 2016)

1.2. Processo de Fabrico do Pão

O processo de fabrico do pão baseia-se na na hidratação da farinha, através da ação mecânica e térmica, bem como por meio da complexidade de diferentes reações físico-químicas, microbiológicas e bioquímicas envolventes. (Valle, 2004)

Ao longo do tempo, o fabrico de pão sofreu numerosas alterações no modo de processamento e nas matérias-primas utilizadas de forma a atender aos novos requisitos da sociedade. (C.M. Rosell, 2016)

Sumariamente, o processo dinâmico de fabrico do pão compreende uma sucessão de etapas genéricas e comuns a todos os pães, que permitem a conversão da farinha e de outros ingredientes no produto final, um alimento arejado e palatável. Essas etapas incluem: mistura, por ação mecânica, de farinha e água, juntamente com levedura e outros ingredientes funcionais especificados em proporções adequadas; produção de dióxido de carbono resultante da atividade de fermentação da levedura, juntamente com a ação de enzimas endógenas, que levam à expansão e modificação das propriedades reológicas da massa; e estabilização da estrutura final do pão durante a cozedura, na qual ocorrem alterações relacionadas com o aumento da temperatura. Proporções adequadas dos ingredientes e a sua distribuição homogénea são duas pré-condições que se devem encontrar para a produção de massa com as propriedades corretas. Em padarias industriais onde a produção é realizada em grande escala, os ingredientes secos principais, como a farinha e o açúcar, são armazenados em silos e pesados por balanças automáticas diretamente para as amassadeiras, enquanto que a água e ingredientes líquidos são canalizados para a amassadeira através de medidores de volume específicos. (Tomoskozi & Békés, 2016)

A massa é viscoelástica, combinando as propriedades de um sólido Hookean com as de um fluído viscoso não-newtoniano. A etapa final do processo de fabrico do pão é a transformação da estrutura de “espuma” da massa na estrutura de “esponja” do pão, por intermédio de temperaturas elevadas (acima dos 200°C) que promovem a expansão e perda de água na crosta. A conversão de “espuma” a “esponja” ocorre através de uma frente térmica que se move da crosta para o centro do produto, provocando progressivas alterações moleculares, químicas e físicas dos componentes da massa, que são responsáveis por grande parte das características do produto final. (Cauvain, 2012)

Variações nas fases intermédias do processo de fabrico dependem do tipo de produto e formam a base dos diferentes grupos de processos panificadores. Na prática, essas variações são pequenas e geralmente atuam sobre processos centrais padrão e

nos equipamentos, e determinam a qualidade do produto final.

Na indústria da panificação, a mistura, além de ser a primeira etapa do processo de fabrico de pão, é considerada uma das mais importantes, pois tem um impacto direto na qualidade do produto final. Possibilita a homogeneização dos ingredientes, a hidratação das proteínas e fornece a energia mecânica necessária para o desenvolvimento de uma estrutura celular tridimensional de glúten com propriedades viscoelásticas e de retenção de gás, necessárias à qualidade da miga do produto acabado. (C.M. Rosell, 2016) (Gao, Koh, Tay, & Zhou, 2017) (Jha, Chevallier, Cheio, Rawson, & Le-Bail, 2017)

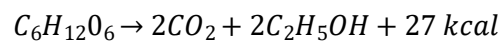
A massa deve ser misturada por um período específico de tempo, identificado como o ótimo, para assegurar um volume e textura ideal. Parar a mistura antes desse tempo resulta numa massa pouco desenvolvida que confere menor volume ao pão e uma qualidade de miga inferior, enquanto que parar após esse tempo, resulta no decréscimo da consistência da massa e induz à sua viscosidade, afetando também negativamente a qualidade do produto final. No que diz respeito à temperatura de amassadura, esta também se deve encontrar dentro de um intervalo ótimo considerado (21-27°C). No entanto, é de esperar que esta suba devido à ação mecânica exercida sobre a massa, e de modo a evitar um sobreaquecimento indesejável que pode provocar uma fermentação precoce, por vezes e dependendo das condições ambientais, é utilizada água refrigerada ou gelo. (Tomoskozi & Békés, 2016)

A amassadura é essencial para a obtenção de uma massa homogénea estruturada que mantém os ingredientes juntos, pois influencia a viscosidade, o grau de distribuição dos ingredientes e a incorporação de ar. O ar confere leveza à massa tornando-a mais fácil de manusear, e mais importante fornece núcleos de ar (cercados pela rede contínua de proteínas de glúten) que irão constituir a estrutura porosa do produto acabado, a miga. Durante a formação da estrutura de glúten, dá-se uma modificação das propriedades reológicas na massa, em particular na sua capacidade de reter o dióxido de carbono, produzido na fermentação e uma melhoria na sua habilidade de expansão, o que é particularmente importante quando a massa atinge o forno, para a produção de uma estrutura celular definida. (Cauvain, 2012) (Figoni, 2008)

Finalizada a etapa de mistura, a massa é cortada em pequenas unidades cujo peso varia de acordo com o peso final do produto requerido, e submetida a dois processos de moldagem separados por um curto período de repouso, estimulando a produção de gás e a expansão com a criação de estruturas celulares abertas no produto final. Comummente, a primeira forma é a forma redonda ou bola, e a segunda fase de moldagem completa na forma final do produto (alongamento da forma da bola, enrolando-a e ajustando a forma do cilindro).

Assim que é atingida a forma final, as massas individuais são transferidas em moldes, para a câmara de fermentação com condições controladas de temperatura e humidade (exemplificadas nos diagramas do Anexo I), que fomentam a produção de gás pela levedura e o crescimento dos núcleos de ar envolvidos pelo glúten, com a consequente expansão de volume da massa. Esta etapa, para além de ser a base de todo o processo de fabrico do pão, permite à massa adquirir a forma do molde onde foi colocada, e torna o produto final mais macio e fácil de mastigar, (Figoni,2008) (Sluimer, 2005)

Durante a fermentação, o metabolismo da levedura, sendo que a mais utilizada pela indústria de panificação é a *Saccharomyces cerevisiae*, é responsável pela libertação de dióxido de carbono e etanol, através da degradação dos açúcares hidrolisados pela endoenzima α -amílase e exoenzima β -amílase, conduzindo a um crescimento dos núcleos de ar da massa e levando a um aumento significativa da mesma, como mostra a seguinte reação. (C. M. Rosell, 2016)



Esta etapa demora o tempo necessário para que a massa atinja o volume pretendido. No entanto existem vários parâmetros que alteram o tempo de fermentação, como o tipo de farinha, a quantidade de sal, o conteúdo de água, a atividade da levedura e as condições de temperatura e humidade. A temperatura deve ser da ordem dos 35-40°C, e por sua vez a humidade deverá ser suficiente para evitar que a superfície da massa resseque, o que restringe a expansão da massa. (S. P. Cauvain, 2016) (Gally et al., 2017)

A expansão final da massa, bem como a fixação da estrutura final do pão ocorre durante a cozedura. É nesta etapa que se verificam uma série de alterações químicas, físicas e biológicas, devido ao aumento progressivo da temperatura. Ocorre a formação da miga, a formação da crosta, projeção e o transporte de calor. (Sluimer, 2005)

É uma etapa de grande importância, quer a nível das transformações químicas e físicas que ocorrem, quer a nível da segurança alimentar do produto final. A qualidade e o tempo de vida do produto acabado são afetados pelo tempo e temperatura do processo de cozedura. A temperatura varia consoante o tipo de pão, bem como o tipo de forno, sendo que por norma, ronda os 200-300°C (exemplificado nos diagramas do Anexo II) (S. Cauvain, 2012)

Na primeira fase da cozedura, a expansão de volume é provocada pelo aumento da taxa de fermentação, até a temperatura atingir os cerca de 60°C, quando se dá a morte morte da maior parte dos microrganismos. As gorduras fundem entre os 30-55°C,

e as enzimas endógenas presentes são também inativadas a diferentes temperaturas. A α -amílase desnatura a temperaturas na ordem dos 65-95°C, e a β -amílase entre os 57-71°C. A sua desnaturação provoca a libertação de água fazendo com que as ligações entre as proteínas do glúten se tornem rígidas, e conferindo uma estrutura estável que vai constituir a miga do pão. À medida que as temperaturas aumentam os gases movem-se para os núcleos de ar, expandindo-os e levando, conseqüentemente ao aumento do volume do produto (C. M. Rosell, 2016) (S. Cauvain, 2012) (Figoni, 2008)

Em paralelo, ocorre a gelatinização do amido, um dos fatores críticos que determina a extensão e forma da estrutura amorfa da miga no produto final. A cerca de 65° C (temperatura de gelatinização) os grânulos de amido absorvem e aprisionam a água disponível no meio, e perdem a sua estrutura cristalina criando uma miga suave e fofa. A gelatinização envolve uma redistribuição da água existente no glúten para os grânulos de amido, levando à desnaturação do glúten, à solubilização de hidratos de carbono, principalmente amiloses, à formação de uma rede de amido tridimensional e à interação entre os grânulos de amido excedentes com os hidratos. Isto fará com que, aquando do arrefecimento, se forme um gel pois a amilose cristaliza em dupla hélice na fase contínua. (Ai & Jane, 2016) (Figoni, 2008) (Gerits, Pareyt, & Delcour, 2015) (C. M. Rosell, 2016)

A formação da crosta/côdea começa com o aumento do grau de evaporação e aumento significativo da temperatura da superfície do pão, provocando a sua desidratação, que juntamente com as reações de quebra de açúcares, conhecidas como reações de Maillard, fazem com que o pão adquira novas características sensoriais, a cor acastanhada da crosta e aroma e sabor característicos. (Rufián-Henares & Pastoriza, 2016) (Figoni, 2008) (Mondal & Datta, 2008)

Com o término da cozedura, o pão continua a cozer até atingir a temperatura ambiente arrefecer. Para isso, é retirado dos moldes, e transferido para numa câmara de arrefecimento com condições de temperatura e humidade controladas por fluxo de ar (exemplificadas nos diagramas do Anexo III), que reverte a direção das transferências de calor sofridas na cozedura.

Esta etapa é importante pois permite que o pão não seja embalado demasiado quente o que iria provocar um excesso de condensação na embalagem, provocando problemas sensoriais, de adesividade extrema, e microbiológicos, com o aparecimento de bolores. (Figoni, 2008) (Hidalgo & Brandolini, 2014) (Bock, Wrigley, & Walker, 2016)

O embalamento desempenha um papel importante, não só por questões de marketing, mas essencialmente para proteger o produto do meio envolvente durante o tempo de vida do mesmo. (Fellows, 2017)

Durante o processo de armazenamento, ocorre a retrogradação do amido, que consiste na recristalização/ reorganização das cadeias de amilose e amilopectina, formando uma estrutura mais ordenada, rígida e firme. Este processo ocorre durante vários dias e é responsável pelo envelhecimento do pão. A solidificação e ligação das proteínas, a redistribuição da humidade da miga para a crosta e a evaporação de sabores também contribuem para o envelhecimento do pão e conseqüente perda de qualidade, frescura e crocância. Pães envelhecidos possuem uma textura dura, seca e frágil. (Ai & Jane, 2016) (Figoni, 2008) (Mondal & Datta, 2008) (Wang, 2015)

1.2.1. Fluxograma de Produção e Descrição Processual

Descrição do Produto: Pão de forma com ou sem cõdea, fermentado, cozido, arrefecido, fatiado e embalado em bolsa de plástico fechada com atilho

A Figura 3 representa os fluxogramas dos processos produtivos da linha de “Pão com cõdea” e da linha de “Pão sem cõdea”, cuja descrição resumida das etapas será apresentada na Tabela I, com menção das condições processuais específicas.

Nos fluxogramas apresentados, a etapa de deteção de metais é considerada um ponto crítico de controlo (PCC), visto que após esta etapa não existe nenhuma capaz de eliminar algum possível perigo. Note-se que o pão é submetido ao detector de metais antes de ser embalado uma vez que o próprio atilho que fecha a embalagem é feito de metal.

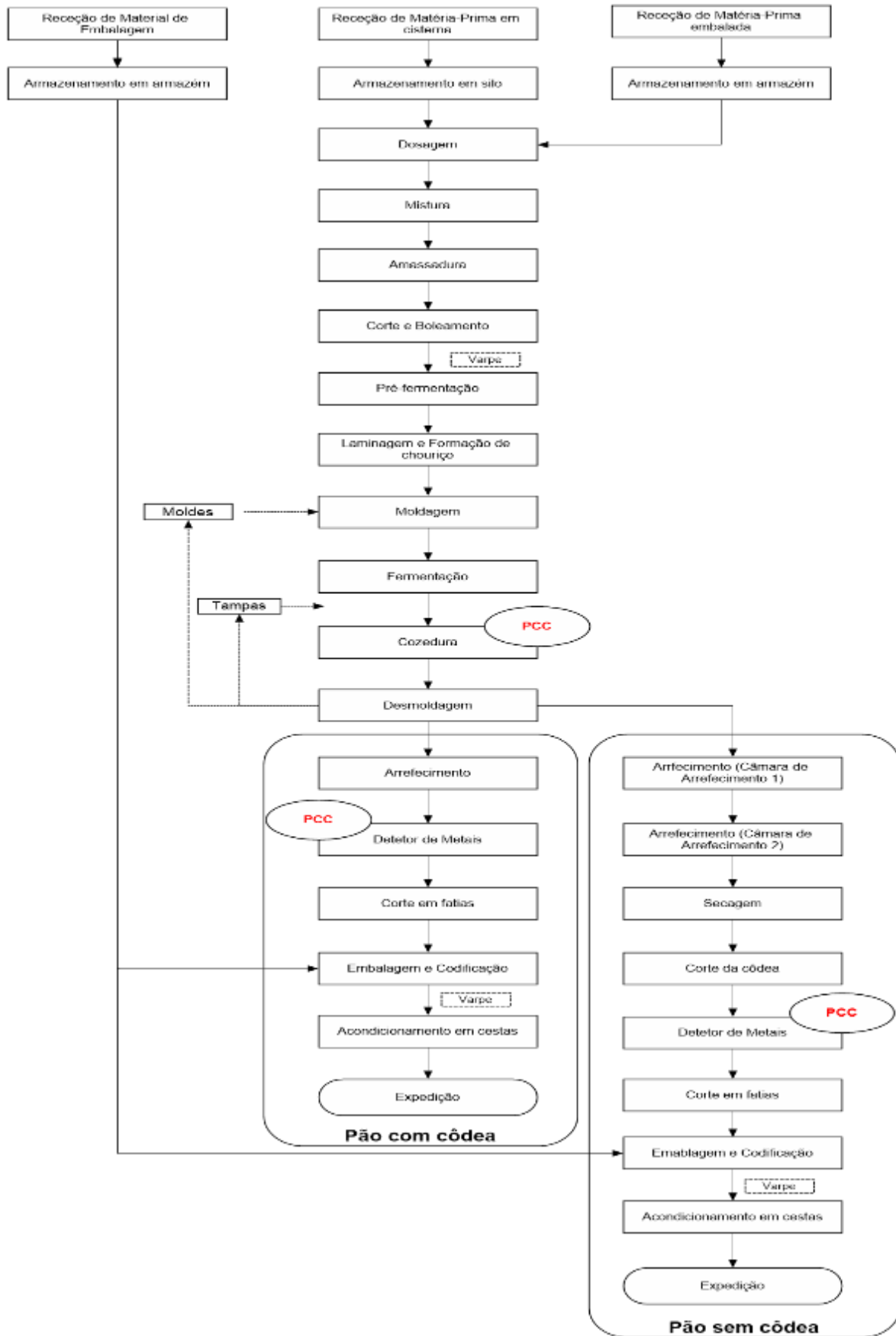


Figura 3. Fluxograma do processo produtivo de pão com côdea e de pão sem côdea.

Tabela I. Tabela descritiva dos processos produtivos esquematizados no fluxograma da figura 3.

<i>Etapas</i>	<i>Processo</i>	<i>Descrição</i>
1 a 6	Receção e armazenamento das matérias-primas ematerial de embalagem	Recolha de amostras, com inspeção visual e análises de qualidade, verificando se se encontram dentro das especificações estabelecidas e definidas pela empresa.
7	Dosagem	Pesagem dos ingredientes embalados, na sala de pesagens da unidade fabril, e transporte (em condições de preservação de humidade e de contacto com o exterior) para a plataforma VMI, onde são doseados, através de um sistema de tubagem com caudalímetros e válvulas, os ingredientes de silo, de acordo com a formulação.
8 e 9	Mistura e Amassadura	Realizada em amassadoras, através de força mecânica, possibilitando a hidratação da farinha e a incorporação de ar que permite o desenvolvimento da massa. O controlo do binómio tempo/temperatura é essencial, para obtenção de uma massa bem desenvolvida (aparência seca e sedosa, com capacidade de esticar até um fino filme sem quebrar)
10	Corte e Boleamento	<p>Condições de processo aproximadas: Temperatura de amassado - 24°C e Tempo de amassado - 5 minutos</p> <p>Depósito da massa na cortadora, que a corta em pedaços com o peso pretendido, passando por uma boleadora, que as transforma em bolas. As massas com peso acima ou abaixo do especificado são rejeitadas por uma balança eletrónica de precisão (varpe), e podem voltar ao processo sendo repostas na cuba de amassadura (retalho).</p>
11	Pré-fermentação	Relaxamento da massa à temperatura ambiente. As porções de massa boleadas entram, na câmara de pré-fermentação, por um transportador automático e quando saem devem estar bem hidratadas (aproximadamente 8 minutos).
12	Laminagem e formação de chouriço	As porções de massa, ao longo do transportador, são espalmadas por laminadoras, de forma a retirar o gás da massa e a torná-la o mais fina possível. Quando chega às formadoras a massa é enrolada num sistema de guias formando cilindros com o nome de chouriços. Quanto mais espalmada for a massa, mais enrolado será o chouriço e consequentemente, mais homogéneo e fino será o alveolado da miga.

13	Moldagem	Através de um sistema automático, os chouriços caem nas cavidades dos moldes com o formato final pretendido.
14	Fermentação	<p>Esta etapa dura cerca de 80 minutos e é controlada através do ajuste da temperatura e humidade relativa dentro da câmara de fermentação. A temperatura ajuda a multiplicação da levedura e a humidade relativa vai compensar a secagem da superfície do produto, sendo um fator importante para obter um produto com uma espessura de crosta adequada. A massa deverá crescer neste processo, e adquirir a forma dos moldes</p> <p>Condições de processo aproximadas: Temperatura de fermentação - 38°C; Humidade de fermentação - 75% e Tempo de fermentação - 80 minutos</p>
15	Cozedura	<p>Antes de seguirem para o forno são colocadas as tampas automaticamente sobre os moldes. O forno é aquecido por queimadores conectados e dividido em diferentes zonas com temperaturas distintas. O tempo de cozedura varia conforme o tipo de pão a produzir e de ajustes realizados durante a produção.</p> <p>Condições de processo aproximadas: Temperatura de queimadores - 400°C; Temperatura das zonas - 300°C e Tempo de cozedura - 30 minutos</p>
16	Desmoldagem	À saída do forno os pães são desmoldados através de um sistema de sucção automática, elevando os pães do molde e colocando-os no tapete que segue para a câmara de arrefecimento. Após serem desenformados é realizada a leitura da temperatura no centro do produto bem como uma apreciação visual.
17, 17' e 17''	Arrefecimento	<p>Os pães entram na câmara de arrefecimento onde permanecem durante algum tempo (cerca de 2 horas) a uma temperatura e humidade controlada. Este arrefecimento é feito pelo ar em convecção forçada. Este processo é fundamental para a conservação do produto, e para que ocorra eficazmente é necessário que o arrefecimento seja homogéneo e a circulação de ar uniforme entre o produto. Na linha do pão sem côdea, este passa por duas câmaras de arrefecimento.</p> <p>Condições de processo aproximadas: Temperatura de arrefecimento - 30°C e Tempo de arrefecimento - 120 minutos</p>

18 e 18'	Detetor de Metais	<i>Rejeição de pães que apresentem uma condutividade superior ao parâmetro estabelecido. Na linha de pão sem cõdea este processo só ocorre após a secagem e corte da cõdea.</i>
23 e 24	Secagem e Corte da cõdea	Operações restritas à linha do pão sem cõdea. Ocorrem em ambiente esterilizado (sala branca). A secagem consiste na passagem do pão por uma circulação de ar quente (forno de secado) que o prepara para a eliminação total da cõdea.
19 e 19'	Corte em fatias	O pão é fatiado consoante o número de fatias especificado.
20 e 20'	Embalagem e Codificação	A máquina de embalagem através de ar abre a bolsa e com uma pá leva o pão para dentro da mesma. Segue-se a colocação do atilho e a codificação, que identifica o lote e a data de validade do produto. O produto passa por uma balança eletrónica de precisão (varpe), que rejeita aqueles que estão abaixo do peso especificado.
21,21', 22 e 22'	Acondicionamento em cestas e Expedição	Os pães são colocados em cestas, onde seguem para o armazém da logística. No armazém da logística são distribuídos e expedidos conforme as necessidades

1.2.2. Matérias-Primas

Os ingredientes essenciais para obtenção de pão são farinha de trigo, água, sal e levedura. Contudo podem ser adicionados outros suplementos, com objetivo de conferir ao pão características sensoriais diferenciadas e melhorar o seu processo de fabrico. Estes podem ser emulsionantes, enzimas, reguladores de acidez, conservantes, entre outros, e são adicionados à massa como misturas mais ou menos complexas, designadas de aditivos. (Sluimer, 2005)

A farinha é o componente estrutural da massa e constitui o ingrediente fundamental para a obtenção de pão. Resulta da moenda e da mistura de grãos de um ou mais cereais, maduros, são, não germinados e isentos de impurezas e de insetos parasitas, assim como de conservantes. (Portaria nº 254, 2003)

A farinha de trigo possui dois constituintes fundamentais, o amido e proteínas do glúten, que sofrem drásticas alterações durante o processo de fabrico do pão. Parte do conteúdo proteico da farinha, gliadinas e gluteninas, possui características funcionais únicas e responsáveis pela formação da rede de glúten, quando ocorre hidratação da farinha e quando se exerce trabalho mecânico. O interesse do glúten nos processos de panificação está basicamente ligado à sua capacidade de conferir extensibilidade e consistência à massa, para além da capacidade de reter o gás proveniente da fermentação, promovendo assim, o aumento do volume da massa.

As gliadinas são proteínas de cadeia simples, consideradas como solventes dos agregados de gluteninas, sendo responsáveis pela consistência e viscosidade da massa. As gluteninas, mais especificamente as subunidades de gluteninas com elevado peso molecular (HMWGS) apresentam cadeias ramificadas e possuem cisteínas com grupos tiol que formam pontes dissulfureto entre si, sendo responsáveis por conferir força e extensibilidade/elasticidade à massa. O rácio entre gluteninas e gliadinas pode ser diretamente relacionado com o balanço entre a força e extensibilidade da massa, logo as proporções e distribuição destas proteínas na farinha são determinantes para a qualidade da rede formada, e conseqüentemente, a qualidade do pão final. (Sluimer, 2005) (C. M. Rosell, 2016) (H.-D. Belitz et al., 2009) (Tomoskozi & Békés, 2016)

Por sua vez, o papel do amido está principalmente implicado na reologia da massa, e na textura e estabilidade do produto acabado. Representa cerca de 70% da farinha, é constituído por amilopectina, constituída por cadeias lineares de glucose com ligações α 1→4, por cadeias ramificadas nas ligações α 1→6, a cada 24-30 unidades, e por amilose, molécula linear, com ligações α 1→4 entre as D- glucopiranoses. Para além de proporcionar os açúcares fermentáveis à levedura, o seu papel principal no fabrico de pão ocorre durante a cozedura (54-63°C) quando os

grânulos começam a gelatinizar, e durante o envelhecimento, quando as moléculas de amido se reagregam conferindo firmeza à miga. (Sluimer, 2005) (C. M. Rosell, 2016) (Clifton & Keogh, 2016) (Ai & Jane, 2016) (Cristina M. Rosell & Collar, 2009) (van der Maarel et al, 2002)

Nas formulações de pães, a quantidade de farinha a ser empregada depende da quantidade ou do volume de massa necessário à produção e as quantidades dos restantes ingredientes são calculadas sobre a percentagem de farinha, que corresponde a 100%. As formulações de pão são normalmente expressas em percentagens designadas por “*baker’s percentages*”, nas quais cada ingrediente é expresso como uma percentagem da quantidade total de farinha na fórmula. A Figura 4 fornece um exemplo de uma fórmula de pão expressa em peso e em “*baker’s percentages*” (de notar, que mais do que um tipo de farinha é incluído nesta formulação). (Sluimer, 2005) (Figoni, 2008)

As “*baker’s percentages*” representam uma maior simplicidade em relação às percentagens baseadas no peso total, pois requerem menos cálculos quando ocorre adição ou alteração da quantidade de um ingrediente. (Figoni, 2008)

INGREDIENT	POUNDS	OUNCES	GRAMS	BAKER’S PERCENTAGE
Flour, bread	6		3000	60%
Flour, whole wheat	4		2000	40%
Water	5	10.0	2800	56%
Yeast, compressed		6.0	190	4%
Salt		3.0	95	2%
Total	16	3.0	8085	162%

Figura 4. Exemplo de fórmula de pão expressa em peso e em *baker’s percentage* (adaptado de Figoni, 2008)

A água é também um ingrediente imprescindível na formação da massa. Para além da capacidade de dissolver e hidratar os restantes ingredientes, tem um papel importante no controlo da temperatura e na consistência e viscosidade da massa pois permite a formação de glúten. É também essencial na ativação da levedura, pois cria o ambiente propício para que ocorra a fermentação, e no fenómeno de gelatinização do amido, que ocorre durante o processo de cozedura do pão. (Figoni, 2008)

A levedura usada nos processos de panificação metaboliza os açúcares livres presentes na massa, iniciando o processo de fermentação anaeróbio, que resulta na produção de dióxido de carbono, necessário para o crescimento da massa, e de outros compostos (álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas), com efeito positivo no perfil aromático do pão. A levedura também exerce influência nas propriedades reológicas da massa,

tornando-a mais elástica e porosa. (Guerreiro & Mata, 2010) (C. M. Rosell, 2016)

Nas formulações de pão pode ser utilizada levedura líquida que consiste numa suspensão de células vivas selecionadas da espécie *Saccharomyces*, ou levedura sólida, que é obtida por multiplicação de células *in cultivo* puro de espécie *Saccharomyces*, em forma de pasta prensada.

No que respeita ao sal, este é indispensável em qualquer formulação de pão, pois para além de conferir sabor ao pão e clarear a miga, exerce algumas funções, tais como: reforçar as ligações proteicas do glúten (já que a gliadina tem maior solubilidade em soluções salinas) conferindo maior consistência à massa; controlar a taxa de fermentação e atividade enzimática ao reverter a ação da levedura por efeito osmótico. Além do mais atua como conservante bactericida (Mondal & Datta, 2008) (Tömösközi & Békés, 2016) (C. M. Rosell, 2016) (Marsh & Cauvain, 2007)

O açúcar, quando utilizado na panificação, além de conferir um aroma especial, auxilia na coloração acastanhada da crosta devido à caramelização (reações de Maillard) durante o processo de cozedura. Desempenha também uma função específica na melhoria da textura da miga ao atuar como barreira da saída de humidade e ao controlar o desenvolvimento excessivo de glúten, que confere rigidez e dureza, por competição com as proteínas formadoras de glúten por água. Utilizado nas proporções adequadas o açúcar otimiza a elasticidade da massa, deixando-a mais suave, e conseqüentemente origina um produto final com uma textura mais macia. Entre estas funções gerais importantes, destaca-se também o aumento da eficácia da fermentação ao promover alimento à levedura. (Rufián-Henares & Pastoriza, 2016)

As gorduras e óleos são usados na panificação para auxiliar na expansão, conferir sensação de humidade e aumentar o tempo de vida útil do produto. Quimicamente diminuem as cadeias de glúten conferindo maciez e lubrificam os ingredientes para que não fiquem pesadamente coesos e sem espaço para a expansão. O vinagre é adicionado como corretor de acidez nas formulações, pois ao diminuir o pH da massa estabiliza o produto e previne a deterioração provocada por microrganismos. (Howell, 2016)

1.2.3. Aditivos

Outros ingredientes denominados de “aditivos”, com grande importância na tecnologia da panificação, são adicionados em pequenas quantidades às formulações, no sentido de responder aos processos atuais de fabrico e à grande escala de produção exigida pelo mercado. Embora não sejam considerados matérias-primas essenciais, a sua presença é fundamental para a obtenção de produtos de qualidade, principalmente

aqueles que atuam na correção de possíveis deficiências na qualidade da farinha de trigo.

Podem ser utilizados direta ou indiretamente com vários intuitos tecnológicos, como o prolongamento do tempo de vida, a modificação ou estabilização da consistência da massa, e para conferir, realçar e conservar características sensoriais do produto final. Sendo que, a distribuição das proteínas do glúten possui uma grande importância nas propriedades reológicas da massa, uma combinação de aditivos funcionais como agentes redutores, oxidantes e enzimas proteolíticas são frequentemente utilizadas no processo de fabrico do pão para alterar as propriedades da massa através dos efeitos sobre as ligações dissulfureto na estrutura do glúten. (Blekas, 2016) (Tomoskozi & Békés, 2016) (Gomes-Ruffi, 2012)

O uso de aditivos na EU é regulado por legislação, tendo em conta a sua segurança alimentar e indispensabilidade tecnológica. A sua “não toxicidade” é avaliada para determinar a Ingestão Diária Aceitável (IDA). Estes podem ser emulsionantes, enzimas, reguladores de acidez, conservantes, entre outros. (Blekas, 2016)

Na panificação o objetivo principal do uso de conservantes químicos é o prolongamento do tempo de vida por proteção contra a deterioração causada pelos microorganismos. Estes, atuam inibindo as vias metabólicas responsáveis pela sobrevivência dos microorganismos por ataque às membranas celulares ou por reações com grupos funcionais de enzimas. O ácido sórbico e o propanoato de cálcio são os mais comumente utilizados, pois possuem atividade antimicrobiana principalmente contra bolores e leveduras. (Torres et al, 2016) (Blekas, 2016)

A suplementação com enzimas e emulsionantes é prática usual no processo de panificação. São utilizados como agentes *anti - staling* com o objetivo de modificar a reologia da massa, a sua capacidade de retenção e suavidade da miga do produto acabado, aumentando o seu tempo de vida.

Possuem diferentes mecanismos de ação, que influenciam as propriedades do produto de diferentes formas, e podem ser adicionadas individualmente ou em misturas complexas, onde irão atuar de forma sinérgica para obtenção de produtos melhorados. (Martinez-Anaya MA, 1997) (Collar, 2000) (Gomes-Ruffi, 2012)

2. Controlo de Qualidade

Segundo a NP ISO 9000:2005, “Qualidade é o grau de satisfação das necessidades ou expectativas expressas, geralmente implícitas ou obrigatórias dadas por um conjunto de elementos diferenciadores intrínsecos”. (Norma Portuguesa ISO 9000, 2005)

Apesar de ser um assunto subjetivo, a qualidade de um alimento assenta em alguns critérios comuns para o consumidor, e é determinada por um conjunto de complexas interações entre os ingredientes relativamente às suas proporções e pela forma como estes irão influenciar o próprio processamento. (S. Cauvain, 2012)

Os sistemas de qualidade na indústria alimentar têm diversas funções que vão desde a gestão documental até ao controlo dos processos. Estes sistemas englobam um conjunto de atividades, que garantem o desenvolvimento e comercialização dos produtos, de acordo com os requisitos legislativos, clientes e consumidores. O controlo de qualidade tem como objetivo prever e controlar a qualidade dos produtos e do processo, que permitirá obter um produto final com as características esperadas.

O controlo de qualidade das matérias-primas e produto acabado é realizado no laboratório de qualidade da empresa, através de análises físico-químicas, e com o objetivo de assegurar que estes cumpram com os parâmetros estabelecidos entre a empresa e o fornecedor, garantindo o cumprimento de boas práticas de fabrico, de acordo com as normas em vigor. A empresa está certificada pela norma IFS, que especifica os requisitos para os sistemas de gestão de qualidade.

Os fornecedores garantem que as matérias-primas se encontrem nas condições higiénico-sanitárias adequadas (livre de parasitas de qualquer forma, de microrganismos patogénicos, de toxinas e de qualquer tipo de impurezas ou corpos estranhos) e que não contenham quantidades toxicologicamente perigosas de quaisquer elementos ou substâncias, de micotoxinas e pesticidas.

Através das análises ao produto final consegue-se avaliar as características físico-químicas, organoléticas e microbiológicas do mesmo, e perceber se estão de acordo com o especificado. Além disso, controla-se também a evolução dessas características ao longo do seu prazo de validade, garantido um controlo da qualidade de uma forma contínua.

2.1. Controlo de Qualidade das Matérias-Primas Embaladas e em Granel

Quando rececionadas, as matérias-primas embaladas são sujeitas a uma inspeção para controlo das características organoléticas próprias do produto e características de acondicionamento. Posteriormente são retiradas amostras para futuras análises de controlo, em laboratório acreditado (microbiológicas, teor de cinzas, viscosidade, etc), antes de serem utilizadas em produção.

Às matérias-primas recebidas em granel são realizadas um conjunto de análises laboratoriais, antes e/ou após da sua descarga, tal como esquematizado pela Tabela II.

Uma vez que os graneis são transportados em cisternas, é fulcral um documento que comprove que as mesmas foram devidamente lavadas e desinfetadas antes do transporte. Estes documentos devem ainda fazer referência a matérias-primas transportadas anteriormente, de forma a evitar a contaminações cruzadas.

Tabela II. Controlo de qualidade efetuado às matérias-primas recebidas em granel, respetivos documentos de acompanhamento e respetivas análises realizadas em laboratório antes e após a descarga em silos de armazenamento

Matéria-Prima	Documentos de acompanhamento	Análises efetuadas	
		Antes da descarga	Após a descarga
Farinha	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Humidade relativa (%) Temperatura (°C) Alveograma Caraterísticas organoléticas	
Óleo vegetal/Girassol	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Índice de peróxidos Índice de acidez Caraterísticas organoléticas	
Açúcar	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Temperatura (°C) Caraterísticas organoléticas	Humidade relativa (%)
Levedura líquida	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Temperatura (°C) pH Densidade (g/cm ³) Humidade relativa e matéria seca (%)	Reofermentograma
Levedura prensada	Registo termográfico Boletim de análise	Temperatura (°C)	Reofermentograma

2.1.1. Humidade Relativa (H_r)

A condução da análise ao teor de humidade de um produto alimentar é indispensável, visto que é possível aferir a qualidade do mesmo. A humidade é medida, em geral, pela perda de peso sofrida pelo produto quando este é submetido a uma elevada temperatura estabilizada.

Para a determinação do teor de humidade, são utilizados dois equipamentos capazes de fornecer dados rápidos e concisos: um analisador de halogénio e outro de infravermelhos.

O equipamento de halogénio, *Moisture Analyzer Mettler Toledo HR83*, opera sob o princípio da termogravimetria, ou seja, no início da análise o equipamento pesa a quantidade de toma a ser analisada, após isto, a amostra é submetida a um rápido aquecimento responsável pelo módulo de halogénio, fazendo com que a água evapore. Durante o processo de evaporação, o equipamento faz medições sucessivas das alterações do peso da toma, exprimindo assim o teor de humidade da amostra.

A determinação do teor de humidade por infravermelhos funciona através da penetração de radiação IV sobre a amostra em análise. Esta análise é conduzida a uma temperatura de 110°C tanto para a levedura líquida como para o açúcar, diferenciando-se apenas a quantidade de amostra pesada.

2.1.2. Método Alveográfico

O nível e a qualidade das proteínas formadoras de glúten presentes na farinha têm um enorme impacto no produto final, sendo que estes parâmetros variam consoante o tipo de farinha utilizado, práticas agrícolas e efeitos ambientais. O equilíbrio entre a força da massa e a sua extensibilidade é considerado o fator mais importante para uma farinha originar um bom pão. Para garantir a estabilidade das células gasosas, a massa necessita não só de ser suficientemente extensível para responder à pressão gasosa mas também forte o suficiente para não colapsar. No entanto, para diferentes tipos de pães, e até mesmo para diferentes tipos de tecnologias de processamento, é necessária uma variedade de força e de valores de extensibilidade. (Tomoskozi & Békés, 2016)

De modo a avaliar a qualidade de uma farinha inúmeros testes podem ser efetuados, um deles designa-se por método alveográfico, e mede a extensibilidade da rede de glúten, através de um sistema biaxial. (S. Cauvain, 2012)

A extensibilidade da massa é responsável pela expansão durante a fermentação, determinando conseqüentemente a performance e qualidade do produto final. Para determinar a extensibilidade, a massa produzida por um método de mistura

padronizado, é submetida a grandes deformações até ocorrer rutura e a resistência contra esse alongamento é calculada.

O método de extensão mais conhecido e padronizado nos dias de hoje, baseia-se no princípio de insuflação da massa por pressão biaxial de gás, de Chopin. Este procedimento mimetiza os micro processos que ocorrem na massa durante a fermentação numa escala macroscópica, permitindo a avaliação das características plásticas das farinhas mediante a quantificação de vários parâmetros analíticos.

O alveógrafo de Chopin é constituído por três componentes fundamentais: a amassadeira onde é preparada a massa para o ensaio; o aparelho de sopro que permite a expansão da massa e o manómetro de registo Alveolink, onde se detetam, registam e processam os dados dos ensaios alveográficos. Durante o procedimento, são preparados discos de massa de circunferência e espessura uniformes, que após repouso são insuflados por um fluxo de ar sob pressão constante até que ocorra extensão total e formação de uma bolha até que se rompa devido à distensão suportada. A pressão dentro da bolha de massa até rutura é medida e registada em alveograma (Figura 5).

O método alveográfico permite a análise dos parâmetros da farinha: a tenacidade (P , mm), que corresponde à pressão máxima exercida, devido à resistência da massa à extensão; a extensibilidade (L , mm) que é pelo comprimento da curva; e o trabalho de deformação ou força da massa (W , $10^{-4}J$), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a massa até rutura e que é determinado pela área sob a curva. (Tomoskozi & Békés, 2016) (Belderok, Mesdag, & Donner, 2013)

Para a preparação desta análise é necessário precedentemente realizar uma análise do teor de humidade da farinha no equipamento de halogénio, bem como medir a temperatura de receção da farinha. Caso esta não se encontre a uma temperatura próxima de $20^{\circ}C$ é necessário proceder ao seu arrefecimento/aquecimento na amassadeira do aparelho.

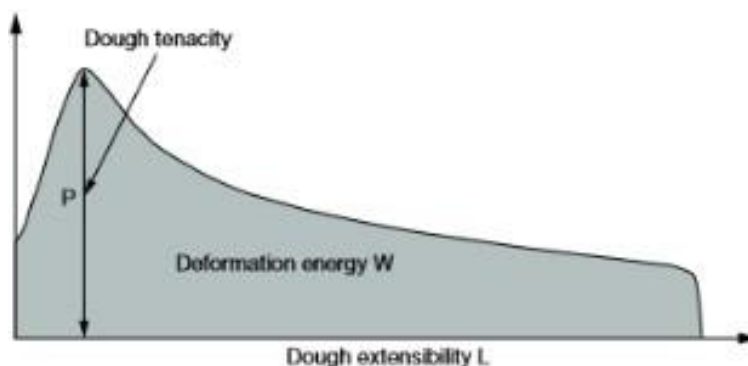


Figura 5. Curva alveográfica típica e parâmetros de tenacidade (P), extensibilidade (L) e força (W) da massa. (Tomoskozi & Békés, 2016)

Esta análise deve ser cronometrada, e os intervalos de temperatura devem ser controlados rigorosamente de forma a não influenciar os resultados. Para iniciar a análise são necessários 250g de farinha à qual se adiciona o volume correspondente à matéria seca da amostra de uma solução de NaCl a 2,5%. Este volume é conseguido através da análise ao teor em humidade da farinha. Quando a farinha atinge a temperatura adequada adiciona-se a solução de NaCl 2,5% e dá-se início ao procedimento.

Ao primeiro minuto é necessário auxiliar o processo de homogeneização para que toda a farinha consiga ser hidratada. Esta operação deve durar no máximo um minuto. A extração da massa já homogeneizada é feita ao oitavo minuto. Para isto inverte-se o sentido de rotação do braço da amassadeira. Nesta etapa são retiradas seis porções de massa, sendo que a primeira é sempre desconsiderada. As porções subsequentes são laminadas, cortadas circularmente e colocadas numa câmara de repouso a uma temperatura controlada de $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Quando se atinge os vinte e oito minutos é necessário proceder à insuflação destas porções. Desta operação resultam cinco gráficos onde estão expressos os parâmetros acima supracitados (exemplificado em Anexo IV) (Belderok, Mesdag, & Donner, 2013)

2.1.3. pH

O pH de uma solução é dado pela concentração de iões hidrogénio presente nessa solução, quantificando o grau de acidez da mesma. A medição do pH é feita com recurso a um *pH Meter Metrohm* que utiliza um eléctrodo, ligado a um potenciómetro, onde se mergulha o eléctrodo na solução a analisar, espera-se até estabilizar e o potenciómetro fornece-nos o valor de pH.

2.1.4. Densidade

Sabe-se que a densidade de um produto é a relação entre a sua massa e o volume, e como tal, esta análise tem um grande impacto na avaliação da qualidade de uma matéria-prima. Por essa razão, a análise à densidade passa pela medição do peso da amostra num balão volumétrico de 100mL tarado, apresentando-se o valor da análise em g/cm^3 .

2.1.5. Reofermentograma

De modo a avaliar a performance da levedura e as características da massa

durante a fermentação, é feita uma análise reológica denominada por reofermentograma. (Hajšelová & Alldrick, 2003)

Esta análise é conduzida num reofermentómetro *Rheo F4 Chopin*, que simula as condições industriais de processo de pão em situação laboratorial, e mede o desenvolvimento da massa, a intensidade da produção de gás e ataxa de aprisionamento de gás. (Tömösközi & Békés, 2016)

Visto que esta análise consiste numa simulação da etapa fermentativa do pão, o parâmetro temperatura deve ser bem definido de forma a não falsear os resultados, sendo que a cuba de fermentação se deve encontrar a 28,5°C.

Inicialmente, deve ser elaborada uma massa, de forma representativa à situação industrial, através da adição de farinha com propanoato de cálcio (conservante), dextrose, sal, água e levedura. A ordem de adição é importante, devendo ser o sal adicionado por último, de forma a não destruir a levedura e/ou inibir a sua atividade fermentativa. Após a preparação da massa e colocação da amostra no aparelho, o ensaio fermentativo inicia-se, o aparelho constrói dois gráficos (Figura 6), um relativo ao desenvolvimento panar, onde são avaliados o desenvolvimento da massa e a resistência da rede proteica, e outro relativo à produção gasosa, onde se avalia a produção de CO₂, a capacidade de retenção de gás, a velocidade de produção de gás, bem como o tempo de aparecimento de porosidades na massa. (Anexo V) (CHOPIN Technologies, 2016)

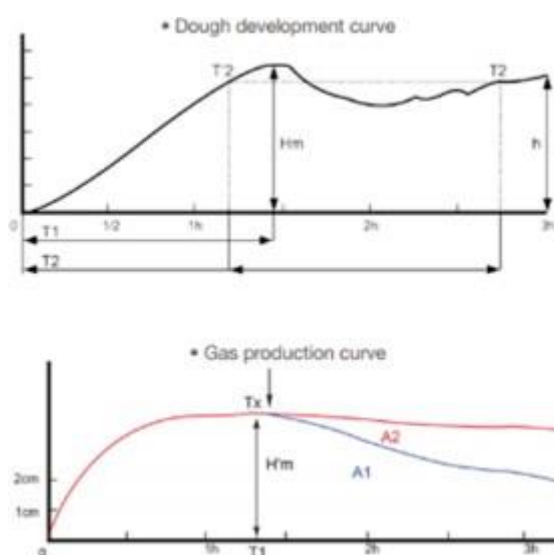
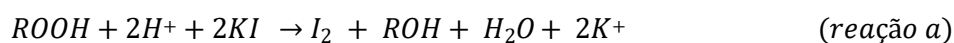


Figura 6. Curva de desenvolvimento da massa típica de ensaio reofermentativo, na qual H_m : máximo desenvolvimento da massa, T_1 : tempo necessário para o desenvolvimento máximo da massa e T_2-T_1 : tempo relativo de estabilidade no ponto máximo de desenvolvimento; Curva de produção de gás típica de ensaio reofermentativo, na qual H'_m : altura máxima da curva, T_1 : tempo necessário para atingir a altura máxima, T_x : tempo a partir do qual a massa começa a perder CO₂, A_1 : volume de CO₂ retido (ml) e A_2 : volume total de CO₂ perdido. (Chopin Technologies, 2016)

2.1.6. Índice de Peróxidos

A determinação do índice de peróxidos é importante na análise da qualidade do óleo pois através deste é possível aferir o seu estado de oxidação. A suscetibilidade de um óleo à oxidação varia consoante o número de ligações duplas presentes, sendo que os ácidos gordos insaturados tornam o óleo vulnerável às reações de oxidação. A formação de peróxidos está relacionada com o processo de deterioração dos óleos por oxidação dos AG insaturados.

Este método baseia-se numa titulação iodométrica. O oxigénio ativo da amostra provoca a oxidação do iodeto de potássio a iodo, em meio acético (reação a) e a quantidade de iodo libertado proporcional à concentração de peróxidos disponíveis, é titulada com solução de tiosulfato de sódio, na presença de amido como indicador (reação b).



Na realização desta análise seguiu-se a NP 904:1987, na qual se pesa uma amostra de óleo, e adiciona-se 10mL de clorofórmio e 15mL de ácido acético juntamente com 1mL de solução saturada de iodeto de potássio feita na hora, devido à sua suscetibilidade oxidativa. De seguida, agita-se a mistura aproximadamente um minuto e guarda-se ao abrigo da luz durante 5 minutos. Após isto, adicionam-se 75mL de água destilada e titula-se com solução de tiosulfato de sódio 0,01M, utilizando como indicador o cozimento de amido, até se obter uma alteração da cor roxa até cor esbranquiçada-transparente. (NP 904:1987)

O índice de peróxidos corresponde à quantidade de oxigénio ativo, expressa em miliequivalentes, contido num quilograma de amostra e é calculado através da seguinte fórmula:

$$IP(\text{meq O}_2 / \text{kg amostra}) = \frac{V \times 1000 \times [Na_2S_2O_3]}{2 \times \text{massa da amostra}}$$

2.1.7. Índice de Acidez

Para a caracterização da qualidade do óleo é de grande importância determinar o índice de acidez, que visa quantificar os AG livres presentes. O processo de determinação baseia-se na neutralização dos AG livres presentes num grama de

amostra de óleo, dissolvida numa mistura de éter/etanol, por intermédio de uma solução alcalina de hidróxido de sódio, utilizando como indicador a fenoftaleína.

A realização desta análise assenta no método titulométrico, onde é necessário adicionar a determinada massa de amostra, 100mL de solução de éter/etanol (1:1), previamente neutralizada com solução 0,1M de hidróxido de sódio e três gotas de fenoftaleína. Realiza-se posteriormente a titulação com solução de NaOH 0,1M até se obter uma coloração rosa ténue persistente. (NP 903:1987)

O índice de acidez é expresso em miligramas de hidróxido de sódio, por grama de amostra, sendo que a fórmula de cálculo é a seguinte:

$$\text{Índice de Acidez (mg } \frac{\text{NaOH}}{\text{g}} \text{ amostra)} = \frac{V \times [\text{NaOH}] \times \text{MM}(\text{ácido gordo})}{\text{massa da amostra}}$$

2.2. Controlo de Qualidade da Água de Consumo

A água de consumo, como matéria-prima fundamental, requer a realização diária de análise de monitorização. São recolhidas amostras em diferentes pontos de recolha da linha de estação de tratamento de águas (ETA) e são realizadas análises de pH com potenciómetro *744 pH Meter Metrohm*, e de quantificação do teor de cloro, com base na técnica de espectrofotometria, através do equipamento *MQ200 Lovibond*. A quantificação do cloro serve como indicativo do tratamento e desinfeção da água, no entanto deve encontrar-se dentro de um intervalo de valores definido. O pH também deve estar dentro de um intervalo definido, de forma a não influenciar o produto final.

2.3. Controlo de Qualidade do Produto Acabado

O tempo de vida útil de um produto alimentar é designado pelo período de tempo no qual o produto se mantém seguro para o consumo, mantendo ainda os parâmetros nutricionais, sensoriais e microbiológicos quando armazenados nas condições descritas na embalagem. (Food Safety Authority of Ireland, 2005) (Giménez, Ares, & Ares, 2012)

Quando o alimento ultrapassa a sua data de durabilidade mínima não significa que este deixou de ser seguro, mas pode já não apresentar a máxima qualidade organolética. Portanto, a vida útil de um alimento baseia-se na sobrevivência e crescimento de microrganismos, alterações químicas e organoléticas, e como tal, uma

vida útil mal estimada poderá colocar em risco a saúde dos consumidores. Por esta razão é importante estabelecer um prazo de validade preciso.

A validade de um produto alimentar depende de diversos fatores incluindo: a formulação, o pH do alimento, o tipo de acondicionamento - embalagem, e a temperatura e humidade a que está sujeito, sendo que a sua determinação, tendo em conta uma boa margem de segurança, é fundamental para garantir que o produto é adquirido com a segurança e qualidade desejável, aspetos muito procurados pelo consumidor final.

O pão apresenta uma matriz instável que se deteriora ao longo do tempo através de um fenómeno designado por *staling* ou envelhecimento, que é responsável por mudanças na qualidade organolética que ocorrem durante o armazenamento, como por exemplo um aumento da dureza da cãea e da própria miga, perda de frescura, e alterações de importantes parâmetros sensoriais como sabor e odor, o que condiciona o prazo de validade do pão. No entanto, as alterações microbiológicas são as que mais influenciam o tempo de vida útil nos produtos de panificação. (Fadda, Sanguinetti, Del Caro, Collar, & Piga, 2014)

A avaliação do tempo de vida útil de um alimento é efetuada armazenando amostras desse alimento, em condições semelhantes às reais realizando uma monitorização regular onde são observadas as alterações ocorridas, permitindo determinar o tempo que este leva para se deteriorar e/ou alterar até ao limite que o torna impróprio para consumo.

De forma a proceder a um controlo da qualidade do produto final é necessário proceder a análises métricas dimensionais de altura, largura e espessura, de modo a verificar se o produto acabado se encontra ou não dentro das especificações definidas para estes parâmetros e a análises físico-químicas de medição da humidade relativa e da atividade da água, e comparar com as especificações na respetiva ficha de desenvolvimento.

A evolução do produto é também avaliada com análise sensorial na frequência necessária e inspeção da presença de bolores visíveis ao final do tempo de vida.

São ainda efetuadas análises microbiológicas efetuadas no início e fim da validade do produto, num laboratório externo acreditado IPAC. Nessas análises são determinados os seguintes parâmetros: Contagem de microrganismos a 30°C; Contagem de bolores e leveduras; Determinação da ausência de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, Enterobacterias e *E.coli*.

2.3.1. Qualidade de Saída

A qualidade de saída é um dos fatores que controla a eficiência da linha de produção e realiza-se no primeiro dia de vida dos produtos de forma a avaliar o peso bruto e líquido, a metrologia dimensional (altura, largura e espessura das fatias), o estado da miga, a presença de côdea (no caso do pão sem côdea), a presença de elementos estranhos, o estado da embalagem, as características sensoriais e a codificação da embalagem.

As medições de qualidade de saída (altura, largura e espessura das fatias) efetuam-se apenas nas fatias determinadas por uma seleção pré-definida, que varia conforme o formato de pão a avaliar. O estado da miga é avaliado, fundamentalmente, pela percentagem da presença de alvéolos com diâmetro superior a 1cm.

2.3.2. Análises Físico-Químicas

- *Textura*

O conceito de textura pode ser definido como “o grupo de características físicas que são sentidas pela sensação de toque, e relacionadas com a deformação e desintegração de um produto” (Bourne, 1982)

A textura é um atributo muito importante para o consumidor em termos sensoriais, por isso é fundamental ser analisada na indústria alimentar, para que vá de encontro com as expectativas destes. Pode ser determinada através de diversos parâmetros: a dureza, a coesividade, a adesividade, a elasticidade, a gomosidade, a resiliência e a mastigabilidade. A dureza pode ser tomada como um parâmetro de frescura e qualidade. Quanto mais duro um produto, maior a resistência que apresenta à deformação.

O indicador de “*staling*” do pão mais utilizado é a medição do aumento da dureza da miga, que é o atributo mais comumente reconhecido pelos consumidores. (Gomes-Ruffi et al, 2012)

O *Texture Profile Analysis* (TPA), também conhecido como “Two Bite Test” tem vindo a ser um método extremamente utilizado pela indústria alimentar para avaliar as características de textura de inúmeros alimentos. Consiste num teste de compressão dupla, que permite determinar múltiplos parâmetros texturais numa só análise, e por imitar a mordida da boca, fornece informações sobre como os alimentos se comportam quando são mastigados. Os resultados texturais deste teste são apresentados na forma de uma curva de força (g) *versus* tempo (s) (Figura 7).

Neste método não existe uma definição padrão de dureza, sendo convencionalmente aceite a definição de “força máxima de um ciclo de compressão a uma distância pré-estabelecida, ou força máxima atingida antes da fratura”, ou seja, corresponde ao pico de força máxima necessária para comprimir o pão a uma distância previamente estabelecida (P_1 , Figura 7). (Baker & Ponte, 1987) (Young, 2012)

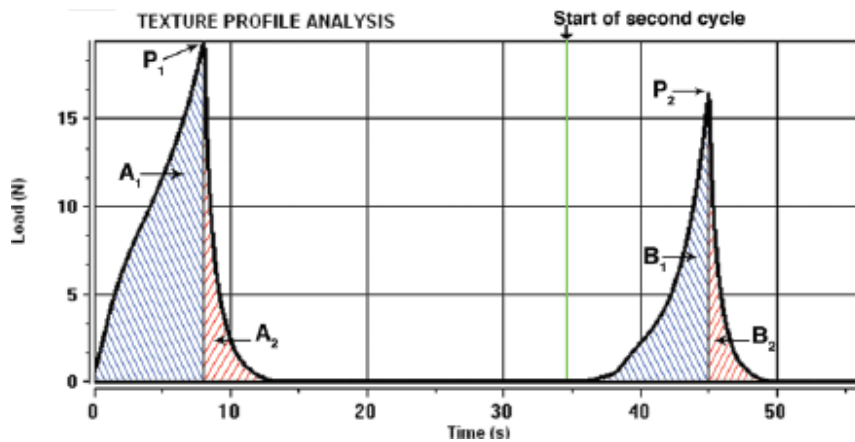


Figura 7. Gráfico típico de TPA reproduzido, por duas compressões (“What is Texture Analysis” Brookfield Texture Analyzer).

A adesividade corresponde ao trabalho/força necessários para ultrapassar a força atrativa entre a superfície do alimento e a superfície da sonda com a qual o produto entre em contacto, isto é, a força total necessária para afastar o êmbolo de compressão da amostra, quando esta adere à sonda, representando a nível organolético a adesão ao céu da boca. O valor de adesividade no TPA é definido como a área negativa (área 3:4) após a primeira compressão, e é dado em Kg/s, g/s ou N/s (Figura 8).

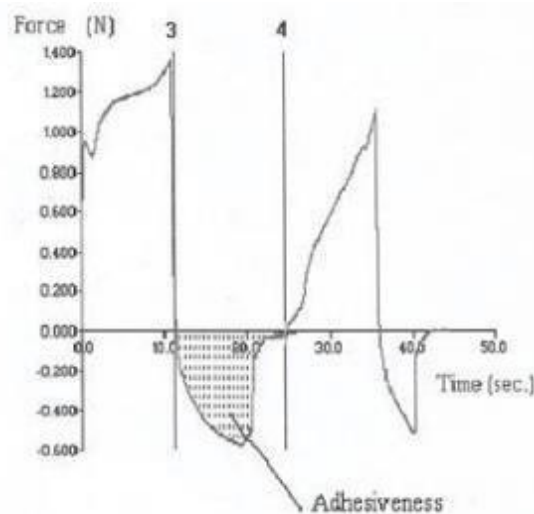


Figura 8. Gráfico típico de TPA evidenciando a adesividade (Texture Expert User Manual. Stable Micro Systems).

A resiliência é a medição de quão bem uma amostra recupera da deformação provocada pela compressão. É calculada pela divisão entre a energia ascendente da primeira compressão pela energia descendente da primeira compressão, ou seja, pela área A_2/A_1 da Figura 7.

Utilizou-se como equipamento o *TA.XT plus Analyser Stable Micro Systems*, conectado a um Exponent Software. (Texture Expert. User Manual. Stable Micro Systems)

De forma a dar início à análise, numa primeira etapa deve-se proceder à calibração do texturômetro e à definição dos parâmetros de atuação. É utilizada uma sonda cilíndrica de alumínio com 50 mm de diâmetro (SMS P/50) com aplicação de uma carga de 5 Kg. É selecionado um ciclo de compressão e a velocidade, a distância de penetração pretendida (40 mm) e a força de tensão (40%).

Para cada produto, utiliza-se o número total de fatias, exceto as fatias do topo que são descartadas, e mede-se o comportamento de dureza, adesividade e resiliência de todas as restantes. Cada amostra é medida na forma de duas fatias empilhadas, colocadas na base do texturômetro e centralizadas sob a sonda, que exerce compressão sobre elas, voltando depois à sua posição inicial.

Através do software Exponent são calculados rapidamente os três parâmetros de textura em estudo (dureza, adesividade e resiliência). Os resultados de força máxima obtidos para todas as fatias (pontos máximos das curvas) são tratados para obtenção de uma média representativa da dureza da amostra e que é expressa em quilogramas, e através da curva média obtida, são automaticamente calculadas as áreas que definem a adesividade e a resiliência.

- **Humidade Relativa (H_r)**

A determinação de humidade é uma das medidas mais importantes utilizadas na análise dos alimentos. O teor de humidade depende do teor de matéria seca, da espessura, do tempo e temperatura da cozedura. O controlo deste parâmetro é útil não só pelo potencial desenvolvimento microbiano, como também pela alteração das características organoléticas do produto acabado.

A determinação do teor de humidade é realizada em aparelho de infravermelhos *Sartorius MA30*, submetendo ao aquecimento por um binómio de tempo-temperatura de 8 minutos - 115°C, aproximadamente, 3,5g de amostra de pão previamente triturado.

Dois fatias centrais da amostra de pão a analisar são trituradas de forma a obter-se uma amostra homogénea e com superfície de contacto de pequenas dimensões. A percentagem de humidade é determinada mediante a perda de peso ao

longo da sua dessecação.

- **Atividade da Água (A_w)**

A atividade de água é definida como a quantidade relativa de pressão de vapor de água que envolve o alimento, disponível para fomentar o crescimento microbiano, e as reações químicas e bioquímicas. É um parâmetro facilmente determinável, e crítico na determinação do tempo de prateleira dos produtos, pois prediz a sua segurança e estabilidade. (Smith, 1992) (Slade & Levine, 1994)

É um dos parâmetros de verificação mais importantes numa indústria alimentar, pois o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes é condicionado pela água disponível para o seu desenvolvimento. Medindo e controlando a atividade da água é possível prever que microrganismos são potenciais fontes de contaminação e deterioração, manter a estabilidade química dos produtos, minimizar reações de degradação, prolongar a atividade de enzimas e vitaminas e otimizar propriedades físicas dos produtos, como a humidade, a textura, etc.

Um dos métodos utilizados para a sua determinação, utiliza sensores de humidade relativa, que alteram a resistência/capacitância elétrica, conferindo um sinal proporcional à humidade que rodeia a amostra numa câmara selada. (Cunniff, 1995)

Efetuuou-se a medição de a_w no aparelho *LabMaster-aw Novasina* após a amostra do produto triturado ser previamente ser colocada no mesmo. Este consiste num higrómetro constituído por uma membrana dielétrica, que à medida que absorve a água, aumenta a carga elétrica e a capacitância é medida.

2.3.3. Análise Sensorial

A análise sensorial é definida, segundo a Norma Portuguesa 4263 de 1994 como o “exame das características organoléticas de um produto pelos órgãos dos sentidos” Outras fontes definem a análise sensorial como um método científico usado para evocar, medir, analisar e interpretar as reações a determinadas características dos alimentos tal e qual como são percebidos pelos sentidos da visão, olfato, tato, gosto e audição”. (NP 4263:1994) (Stone & Sidel, 2004)

É uma ferramenta muito utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação de produtos, estudos de tempo de vida útil de produtos, na otimização e melhoria de qualidade dos produtos.

As alterações dos produtos ao longo do seu tempo de vida podem estar

associadas a variações de cor, odor, sabor e textura, sendo estas variações responsáveis pelo seu tempo de vida útil sensorial.

O pão fresco normalmente apresenta uma crosta acastanhada e crocante, um aroma agradável, características de corte fino, textura fofa e elástica da miga e sensação húmida na boca. (Mondal & Datta, 2008)

Durante o armazenamento, ocorre uma diminuição de frescura do pão, paralelamente a um aumento da dureza da miga (devido a retrogradação do amido), perda do crocante da crosta, perda de humidade e alterações no sabor e aroma, que provocam uma diminuição na aceitação do produto.

A qualidade sensorial dos produtos acabados foi efetuada com recurso a um painel de provadores capazes de detetar e descrever os atributos sensoriais percebidos em cada amostra. De forma a avaliar cada produto em relação ao produto Standard e descrever as alterações sofridas ao longo do seu tempo de vida, é tida em conta uma seleção de atributos, que incluem perceções visuais, tácteis, de odor e sabor.

Os provadores manifestam a sua preferência em relação ao produto que lhe é apresentado através de uma escala de pontuação de 1 a 5 para uma gama de atributos específicos, onde é definido em que grau se encontram presentes na amostra. Esta pontuação é convertida nos conceitos globais de: muito bom (5), bom (4), regular (3), mau (2), e muito mau (1).

Os atributos avaliados incluem as propriedades de forma, aparência (cor da cõdea, cor do miolo, uniformidade da miga e tamanho dos alvéolos da miga), aroma, sabor e textura (que a nível sensorial é avaliada pela frescura e resiliência, sendo que a resiliência da miga consiste na recuperação completa e rápida da miga após compressão). (Sluimer, 2005)

Os pães são avaliados na totalidade das suas fatias, em condições de temperatura, humidade e luz normalizadas.

2.3.4. Inspeção de Bolores Visíveis

Para além de um tempo de vida restrito no que respeita às características sensoriais, o pão é também deteriorado pelo crescimento microbiano. Sob condições ambientais próprias, os bolores crescem mesmo em produtos bem embalados.

No ambiente fabril é necessário manter uma série de condições, que se não forem garantidas podem afetar seriamente a conservação dos produtos:

- Boas práticas de fabrico;
- Higienização da linha, essencialmente após o forno (desmoldagem, câmara de arrefecimento, e embalagem);

- Manipulação cuidada por parte dos operadores (em situações de necessidade);
- Qualidade do ar da câmara de arrefecimento, embalagem e sala de acompanhamento (condições de temperatura e humidade adequadas e propriedades microbiológicas);

No que respeita à conservação, todos os produtos são sujeitos a um controlo rigoroso ao longo e após o seu tempo de validade, que consiste na inspeção de bolores visíveis, com contabilização e descrição criteriosa dos mesmos.

2.3.5. Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas verificam quais e quantos microrganismos estão presentes no produto, servindo fundamentalmente para conhecer as condições de higiene em que foi preparado, os riscos que o produto poderá fornecer à saúde do consumidor e se o produto terá ou não a vida útil pretendida. Estas análises verificam também se o produto se encontra dentro dos padrões e especificações microbiológicas exigidas a nível nacional e internacional de acordo com a legislação em vigor.

Nos métodos clássicos de análise microbiológica, destacam-se a contagem de *E. coli*, a contagem de microrganismos a 30°C, e a pesquisa/contagem de microrganismos patogénicos, como *Salmonella spp*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*. A contagem de microrganismos deteta o número de bactérias aeróbias ou facultativas e mesófilas, sendo um dos indicadores microbiológicos, pois indica se a limpeza, desinfeção e controlo de temperaturas durante e após o processo de produção (armazenamento e transporte) foram realizados de forma correta e adequada. Como tal, a informação obtida permite avaliar a provável vida útil do alimento. *Staphylococcus coagulase positivos* e *E. coli* são considerados como critérios de higiene do processamento para diversos produtos. Em relação à *Salmonella spp*, a sua presença num alimento pode significar que as práticas de higiene impostas não foram suficientes durante a manipulação, por existência de matérias-primas contaminadas, existência de contaminação cruzada ou por ocorrência de um controlo de temperatura inadequado.

Para avaliar a qualidade microbiológica dos produtos alimentares estudados são enviadas amostras de referência para um laboratório externo acreditado e é feito um balanço final dos boletins microbiológicos obtidos, com base nos Valores Guia da Tabela II. (INSA,2005)

Tabela III. Valores Guia para avaliação da qualidade microbiológica dos alimentos, inseridos no grupo 1, onde se encontram os produtos de panificação (INSA,2005)

Microrganismo	Qualidade Microbiológica (UFC/g)			
	Satisfatório	Aceitável	Não Satisfatório	Inaceitável/Pot. Perigoso
Microrganismos a 30° C	$\leq 10^2$	$>10^2 \leq 10^4$	$>10^4$	NA
<i>Escherichia coli</i>	<10	NA	≥ 10	NA
<i>Staphylococcus coagulase +</i>	$<10^2$	NA	$\geq 10^2 \leq 10^4$	$>10^4$
<i>Salmonella spp</i>	Ausente em 25g			Presente em 25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente em 25g	Presente em 25g / $<10^2$		$\geq 10^2$

NA – Não Aceitável

2.4. Controlo De Processos

Todas as condições processuais devem ser controladas, tais como: Características da massa (temperatura do amassado, tempo de amassado, peso em massa; avaliação da consistência e elasticidade da massa); Características da fermentação (tempo de pré-fermentação, temperatura e humidade da câmara de fermentação, tempo de fermentação e aspeto da massa fermentada); Características do forno (condições de temperatura dos queimadores e das zonas e tempo de cozedura) e Características de arrefecimento (condições de temperatura de arrefecimento e tempo de arrefecimento).

3. Projeto de Integração de Novos Produtos

3.1. Definição do Projeto

Na unidade fabril de Gulpilhares, realizou-se um projeto de integração de novos formatos de pão na linha de produção, que até então eram produzidos noutras fábricas do grupo. Este projeto consistiu em adaptar as formulações e parâmetros de produção, validando os parâmetros nutricionais e microbiológicos já especificados

Fizeram parte do projeto nove formatos de pão de forma. Realizaram-se provas de produção com acompanhamento dos parâmetros processuais e do tempo de vida útil desses mesmos produtos, a nível organolético e de conservação.

Para aprovação final dos formatos em linha, os produtos teriam de respeitar as características organoléticas e de conservação esperados. Para isso foram realizadas as análises de controlo de qualidade de produto acabado supracitadas.

Tomando o Pão I como exemplo, foram realizadas quatro provas de integração, com as formulações Standard, F1, F2 e F3, caracterizadas na Tabela IV. De notar, que as percentagens, correspondentes ao incremento dos ingredientes mencionados, são expressas sobre a quantidade total de farinha na fórmula.

Tabela IV. Caracterização das formulações F1, F2 e F3 de Pão I estudadas nas provas de integração (as percentagens descritas correspondem a "baker's percentages").

Código	Reformulação	Percentagem de incremento/redução em relação à fórmula Standard (%)
F1	Aumento da quantidade de conservante E282 (Propanoato de Cálcio)	0,30
	Aumento da quantidade de conservante E200 (Ácido sórbico)	0,20
	Aumento do teor de vinagre	0,50
F2	F1 + Redução de ingrediente humidificante	0,70
F3	F2 + Aumento da quantidade de aditivo (emulsionantes + enzimas)	0,20

A F1 corresponde à formulação standard com ajustes nos ingredientes responsáveis pela conservação para uma melhor adaptabilidade às condições da linha de produção. A F2 corresponde à formulação F1 com ajuste de um ingrediente humidificante específico, com características viscosas e suspeito de provocar gumosidade indesejável da miga.

Numa etapa final, e para obtenção de uma fórmula viável em linha, que otimizasse o desenvolvimento do pão, desenvolveu-se a F3, que corresponde à formulação F2 com ajuste no aditivo reforçador da estrutura do glúten.

3.2. Resultados obtidos

3.2.1. Resultados das Análise Microbiológicas

Em todas as análises microbiológicas realizadas para as amostras estudadas, ao longo do tempo de vigência dos estudos não foi detetada a presença de *L. monocytogenes* e *Salmonella spp.*, e os os resultados obtidos para a contagem de *Staphylococcus coagulase positiva* e *E.coli*, e de microrganismos a 30 °C foram inferiores a 1×10^1 UFC/g.

3.2.2. Resultados da Análise Sensorial

A par da formulação Standard, foi avaliada uma amostra de cada formulação STD, F1, F2 e F3, nos dias 4,7,14 e 18 de armazenamento. A avaliação foi levada a cabo utilizando um sistema de pontuação de 1 a 5, descrito no ponto 2.3.3.

A tabela V representa um resumo das avaliações sensoriais efetuadas para as diferentes formulações de Pão I, ao longo do tempo de vida útil.

Os valores obtidos, de avaliação da intensidade dos diferentes atributos nas amostras, são representados como uma média global, que de uma forma sintética, fornece informações acerca da aceitabilidade do produto em questão em relação ao produto Standard. A média (m), é calculada somando os valores globais de intensidade obtidos e dividindo a soma pelo número de atributos em análise. Estes valores médios são esquematizados na Figura 9.

Tabela V. Avaliação sensorial das formulações Standard (STD), F1, F2, F3 do produto Pão I, ao longo do tempo de vida útil (com identificação do grau de intensidade com que atributos organoléticos específicos se encontram presentes).

Formulação	DDV	Atributos Organoléticos									Avaliação Global
		Forma	Cor da còdea	Cor da miga	Tamanho dos alvéolos da miga	Uniformidade dos alvéolos da miga	Frescura	Resiliência	Odor	Sabor	
STD	4	2	3	3	4	4	4	3	3	3	3,2
	7	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3,3
	14	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3,1
	18	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9
Média de avaliação global											3,1
F1	4	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3,1
	7	2	3	3	4	3	3	4	3	3	3,1
	14	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3,2
	18	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3,4
Média de avaliação global											3,2
F2	4	2	3	3	3	4	3	4	3	3	3,1
	7	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3,4
	14	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3,1
	18	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3,1
Média de avaliação global											3,3
F3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3,1
	7	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3,3
	14	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3,3
	18	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3,4
Média de avaliação global											3,2

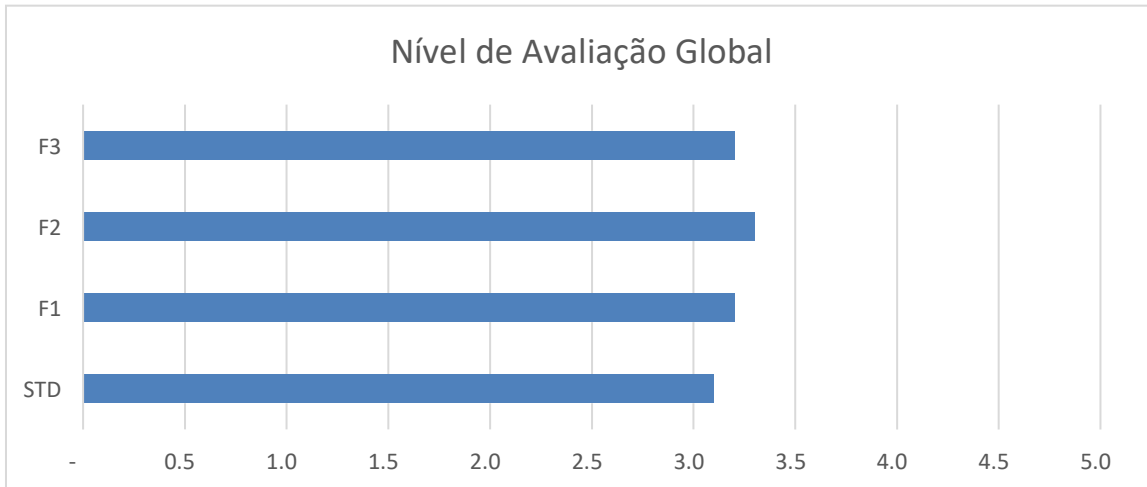


Figura 9. Valores médios de avaliação global dos atributos organoléticos específicos das formulações Standard (STD), F1, F2, e F3 do produto Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias).

3.2.3. Resultados da Inspeção de Bolores Visíveis

Após armazenamento em características ambientais próprias, a totalidade de pão produzido para cada formulação foi inspecionada quanto ao aparecimento de bolores visíveis. A Figura 10 compara a percentagem de bolores visíveis identificados nas diferentes formulações, no final do tempo de validade do produto “Pão I”, com uma margem de segurança de dois dias.

De ressaltar, que o limite especificado de bolores visíveis é de 1% de amostras contaminadas em 100 amostras inspecionadas. No entanto, em todas as provas realizadas, a amostragem inspecionada correspondia ao total de pães produzidos, de forma a otimizar os resultados (cerca de 300 pães por formulação).

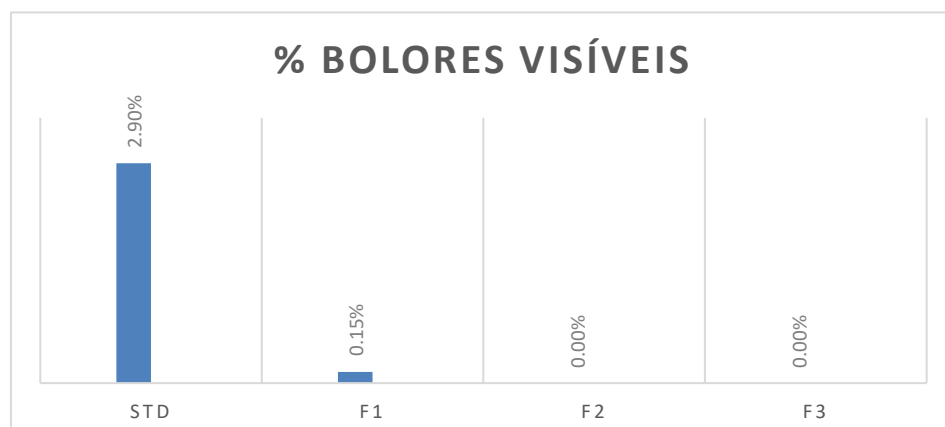


Figura 10. Percentagem de bolores visíveis nas formulações Standard (STD), F1, F2 e F3 após o tempo de validade mais dois dias de margem de segurança (20 dias de vida).

3.2.4. Resultados das Análises Físico-Químicas

A textura, humidade e atividade de água foram determinadas para uma amostra de cada formulação nos dias de vida 1, 7, 14 e 18, de acordo com os métodos mencionados no ponto 2.3.2.

A partir dos valores obtidos de Humidade (%) e A_w para as diferentes formulações, ao longo do seu tempo de vida, construiu-se a tabela em Anexo VI. Tendo por base a tabela supramencionada, construíram-se gráficos (Figura 11 e 12), que permitem aferir acerca do comportamento e evolução destes parâmetros nas amostras em estudo

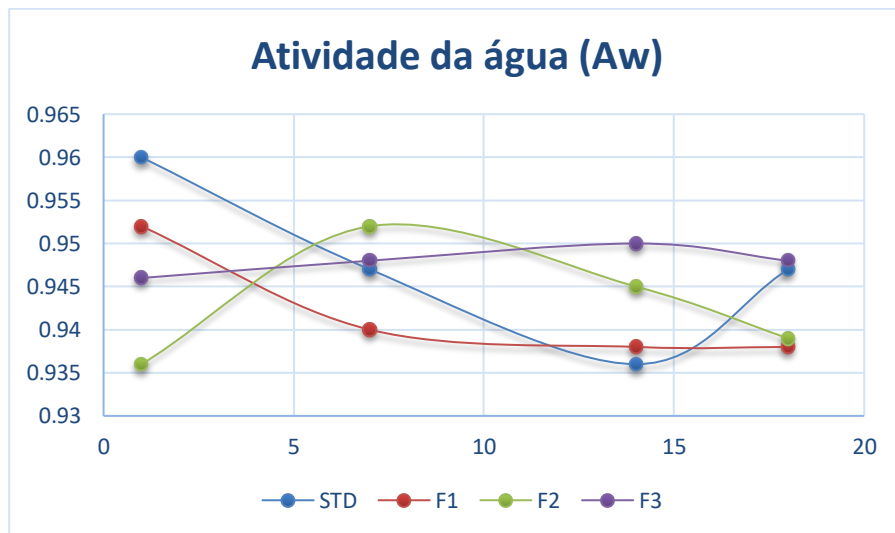


Figura 11. Evolução da atividade da água em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias).

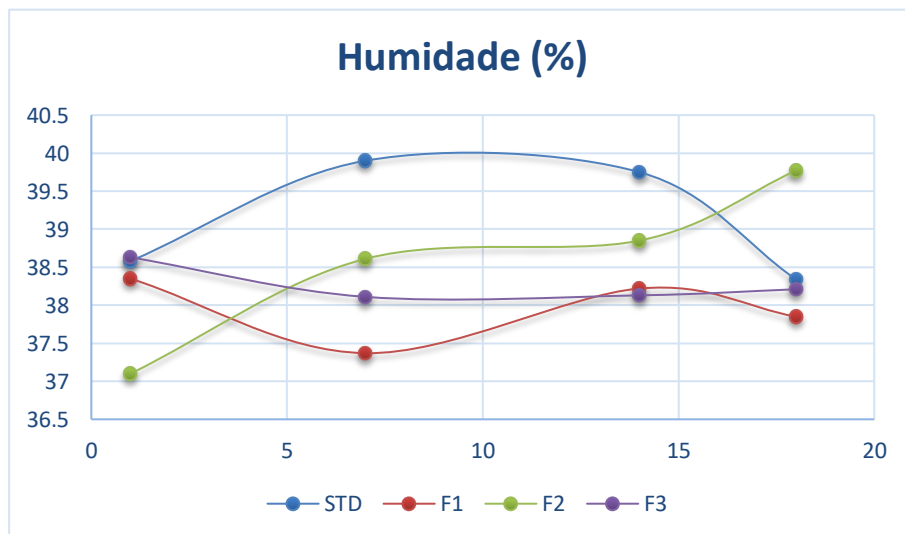


Figura 12. Evolução da humidade relativa em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias).

De forma a avaliar com maior precisão o comportamento das amostras ao longo do seu tempo de vida, obtiveram-se várias curvas de força referentes a cada formulação de pão e das quais se extrapolou a dureza e a força adesiva negativa (exemplificação representada na figura em Anexo VII). Esses valores encontram-se descritos na tabela em Anexo VIII e esquematizados, respetivamente, nas figuras 13 e 14.

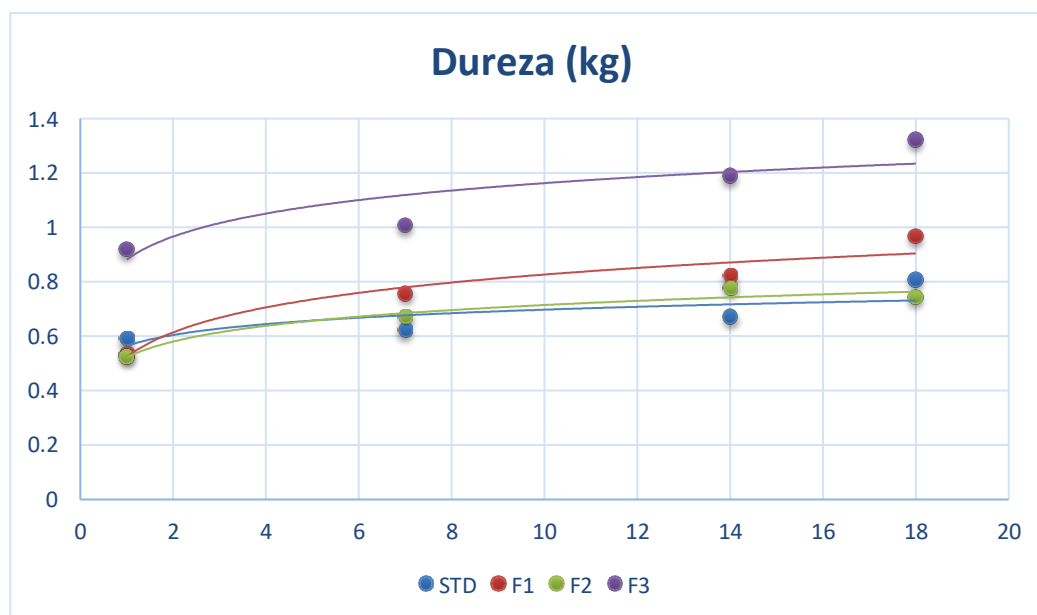


Figura 13. Evolução da dureza em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias).

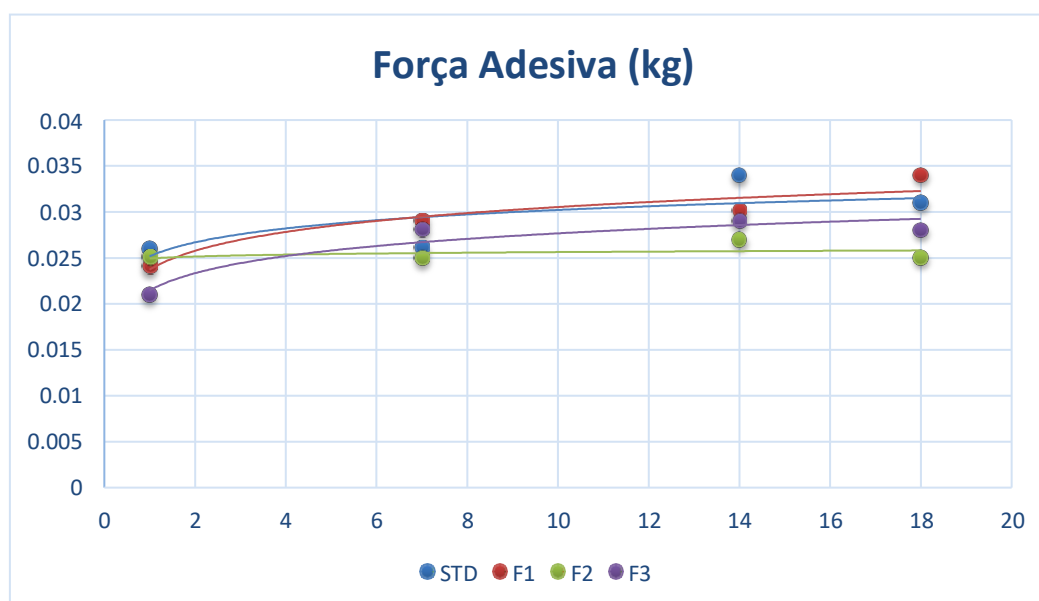


Figura 14. Evolução da força adesiva em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias)

4. Projeto de Reformulação de Produtos – Revalidação de Tempos de Validade

4.1. Definição do projeto

Após a validação em linha de todos os produtos testados realizou-se um novo projeto de reformulação no sentido de estender a validade desses mesmo produtos.

A determinação da vida útil de um produto é importante para poder identificar o tempo durante o qual o produto pode ser consumido, mantendo-se seguro e aceite pelas características sensoriais, físicas, químicas e microbiológicas.

Efetuaram-se ajustes nas formulações com doses maiores de aditivos contendo enzimas e emulsionantes que afetam a textura, e reduzem a dureza do pão ao longo do tempo de vida.

O acompanhamento da vida útil destes produtos foi conseguido recorrendo a uma avaliação aprofundada das suas características texturais tendo em conta um período de tempo alargado com uma boa margem de segurança.

Durante o estudo, as amostras foram mantidas em condições de temperatura, humidade e luz idênticas às do armazenamento normal.

Tomando como exemplo o Pão II com um tempo de vida útil de 22 dias, pretendeu-se estender este período até 30 dias, e para isso desenvolveram-se duas novas formulações, com diferenças entre si na quantidade de aditivo melhorador de textura do fornecedor X contendo emulsionantes monoglicéridos destilados (DMG) e enzima α -amilase maltogénica (F4 e F5), e uma formulação com quantidade específica de aditivo melhorador de textura à base de emulsionantes DMG do fornecedor Y (F6). Estas formulações encontram-se caracterizadas, para melhor compreensão, na tabela VI.

De forma a monitorizar a vida útil destes produtos, procedeu-se ao estudo das características texturais durante um período pré-definido de 30 dias e com uma frequência de realização de 2 dias (variável conforme disponibilidade), utilizando produto padrão como termo comparativo. A inspeção de bolores visíveis foi realizada aplicando uma margem de tempo de segurança, de cinco dias, ou seja, após 35 dias de vida.

Tabela VI. Caracterização das formulações F4, F5 e F6 de Pão II estudadas nas provas de extensão de validade (as percentagens descritas correspondem a “baker’s percentages”).

Código	Reformulação	Fornecedor	Baker’s percentage (%)
F4	Aditivo (DMG + α - amilase maltogénica)	X	0,82
F5	Aditivo (DMG + α -amilase maltogénica)	X	0,81
F6	Aditivo (DMG)	Y	1,99

4.2. Resultados Obtidos

4.2.1. Resultados das Análise Microbiológicas

Tal como mencionado anteriormente, em todas as análises microbiológicas realizadas, ao longo do tempo de vigência dos estudos não foi detetada a presença de *L. monocytogenes* e *Salmonella spp.*, e os os resultados obtidos para a contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva e *E.coli*, e de microrganismos a 30 °C foram inferiores a 1×10^1 UFC/g.

4.2.2. Resultados da Inspeção de Bolores Visíveis

Após armazenamento de 35 dias em características ambientais próprias, todas as amostras de pão das provas foram inspeccionadas. Os resultados foram muito satisfatórios, pois não ocorreu qualquer crescimento de bolores visíveis, nas amostras inspeccionadas.

4.2.3. Resultados das Análises Físico-Químicas

As amostras das diferentes formulações de Pão II foram submetidas a análises instrumentais de textura, nos dias de vida 1, 5, 9, 13, 16, 20, 22, 24, 28, 30, 33 e 35. Destas análises construíram-se as curvas de TPA, exemplificadas em Anexo X, das quais se extrapolou a dureza, a resiliência e a adesividade. Os valores correspondentes a estes parâmetros estudados encontram-se descritos nas tabelas em Anexo XI-XIII e esquematizados, separadamente, nas figuras 15-17.

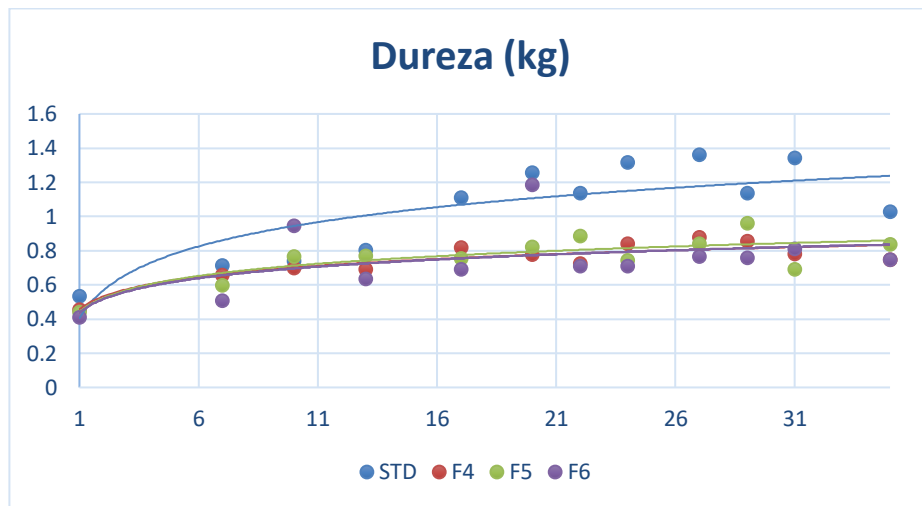


Figura 15. Evolução da dureza em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

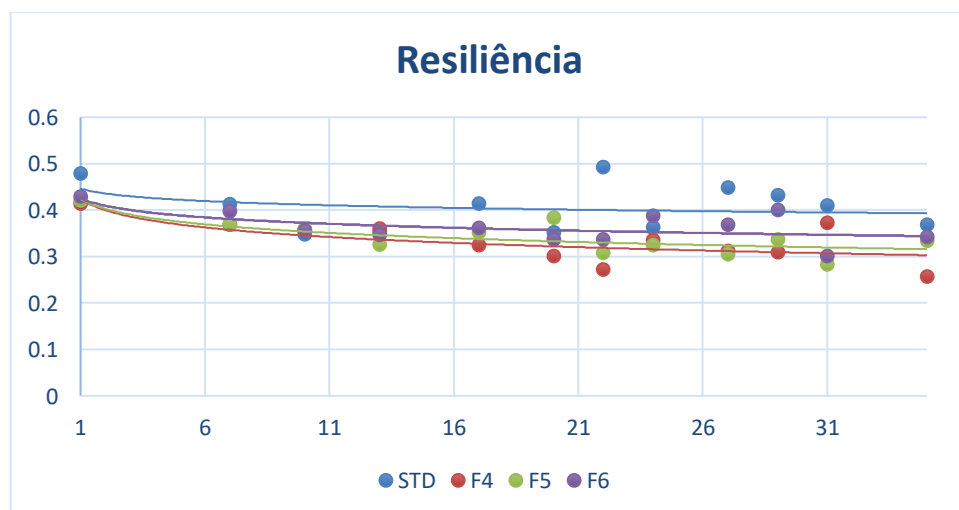


Figura 16. Evolução da resiliência em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

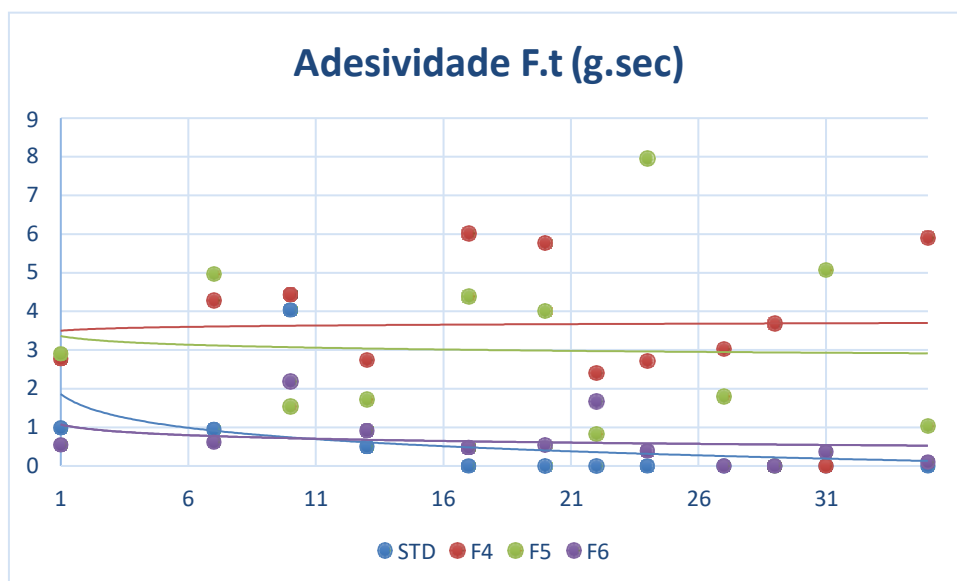


Figura 17. Evolução da adesividade, em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

Precisamente nos mesmos dias de vida efetuou-se medição da humidade e da atividade de água das amostras em estudo de acordo com os métodos mencionados no ponto 2.3.2. A partir dos valores obtidos de Humidade (%) e A_w para as diferentes formulações, ao longo do seu tempo de vida, construiu-se a tabela em Anexo IX. Tendo por base a tabela supramencionada, construíram-se gráficos (Figura 18 e 19), que permitem aferir acerca do comportamento e evolução destes parâmetros nas amostras em estudo

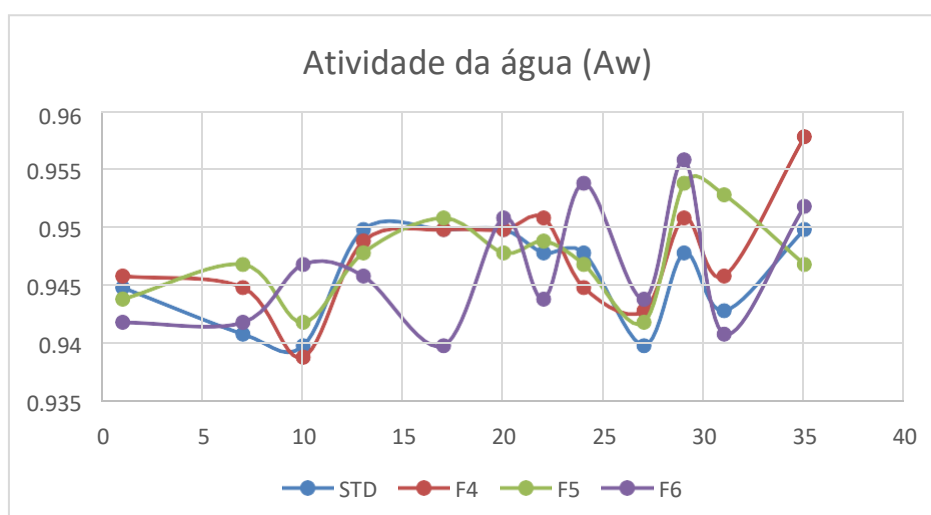


Figura 18. Evolução da atividade da água em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

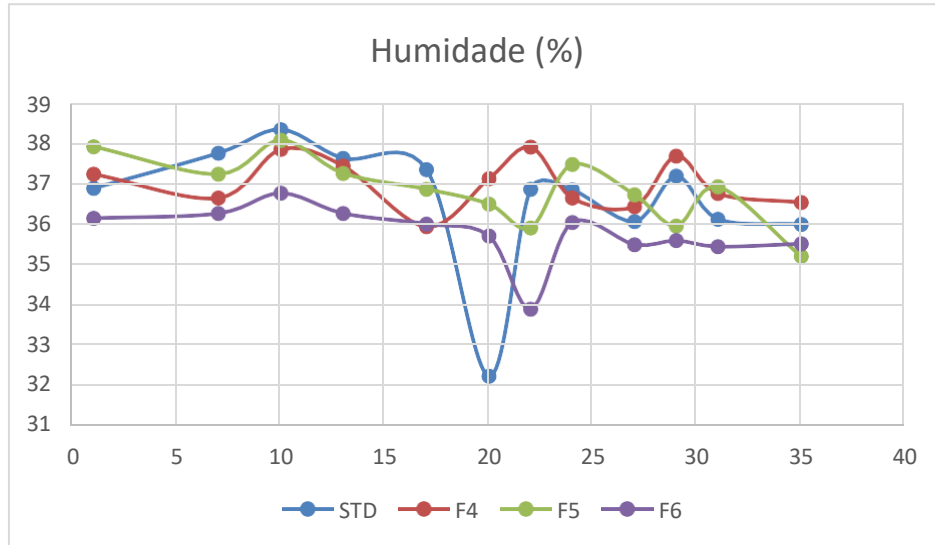


Figura 19. Evolução da humidade em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

5. Resultados e Discussão

5.1. Resultados das Análises Microbiológicas

Interpretando os resultados obtidos nas análises de pesquisa de microrganismos patogênicos comparativamente com os valores guia das especificações microbiológicas propostos pelo INSA, verifica-se que todas as amostras apresentam qualidade microbiológica satisfatória ao longo de todo o estudo. Estes resultados servem de indicador de que as práticas de higiene, limpeza, desinfecção e controlo de temperaturas durante e após o processo de produção foram realizadas de forma correta e adequada.

5.2. Resultados do Projeto de Integração de Novos Produtos

Através dos resultados médios de avaliação global obtidos na análise sensorial efetuada (Figura 9) verificou-se que todas as novas formulações obtiveram avaliação muito semelhante à referência padrão e que mantiveram as suas propriedades organolépticas estáveis ao longo do estudo, registando assim uma boa aceitabilidade por parte dos provadores.

Pode ser concluído que as amostras da formulação com redução de ingrediente causador de gumosidade (F2), foram melhor avaliadas no parâmetro resiliência, do que as restantes (Tabela V), permitindo adquirir uma média de avaliação global superior.

No entanto, é visível pelos dados recolhidos, que em termos de forma, relacionada com o desenvolvimento do pão, todas as formulações ficavam aquém do Standard, exceto F3, cuja reformulação incidiu no aumento do aditivo com emulsionantes e enzimas reforçadoras de glúten, para a obtenção de um produto final mais desenvolvido, quadrado e regular. E de facto, verificaram-se melhorias na avaliação relativa à forma do produto.

Sabe-se que o uso de aditivos com combinações de emulsionantes e enzimas têm como principal objetivo melhorar as propriedades viscoelásticas e de extensibilidade da estrutura de glúten, o que leva conseqüentemente ao aumento do volume do produto final. (Gomes-Ruffi, 2012).

As amilases (essencialmente α - amilases) são adicionadas às formulações de pão por terem um efeito positivo na absorção/ distribuição da água na massa, na sua viscosidade e na suavidade da miga. O amido absorve mais água privando as proteínas formadoras de glúten da água necessária para formar uma matriz para um máximo de volume de pão e uma estrutura de miga ideal. Ao hidrolisarem o amido

as α - amílases reduzem a sua capacidade de captar água, disponibilizando-a para o desenvolvimento ótimo de glúten. Por outro lado, reduzem a viscosidade da massa na fase inicial da gelatinização do amido, melhorando o aumento do volume do pão. (Curic, 2002) (Goesaert, 2009)

Quanto às xilanases, estas atuam noutros polissacarídeos que não o amido, como por exemplo os arabinoxilanos, e são adicionadas para melhorar a maleabilidade e estabilidade da massa, melhorar a rede de glúten, aumentar o volume final do pão e uniformizar a estrutura da miga e portanto, melhorar qualidade do pão final. Seu papel funcional na panificação não pode ser atribuído apenas a um único mecanismo, pois claramente, o seu modo de ação envolve reações de despolimerização e re-distribuição da água. (Butt, 2008) (Hilhorst, 1999)

Em termos de efeito tecnológicos, também as glucose oxidases fornecem um número de benefícios ao melhorar a estabilidade da massa, ao reduzir a sua viscosidade, ao melhorar a absorção da água, aumentar o volume do pão, entre outros. (Hilhorst, 1999)

Na prova de formulação F1 e devido a resultados pouco satisfatórios a nível da inspeção de bolores visíveis na formulação Standard (acima do limite especificado de 1%), realizaram-se ajustes no teor de conservantes, dentro dos limites legais, e no teor de vinagre (ácido acético). Sabe-se que, os conservantes utilizados são ácidos orgânicos fracos, e que regra geral a sua efetividade depende de pH baixo (abaixo de 4.0). (Howell, 2016)

Efetivamente verificou-se que na prova de repetição F2, após plano de higienização da linha de produção e aumento de conservantes (propionato de cálcio-0,30% e ácido sórbico -0,20%) e vinagre (0,50%) na formulação, os resultados melhoraram, e no fim de validade do produto a percentagem obtida encontrava-se dentro do limite esperado.

Para as restantes formulações os resultados foram ainda mais satisfatórios, pois não ocorreu qualquer crescimento de bolores visíveis.

As amostras foram submetidas à análise instrumental de textura, em quatro dias durante o seu armazenamento, onde se avaliou a dureza e a força adesiva com o intuito de observar o efeito das diferentes modificações induzidas nas formulações em estudo.

Os dados obtidos permitem concluir que os valores de a_w e de humidade nas diferentes formulações encontram-se muito próximos entre si e dentro dos limites das

especificações físico-químicas do produto:

$$A_w < 0,960 \text{ e Humidade (\%)} < 40 \%$$

Sabendo que ocorre migração da água durante o envelhecimento do pão seria de esperar um ligeiro decréscimo no teor de humidade do longo do tempo de vida do produto, o que não se verifica em todos os casos. Este fato pode ser explicado por diferenças nas condições de processo, que também afetam a humidade do pão.

É sabido que, devido ao fenómeno de *staling*, existe uma forte correlação entre a frescura de um pão e a sua dureza, sendo que pela análise do gráfico de evolução da dureza (Figura 13), é possível verificar uma tendência crescente. Portanto os resultados obtidos encontram-se dentro do expectável.

Para além disso, sabe-se que existe uma relação forte entre a textura do miolo do pão com o seu conteúdo em humidade, devido à taxa de migração da água que ocorre, no sentido do miolo para a còdea, graças ao gradiente criado na cozedura. Consequentemente, o centro do produto torna-se mais seco, logo menos adesivo. Sendo que, quanto maior a taxa de humidade, mais baixo será o seu valor de dureza. (Roudaut & Debeaufort, 2010)

Tal como mostram as Figuras 12 e 13, essa relação é verificável para as formulações STD e F1, no entanto é pouco significativa nos restantes casos.

Contrariamente ao esperado, a força adesiva apresenta uma tendência crescente, o que poderá ser explicado pelo tipo de pão em questão, cujo aspeto pegajoso e adesivo é característica sensorial de ordem.

No campo da dureza interessa essencialmente comparar as formulações que sofreram alterações ao nível dos ingredientes que afetam a textura, como é caso da F2 e F3. Tal como esperado, os resultados obtidos permitem concluir que a formulação com ajustes ao nível do ingrediente que reforçam o glúten (F3), obteve valores de dureza acima dos valores padrão e na ordem de 1 kg, pois a formação da estrutura de glúten tem um impacto direto na textura do pão, essencialmente na dureza do miolo. Por sua vez, a formulação com redução do ingrediente responsável pela gumosidade da miga (F2), não sofreu alterações significativas ao nível da dureza, mantendo um comportamento linear e muito próximo da formulação anterior, com uma dureza bem abaixo dos valores padrão (Figura 13). Contudo, é perceptível que esta alteração surtiu efeito na adesividade, mantendo uma linearidade ao longo do tempo de vida sem grandes oscilações (Figura 14).

5.3. Resultados do Projeto de Reformulação de Produtos – Revalidação de Tempos de Validade

Os valores de dureza obtidos variaram entre 0,534 – 1,343 para a formulação Standard, entre 0,455 – 0,888 para a F4, entre 0,440 – 0,888 para a F5 e entre 0,412 – 1,187 para F6, o que permite concluir em primeiro plano que, o efeito dos emulsionantes e das enzimas foram mais expressivos na redução da dureza ao longo do tempo de vida do pão.

Os pães com adição dos aditivos mencionados apresentaram ao longo do tempo de vida, uma dureza inferior, enquanto que o pão Standard apresenta uma tendência crescente de dureza mais acentuada.

A partir dos resultados obtidos é possível correlacionar a implicação na textura final do pão e a adição de enzimas e emulsionantes. Há claramente uma diminuição na dureza dos pães, com a utilização destes aditivos. No entanto, há também uma tendência a aumentar a adesividade (atributo indesejável no pão) e conseqüentemente diminuir a capacidade de resiliência.

Sabe-se que os DMG são muito utilizados em produtos de panificação para melhoramento de textura e volume. Tal como a α -amilase maltogénica, que ao atuar sobre a amilopectina, prolonga a suavidade da miga e a elasticidade durante o armazenamento. A particularidade desta enzima prende-se com o fato de estar ativa em temperaturas acima da temperatura da gelatinização do amido, mas funcionalmente inativa após o momento em que o pão sai do forno. E a forma como atua, resultando em grânulos de amido que não só permanecem suaves mais tempo, devido à redução da taxa de retro gradação, mas que também mantêm a sua integridade por mais tempo. (Christophersen, 1998)

Era de esperar que a dureza fosse inferior e a resiliência superior para as formulações F4 e F5, pois sabe-se que, α -amilase maltogénica confere uma performance superior na extensão do tempo de vida quando comparada apenas com emulsionantes. O efeito sinérgico de ambos os componentes no aditivo deveria resultar em valores mais satisfatórios, no entanto F6 apresenta dureza inferior, e menor perda de resiliência.

É também possível constatar pela Figura 17, que as formulações contendo α -amilase maltogénica apresentam valores de adesividade extremamente elevados em relação à formula Standard e F6. A adesividade excessiva pode ser uma característica negativa principalmente na embalagem resultando na desfiguração da superfície do pão no material de embalagem.

Outra observação importante prende-se com a humidade, que é claramente inferior

em F6, o que poderá ter alguma influência nos resultados. No entanto, quer os valores de a_w quer de humidade nas diferentes formulações encontram-se muito próximos entre si e dentro dos limites das especificações físico-químicas do produto.

Perante todos estes resultados, a F6 aparenta ser efetivamente a formulação mais adequada para o prolongamento da suavidade deste pão, durante um maior período de tempo.

6. Conclusão

A qualidade de um produto só é conseguida quando existe um controlo do mesmo, e de todas as etapas da sua fabricação, desde a receção das matérias-primas indispensáveis à produção, até à sua comercialização. Nesse sentido, realizaram-se os projetos de estudo descritos ao longo deste trabalho, e que tiveram como suporte toda uma panóplia de atividades que garantiram o controlo da qualidade dos produtos em questão.

No projeto de integração de novos produtos foram obtidos resultados satisfatórios ao nível das análises microbiológicas, das análises organoléticas efetuadas pelos provadores, e das análises físico-químicas realizadas em laboratório.

Na integração do Pão I, foi necessário desenvolver uma fórmula que conferisse uma rede de glúten forte capaz de resistir ao stress mecânico durante o processamento da massa e de garantir a retenção de gás durante a fermentação, o que por sua vez iria permitir o desenvolvimento durante a cozedura e resultar num pão com bom volume. Em produção, este aumento de volume e conseqüente melhoramento da forma e aparência do produto final, tem uma resposta positiva a nível de perdas, pois a qualidade do pão é também julgada por estes fatores externos.

Assim sendo, a formulação que garantiu uma melhor integração foi a F3, devido a incremento em aditivo reforçador de glúten, e contanto foi a formulação validada para o formato de pão em questão.

O trabalho seguinte teve por finalidade revalidar o tempo de vida útil dos produtos existentes em linha, e para isso, foi realizado sobre condições apropriadas, garantindo assim que os produtos são estudados de forma correta. Estes foram também analisados a nível microbiológico e organolético em várias fases do estudo ao longo do tempo. Também nestes as análises se obtiveram resultados satisfatórios.

Por fim, concluiu-se que o uso de agentes aditivos anti-staling na panificação exercem uma influência muito grande nas características texturais do produto final, conferindo um pão mais fofo durante mais tempo.

A F6 revelou os resultados físico-químicos mais satisfatórios no entanto, futuramente seria interessante, alongar este estudo a testes sensoriais mais aprofundados, com características específicas e condições processuais controladas, para se tentar obter resultados mais precisos.

7. Bibliografia

- Ai, Y., & Jane, J. I. (2016). Starch: Structure, Property, and Determination *Encyclopedia of Food and Health*, 165-174. Oxford: Academic Press.
- Baker, A. E., & Ponte, J. J. (1987). Measurement of bread firmness with universal testing machine. Report of the AACCC Committee on Bread Firming Measurement. *Cereal Foods* 31.
- Belderok, B., Mesdag, H., & Donner, D. A. (2013). *Bread-making quality of wheat: A century of breeding in Europe*: Springer Netherlands.
- Belitz, H. D., Burghagen, M., Grosch, W., & Schieberle, P. (2004). *Food Chemistry*: Springer Berlin Heidelberg.
- Blekas, GA. (2016). Food Additives: Classification, Uses and Regulation *Encyclopedia of Food and Health*, 731-736. Oxford: Academic Press.
- Bock, J. E., Wrigley, C. W., & Walker, C. E. (2016). Bakeries: The Source of Our Unique Wheat-Based Food, Bread *Encyclopedia of Food Grains, Second Edition*, 335-342. Oxford: Academic Press.
- Bourne, M. (1982). Texture, Viscosity and Food. Em M. Bourne, *Food Texture and Viscosity- Concept and Measurement*, Second edition. New York: Food Science and Technology
- Butt, MS., Tahir-Nadeem, M., Ahmad Z., Sultan, MT. (2008) Xylanases and their applications in baking Industry, 22-31. *Food Technology Biotechnology*. 46(1)
- Cauvain, S. (2012). Breadmaking: an overview *Breadmaking, Second edition*, 9-31. Woodhead Publishing.
- Cauvain, S. P. (2016). Bread: Breadmaking Processes *Encyclopedia of Food and Health*, 478-483. Oxford: Academic Press.
- Cauvain, S. P. (2017). *Baking Problems Solved, Second Edition*. Woodhead Publishing.
- CHOPIN Technologies (2016). *Measures the characteristics of dough during proofing, Rheo F4*
- Clifton, P., & Keogh, J. (2016). Starch *Encyclopedia of Food and Health*, 146-151. Oxford: Academic Press.
- Codex Alimentarius* (2003)
- Collar, C., Martinez, J.C., Andreu, P., Armero, E. (2000) Effects of enzymes associations on bread dough performance. A response surface analysis, 217-226. *Food Science and Technology International* 6(3).
- Collar, C. (2016). Bread: Types of Bread *Encyclopedia of Food and Health*, 500- 507. Oxford: Academic Press.

- Christophersen, C., Otzen, DE., Norman, BE., Cristensen, S., Schaefer, T. (1998). Enzymatic characterization of maltogenic alpha-amylase, a thermostable alpha-amylase, 39-45. *Starch*,50.
- Curic, D., Dugum, J., Bauman, I. (2002) The influence of fungal alpha-amylase supplementation on amyolytic activity and baking quality of flour, 673-680. *International Journal of Food Science and Technology*, 37 (6).
- Fadda, C., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Collar, C., & Piga, A. (2014). Bread Staling: Updating the View, 473-492. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4).
- Fellows, P. J. (2017). *Packaging Food Processing Technology, Fourth Edition*, 949-1044. Woodhead Publishing.
- Figoni, P. I. (2008) *How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Science* Second Edition. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Food Safety Authority of Ireland (2005). Guidance note no. 18 – Determination of food shelf-life. Dublin, Ireland.
- Gao, J., Koh, A. H. S., Tay, S. L., & Zhou, W. (2017). Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 1: Gluten network formation, 288-295. *Journal of Cereal Science*, 74.
- Gerits, L. R., Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2015). Wheat starch swelling, gelatinization and pasting: Effects of enzymatic modification of wheat endogenous lipids, 361 - 366. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1).
- Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches, 311-325. *Food Research International*, 49(1).
- Goesaert, H., Leman, P., Bijttebier, A., Delcour, JA. (2009) Antifirming effects of starch degrading enzymes in bread crumb, 2346-2355. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(6).
- Gomes-Ruffi, CR., da Cunha, RH., Almeida, EL., Chang, KC., Steel, CJ. (2012). Effect of the emulsifier sodium stearoyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage, 96-101. *LWT - Food Science Technology* 49.
- Hajšelová, M., & Alldrick, A. J. (2003). Analysing wheat and flour *Bread Making*, 187-199. Woodhead Publishing.

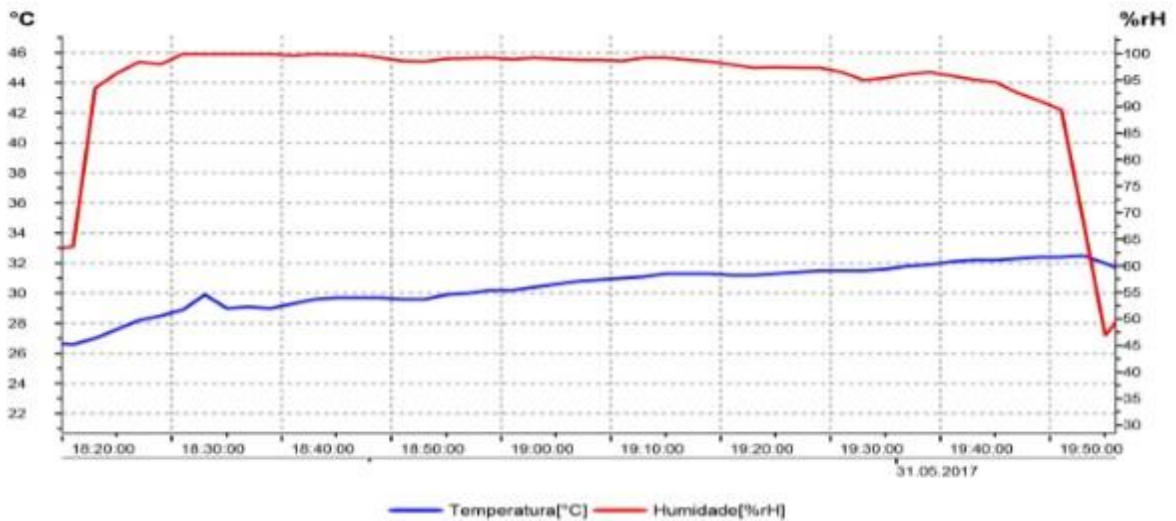
- Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2014). BREAD | Bread from Wheat Flour. In C. A. Batt & M. L. Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology, Second Edition*, 303-308. Oxford: Academic Press.
- Hilhorst, R., Dunnewind, B., Orsel, R., Stegeman, P., Van Vliet, T., Gruppen, H., Schols, H. (1999) Baking performance, rheology and chemical composition of wheat dough and gluten affect by xylanase and oxidative enzymes, 808-813. *J. Food Science*, 64.
- Howell, K. (2016) Spoilage: Yeast Spoilage of Food and Beverages *Encyclopedia of Food and Health*, 113-117. Oxford: Academic Press.
- INSA (2005), Valores Guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração
- Jha, P. K., Chevallier, S., Cheio, J., Rawson, A., & Le-Bail, A. (2017). Impact of resting time between mixing and shaping on the dough porosity and final cell distribution in sandwich bread, 15-23. *Journal of Food Engineering*, 194.
- Marsh, D., & Cauvain, S. (2007). Mixing and Dough Processing *Technology of Breadmaking*, 93-140. Springer US.
- Martinez-Anaya, MA., Jimenez, T. (1997) Rheological properties of enzyme supplemented doughs, 569-583. *Journal of Texture Studies*. 28(5).
- Mondal, A. & Datta, A. (2008) Bread Baking- A review *Journal of Food Engineering*, 465-474.
- NP ISO 9000:2005
- NP ISO 22000:2005
- NP 903: 1987: Gorduras e óleos comestíveis: Determinação do índice de acidez e da acidez. Método titrimétrico § Diário da República, III série (1987).
- NP 904: 1987: Gorduras e óleos comestíveis: Determinação do índice de peróxidos § Diário da República, III série (1987).
- NP 4263:1994
- Portaria nº 52/2015 (2015).
- Portaria nº 254/2003 (2003).
- Roudaut G., Debeaufort F. (2010). Moisture loss, gain and migration in foods and its impact on food quality. In: Skibsted L, Risbo J, Andersen M, editors. Chemical deterioration and physical instability of food and beverage, 143-185. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Rufián-Henares, JA., & Patoriza, S. (2016). Maillard Reaction *Encyclopedia of Food and Health*, 593-600. Oxford: Academic Press.

- Serna Saldivar, SO. (2016). Cereals: Types and Composition *Encyclopedia of Food and Health*, 718-723. Oxford: Academic Press.
- Slade, L., & Levine, H. (1994). Beyond Water Activity: Recent Advances Based on an Alternative Approach to the Assessment of Food Quality and Safety. New Jersey: Nabisco Brands, Inc
- Sluimer, P. (2005). Principles of Bread Making- Functionality of Raw Materials and Process Steps American Association of Cereal Chemist, Inc.
- Smith, J. P. (1992). Bakery products. In Principles and Applications of Modified Packaging of Food. R.T. Parry (ed), Blackie Academic and Professional, London, UK.
- Stone, H., & Sidel, J. (2004). Sensory Evaluation Practices, Third Edition. Academic Press Texture Expert User Manual. Stable Micro Systems (n.d.)
- Tömösközi, S., Békés, F. (2016). Bread: Dough Mixing and Testing Operations *Encyclopedia of Food and Health Vol.1*, 490-499. Oxford: Academic Press
- Torres, EF., Rodrigo, D., & Martínez, A. (2016). Preservation of Foods *Encyclopedia of Food and Health Vol.4*, 491-496. Oxford: Academic Press.
- Valle,GD., et al (2014). Basic Knowledge Models for the Design of Bread Texture *Trends in Food Science & Technology* 36, 5-14. Oxford: Academic Press.
- van der Maarel, MJEC., van der Veen, B., Uitdehaag, JCM., Leemhuis, H., Dijkhuizen, L. (2002) Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family, 137-155. *Journal of Biotechnology* 94(2).
- Wang, S., et al (2015). Starch Retrogradation: A Comprehensive Review *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Vol. 14*, 568-585. Oxford: Academic Press
- What is Texture Analysis. *Brookfield Texture Analyser*
http://www.labomat.eu/document/docGB/03DA_TexturometreCT3_C.pdf

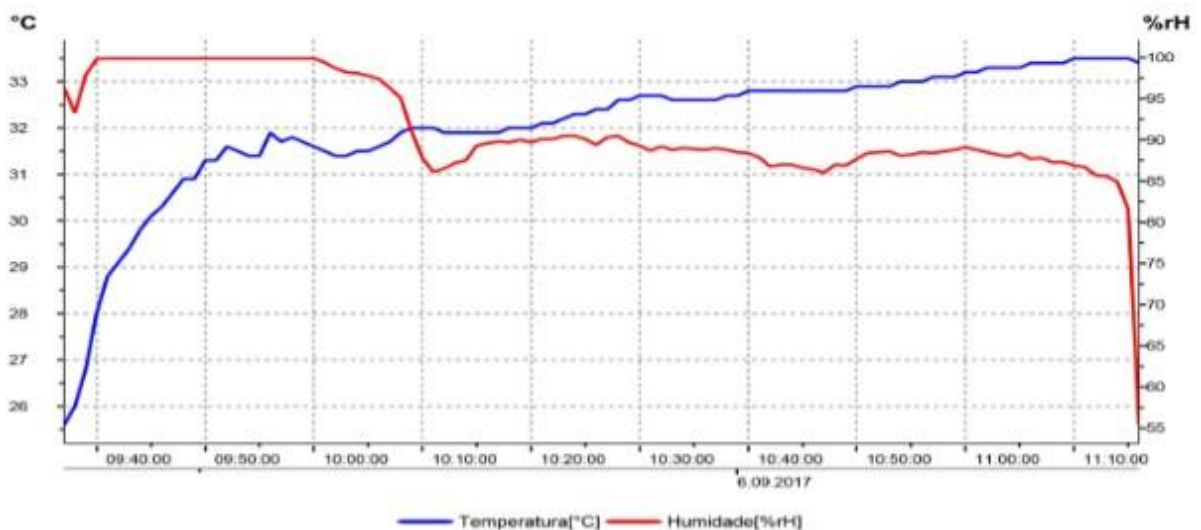
ANEXOS

Anexo I. Exemplos de diagramas de temperatura (a azul) e humidade (a vermelho) da câmara de fermentação, obtidos por Datalogger Testo 174.

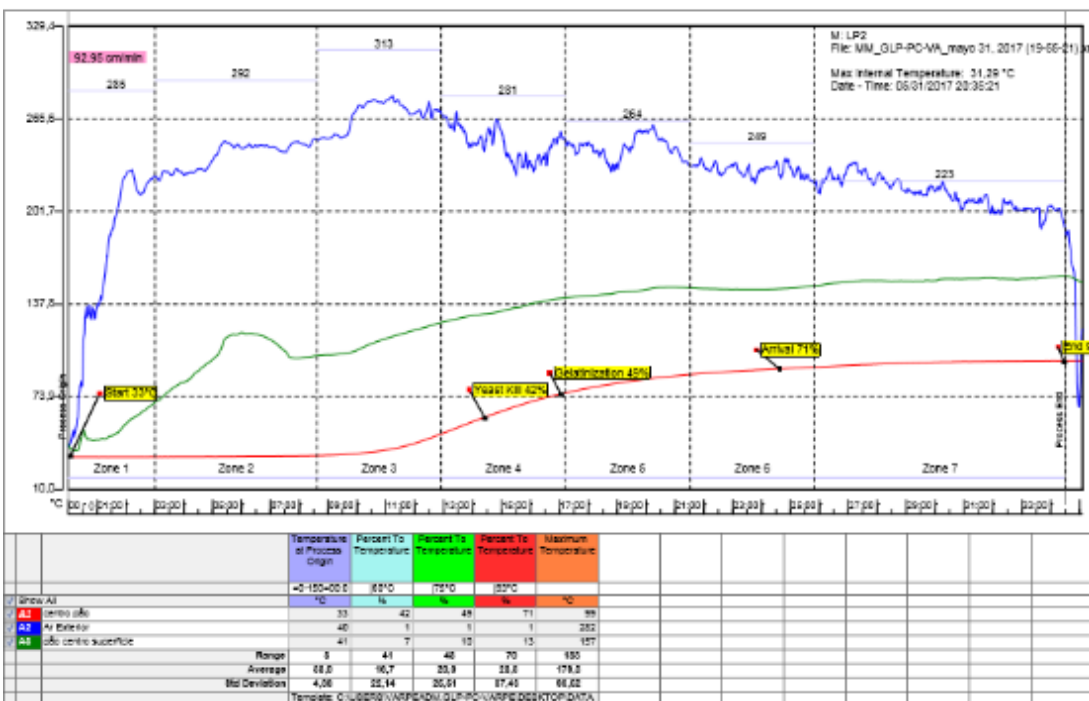
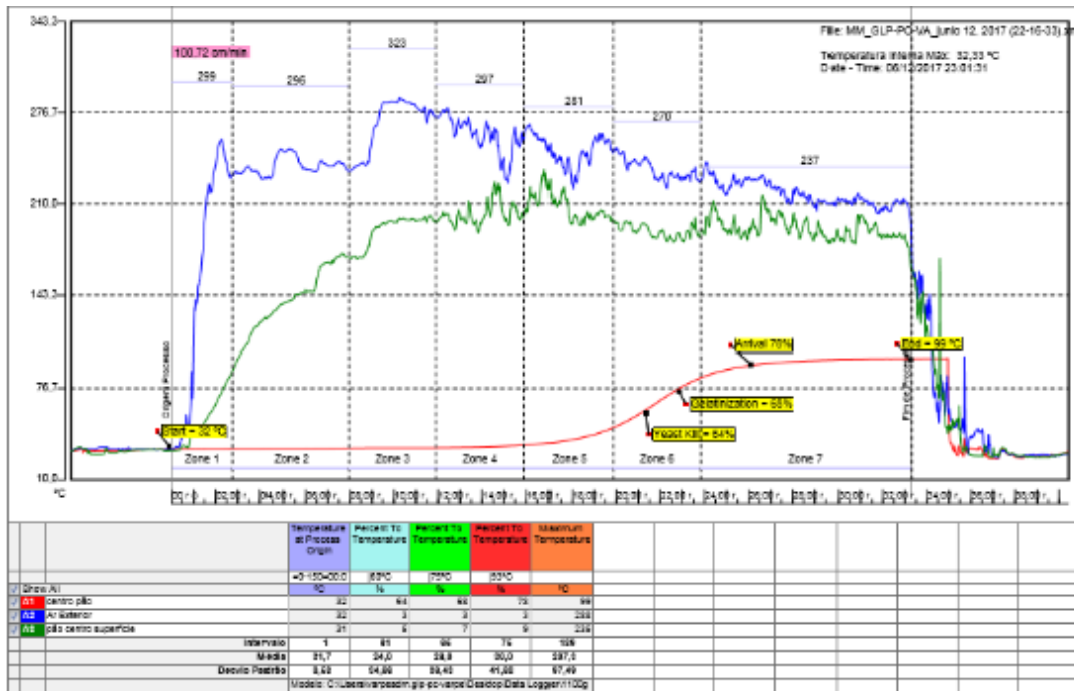
Instrument name: PANRICO		01/06/2017 15:22:13			Page	1/1
Start time: 31/05/2017 18:19:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values	
End time: 01/06/2017 1:17:00	Temperatura [°C]	21,90	45,90	29,506	0,0/70,0	
Measurement channels: 2	Humidade [%rH]	31,90	99,90	67,686	0,0/100,0	
Measured values: 210						
36972736						
DATALOGGER						



Instrument name: PANRICO		06/09/2017 11:27:26			Page	1/1
Start time: 06/09/2017 9:37:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values	
End time: 06/09/2017 11:16:00	Temperatura [°C]	25,60	33,50	32,024	0,0/70,0	
Measurement channels: 2	Humidade [%rH]	55,40	99,90	91,325	0,0/100,0	
Measured values: 100						
36972736						
DATALOGGER						

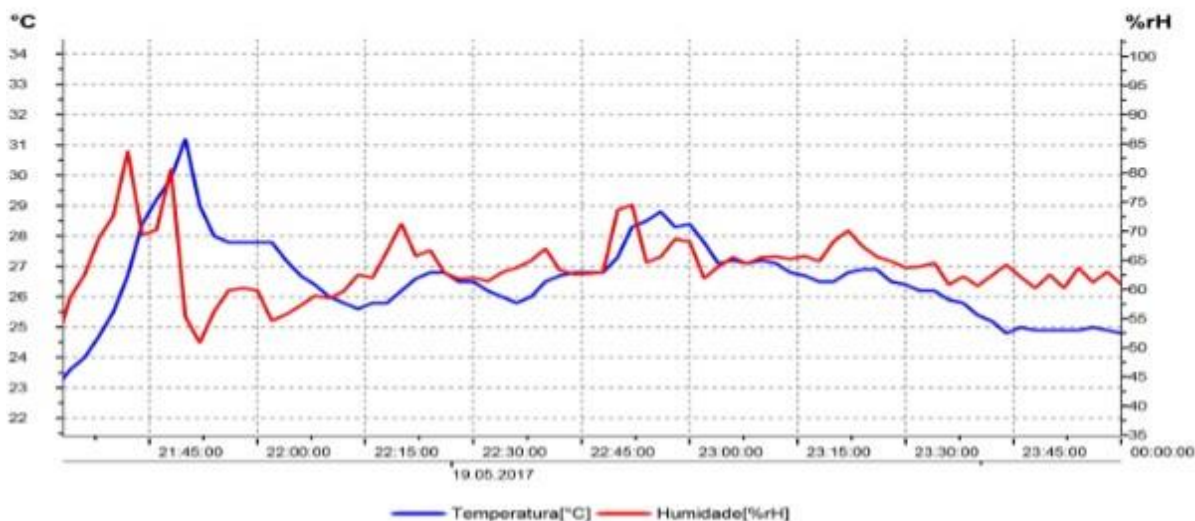


Anexo II. Exemplos de diagramas de temperatura no centro do pão (a vermelho), na superfície do pão (a verde) e no ar exterior do forno durante a cozedura, obtidos por V-M.O.L.E.® Profiler (com identificação dos diferentes conjuntos de temperaturas e acontecimentos que ocorrem aquando da cozedura: temperatura inicial, temperatura a que ocorre a morte de leveduras, a temperatura de gelatinização do amido e a temperatura máxima atingida).

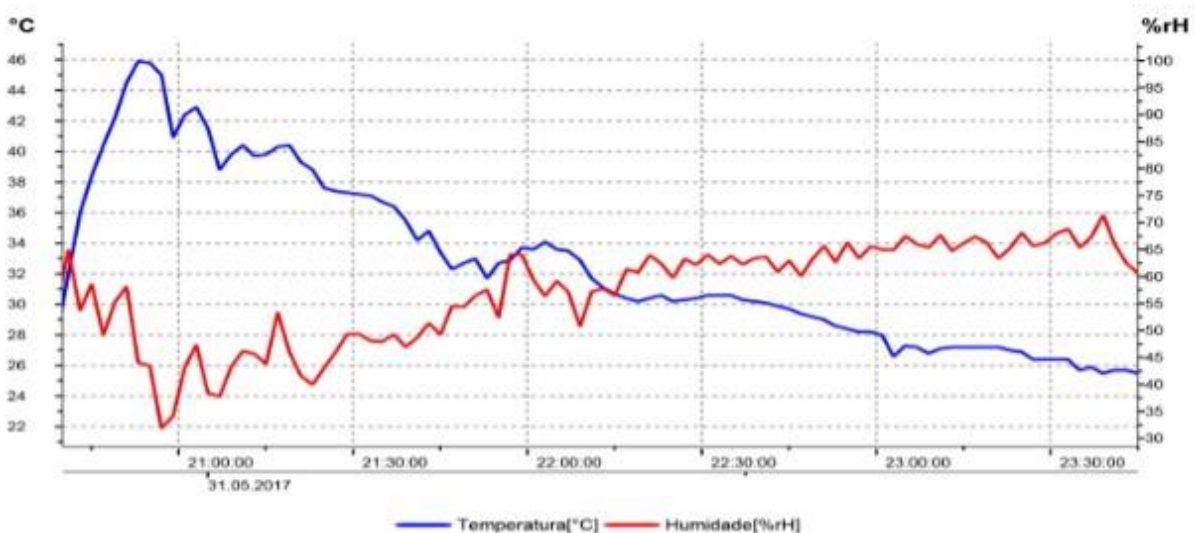


Anexo III. Exemplos de diagramas de temperatura (a azul) e humidade (a vermelho) da câmara de arrefecimento, obtidos por Datalogger Testo 174.

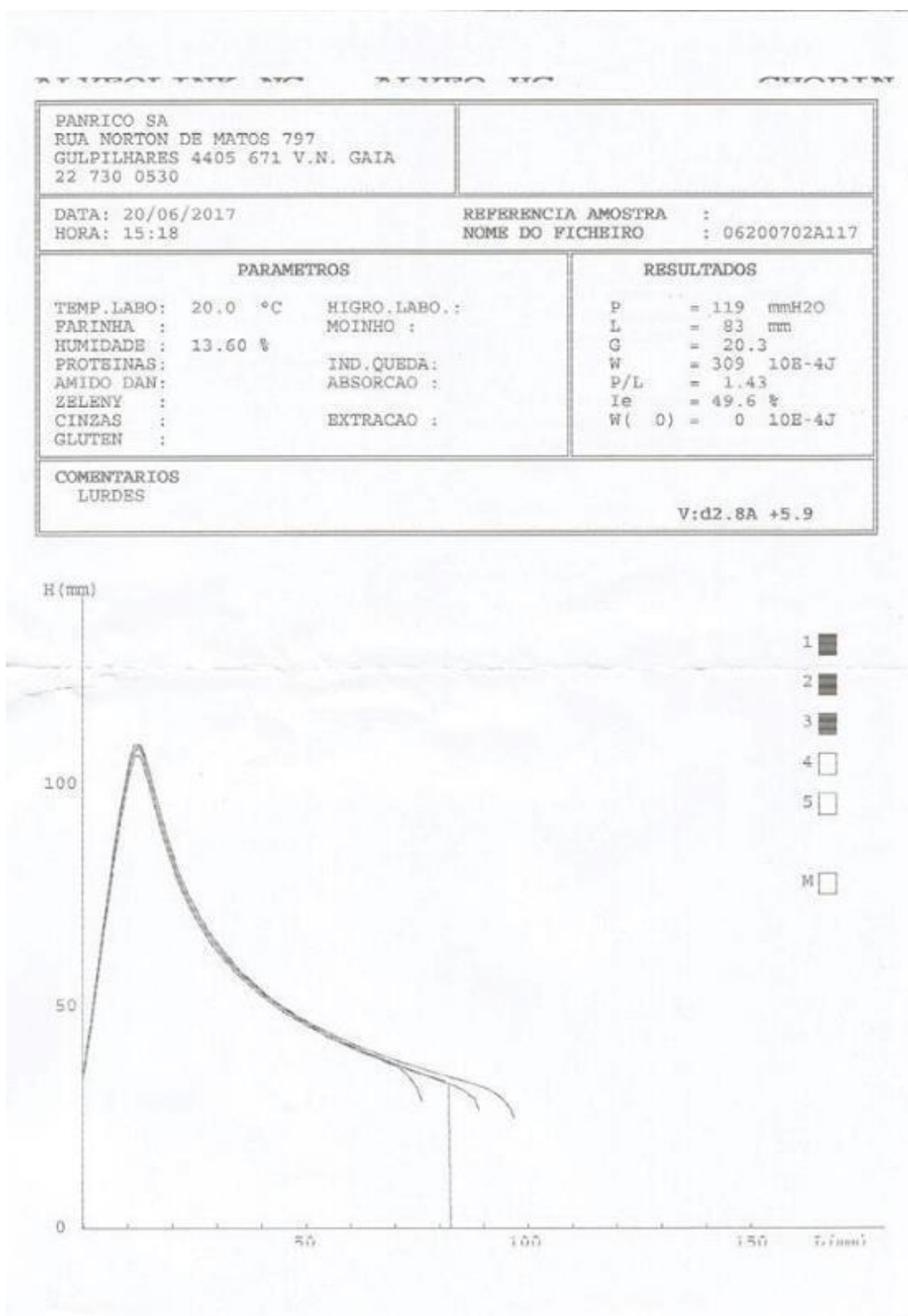
Instrument name: PANRICO		22/05/2017 16:16:51		Page	1/1
Start time: 19/05/2017 19:06:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 20/05/2017 1:06:00	Temperatura [°C]	22,00	33,90	27,122	0,0/70,0
Measurement channels: 2	Humidade [%rH]	37,90	99,90	68,602	0,0/100,0
Measured values: 180					
36972736					
DATALOGGER					



Instrument name: PANRICO		01/06/2017 15:31:45		Page	1/1
Start time: 31/05/2017 18:19:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 01/06/2017 1:17:00	Temperatura [°C]	21,90	45,90	29,506	0,0/70,0
Measurement channels: 2	Humidade [%rH]	31,90	99,90	67,686	0,0/100,0
Measured values: 210					
36972736					
DATALOGGER					



Anexo IV. Exemplo de alveograma realizado a uma amostra de farinha, com cálculo dos parâmetros de tenacidade (P), extensibilidade (L) e força (W). Os resultados foram calculados a partir das três melhores curvas obtidas, sendo que as restantes duas foram desconsideradas no cálculo final.

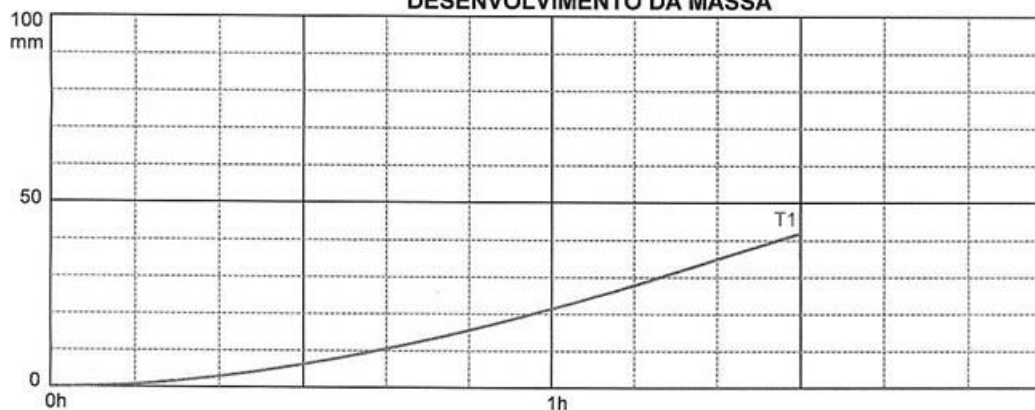


Anexo V. Exemplo de reofermentograma realizado a uma amostra de levedura, com cálculo dos parâmetros de desenvolvimento máximo da massa (H_m) e do volume total de gás libertado (V_t, ml).

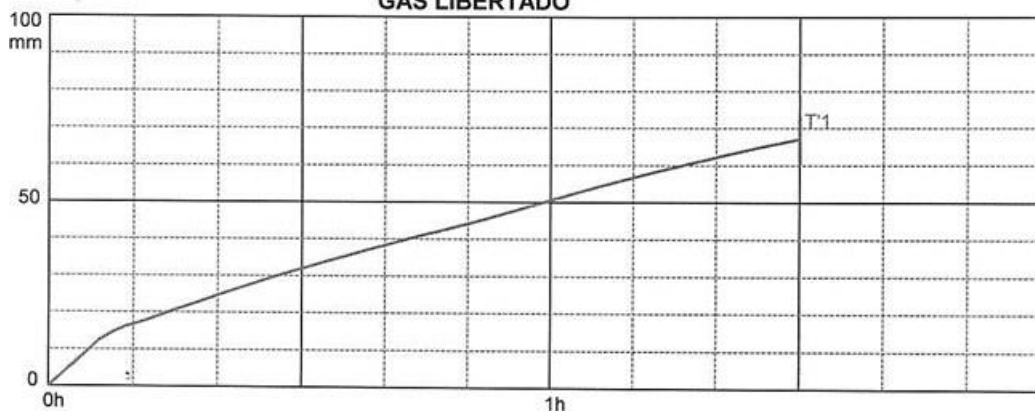
RHEO F4 CHOPIN

Panrico S.A. Rua Norton de Matos 797 Gulpilhares 4405-671 Vila Nova de Gaia Tel: 227 300 530 Fax:227 531 196 panrico@panrico.pt			
Comentários:		Protocolo: LEVEDURA RÁPIDA Temperatura : 28,5 °C Tempo : 90 mn (1,5 h) Peso da massa : 315 g Temperatura do tanque fora da tolerância	
Versões: GestionRheo V1.02 / RF4_CPU V1.00.o / RF4 N°74 / GLP-PC-LABOR2 / PANRICOPT\SDLima			
Desenvolvimento da massa		Gas libertado	
Hm :	41,8 mm	H'm :	67,0 mm
h :	41,8 mm	T'1 :	01:30:00
(Hm-h)/Hm :	0,0 %	Tx :	--:--:--
T1 :	01:30:00	Volume total:	569 ml
T2 :	--:--:--	Volume de CO2 perdido:	0 ml
T'2 :	--:--:--	Volume Retido:	569 ml
T2-T'2 :	--:--:--	Coefficiente de retenção	100,0 %

DESENVOLVIMENTO DA MASSA



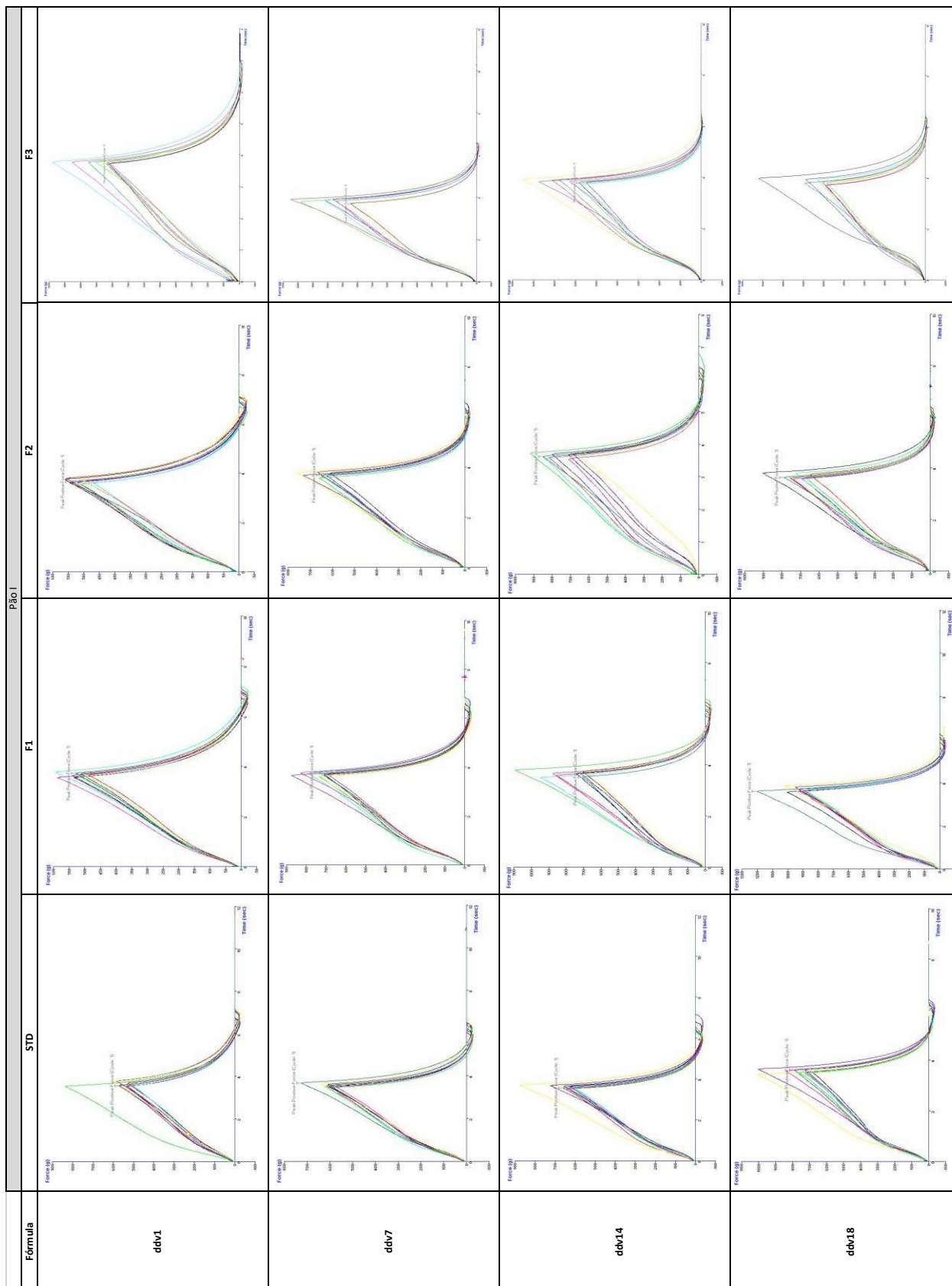
GAS LIBERTADO



Anexo VI. Tabela de resultados de humidade e atividade da água obtidos em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias).

DDV	Atividade da água (Aw)				Humidade (%)			
	STD	F1	F2	F3	STD	F1	F2	F3
1	0,96	0,952	0,936	0,946	38,58	38,35	37,10	38,63
7	0,947	0,94	0,952	0,948	39,90	37,37	38,61	38,11
14	0,936	0,938	0,945	0,950	39,75	38,22	38,85	38,13
18	0,947	0,938	0,939	0,948	38,34	37,85	39,77	38,21

Anexo VII. Curvas de TPA relativas às diferentes formulações do formato de Pão I, a DDV1, DDV7, DDV14 e DDV18.



Anexo VIII. Tabela de resultados de dureza (kg) e força adesiva (kg) obtidos nas análises de textura para cada uma das formulações estudadas do formato de Pão I, ao longo do tempo de vida útil (18 dias).

DDV	FÓRMULA	STD	F1	F2	F3
1	Dureza (Kg)	0,586	0,535	0,525	0,919
	Força Adesiva (Kg)	0,026	0,024	0,025	0,021
7	Dureza (Kg)	0,623	0,757	0,668	1,009
	Força Adesiva (Kg)	0,026	0,029	0,025	0,028
14	Dureza (Kg)	0,672	0,818	0,777	1,189
	Força Adesiva (Kg)	0,034	0,03	0,027	0,029
18	Dureza (Kg)	0,809	0,968	0,744	1,322
	Força Adesiva (Kg)	0,031	0,034	0,025	0,028

Anexo IX. Tabela de resultados de humidade e atividade da água obtidos em cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

DDV	Atividade da água (Aw)				Humidade (%)			
	STD	F4	F5	F6	STD	F4	F5	F6
1	0,945	0,946	0,944	0,942	36,87	37,22	37,90	36,13
7	0,941	0,945	0,947	0,942	37,74	36,63	37,22	36,25
10	0,940	0,939	0,942	0,947	38,32	37,83	38,06	36,75
13	0,950	0,949	0,948	0,946	37,61	37,42	37,24	36,25
17	0,950	0,950	0,951	0,940	37,33	35,92	36,85	35,99
20	0,950	0,950	0,948	0,951	32,23	37,11	36,48	35,69
22	0,948	0,951	0,949	0,944	36,85	37,89	35,89	33,89
24	0,948	0,945	0,947	0,954	36,83	36,63	37,46	36,03
27	0,940	0,943	0,942	0,944	36,05	36,42	36,71	35,48
29	0,948	0,951	0,954	0,956	37,17	37,67	35,94	35,58
31	0,943	0,946	0,953	0,941	36,11	36,74	36,91	35,43
35	0,950	0,958	0,947	0,952	35,98	36,52	35,19	35,5

Produto		Pão II			
Embalagem		STD	F4	F5	F6
ddv10	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				
ddv13	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				

Produto		Pão II			
Embalagem		STD	F4	F5	F6
ddv17	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				
ddv20	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				

Produto		Pão II			
Embalagem		STD	F4	F5	F6
ddv22	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				
ddv24	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				

Produto		Pão II			
Embalagem		STD	F4	F5	F6
DDV31	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				
ddv35	Dureza (Kg)				
	Resiliência				
	Adesividade F.t (g.sec)				

Anexo XI. Tabela de resultados de dureza (kg) obtidos nas análises de textura para cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

Produto		Pão II			
Fornecedor		X		Y	
Fórmula		STD	F4	F5	F6
Dureza (kg)	1	0,534	0,455	0,440	0,412
	7	0,714	0,659	0,597	0,510
	10	0,740	0,699	0,768	0,948
	13	0,803	0,694	0,772	0,635
	17	1,112	0,82	0,757	0,694
	20	1,259	0,779	0,825	1,187
	22	1,138	0,725	0,888	0,712
	24	1,317	0,842	0,745	0,712
	27	1,362	0,880	0,842	0,766
	29	1,137	0,857	0,961	0,761
	31	1,343	0,782	0,693	0,813
	35	1,031	0,749	0,840	0,749

Anexo XII. Tabela de resultados de resiliência obtidos nas análises de textura para cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

Produto		Pão II				
Fornecedor		X		Y		
Fórmula	STD	F4	F5	F6		
Resiliência	1	0,478	0,414	0,420	0,429	
	7	0,412	0,368	0,370	0,397	
	10	0,348	0,357	0,358	0,356	
	13	0,353	0,36	0,325	0,346	
	17	0,414	0,324	0,352	0,361	
	20	0,352	0,300	0,384	0,337	
	22	0,492	0,272	0,308	0,336	
	24	0,363	0,335	0,324	0,388	
	27	0,448	0,311	0,305	0,368	
	29	0,432	0,309	0,337	0,400	
	31	0,410	0,372	0,282	0,300	
	35	0,368	0,256	0,333	0,342	

Anexo XIII. Tabela de resultados de adesividade (g.sec) obtidos nas análises de textura para cada uma das formulações estudadas do formato de Pão II, ao longo de 35 dias de vida.

Produto		Pão II			
Fornecedor		X		Y	
Fórmula		STD	F4	F5	F6
Adesividade (g.sec)	1	0,991	2,781	2,902	0,553
	7	0,946	4,286	4,967	0,619
	10	4,038	4,434	1,547	2,192
	13	0,506	2,742	1,719	0,913
	17	0	6,02	4,381	0,482
	20	0	5,77	4,009	0,554
	22	0	2,408	0,823	1,679
	24	0	2,72	7,956	0,393
	27	0	3,024	1,803	0
	29	0	3,687	0	0
	31	0	0	5,071	0,368
	35	0	5,912	1,041	0,106