



CATOLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DE PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS AO LONGO DA VIDA DO
PÃO DE FORMA

por

Inês Arede Pereira Camboa



CATÓLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DE PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS AO LONGO DA VIDA DO
PÃO DE FORMA

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior de Biotecnologia da
Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Alimentar

por

Inês Arede Pereira Camboa

Local: Nutporbreads, Unipessoal

Supervisora: Eng^a Helena Rangel

Orientadora: Doutora Cristina L. M. Silva

Setembro 2019

Resumo

A qualidade e a segurança alimentar são pontos-chave na indústria da panificação. É necessário garantir que o consumidor é satisfeito e que as suas expectativas quanto ao produto sejam correspondidas, uma vez que o mercado dele depende. É o objetivo de todas as indústrias oferecer um produto seguro e com qualidade.

Para garantir o cumprimento destes dois pontos fulcrais, a Panrico desenvolve diariamente atividades de controlo e inspeção alimentar, como é descrito ao longo deste relatório. O estágio compreendeu o acompanhamento destas atividades e a realização de um estudo específico. Este estudo, subdividido em 2 partes, teve por base a utilização de 3 formatos diferentes de pão de forma, nomeadamente: Branco (B), constituído por farinha de trigo; Integral (I), constituído por farinha integral; e Cereais (C), constituído por farinha integral, sementes e cereais.

O primeiro estudo, designado como Estudo 1, permitiu relacionar parâmetros de início de processo de pH e temperatura, com parâmetros finais de pH, temperatura e a_w , verificando o impacto na segurança microbiológica. Os valores finais mostraram que os formatos são seguros microbiologicamente relativamente a valores categorizados pela *Food Safety Authority of Ireland (FSAI)*. Mas quanto à relação entre pH e a_w finais, os formatos B e C, comparativamente ao estudo realizado pela *Consumer Protection Division* do *Texas Department of State Health Services*, requerem uma avaliação posterior, uma vez que os valores estão desviados dos tabelados.

Para o Estudo 2 foram utilizadas as mesmas 3 formulações distintas, mas com a adição de formatos com e sem còdea. Relacionaram-se os parâmetros de a_w e Humidade relativa (Hr) no produto final em intervalos de tempo diferentes, tais como 0h, 1h e 24h após embalamento. Os resultados mostraram que todos os formatos se comportam de maneira diferente relativamente aos parâmetros estudados, sendo que às 24h é notório que todos estabilizam. Estatisticamente obtiveram-se 2 correlações fracas e 1 forte entre os parâmetros, notando que nestes formatos eles se influenciam mutuamente.

Palavras-chave: Panificação, Segurança alimentar, Qualidade, Propriedades físico químicas.

Abstract

Food quality and safety are major key points in the bakery industry. It is necessary to ensure that the consumer is satisfied and the product and company can meet his expectations, since the market depends on it. It is the goal of all industries to offer a safe and quality product.

In order to accomplish these two main points, Panrico carries out daily food control and inspection activities, as it is described throughout the report. The internship included the monitoring of these activities and the execution of a specific study. This study, subdivided into 2 parts, was based on the use of 3 different types of bread, specifically: White (B), which is made of wheat flour; Whole Wheat (I), made of whole flour; and Cereals (C), made of whole flour, seeds and cereals.

The first study, called Study 1, permitted to relate initial process parameters of pH and temperature, with final parameters of pH, temperature and a_w , allowing to observe their impact on microbiological safety. The final results showed that the formats are microbiologically safe, based values categorized by the *Food Safety Authority of Ireland* (FSAI). However, when it comes to the final pH and a_w relationship, and comparing with the study driven by the *Texas Department of State Health Services' Consumer Protection Division*, formats B and C require further evaluation since the results diverged from the tabulated values.

Regarding Study 2, the same 3 different formulations were used, only adding crust and non-crust formats. The a_w and relative humidity (Hr) parameters in the final product were registered at different time spans, such as 0h, 1h and 24h after packaging. The results showed that all formats behave differently when it comes to the studied parameters, since at 24h it is perceptible that all of them stabilize. Statistically speaking, it was also possible to see 2 weak and 1 strong correlations between the parameters, remarking that, in these formats, they influence each other.

Keywords: Bakery, Food Safety, Quality, Physicochemical Properties.

Agradecimentos

Em primeiro, agradecer todo o apoio e disponibilidade prestada pela Doutora Cristina L. M. Silva, na elaboração do presente relatório de estágio.

Agradecer também a todos aqueles que fazem parte da equipa do Grupo Panrico em Gulphilhares, por toda a integração e amabilidade no decorrer do estágio.

Um grande e especial agradecimento ao Departamento da Qualidade, à Eng. Helena Rangel e aos técnicos, Daniela Silva, Susy Domingues e Simão Lima, por todo o apoio, carinho e aprendizagem. Foram incansáveis ao longo do estágio.

Sem nunca esquecer, a minha família. Um agradecimento de amor para os meus pais, o meu irmão, os meus avós, a minha prima Raquel e às minhas estrelinhas, que me apoiaram sempre a 100% nos meus sonhos e objetivos, e que nunca me deixaram desistir.

E por fim, agradecer aos meus amigos. Aos que me acompanham desde a primária, desde o secundário e desde a faculdade. Um beijo de carinho enorme por toda a força que me deram na concretização desta meta.

Índice

| | |
|---|------|
| Resumo | ii |
| Abstract..... | iii |
| Agradecimentos | iv |
| Lista de Figuras | vii |
| Lista de Tabelas | viii |
| Lista de Abreviaturas | xi |
| Definições..... | xii |
| Introdução..... | 13 |
| Capítulo 1 – Panificação..... | 14 |
| 1.1. Matérias-primas base na panificação | 16 |
| 1.1.1. Farinha..... | 16 |
| 1.1.2. Água | 18 |
| 1.1.3. Levedura..... | 18 |
| 1.1.4. Sal..... | 19 |
| 1.1.5. Açúcar | 19 |
| 1.1.6. Aditivos | 19 |
| Capítulo 2 – Panrico | 21 |
| 2.1. Processo de fabrico | 22 |
| Capítulo 3 – Segurança Alimentar..... | 27 |
| 3.1. Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo – HACCP..... | 28 |
| 3.2. <i>International Featured Standard Food – IFS Food</i> | 29 |
| Capítulo 4 – Controlo da Qualidade | 30 |
| 4.1. Controlo de qualidade de material de embalagem e matérias-primas (embaladas e a granel)..... | 30 |
| 4.1.1. Alveograma | 32 |
| 4.1.2. Potencial hidrogeniónico (pH) | 34 |
| 4.1.3. Densidade | 34 |
| 4.1.4. Humidade relativa (Hr) | 35 |
| 4.1.5. Reofermentograma | 36 |
| 4.1.6. Índice de acidez..... | 38 |
| 4.1.7. Índice de peróxidos | 38 |
| 4.1.8. Água de consumo | 39 |

| | |
|---|----|
| 4.1.9. Águas residuais | 40 |
| 4.1.10. Inspeção de material de embalagem..... | 41 |
| 4.2. Controlo de qualidade do produto acabado | 43 |
| 4.2.1. Textura | 43 |
| 4.2.2. Atividade da água (a_w) | 45 |
| 4.2.3. Humidade relativa (Hr) | 46 |
| 4.2.4. Inspeção de bolores visíveis..... | 47 |
| 4.2.5. Análises microbiológicas do produto final..... | 47 |
| 4.3. Controlo da qualidade microbiológica do ar ambiente e superfícies | 48 |
| 4.4. Controlo de processos | 50 |
| Capítulo 5 – Objetivos do estudo | 51 |
| Capítulo 6 – Materiais e Métodos | 52 |
| Capítulo 7 – Resultados e Discussão..... | 54 |
| Capítulo 8 – Conclusões Gerais | 62 |
| Bibliografia..... | 63 |
| Capítulo 9 – Anexo 1: Imagens dos equipamentos | 71 |
| Capítulo 10 – Anexo 2: Valores de referência para o estudo 1 | 77 |
| Capítulo 11 – Anexo 3: Valores obtidos no estudo 1 | 78 |
| Capítulo 12 – Anexo 4: Valores a_w obtidos no estudo 2 | 82 |
| Capítulo 13 – Anexo 5: Valores de Hr (%) obtidos no estudo 2..... | 86 |
| Capítulo 14 – Anexo 6: Resultados de a_w pelo teste ANOVA e Teste <i>Tukey</i> para o estudo 2. | 90 |
| Capítulo 15 – Anexo 7: Resultados de Hr (%) pelo teste ANOVA e Teste <i>Tukey</i> para o estudo 2..... | 94 |
| Capítulo 16 – Anexo 8: Valores médios e desvio-padrão para o estudo 2..... | 98 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 2-1 – Logótipo grupo Adams Food..... | 21 |
| Figura 2-2 – Logótipo Panrico | 21 |
| Figura 2-3 – Fluxograma do processo de fabrico de pão de forma. | 22 |
| Figura 4-1 – Curva de alveograma (Alveolab Graph — Measure of dough tenacity, extensibility, elasticity and baking strength., 2019). | 32 |
| Figura 4-2 – Exemplo do gráfico de desenvolvimento da massa. (Rheo F4, 2019) | 36 |
| Figura 4-3 – Exemplo do gráfico de produção de gás (Rheo F4, 2019). | 37 |
| Figura 4-4 – Curva de texturómetro. (Texture Profile Analysis, 2019)..... | 44 |
| Figura 7-1 – Valores médios de Hr(%) obtidos pelos formatos BSC, BCC, ISC, ICC, CSC e CCC às 0h, 1h e 24h, assim como respetivo desvio-padrão e estudo de diferenças entre amostras. | 57 |
| Figura 7-2 – Valores médios de a_w obtidos pelos formatos BSC, BCC, ISC, ICC, CSC e CCC às 0h, 1h e 24h, assim como respetivo desvio-padrão e estudo de diferenças entre amostras. | 58 |
| Figura 9-1 – Alveografo de Chopin. | 71 |
| Figura 9-2 – pH meter HI 99161, da Hanna Instruments. | 71 |
| Figura 9-3 – Moisture Analyzer Mettler Toledo HR83. | 72 |
| Figura 9-4 – Reofermentometro Rheo F4 de Chopin. | 72 |
| Figura 9-5 – Potenciómetro 744 pH Meter Metrohm..... | 73 |
| Figura 9-6 – Espectrofotómetro Lovidond Checkit Direct Chlor. | 73 |
| Figura 9-7 – Fotómetro HI83224 da Hanna instruments. | 74 |
| Figura 9-8 – Reator HI839800 da Hanna instruments..... | 74 |
| Figura 9-9 – Texturómetro TA.XT plus Analyser Stable Micro Systems. | 75 |
| Figura 9-10 – LabMaster.aw da Novasina. | 75 |
| Figura 9-11 – Santorius MA30..... | 76 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1-1 – Fenómenos que ocorrem durante a cozedura do pão. (Ciência Viva, 2019) | 15 |
| Tabela 1-2 – Composição nutricional do pão (adaptada (INSA, 2006)). | 16 |
| Tabela 4-1 – Controlo das matérias-primas a granel. | 31 |
| Tabela 4-2 – Valores guia para avaliação da qualidade microbiológica dos alimentos cozinhados pronto a comer, inseridos no grupo 1 (INSA, Valores guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração, 2005). | 48 |
| Tabela 4-3 – Valores de referência das análises microbiológicas para o ar ambiente. (Al-Dagal, 1989) | 49 |
| Tabela 4-4 – Requisitos de qualidade para ar interior. (Diário da República, 2006) | 49 |
| Tabela 4-5 – Valores de referência das análises microbiológicas para o produto final (American Public Health Association, 2015). | 49 |
| Tabela 4-6 – Condições de processo a controlar durante as etapas. | 50 |
| Tabela 6-1 – Valores de amostragem referentes ao estudo 1. | 52 |
| Tabela 6-2 – Valores de amostragem referentes ao estudo 2. | 53 |
| Tabela 7-1 – Valores médios de todos os valores obtidos para os parâmetros de pH e temperatura inicial, e pH, temperatura (°C) e a_w finais, das amostras B, I e C. | 54 |
| Tabela 7-2 – Valores de Correlação de Pearson entre a_w e Hr para o formato Branco. | 59 |
| Tabela 7-3 – Valores de Correlação de Pearson entre a_w e Hr para o formato Integral. | 59 |
| Tabela 7-4 – Valores de Correlação de Pearson entre a_w e Hr para o formato Cereais. | 60 |
| Tabela 10-1 – Principais fatores intrínsecos e extrínsecos, que condicionam o crescimento de bactérias potencialmente patogénicas de maior importância no setor alimentar (adaptado de (FSAI, 2011)) | 77 |
| Tabela 10-2 – Interação de pH e a_w para controlo de esporos em alimentos tratados termicamente para destruição de células vegetativas e subsequente embalamento. (Unit Public Sanitation and Retail Food Safety, 2017) | 77 |
| Tabela 11-1 – Valores de pH inicial para o formato de pão de forma “B”. | 78 |
| Tabela 11-2 – Valores de temperatura inicial para o formato de pão de forma “B”. | 79 |
| Tabela 11-3 – Valores de pH, a_w e Temperatura final o formato de pão de forma “B”. | 79 |
| Tabela 11-4 – Valores de pH inicial do formato de pão de forma “I” | 80 |
| Tabela 11-5 – Valores de temperatura inicial do formato de pão de forma “I”. | 80 |
| Tabela 11-6 – Valores de pH, a_w e temperatura final o formato de pão de forma “I” | 80 |

| | |
|--|----|
| Tabela 11-7 – Valores de pH inicial do formato de pão de forma “C”..... | 81 |
| Tabela 11-8 – Valores de temperatura inicial do formato de pão de forma “C”..... | 81 |
| Tabela 11-9 – Valores de pH, a_w e Temperatura final o formato de pão de forma “C”..... | 81 |
| Tabela 12-1 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BSC”..... | 82 |
| Tabela 12-2 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BCC”..... | 83 |
| Tabela 12-3 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “ISC”..... | 83 |
| Tabela 12-4 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “ICC”..... | 84 |
| Tabela 12-5 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CSC”..... | 84 |
| Tabela 12-6 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CCC”..... | 85 |
| Tabela 13-1 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BSC”..... | 86 |
| Tabela 13-2 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BCC”..... | 87 |
| Tabela 13-3 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “ISC”..... | 87 |
| Tabela 13-4 – Valores de Hr(%) às 0h, 1h e 24h da amostra “ICC”..... | 88 |
| Tabela 13-5 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CSC”..... | 88 |
| Tabela 13-6 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CCC”..... | 89 |
| Tabela 14-1 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “BSC”..... | 90 |
| Tabela 14-2 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “BSC”..... | 90 |
| Tabela 14-3 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “BCC”..... | 90 |
| Tabela 14-4 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “BCC”..... | 91 |
| Tabela 14-5 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “ISC”..... | 91 |
| Tabela 14-6 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “ISC”..... | 91 |
| Tabela 14-7 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “ICC”..... | 92 |
| Tabela 14-8 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “ICC”..... | 92 |
| Tabela 14-9 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “CSC”..... | 92 |

| | |
|---|----|
| Tabela 14-10 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “CSC”. | 93 |
| Tabela 14-11 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “CCC”. | 93 |
| Tabela 14-12 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “CCC”. | 93 |
| Tabela 15-1 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “BSC”. | 94 |
| Tabela 15-2 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “BSC”. | 94 |
| Tabela 15-3 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “BCC”. | 94 |
| Tabela 15-4 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “BCC”. | 95 |
| Tabela 15-5 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “ISC”. | 95 |
| Tabela 15-6 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “ISC”. | 95 |
| Tabela 15-7 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “ICC”. | 96 |
| Tabela 15-8 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “ICC”. | 96 |
| Tabela 15-9 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “CSC”. | 96 |
| Tabela 15-10 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “CSC”. | 97 |
| Tabela 15-11 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “CCC”. | 97 |
| Tabela 15-12 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma CCC. | 97 |
| Tabela 16-1 – Valores médios de Hr (%), desvio-padrão e diferenças entre os diferentes intervalos de tempo com base nos resultados obtidos no Anexo 5, dos formatos de pão de forma. | 98 |
| Tabela 16-2 – Valores médios de a_w , desvio-padrão e diferenças entre os diferentes intervalos de tempo com base nos resultados obtidos no Anexo 5, dos formatos de pão de forma. | 98 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|-----------------|---|
| a_w | Atividade da água |
| “B” | Formato de pão de forma Branco, constituído por farinha de trigo |
| “C” | Formato de pão de forma Cereais, constituído por farinha integral e cereais |
| “CCB” | Formato de pão de forma Com Cêdea Branco |
| “CCC” | Formato de pão de forma Com Cêdea Cereais |
| “CCI” | Formato de pão de forma Com Cêdea Integral |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| CQO | Carência Química de Oxigénio |
| EN | Norma Europeia |
| ETAR | Estação de Tratamento de Águas Residuais |
| EU | União Europeia |
| FSAI | <i>Food Safety Authority of Ireland</i> |
| HACCP | Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo |
| Hr | Humidade relativa (%) |
| “I” | Formato de pão de forma Integral, constituído por farinha integral |
| IFS | <i>International Featured Standard</i> |
| ISO | International Organization for Standardization |
| NA | Não Aplicável |
| NaOH | Hidróxido de Sódio |
| NP | Norma Portuguesa |
| NTCS | <i>Non Time/Temperature Control for Safety (TCS) Food</i> |
| PA | <i>Product Assessment required</i> |
| PCC | Ponto Crítico de Controlo |
| pH | Potencial Hidrogeniónico |
| “SCB” | Formato de pão de forma Sem Cêdea Branco |
| “SCC” | Formato de pão de forma Sem Cêdea Cereais |
| “SCI” | Formato de pão de forma Sem Cêdea Integral |
| TMT | Teor de Microrganismos Totais |
| UFCs | Unidades Formadoras de Colónias |
| T(°C) | Temperatura em grau Celsius |

Definições

Ação corretiva: Ação para eliminar a causa de uma não-conformidade detetada ou outra situação indesejável. (IPQ I. P., 2005)

Género alimentício: Qualquer substância ou produto, transformado, parcialmente transformado ou não transformado, destinado a ser ingerido pelo ser humano ou com razoáveis probabilidades de o ser. (Regulamento (CE) n.º178/2002 do Parlamento Europeu e do conselho, 2002)

Limite crítico: Critério que separa a aceitabilidade da não aceitabilidade. (IPQ I. P., 2005)

PCC: Ponto ou etapa onde por ação de controlo apropriado, um perigo pode ser evitado, eliminado ou reduzido para um nível aceitável. (IPQ I. P., 2005)

Produto acabado: Produto que não será sujeito a processamento ou transformação posterior por parte da organização. (IPQ I. P., 2005)

Perigo: Agente biológico, químico ou físico presente nos géneros alimentícios que provoque efeito nocivo para a saúde. (IPQ I. P., 2005)

Pré-requisitos: Atividades e condições básicas que são necessárias para manter um ambiente higiénico ao longo da cadeia alimentar apropriado à produção, ao manuseamento e ao fornecimento de produtos acabados seguros e géneros alimentícios seguros para o consumo humano. (IPQ I. P., 2005)

Trihalometanos: Compostos formados pela reação do Cl com a matéria orgânica presente na água que sofre tratamento, com efeitos mutagénicos em espécies animais.

Varpe: Balança dinâmica, rejeita todas as amostras com peso acima ou abaixo do estabelecido.

VMI: Doseador automático de matérias-primas em silo, constituído por um sistema de tubagem com caudalímetros e válvulas, em depósitos de mil litros.

Introdução

O presente relatório de estágio, desenvolvido na indústria de panificação Panrico, encontra-se dividido em 16 capítulos.

Capítulo 1 – Panificação: Descrição da história da indústria da panificação, bem como das matérias-primas essenciais à formulação do pão de forma.

Capítulo 2 – Panrico: Descrição da história da empresa, representação do fluxograma do processo de fabrico do pão de forma e resumo das etapas associadas ao processo.

Capítulo 3 – Segurança Alimentar: Definição segundo a ISO 22000:2005 e contextualização à indústria, e conceito de *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) e da *International Food Standard* (IFS), implementadas na Panrico.

Capítulo 4 – Controlo da Qualidade: Definição de qualidade segundo a ISO 9000:2015 e a contextualização à indústria. Descrição de análises realizadas no período de estágio a material de embalagem, matérias-primas e produto acabado, sendo que, as análises microbiológicas são realizadas em laboratório certificado externo à Panrico.

Capítulo 5 – Objetivos do estudo: Descrição dos objetivos do estudo 1 e 2 efetuados.

Capítulo 6 – Materiais e Métodos: Descrição dos métodos aplicados para a realização dos estudos e obtenção de resultados.

Capítulo 7 – Resultados e Discussão: Apresentação e análise dos resultados obtidos pelos dois estudos.

Capítulo 8 – Conclusões Gerais: Descrição das principais conclusões relativas aos estudos através dos resultados obtidos.

Capítulo 9 até 16 – Anexos: Imagens de equipamentos usados e tabelas com valores obtidos dos resultados.

Capítulo 1 – Panificação

O Homem começou a produzir pão 8000 a.C., sendo este considerado um dos alimentos mais antigos da história da Humanidade. Os primeiros pães produzidos eram isentos de levedura e tinham como base farinhas simples de trigo e de outros grãos, sendo o alimento básico das populações antigas. Atualmente, tanto o tipo de pão como os métodos utilizados, evoluíram de forma a satisfazerem os gostos e hábitos alimentares (Nutrição, 2018) (Collar, 2016).

Assim, o «pão» veio a ser definido pelo Diário da República – Portaria n.º75/2009, de 12 de Agosto, como “o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, estremes ou em mistura, água potável e fermento ou levedura, sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nas condições legalmente afixadas” (Assembleia da República, 2009).

Após mistura dos ingredientes, o fabrico do pão inicia com a amassadura. Nesta etapa ocorre a incorporação de ar e hidratação dos ingredientes, que por ação mecânica e quebra de algumas ligações químicas fracas, formam um complexo proteico viscoelástico, designado por rede de glúten e constituído por proteínas, a gliadina que concede viscosidade e a glutenina fornece a elasticidade e resistência da massa, permitindo a obtenção de uma massa homogénea e estruturada.

Posteriormente, segue para a fermentação sob condições de temperatura e humidade controladas, onde a levedura atua sobre os açúcares e induz à formação de dióxido de carbono (CO₂). A produção deste gás juntamente com o crescimento dos núcleos de ar envolvidos pelo glúten, expandem o volume da massa, permitindo que esta adquira a forma do molde (Figoni, 2008) (Sluimer, 2005).

Finalmente, na cozedura ocorre a transformação da massa em miolo e crosta, o aumento de volume, inativação da levedura e da atividade enzimática, e gelatinização do amido (Patel et al, 2005). Este processo inicia-se com a introdução da massa no forno a temperaturas entre os 200°C e 220°C, onde é acelerada a atividade enzimática e o crescimento da levedura. Entre os 65°C e os 95°C a amílase desnatura, provocando a libertação de água, tornando as ligações entre as proteínas o glúten rígidas, conferindo uma estrutura estável à formação do pão. O CO₂ produzido pela levedura durante a fermentação move-se para os orifícios e com o aumento da temperatura a pressão deste

umenta fazendo com que a rede de glúten distenda e os orifícios expandem (Cauvain S., 2012) (Figoni, 2008).

Paralelamente, a uma temperatura de 65°C, ocorre a gelatinização do amido, processo em que existe uma redistribuição da água existente no glúten para os grânulos de amido por absorção, desnaturando e coagulando o glúten. Posteriormente, é perdida a capacidade de retenção de gás e existe a fixação do miolo pela formação de alvéolos interiores (Figoni, 2008).

Na fase final da cozedura ocorrem as reações de *Maillard*, visível pela formação de cor, acastanhada, na crosta. Esta reação ocorre entre os hidratos de carbono e as aminas das proteínas do glúten. Ocorre também a reação de caramelização entre açúcares, que contribui para o desenvolvimento do sabor e aroma. A **Tabela 1-1** apresenta de forma sucinta os vários fenómenos que ocorrem durante a fase da cozedura.

Tabela 1-1 – Fenómenos que ocorrem durante a cozedura do pão (Ciência Viva, 2019).

| Temperatura da massa (°C) | Alguns fenómenos que ocorrem na massa durante a sua cozedura |
|----------------------------------|---|
| 30-35 | Aumento da atividade das leveduras com produção e expansão do gás pelo calor. A massa aumenta ainda mais de volume. |
| 50-60 | Fim da atividade da levedura. |
| 60-80 | Coagulação das proteínas; gelatinização do amido (grãos que absorvem água e incham). |
| 100 | Evaporação de água, libertação de vapor de água e formação da côrdea/crosta. |
| 130-200 | Escurecimento – Reações de caramelização de açúcares e reações de <i>Maillard</i> entre açúcares e aminoácidos. |

O pão é reconhecido pelo seu elevado valor nutricional, uma vez que, é rico em hidratos de carbono complexos (sob a forma de amido), proteínas, fibras (sob a forma de celulose e lenhina), vitaminas do complexo B e alguns minerais (Vieira et al., 2007). Na **Tabela 1-2**, apresenta-se a composição nutricional de 3 diferentes tipos de pão.

Tabela 1-2 – Composição nutricional do pão (adaptada (INSA, 2006)).

| Por 100g | Pão de trigo | Pão de trigo integral | Pão de trigo integral com sementes de sésamo |
|---|--------------|-----------------------|--|
| kJ/kcal | 1230/290 | 978/232 | 1080/256 |
| Lípidos (g) | 2,2 | 3 | 4 |
| Lípidos dos quais insaturados (g) | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| Lípidos dos quais monoinsaturados (g) | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Lípidos dos quais polinsaturados (g) | 0,8 | 1,1 | 1,5 |
| Hidratos de carbono (g) | 57,8 | 39,9 | 43,2 |
| Hidratos de carbono dos quais açúcares (g) | 0,5 | 2,2 | 2,3 |
| Fibra (g) | 3,8 | 7,4 | 8,2 |
| Proteína (g) | 8,4 | 7,6 | 7,7 |
| Vitamina B1 (mg) | 0,04 | 0,14 | 0,12 |
| Vitamina B2 (mg) | 0,2 | 0,17 | 0,16 |
| Vitamina B5 (mg) | 1,3 | 2,5 | 2,5 |
| Vitamina B6 (mg) | 0,07 | 0,1 | 0,1 |
| Sódio (mg) | 610 | 500 | 55 |
| Potássio (mg) | 120 | 220 | 240 |
| Magnésio | 31 | 93 | 110 |

1.1. Matérias-primas base na panificação

Para a produção de pão utilizam-se fundamentalmente farinha, água, levedura e sal. Podem ainda ser adicionados suplementos, com o objetivo de melhorar as características do produto. Estes suplementos, designados de aditivos, podem ser emulsionantes, enzimas, reguladores de acidez ou conservantes (Sluimer, 2005).

1.1.1. Farinha

Segundo a Portaria n.º254/2003, de 19 de março, a «farinha» é definida como “o produto resultante da moenda de grãos de um ou mais cereais, maduros, são, não

germinados e isentos de impurezas, bem como da sua mistura”. É constituída por 2 polímeros fundamentais, o amido e as proteínas (Diário da República, 2003).

O amido representa cerca de 70% da farinha, desempenhando um papel fundamental no que diz respeito a propriedades como, a reologia da massa, textura e estabilidade do produto final. É constituído por cadeias de açúcar (glucose), como as amilopectinas, moléculas solúveis constituídas por cadeias ramificadas, formando ligações glicosídicas α 1,4 e α 1,6, e por amiloses, moléculas lineares, formadas por ligações glicosídicas α 1,4. Uma vez que, a farinha contém enzimas biocatalisadoras (amílases), esta facilita o corte destas cadeias, resultando em açúcares livres (Sluimer, 2005) (Van der Maarel et al., 2002) (Rosell & Collar, 2009).

Durante o processo o amido sofre fenómenos, como (Denardin & Silva, 2009) (Tharanathan, 2002):

- Gelatinização do amido: Ocorre quando os grânulos do amido absorvem a água disponível na massa e expandem para a superfície da mesma, ocorre em regiões amorfas devido à fragilidade das ligações de hidrogénio esta expansão nessas regiões. O fim da gelatinização dá-se quando há rutura granular, aumento de volume, i.e., o aumento das propriedades reológicas da massa, hidratação e solubilização das moléculas de amido.
- Retrogradação do amido: Ocorre quando as cadeias de amilose se agregam de forma rápida, por meio de pontes de hidrogénio com as moléculas de amilopectina, formando duplas hélices cristalinas estabilizadas.

As proteínas do trigo dividem-se em dois tipos, as não formadoras de glúten, nomeadamente as globulinas e albuminas, e as formadoras de glúten ou proteínas insolúveis, a gliadina e a glutenina. Estas últimas quando em contacto com a água dão início à formação da rede de glúten (Ciência Viva, 2019) (Silva, 2002).

O glúten permite a extensibilidade e consistência da massa, assim como, o aumento de volume da mesma pela capacidade de reter o CO₂ produzido durante a fermentação (Sluimer, 2005).

1.1.2. Água

Quimicamente conhecida como hidreto de oxigénio (H₂O), a água é essencial para a panificação, uma vez que hidrata os ingredientes e ajuda a controlar e distribuir a temperatura da massa.

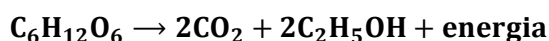
O seu contacto com a farinha possibilita a interação com outros ingredientes, o que permite que seja formada a massa por ação mecânica. É formada uma rede proteica, o glúten, permitindo a produção de uma textura rígida através da retenção de gás resultante da fermentação, e cozedura. A presença de água na fermentação permite que esta se inicie pela criação de um ambiente adequado ao desenvolvimento da atividade enzimática da levedura. Durante a cozedura a água permite ainda a gelatinização do amido, onde os grânulos de amido absorvem a água (Gonçalves, 2012) (Roudaut & Debeaufort, 2010) (Wang et al., 2015).

De referir que, a fonte que fornece água para o fabrico do pão tem de ser potável, sem sabor e visualmente transparente.

1.1.3. Levedura

A levedura associada à panificação é a *Saccharomyces cerevisiae*, que se trata de um organismo vivo unicelular. Caracteriza-se por fermentar e metabolizar açúcares livres, como a glicose, resultante das quebras das moléculas de amido a uma temperatura ótima de 37°C (Mata & Guerreiro, 2010).

Quando o oxigénio, presente dentro da massa, é consumido pela respiração das células de levedura, inicia-se o processo de fermentação, no qual existe a transformação da glicose em CO₂, produção de etanol e geração de calor, como reação exotérmica e resultado da fermentação anaeróbia (**Equação 1-1**). O volume de CO₂ produzido é um indicador da atividade da levedura (Gao et al, 2017) (Mata & Guerreiro, 2010).



Equação 1-1

A produção de CO₂ permite que a massa cresça e aumente o volume do pão, assim como melhora a textura do miolo. A produção de etanol e de pequenos compostos

orgânicos (aldeídos e cetonas), permite a maturação da massa e o desenvolvimento do seu sabor (Sluimer, 2005).

1.1.4. Sal

Pelo Diário da República – Lei n.º75/2009, de 12 de Agosto, o «sal» é definido como o composto iónico cujo elemento mais conhecido é o cloreto de sódio (NaCl), vulgarmente conhecido como «sal comum» ou «sal de cozinha», por ser largamente utilizado na alimentação humana (Diário da República, 2009).

Este composto é solúvel na água e dissocia-se em iões de sódio (Na^+) e de cloreto (Cl^-). Estes permitem reforçar as ligações entre as cadeias de proteína que formam o glúten (a gliadina tem maior solubilidade em solução salina) e concebem maior consistência à massa. O sal atua também ao nível do sabor do pão, mascarando sabores secundários e melhorando o equilíbrio do mesmo, e permite o controlo da fermentação e da atividade enzimática, revertendo a ação da levedura por efeito osmótico. Adicionalmente, o sal atua como conservante bactericida (Mata & Guerreiro, 2010) (Mondal & Datta, 2008) (Tömösközi & Békés, 2016) (Cauvain & Young, 2007).

1.1.5. Açúcar

É um dissacarídeo usado na panificação que contribui para a reação de fermentação, ativando a levedura, e auxiliando nas reações de *Maillard* e de caramelização, com impacto na coloração de crosta. Atua como barreira à saída de humidade, permitindo a melhoria da textura do miolo, e no controlo do desenvolvimento excessivo do glúten, que concede firmeza e dureza ao produto final. Em quantidade adequada otimiza a elasticidade ótima da massa (Rufián-Henares & Pastoriza, 2016).

1.1.6. Aditivos

Os aditivos ou melhorantes, contribuem para a conservação do produto acabado, hidratação do glúten na massa, sabor do produto final, manuseamento da massa, redução de tempo na mistura e benefício do volume do produto (Pereira, 2009).

O recurso a aditivos alimentares, como os emulsionantes, enzimas e conservantes, começaram a ser introduzidos no fabrico de pão para satisfazer a necessidade de melhoria da qualidade por parte dos consumidores e do aumento de tempo de prateleira do alimento (Stampli & Nersten, 1995).

Os limites, condições de uso e de segurança para a utilização estão descritos pelo regulamento 1129/2011, de 11 de novembro pela União Europeia (EU) (Jornal Oficial da União Europeia, 2011).

Os emulsionantes são cruciais para a qualidade do produto final, uma vez que, interagem com o glúten para fortalecer a rede de proteínas, proporcionando o aumento de volume e estrutura, permitindo a estabilização da massa e a diminuição da taxa de retrogradação do amido, prolongando o tempo de prateleira (Almeida, 1998).

As enzimas são catalisadoras de proteínas. O aumento da sua concentração permite uma redução na absorção da água pela massa, melhoramento na extensibilidade da massa e facilitam reações químicas sem que a massa sofra alterações na sua estrutura. A nível do produto final melhoram o sabor, aroma, maciez, estrutura do miolo e aumentam o tempo de prateleira (Queji et al., 2006).

Os conservantes são utilizados para o prolongamento do tempo de prateleira do produto. Estes atuam contra a deterioração causada por microrganismos, que atacam as membranas celulares, através da inibição de vias metabólicas responsáveis pela sobrevivência desses microrganismos. O propionato de cálcio ($C_6H_{10}CaO_4$) é um dos conservantes que pode ser utilizado, tem pouco efeito na levedura e não interfere na fermentação (Torres et al., 2016) (Blekas, 2016).

Capítulo 2 – Panrico

A Panrico® foi criada a 1962 com origem espanhola (**Figura 2-1**). O seu nome deriva da conjugação das palavras PANificio RIvera COstafreda, sendo Rivera e Costafreda os nomes das duas famílias fundadoras da marca (Panrico, 2005).

Entrou em Portugal a 1985 com a inauguração de uma fábrica em Sintra, onde inicialmente só produzia e comercializava as marcas Donuts®, Bollycao® e uma gama de travesseiros. A 1989 lançou para o mercado o pão de forma embalado, sendo a primeira marca a produzir e a comercializar em Portugal este tipo de produto. Para complemento do pão de forma branco, a 1991 foi lançado o pão de forma integral e a 1995 pão de forma 7 cereais. A 2002, foi lançado com grande sucesso e aceitação pela sua forma inovadora, o pão de forma sem cêdea. Desde então a Panrico tem uma história de inovação pelo seu desenvolvimento de novos produtos e conceitos (Panrico, 2005).

Em junho de 2015, o grupo Bimbo lançou uma Oferta Pública de Aquisição (OPA) sobre o grupo Panrico para a compra das marcas de pastelaria, como a marca Donuts e Bollycao e padaria doce. O negócio ficou suspenso até ser dada ordem da autoridade da concorrência. Recentemente, em 2016, o Grupo Adam Foods, **Figura 2-2**, detentor de várias marcas conhecidas no mercado português e espanhol, como é o caso da Cuétara, adquiriu 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 (Nunes, 2016) (Ribeiro, 2016).

Atualmente, a fábrica situada em Gulpilhares é constituída por um total de 100 colaboradores e dispõe de duas linhas de produção:

- Linha 1: Produção de pão de forma sem cêdea;
- Linha 2: Produção de pão de forma com cêdea.

O processo de fabrico de pão de forma estruturada pela Panrico é representado em seguida, assim como descrição das etapas do mesmo.



Figura 2-1 – Logótipo Panrico.



Figura 2-2 – Logótipo grupo Adams Food.

2.1. Processo de fabrico

A **Figura 2-3**, representa o fluxograma do processo de fabrico da linha 1 (pão sem còdea) e linha 2 (pão com còdea), sendo que o resumo das etapas é descrito abaixo.

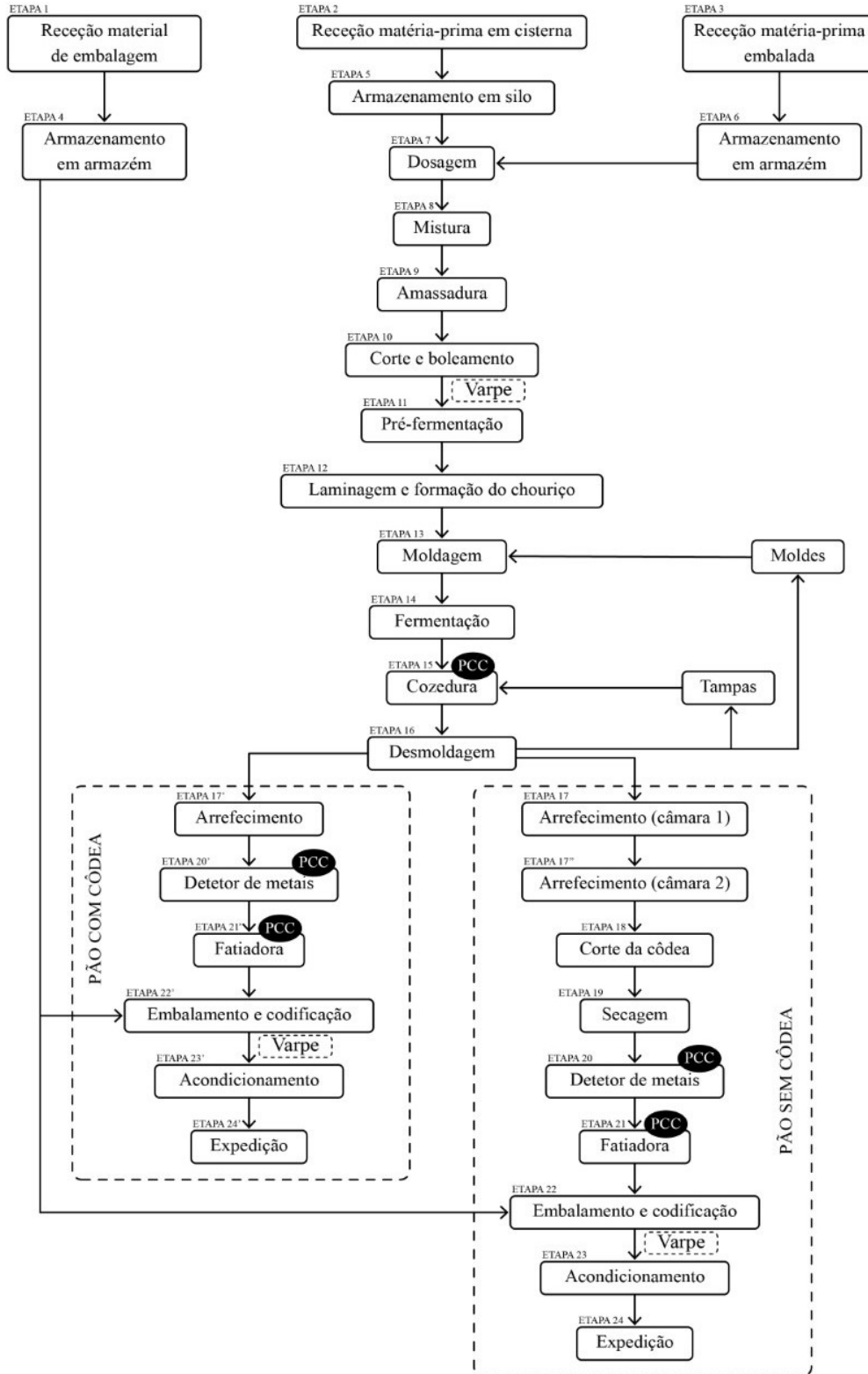


Figura 2-3 – Fluxograma do processo de fabrico de pão de forma.

Etapa 1-6: Receção e armazenamento de matérias-primas e material de embalagem

Inspeção visual às condições em que as matérias-primas são transportadas e posterior recolha de amostras para análise laboratorial. Verificação dos resultados conforme especificações implementadas pela empresa.

Etapa 7: Dosagem

De acordo com a formulação do pão para a produção, são pesados os ingredientes embalados correspondentes, na sala de pesagens, e transportados em sacos para a sala dos amassados. Os ingredientes armazenados em silos são transportados através de uma doseadora automática, VMI, para as cubas da amassadeira.

Etapa 8 e 9: Mistura e amassadura

São introduzidas na amassadeira em primeiro as matérias-primas armazenadas em silo e depois aquelas que foram previamente pesadas.

Através de força mecânica dá-se a mistura e homogeneização das matérias-primas, proporcionando a hidratação da farinha e a incorporação de ar, o que permite o desenvolvimento da massa. Nesta etapa é importante o controlo de velocidade, temperatura e tempo, para garantir o desenvolvimento correto da massa (aparência seca e sedosa, com capacidade de esticar sem quebrar), estes fatores diferenciam-se conforme o formato de pão de forma.

Etapa 10: Corte e boleamento

A massa da amassadura é encaminhada através de um elevador para o depósito da cortadora, onde é cortada conforme o formato e peso definidos. As massas cortadas passam por uma boleadora que as transforma em bolas. Estas massas estão sujeitas a uma balança automática, denominada por Varpe, que em caso de rejeição são repostas na cuba da amassadura, no caso que conterem alguma impureza ou demasiado tempo expostas ao ar, são colocadas em contentor e contabilizada perda de processo.

Etapa 11: Pré-fermentação

As massas através de um transportador automático são colocadas na câmara de pré-fermentação, onde ficam em repouso à temperatura ambiente aproximadamente 8 minutos. Esta etapa permite que a massa cresça ligeiramente e seque a superfície para melhorar a fase da laminação.

Etapa 12: Laminagem e formação do cilindro

Nesta etapa, a massa é sujeita à passagem por uma série de laminadores com dimensão específica, de forma a que fique espalmada. Segue para as formadoras, onde é enrolada através de um sistema de guias formando um cilindro ou “chouriço”.

Etapa 13: Moldagem

Os cilindros através de um sistema automático, caem nas cavidades dos moldes definidos conforme formato.

Etapa 14: Fermentação

Etapa que define o volume do pão final e é o ponto crucial para o aspeto final do pão. A massa é sujeita entre 1 a 2 horas, numa câmara de fermentação, a condições controladas de temperatura, que permite a multiplicação da levedura, e de humidade, que permite compensar a secagem da superfície do produto. Estas condições representam valores ótimos da levedura: $T=40^{\circ}\text{C}$ e $H=70\%$.

Etapa 15: Cozedura

Quando a massa sai da câmara de fermentação segue por um tapete até à entrada do forno onde, quando adequado ao formato do pão, é adicionada automaticamente uma tampa no molde. O forno é constituído por queimadores e dividido por zonas com variação de temperaturas. Sendo que as temperaturas têm de ser respeitadas, uma vez que terão impacto na cor, aspeto e características organoléticas finais do pão.

Nesta etapa encontra-se o primeiro PCC. Está definida pela empresa uma temperatura mínima no centro do pão para se dar a morte microbiológica, caso não seja atingida esta temperatura, coloca em causa a segurança alimentar.

Etapa 16: Desmoldagem

Nesta etapa, os pães são retirados do molde a partir de sucção automática e seguem através de um tapete para a câmara de arrefecimento. No caso da existência de tampas nos moldes, estas são retiradas primeiro com a ajuda de um íman que faz o transporte automático das mesmas.

Etapa 17, 17' e 17'': Arrefecimento

Etapa na qual o pão entra na câmara de arrefecimento, sujeito a condições de temperatura e humidade controladas, aproximadamente durante 2 horas. A circulação de ar é feita por convecção forçada uniforme e homogénea no produto. Esta etapa é essencial para se manter as características de conservação e da textura do pão. Na linha do sem côdea, o pão é sujeito a duas câmaras de arrefecimento.

Etapa 18 e 19: Secagem e corte da côdea

Após o arrefecimento, o pão segue num tapete com o auxílio de guias até à área de corte, na qual através de serras de metal são cortadas as côdeas laterais. Para que o pão fique firme e possa ser fatiado, é sujeito a um forno de secado, circulação de ar quente, cerca de 1 minuto.

Estas etapas de processo são direcionadas apenas para a linha do pão sem côdea.

Etapa 20 e 20': Detetor de Metais

Todos os pães antes da passagem pelo corte em fatias são sujeitos a uma avaliação quanto à condutividade, caso apresentem um valor acima do parâmetro definido é automaticamente rejeitado, sendo direcionado para uma caixa isolada para que não retome à produção.

O segundo PCC encontra-se nesta fase, e o equipamento é controlado pelo operador uma vez por hora, em mudanças de turno e mudanças de formato, sendo que este coloca em posições diferentes os diferentes calibres (ferro, metal não ferroso e inox), de forma a que o equipamento se encontre sempre calibrado.

Etapa 21 e 21': Fatiadora

Após controlo o pão é fatiado de acordo com o número de fatias especificado.

Nesta etapa encontra-se o terceiro PCC, uma vez que, é preciso garantir que não existe presença de pedaços de serra no pão. O pão é fatiado com serras e o detetor de metais é utilizado na etapa anterior. Para isso, o operador de hora a hora verifica a integridade da serra e caso seja detetada a quebra de serra e a não integridade, é feita uma ocorrência e são bloqueadas as paletes de pão.

Etapa 22 e 22': Embalamento e codificação (Varpe)

O pão fatiado é encaminhado para a máquina de embalamento, onde esta através de ar comprimido abre a bolsa e com a ajuda de uma pá coloca o pão dentro da mesma. De seguida, é colocado o atilho na embalagem e a codificação respetiva, identificando o lote e a data de validade do produto (rastreabilidade). No final desta etapa, o pão embalado é sujeito a pesagem da Varpe.

Etapa 23 e 23': Acondicionamento

Os pães devidamente embalados são acondicionados em caixas de cartão seguindo para o armazém de logística em paletes a temperatura ambiente.

Etapa 24 e 24': Expedição

O processo termina no armazém de logística onde são organizadas, distribuídas e expedidas as paletes conforme as necessidades.

Capítulo 3 – Segurança Alimentar

Segundo a NP EN ISO 22000:2005, a «segurança alimentar» é definida como o “conceito de que um género alimentício não causará danos ao consumidor quando preparado e/ou ingerido de acordo com a utilização prevista”. (IPQ I. P., 2005) É também definida pelo *Codex Alimentarius* como a “garantia de que o alimento não causará danos no consumidor quando preparado e/ou consumido de acordo com o uso a que se destina” (Codex Alimentarius, 1999).

A segurança alimentar está diretamente relacionada com a redução ou eliminação de qualquer presença de perigos nos alimentos que podem ocorrer em qualquer fase durante a cadeia alimentar, perigos esses definidos como (Afonso, 2008) (Baptista & Venâncio, 2003) (Bernardo, 2006):

- **Biológicos:** Representam maior risco à inocuidade dos alimentos, tais como bactérias, vírus, parasitas e príões;
- **Físicos:** Incluem qualquer matéria física que possa causar doença, trauma psicológico ou danos físicos ao consumidor, tais como ossos, espinhas, vidros, pedras, areia, madeira e metal;
- **Químicos:** Substâncias indesejáveis, tais como substância proibida, poluentes de origem industrial, contaminantes resultantes do processo alimentar e aditivos alimentares;
- **Nutricionais:** Utilização desajustada de diversos nutrientes e incorporação de produtos alergénios, tais como alergénios ou excesso de sal, açúcar, gorduras ou de outros nutrientes.

É de realçar que a qualidade e a segurança alimentar estão interligadas, sendo que um alimento para além de não conter qualquer perigo, tem também de corresponder a características organoléticas, visuais e especificações estabelecidas, pelo que um alimento tem de cumprir os requisitos de ambas.

Uma das prioridades na indústria alimentar é evitar qualquer contaminação no alimento, pelo que estas apostam em sistemas de controlo de perigos, com base em assegurar boas práticas em toda a cadeia e certificações em normas que permitem um controlo rigoroso entre fornecedores e a empresa. A Panrico tem implementado um sistema de Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos (HACCP) e certificação na *International Food Standard (IFS)*.

3.1. Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – HACCP

O *Hazard Analysis and Critical Control Point*, mais conhecido como HACCP, ou em português Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle, é uma metodologia de prevenção que permite identificar em todas as etapas os possíveis perigos e criar mecanismos que previnam o seu acontecimento, garantindo a segurança alimentar. É um sistema de prevenção e não de reação, que requer conhecimento do processo, revisão periódica, instrumentos em função da realidade da organização e alocação de recursos humanos e financeiros (ASAE, 2017).

Para a implementação adequada do HACCP e a garantia de condições estruturais e de operação para a produção, armazenagem e distribuição de alimentos, são considerados os seguintes pré-requisitos (ASAE, 2017):

- Estruturas e Equipamentos;
- Plano de Higienização;
- Controlo de Pragas;
- Abastecimento de água;
- Recolha de resíduos;
- Materiais em contacto com alimentos;
- Higiene Pessoal;
- Formação.

O sistema HACCP, de acordo com o *Codex Alimentarius*, consiste em 7 princípios (ASAE, 2017):

1. Identificação de perigos e medidas de controlo;
2. Identificação dos Pontos Críticos de Controlo (PCC);
3. Estabelecimento de limites críticos: Critério que deve ser cumprido para cada medida preventiva associada a cada PCC;
4. Estabelecimento de um sistema de monitorização: Sequência planeada de observações ou medidas dos parâmetros de controlo para avaliar se um PCC está sob controlo;
5. Estabelecimento de medidas corretivas: Ações a tomar em caso de desvio do limite crítico de controlo (PCC sair fora de controlo);
6. Estabelecimento de um sistema de verificação;
7. Estabelecimento de um sistema de documentação e registos.

3.2. *International Featured Standard Food – IFS Food*

O referencial normativo *International Featured Standard Food*, *IFS Food*, em 2003 foi elaborado através de uma colaboração entre a associação alemã *Handelsverband Deutschland* (HDE) e a associação francesa *Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution* (FCD). É direcionado a produtos alimentícios e permite que sejam auditados os sistemas de qualidade e de segurança alimentar dos fornecedores. A sua criação assenta nos objetivos fundamentais do estabelecimento de um padrão comum com um sistema de avaliação uniforme, colaboração com entidades de certificação acreditadas e auditores qualificados, e garantir a comparabilidade e transparência em toda a cadeia de fornecimento. A implementação e certificação permite que a indústria seja reconhecida a nível de excelência de qualidade, segurança alimentar e satisfação do cliente (IFS, 2019) (Gomes, 2010).

O referencial *IFS Food* considera requisitos divididos por capítulos, nomeadamente (IFS, 2019):

- Responsabilidade de gestão de topo;
- Sistema de gestão da qualidade e da segurança de alimentos;
- Gestão de recursos;
- Planeamento e processo de produção;
- Medição, análise e melhoria;
- Plano de defesa alimentar e inspeções externas.

Capítulo 4 – Controlo da Qualidade

Segundo a NP EN ISO 9000:2015, a qualidade é definida como, o “grau de satisfação de requisitos (necessidades ou expectativa, geralmente implícita ou obrigatória) dado por um conjunto de características (elementos diferenciadores) intrínsecas de um objeto (qualquer coisa perceptível ou concebível)” (IPQ, 2015).

Na visão atual das empresas e no que diz respeito à globalização no contexto económico, a qualidade é um ponto fundamental para a competitividade e diferenciação nos mercados. Para tal, é necessário que o controlo de qualidade seja rigoroso, de forma a que sejam cumpridas as exigências básicas, tais como exceder as expectativas dos consumidores.

O controlo da qualidade a matérias primas, rececionadas a granel e em cisternas, e ao produto final embalado é encarregue ao laboratório. Amostras são sujeitas a análises físico-químicas, permitindo assegurar que os parâmetros estabelecidos entre fornecedor-empresa são cumpridos, assim como a garantia de boas práticas de fabrico, conforme as normas que vigoram. Relativamente às matérias-primas, os fornecedores asseguram que estas se encontram em condições higiénico-sanitárias adequadas, nomeadamente, sem a presença de parasitas, organismos patogénicos, pesticidas, toxinas e corpos estranhos. O produto acabado é seguido de forma contínua durante o seu tempo de prateleira, no que diz respeito às suas características físico-químicas e organoléticas; já a vertente microbiológica é seguida por um laboratório certificado externo à Panrico.

As análises de controlo da qualidade a seguir descritas encontram-se divididas entre material de embalagem e matérias-primas (embaladas e a granel); produto acabado; ar ambiente e superfícies; e processos.

4.1. Controlo de qualidade de material de embalagem e matérias-primas (embaladas e a granel)

Todas as matérias-primas que sejam rececionadas embaladas ou a granel são sujeitas a inspeção.

Quando se trata de matérias-primas embaladas, estas são descarregadas em armazém, verificando as condições de acondicionamento, bem como as características organoléticas que apresentam. Segue-se a recolha de amostra para análise em laboratório conforme procedimentos, sendo que para análises de controlo, como diz respeito a microbiologia, estas são enviadas para um laboratório externo acreditado.

Relativamente a matérias-primas rececionadas a granel, estas antes da descarga são sujeitas a uma recolha de amostra para análise em laboratório, como se observa pela **Tabela 4-1**, bem como, documentação comprovativa da matéria-prima que é transportada e de matérias-primas que anteriormente tenham sido transportadas pela mesma cisterna, e o certificado de limpeza para garantir que não está sujeita a contaminação cruzada.

As matérias-primas embaladas e a granel, só entram para produção e são descarregadas, respetivamente, após a obtenção de resultados das análises, caso estejam dentro dos valores estabelecidos.

Tabela 4-1 – Controlo das matérias-primas a granel.

| Matéria-prima recebida em cisterna | Documentos de acompanhamento | Análises efetuadas | |
|------------------------------------|--|--|------------------|
| | | Antes da descarga | Após a descarga |
| Farinha | <ul style="list-style-type: none"> • Certificado de limpeza da cisterna • Boletim de análises • Selo(s) da cisterna | <ul style="list-style-type: none"> • Humidade relativa (%) • Temperatura (°C) • Alveograma • Características organoléticas | - |
| Óleo Vegetal/Girassol | <ul style="list-style-type: none"> • Certificado de limpeza da cisterna • Boletim de análises • Selo(s) da cisterna | <ul style="list-style-type: none"> • Índice de peróxidos • Índice de acidez • Características organoléticas | |
| Levedura líquida | <ul style="list-style-type: none"> • Certificado de limpeza da cisterna • Boletim de análises • Selo(s) da cisterna | <ul style="list-style-type: none"> • Humidade relativa (%) • Temperatura (°C) • pH • Massa volúmica (g/cm³) | Reofermentograma |

4.1.1. Alveograma

O método alveográfico mede as propriedades reológicas das massas de farinha e avalia a qualidade do glúten por meio das propriedades plásticas das massas, verificando se os parâmetros se encontram nas especificações (Alveograph, 2019).

É utilizado o alveografo de *Chopin* (**Figura 9-1**) que é constituído por 3 partes: uma amassadora/extrusora para a preparação da massa com a solução salina, uma unidade de insuflação de ar e o *alveolink*, um manómetro que regista e analisa as curvas automaticamente.

Este método baseia-se na preparação de uma massa com farinha e solução de NaCl a 2,5%. Aquando da sua homogeneização, são extraídas porções que após o seu corte circular e uniformização, são colocadas em repouso. Posteriormente, cada porção é insuflada a uma pressão constante, formando uma bolha que é levada à sua extensão total e à sua rutura. A pressão resultante na bolha é medida através de um manómetro digital, resultando num alveograma. A **Figura 4-1**, apresenta uma curva típica de um alveograma.

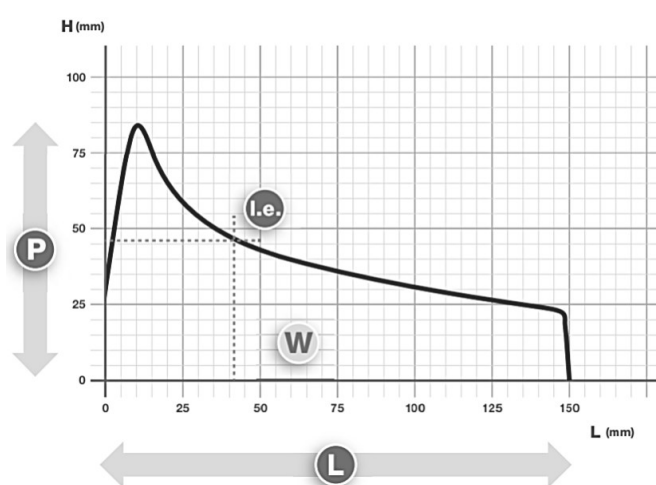


Figura 4-1 – Curva de alveograma (*Alveolab Graph — Measure of dough tenacity, extensibility, elasticity and baking strength.*, 2019).

O alveograma permite obter resultados relativos aos seguintes parâmetros (Serna-Saldivar, 2012) (Dubois et al., 2008) (*Alveolab Graph — Measure of dough tenacity, extensibility, elasticity and baking strength.*, 2019) (Gutkoski et al., 2005) (Vicente, 1994):

- Tenacidade (P): Pressão máxima necessária para a deformação da massa. Graficamente, corresponde à altura do pico em mm, relacionando-se com a resistência da massa à deformação;
- Extensibilidade (L): Quantidade máxima de ar que a bolha pode conter, indica a elasticidade da massa, em mm. Graficamente corresponde ao comprimento da curva do alvéolo;
- Força da massa (W): Energia de deformação da massa, corresponde ao trabalho mecânico realizado para expandir a bolha até à rutura, em 10^{-4} J. Graficamente, representa a área sob a curva.

Método experimental

Laboratorialmente, a análise alveográfica da farinha é realizada sempre que é rececionado um lote do fornecedor diferente. Inicia-se quando 250g de amostra, previamente pesada, se encontra estabilizada a uma temperatura de 20°C na amassadeira do alveografo. Esta é hidratada com uma quantidade de solução de NaCl a 2,5%, proporcional à humidade relativa determinada por um medidor de humidade de halogéneo, ao mesmo tempo que o equipamento é ligado. No primeiro minuto, para que toda a farinha seja hidratada, o processo de homogeneização é auxiliado no máximo de 1 minuto. Após 8 minutos, em que a massa é misturada e amassada até que fique homogénea e de consistência adequada, é invertido o sentido de rotação do braço da amassadeira e procede-se à extração de 6 porções de massa, sendo que a primeira é descartada por conter resíduos. As restantes porções são sujeitas à pressão de um rolo até que obtenham uma espessura fixa e ao corte com um molde circular, ganhando a forma de “bolachas”, permitindo que todas as porções sejam uniformes entre si. São depois colocadas diretamente numa câmara de repouso, a uma temperatura de 25°C, até perfazer 28 minutos. Durante o tempo de espera procede-se à limpeza do equipamento e à calibração do *alveolink*. No final deste tempo, cada porção, pela ordem em que foram colocadas na câmara, é prensada e insuflada através de injeção de ar, a uma pressão constante, formando uma bolha. Quando se dá a rutura da mesma, a injeção de ar é fechada e no *alveolink* é processada a curva do alveograma. No final, são escolhidas as 3 melhores curvas conforme os resultados e os parâmetros definidos.

É de salientar que todo o processo é controlado rigorosamente no que se refere a temperatura e tempo, sendo este cronometrado.

4.1.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

Na visão alimentar o pH determina o grau de acidez ou alcalinidade de um dado produto, influenciando diretamente o tempo de prateleira e a qualidade do mesmo. Os valores de pH devem ser compreendidos entre 5,3 e 5,8, uma vez que valores baixos (4,0-5,5) inibem o crescimento de bactérias e mofo, e o propionato de cálcio (conservante) é mais eficaz abaixo de 5,5. O pH, é definido pela concentração de hidrogênio (H^+), **Equação 4-1** (pH, 2019) (Cauvain S. , 2017).

$$\text{pH} = -\log[H^+] \quad \text{Equação 4-1}$$

É utilizado o equipamento *pH meter HI 99161*, da *Hanna Instruments* (**Figura 9-2**), composto por um elétrodo de pH *FC 202D*, com um sensor de temperatura integrado.

Método experimental

Antes de se iniciar a análise é necessário calibrar o equipamento, submergindo o elétrodo primeiro em solução tampão 7 e no fim na solução tampão 4. Para a leitura da análise, é introduzido o elétrodo dentro de uma amostra de massa, do tamanho da palma de uma mão, e aguarda-se pela sua estabilização. O valor de pH é obtido juntamente com a temperatura associada. No caso de serem realizadas amostras sucessivas, o elétrodo deve ser limpo com água destilada entre as várias leituras. Por fim, é deixado o elétrodo em solução de limpeza *HI 700642*, durante 15 minutos, e introduzida na sua tampa 3 gotas de solução de manutenção, para que este não seque enquanto está guardado.

4.1.3. Densidade

A densidade, expressa por ρ , é definida pela relação entre a massa da amostra (m) e o volume da mesma (V), **Equação 4-2**. Esta medição é realizada aquando da chegada de levedura líquida em cisterna. Permitindo avaliar a homogeneidade da amostra na solução e certificando que a quantidade de levedura utilizada no amassado é standardizada, isto é, os caudalímetros utilizados encontram-se calibrados com determinada densidade, caso esta seja diferente a quantidade de levedura que é colocada no amassado será diferente.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Equação 4-2}$$

Método experimental

Laboratorialmente, a medição é feita recorrendo à pesagem da amostra introduzida num balão volumétrico de 100ml previamente tarado, sendo o resultado dado em unidades do Sistema internacional (SI) de g/cm³.

4.1.4. Humidade relativa (Hr)

O teor de humidade é determinado pela razão entre a subtração do peso total do alimento (T_w) e o peso do alimento seco (D_w), e o T_w , sendo o resultado expresso em percentagem (%), **Equação 4-3**. É fundamental para as matérias-primas, uma vez que, permite verificar se estas se encontram dentro dos valores de especificação, sendo que têm influência no valor nutricional do produto (Moisture, 2019) (Robert & Bradley, 2010).

$$\text{Teor de humidade} = \frac{(T_w - D_w)}{T_w} \times 100 \quad \text{Equação 4-3}$$

É utilizado o equipamento *Moisture Analyzer Mettler Toledo HR83* (**Figura 9-3**).

Este método baseia-se no princípio da termogravimetria, i.e., o peso perdido pela amostra durante a análise.

Método experimental

Laboratorialmente, o equipamento é ligado e é introduzido no prato de alumínio, previamente tarado, a quantidade de amostra. A quantidade a introduzir varia consoante a matéria-prima. Quando a análise é iniciada, a amostra é submetida a um rápido aquecimento pelo módulo de halogénio, evaporando a água presente. Por fim, o equipamento após leituras sucessivas relativas à alteração do peso da amostra, exprime o valor de humidade associado.

4.1.5. Reofermentograma

Este método reológico permite avaliar e controlar características essenciais da massa durante a fermentação, i.e., controlar a atividade da levedura, o volume de produção e retenção de CO₂, e a tolerância da massa durante a fermentação (Rheology, 2019) (Janmey & Manfred, 2008).

É utilizado o reofermentometro *Rheo F4* de *Chopin* (**Figura 9-4**) associado a um *software* que transmite a análise e os resultados.

Este método de análise baseia-se na simulação da etapa de fermentação do pão. É elaborada uma massa com adição de farinha, propionato de cálcio (conservante), dextrose (açúcar catalisador das reações de fermentação), água destilada, levedura e por último sal, uma vez que poderia destruir a levedura ou inativar a sua atividade fermentativa. É introduzida 315g da massa no reofermentometro e iniciado o ensaio. No final de 2h:30min os resultados são traduzidos pelo *software* num reofermentograma.

O reofermentograma permite obter resultados em dois gráficos distintos relativamente aos seguintes parâmetros (Rheo F4, 2019) (Janmey & Manfred, 2008):

- Desenvolvimento panar: A multiplicação de células de levedura, nas condições de ensaio, produz CO₂ que fica retido na estrutura da massa, produzindo uma pressão gasosa que eleva os pesos dentro da cuba de fermentação, determinando a capacidade da rede proteica se deformar sob essa pressão. Graficamente, avalia a velocidade de desempenho da massa e a resistência da rede proteica (**Figura 4-2**).

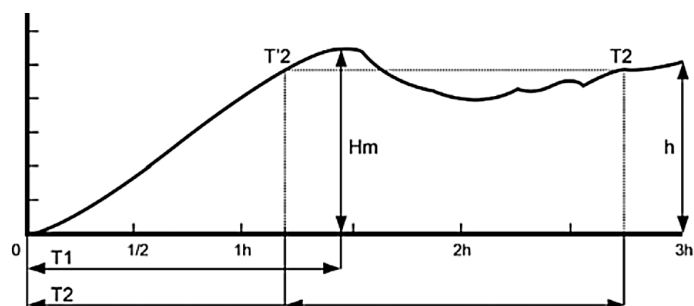


Figura 4-2 – Exemplo do gráfico de desenvolvimento da massa. (Rheo F4, 2019)

Legenda: *Hm* – Desenvolvimento máximo alcançado pela massa, correlacionado com o volume do pão; *T1* – Tempo necessário para o desenvolvimento máximo em relação à atividade da levedura; *T2-T'2* – Tempo de estabilidade no ponto máximo, em relação à tolerância da massa e ao tempo ideal para a massa ser colocada no forno.

- Produção gasosa: Dá-se numa primeira fase pela retenção de CO_2 da massa produzido durante a fermentação, implicando o aumento de volume da massa. Numa segunda fase, há libertação CO_2 à superfície da massa que se mistura com ar retido na cuba, aumentando a concentração de CO_2 na cuba. Graficamente é medida e avaliada a produção, capacidade de retenção e velocidade de produção de gás, e o aparecimento da porosidade na massa. (**Figura 4-3**)

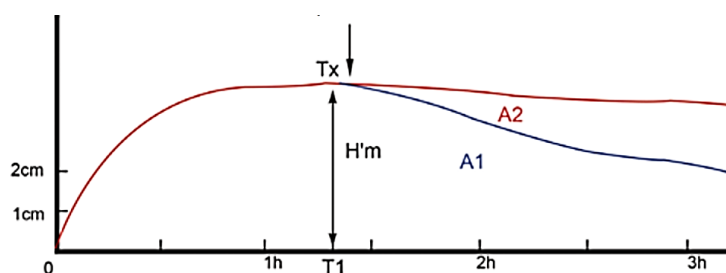


Figura 4-3 – Exemplo do gráfico de produção de gás (Rheo F4, 2019).

Legenda: $H'm$ – Altura máxima da curva; $T1$ – Tempo necessário para atingir $H'm$; Tx – Tempo de aparecimento de porosidade na massa (libertação CO_2); $A1$ – Volume de CO_2 retido na massa em ml; $A2$ – Volume de CO_2 libertado da massa em ml.

Método experimental

Laboratorialmente, a análise reológica da levedura inicia-se quando são preparadas as quantidades definidas pela empresa de levedura, farinha, de cálcio, dextrose, sal e água destilada e quando a cuba de fermentação se encontra nos $28,5^\circ\text{C}$. São introduzidos na amassadeira do alveógrafo os ingredientes secos à exceção do sal e é fechada a tampa da amassadeira. Após 1 minuto a amassar, introduz-se pelo orifício da tampa, em primeiro a levedura e depois a água destilada. De forma a evitar perdas, a água deve lavar o copo onde a levedura foi pesada. No fim do segundo minuto é adicionado o sal pela abertura da amassadeira, e durante uns segundos deixa-se misturar. De forma a que o processo de homogeneização se dê eficazmente, é auxiliado com uma espátula no máximo de 1 minuto. Após 8 minutos a amassar é desligada a amassadeira e retirada a massa. É introduzida a amostra na cuba de fermentação e bem repartida no fundo da cuba, não superior a 2,5cm. No *software* é iniciado o ensaio de levedura rápida obtendo no final os resultados relativos aos parâmetros.

4.1.6. Índice de acidez

O índice de acidez é uma medida do teor de ácido livre em gorduras e ácidos gordos. Permite quantificar os ácidos gordos presentes numa amostra, sendo que a presença de valores altos indica a alteração da sua constituição devido à formação de ácidos gordos livres de cadeia longa, tais como ácidos orgânicos de cadeia curta que levam à rancificação da amostra (Laranjeira & Ribeiro, 2011).

Esta análise baseia-se em dissolver a amostra num dissolvente adequado e titular os ácidos presentes com hidróxido de sódio (NaOH). O índice de acidez é determinado pelo método potenciómetro quando a coloração intensa da solução ou a turbidez dificultam a apreciação da viragem do indicador, e é dado pela massa de NaOH, expressa em mg, necessária para neutralizar os ácidos gordos livres contidos em 1g de gordura ou ácido gordo. A **Equação 4-4** demonstra como é determinado o índice de acidez, sendo V o volume, expresso em ml, da solução alcalina gasta na titulação, M o peso molecular do ácido em que se exprime a acidez, N a normalidade de solução de NaOH e m a massa, expressa em g da toma de amostra.

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V \times M \times N}{10 \times m} \quad \text{Equação 4-4}$$

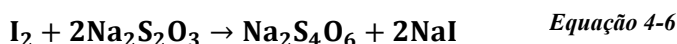
Método experimental

Laboratorialmente, a análise é iniciada quando são pesadas 5g de amostra e colocadas num balão de *Erlenmeyer* de 200ml. São introduzidas 100ml de mistura dissolvente etanol/éter etílico (1:1), previamente neutralizado com solução 0,1N de NaOH, e 3 gotas de indicador de fenolftaleína no balão. Por fim, titula-se com solução de NaOH 0,1M agitando até se obter uma coloração rosa ténue persistente.

4.1.7. Índice de peróxidos

O índice de peróxidos permite analisar a qualidade das gorduras ou óleos. O processo de deterioração ocorre devido a reações oxidativas de ácidos gordos insaturados originando a formação de peróxidos.

Esta análise baseia-se na oxidação de iodeto de potássio em meio acético pelo oxigénio de uma massa conhecida de gordura ou óleo, **Equação 4-5**, e determinação da correspondente quantidade de iodo libertada, por solução titulada de tiosulfato de sódio, na presença de amido como indicador, **Equação 4-6**. O índice de peróxidos é dado em miliequivalentes de oxigénio por kg da amostra (mEq O₂/kg).



A **Equação 4-7** demonstra como é determinado o índice de peróxidos, sendo V_1 o volume em ml, da solução de tiosulfato de sódio (Na₂S₄O₆) gasto na titulação do ensaio, V_2 o volume em ml, da solução de Na₂S₄O₆ gasto na titulação do ensaio em branco, N a normalidade da solução titulante de Na₂S₄O₆, e m a massa em g da toma da amostra.

$$\text{Índice de peróxidos} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 1000}{m} \quad \text{Equação 4-7}$$

Método experimental

Laboratorialmente, esta análise é realizada quando são rececionados óleos e/ou gorduras. É executada em duplicado e é iniciada quando são pesadas 5g de amostra e colocadas num balão de *Erlenmeyer* de 200ml. Dissolve-se a amostra com a adição de 10ml de clorofórmio e 15ml de ácido acético glacial, utilizando um medidor de *Kipp*. De seguida, adiciona-se 1ml de solução saturada de iodeto de potássio, medido por pipeta, agita-se e é guardado por 5 minutos ao abrigo da luz. Posteriormente, são adicionados 75ml de água destilada e umas gotas de indicador, cozimento de amido. Por fim, titula-se com solução 0,01N de Na₂S₄O₆, agitando até se obter uma solução límpida separada da gordura. A mesma análise é realizada para o ensaio em branco, todo o procedimento similar, mas sem a presença da amostra.

4.1.8. Água de consumo

A água de consumo é uma matéria-prima fundamental ao fabrico do pão e requer uma monitorização diária de forma a garantir que não há risco de serem contraídas

doenças por meio hídrico e que a desinfecção da água é eficaz. São recolhidas amostras para análise dos valores de pH e cloro livre em pontos pré-definidos pela empresa.

O pH é um dos mais importantes parâmetros de qualidade operacional e os seus valores caracterizam a desinfecção e manutenção do sistema de águas de abastecimento para consumo humano. É medido através do potenciômetro 744 *pH Meter Metrohm* (**Figura 9-5**) e os valores devem estar compreendidos entre 6,5 a 9,5, de acordo com o decreto-lei n.º152/2017 de 7 de dezembro (Diário da República, 2017).

O cloro (Cl) é usado como desinfetante microbiológico e garante a qualidade microbiológica da água. No entanto podem surgir Trihalometanos nas águas tratadas, sendo realizadas análises para a deteção dos mesmos. É medido o teor de cloro livre com recurso ao espectrofotómetro *Lovidond Checkit Direct Chlor* (**Figura 9-6**), e os valores são compreendidos entre 0,2 e 0,6 mg/l, de acordo com o decreto-lei n.º152/2017 de 7 de dezembro (Diário da República, 2017) (Alegria et al., 2019).

Método experimental

A medição do pH inicia-se com a calibração do equipamento em primeiro com solução tampão 4 e posteriormente com solução tampão 7. De seguida, é colocada a sonda do potenciômetro dentro da amostra de água e aguarda-se a leitura, repetindo o procedimento para todos os pontos de recolha de água pré-definidos. Relativamente à medição do cloro livre, este para cada leitura é calibrado em zero com a amostra sem reagente e depois é colocada 10ml de amostra com a adição de reagente “*vario chlorine free – DPD F10ml*”. O resultado é lido conforme a cor e intensidade da reação.

4.1.9. Águas residuais

Segundo o Regulamento 143/2018, as águas residuais industriais são definidas como “as que sejam suscetíveis de descarga em coletores municipais e que resultem especificamente das atividades abrangidas pelo Regulamento do Exercício da Atividade Industrial (REAI) ou resultem do exercício de qualquer atividade da Classificação das Atividades Económicas Portuguesa por Ramos de Atividade (CAE), e que, pela natureza dessa atividade, origem efluentes não tipicamente domésticos ou suscetíveis de exceder os valores limites dos parâmetros considerados no regulamento” (Diário da República,

2018). Sendo o setor industrial um dos principais responsáveis por descargas poluentes, provocando graves impactos ambientais, é necessário garantir que quando este é descarregado as substâncias tóxicas e os vários parâmetros analisados se encontram dentro dos limites máximos. Assim, são recolhidas amostras diárias para análise dos valores de pH e carência química de oxigénio (CQO) na entrada e saída da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

O pH permite controlar a atividade biológica. É medido através de fitas medidoras e os valores devem estar compreendidos entre 5,5 e 9,5, de acordo com o Regulamento 143/2018 (Diário da República, 2018).

O CQO designa-se pela quantidade de oxigénio que é necessária para que através da via química oxide a quantidade de matéria orgânica presente. É medida a absorvância para a determinação de CQO através do fotómetro *HI83224* da *Hanna instruments* (**Figura 9-7**) e o valor máximo de saída é de 1000mg O₂/l, de acordo com o Regulamento 143/2018 (Diário da República, 2018).

Método experimental

A medição de pH é realizada inserindo uma fita medidora em cada amostra e comparação com as cores de referência correspondente a cada valor de pH. A análise de CQO inicia-se com a medição de 0,2ml de amostra da entrada e adicionada a um tubo de ensaio com reagente de gama alta *HI93754C-25HR* (0 a 15000 mg/l) e a medição de 2ml de cada amostra das saídas e cada uma adicionada a um tubo de ensaio com reagente de gama média *HI93754B-25MR* (0 a 1500 mg/l). Os 3 tubos são homogeneizados e colocados no reator *HI839800* da *Hanna instruments* (**Figura 9-8**) a 150°C durante 2 horas. Quando terminadas as 2 horas, cada amostra é colocada no fotómetro e lidas as absorvâncias.

4.1.10. Inspeção de material de embalagem

A embalagem desempenha um papel importante no que respeita à segurança alimentar no produto, adquirindo funções de:

- Proteção: proteger o produto de fatores ambientais (temperatura, humidade, luz e gases) e fatores físico-mecânicos (choques, vibrações, compressões e manipulação).
- Preservação: manter a qualidade e a segurança do produto, aumentar o tempo de prateleira e minimizar as perdas.
- Informação: informações relativas à distribuição (identificação, instruções de armazenamento e manuseamento, preço e rastreabilidade) e ao consumidor (informação nutricional, de armazenamento, preparação e uso).

Relativamente ao controlo da qualidade nas embalagens, também designadas por bolsas para o pão de forma, e de forma a garantir a conformidade das mesmas, quando são rececionadas pelo armazém, são recolhidas manualmente cerca de 70 bolsas e são realizadas as seguintes inspeções:

- Teste de tinta: análise de perda de tinta por base de fricção da bolsa;
- Verificação *standard*: análise do rótulo, impressão, cor, designação e código de embalagem em comparação com uma bolsa padrão;
- Verificação do código de barras: comparação com código de barras de uma bolsa padrão;
- Estanquicidade: verificação da presença de fissuras nas embalagens pelo meio do enchimento das bolsas com ar.

No caso de ser rececionado um lote diferente de bolsas, são recolhidas bolsas numa amostragem significativa. As bolsas são sujeitas às inspeções seguintes e às anteriormente referidas.

- Medições: largura, comprimento, fundo, solapa, incisão, distância do furo à incisão, distância entre incisões, distância entre o furo e o bordo, com recurso a uma régua;
- Espessura: com recurso a um micrómetro digital;
- Gramagem: com recurso a uma balança de precisão é determinada a massa por m² de embalagem;

De salientar que cada bolsa tem a sua especificação e em caso de valores não conformes estas são bloqueadas e devolvidas ao fornecedor.

4.2. Controlo de qualidade do produto acabado

A vida útil de um produto alimentar segundo o *Codex Alimentarius* é definida como o período de tempo durante o qual um alimento conserva a sua segurança microbiológica, assim como a qualidade sensorial a uma temperatura específica (Codex Alimentarius, 1999).

O tempo de prateleira depende de fatores intrínsecos, extrínsecos e de processamento, sendo que para garantir a segurança do alimento durante este período existe um controlo sobre os mesmos. Os fatores intrínsecos, podem provocar o crescimento microbiano, como o pH e a atividade da água (a_w), influenciados pela qualidade das matérias-primas e formulação. Os fatores extrínsecos, podem provocar o desenvolvimento de microrganismos em ambiente de contacto direto com o produto, como a temperatura e a humidade relativa (Hr), influenciados ao longo de todo o processo até ao consumo. Os fatores de processamento, são aplicados com o objetivo de conservação do produto no maior tempo possível, como a embalagem (Adams & Moss, 2008) (Lund et al., 2000) (Kilcast & Subramaniam, 2000).

Para garantir a segurança do produto e propriedades organolépticas desejáveis, são analisados os seguintes parâmetros de qualidade: textura, atividade da água (a_w), humidade relativa (Hr), inspeção de bolores visíveis e análises microbiológicas.

4.2.1. Textura

A ISO 5492:2008 define a «textura» como um “conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detetáveis pelos recetores mecânicos e táteis e, eventualmente pelos recetores visuais e auditivos” (ISO 5492, 2008).

A textura é um parâmetro fundamental na qualidade do produto e um atributo sensorial muito importante na aceitabilidade do mesmo pelo consumidor.

É utilizado o texturómetro *TA.XT plus Analyser Stable Micro Systems* (**Figura 9-9**), conectado ao *software Exponent*, para análise dos dados recolhidos. O método *Texture Profile Analysis* (TPA) baseia-se na compressão dupla de uma amostra colocada sob o texturómetro pela sonda, imitando a mordida da boca e informando como esta se comporta na boca. No *software* é calibrado o texturómetro, selecionados os parâmetros texturais a determinar, antes de se iniciar a análise e estudo dos resultados obtidos em curva de força (g) *versus* tempo (s).

O texturómetro permite obter resultados em gráfico (**Figura 4-4**) relativamente aos seguintes parâmetros (Szczesniak, 1988) (Texture Profile Analysis, 2019):

- Dureza (P): Força máxima necessária num ciclo de compressão para alcançar determinada deformação. A nível organolético representa a mordida na amostra. Graficamente (P_1), corresponde ao pico da curva após a primeira compressão, em kg;
- Adesividade: Trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre a amostra e a superfície da sonda. A nível organolético representa a adesão da amostra ao céu da boca. Graficamente (A_2), corresponde à área negativa após a primeira compressão, em kg/s;
- Resiliência: Medição de como uma amostra recupera de uma compressão relativamente à velocidade e forças derivadas. Graficamente, é determinada pela divisão (A_2/A_1) entre a energia ascendente pela energia descendente da primeira compressão.

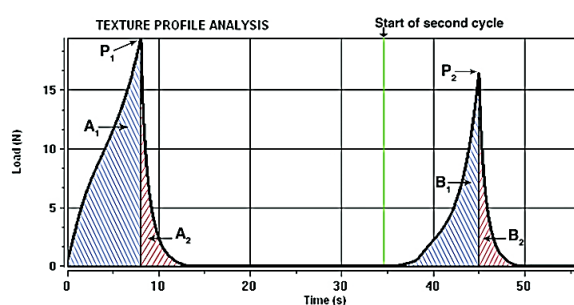


Figura 4-4 – Curva de texturómetro. (Texture Profile Analysis, 2019).

Método experimental

Laboratorialmente, depois da calibração do texturómetro com a aplicação de uma carga de 5kg no texturómetro é selecionado no *software* a sonda cilíndrica de alumínio

com 50mm de diâmetro (SMS P/50), assim como, selecionados um ciclo de compressão, velocidades, distância de penetração de 40mm e força de tensão de 40%. Para começar a análise são retiradas as tampas (fatias do topo) da embalagem a ser lida. No caso de serem fatias finas, a leitura é feita com duas fatias, em fatias mais grossas é usada apenas uma fatia por leitura. São colocadas na base do texturómetro e centradas com a sonda e a partir do *software Exponent*, é dada indicação para o início de cada leitura, a sonda move-se de forma a fazer compressão sob as amostras e desloca-se para a posição inicial. A leitura é transcrita em forma de curva e determina os parâmetros de dureza, adesividades e resiliência de forma imediata. A análise termina após a leitura de todas as fatias e de todos os pontos máximos da curva para o resultado ser representativo. Esta análise é feita pelo uma vez por semana a todos os formatos produzidos.

4.2.2. Atividade da água (a_w)

É uma das mais importantes análises ao produto final, no que diz respeito a questões de qualidade e segurança alimentar, uma vez que indica a atividade microbológica do produto e a sua estabilidade em armazenamento (Nieuwenhuijzen et al., 2008).

A atividade da água (a_w) é caracterizada pela razão entre a pressão de vapor no alimento em equilíbrio com o meio envolvente com a pressão de vapor saturado à mesma temperatura. Permite determinar a água livre no alimento, e disponível para favorecer o crescimento de microrganismos deteriorantes e reações químicas e bioquímicas (Water Activity, 2019).

O tipo e intensidade de reações de deterioração que possam ocorrer dependem da atividade da água. Para valores de a_w superiores a 0,9 ocorrem deteriorações microbológicas, para a_w igual ou aproximado de 0,7 ocorrem as reações de escurecimento enzimático, e para valores inferiores a 0,4 ocorre oxidação de lípidos (Rafael, 1981).

É utilizado o equipamento *LabMaster.aw* da *Novasina* (**Figura 9-10**), constituído por uma célula eletrolítica.

Este método baseia-se no sistema da célula eletrolítica, na qual a resistência elétrica do eletrólito varia conforme a humidade, e quando é alcançado o equilíbrio no interior da câmara, é obtido o valor da fração de água livre correspondente à amostra (LabMaster Neo-aw, 2019).

Método experimental

A análise inicia-se quando é colocada uma quantidade de amostra, correspondente a duas fatias centrais previamente trituradas, até perfazer metade da placa. Esta é colocada dentro do equipamento e é deixada uns segundos a estabilizar, antes do equipamento realizar a leitura, de forma a que a análise não seja lenta. O resultado é obtido quando é atingido um equilíbrio no interior da câmara.

4.2.3. Humidade relativa (Hr)

O teor de humidade designa-se pela percentagem de água presente num alimento. Permite: controlar o potencial crescimento microbiano, sendo que um baixo teor de humidade reduz o crescimento e baixa atividade enzimática, fornecendo estabilidade no armazenamento do produto; e a alteração organoléticas do produto final, que influenciam diretamente a qualidade do mesmo. É dependente do teor de matéria seca e do tempo e temperatura da cozedura. O teor de humidade típico na massa de pão é de 40% (Robert & Bradley, 2010) (Moisture, 2019).

É utilizado o equipamento de medição de humidade *Santorius MA30* (**Figura 9-11**). O método baseia-se na amostra ser submetida a penetração por radiações infravermelhas e desenvolvimento de calor uniforme, provocando a perda de água da amostra e posterior cálculo de humidade presente.

Método experimental

A análise inicia-se com a trituração de duas fatias centrais de pão. São colocadas aproximadamente 3,5g de amostra no prato de alumínio, previamente tarado. A amostra é submetida durante 8 minutos a uma temperatura de 115°C. O resultado da humidade é determinado com base na perda de peso ao longo da análise.

4.2.4. Inspeção de bolores visíveis

Os bolores são caracterizados como fungos filamentosos que se desenvolvem em matéria orgânica. São uma das principais causas da deterioração do pão e um fator limitante do prazo de validade na indústria da panificação. Todavia, apesar de nem todos os bolores serem um risco para a saúde humana, é necessária precaução, uma vez que as micotoxinas que estes podem produzir representam um grande risco, por serem extremamente carcinogênicas e mutagênicas (Ray & Bhunia, 2014) (Mold, 2019).

A prevenção de bolores começa nas boas práticas de manipulação dos operadores, higienização adequada e controlo do ar ambiente nos pontos de maior risco de contaminação (câmaras de arrefecimento, fatiadora e embalamento), ponto 4.3., assim como, controlo de fatores como o a_w , pH e temperatura, quanto mais baixos, menor é a probabilidade de crescimento de bolores.

De forma a garantir um controlo eficaz, é armazenada numa sala em condições controladas, designada de mustroteca, pelo menos uma amostra de cada formato de pão de forma produzido e embalado por cada hora de produção. Todas as amostras são rigorosamente inspecionadas quanto a bolores visíveis ao longo e após o tempo de prateleira, contabilizados e aplicadas medidas corretivas quando necessário.

4.2.5. Análises microbiológicas do produto final

As análises microbiológicas são um ponto fulcral no que respeita à segurança do produto. Permitem um controlo de qualidade microbiológico rigoroso na deteção, identificação e contabilização de microrganismos patogénicos, bactérias e toxinas que possam caracterizar as condições de higiene fornecidas ao produto e comprovar a segurança do mesmo. No caso da presença de microrganismos patogénicos, pode ser colocada em risco a saúde dos consumidores e notórias alterações nas propriedades e vida útil do produto.

No produto final são realizadas análises microbiológicas no início e final de vida de cada formato de pão de forma, semanalmente, nomeadamente a contagem de microrganismos a 30°C (deteção do número de bactérias aeróbias facultativas e mesófilos), enterobactérias (em caso de valor positivo é realizada análise à *E. coli* e *Salmonella spp* a 25g), *Staphylococcus aureus* e bolores e leveduras. De modo geral, são

indicadores microbiológicos relativos à higienização, desinfecção e manipulação do produto durante o período de produção, avaliando a eficácia dos procedimentos. Os valores de referência das análises microbiológicas encontram-se na **Tabela 4-2**.

Tabela 4-2 – Valores guia para avaliação da qualidade microbiológica dos alimentos cozinhados pronto a comer, inseridos no grupo 1 (INSA, Valores guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração, 2005).

| Microrganismo | Qualidade microbiológica (UFC/g) | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|
| | Satisfatório | Aceitável | Não Satisfatório | Inaceitável/ Potencialmente perigoso |
| Microrganismos a 30°C | $\leq 10^2$ | $>10^2$ e $\leq 10^4$ | $>10^4$ | NA |
| <i>Escherichia Coli</i> | <10 | NA | ≥ 10 | NA |
| <i>Staphylococcus Coagulase Positiva</i> | $<10^2$ | NA | $\geq 10^2$ e $\leq 10^4$ | $>10^4$ |
| <i>Salmonella spp</i> | Ausente em 25g | - | - | Presente em 25g |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | Ausente em 25g | Presente em 25g ou $<10^2$ | - | $\geq 10^2$ |

NOTA: UFC – Unidades Formadoras de Colónias; NA – Não Aplicável

4.3. Controlo da qualidade microbiológica do ar ambiente e superfícies

A propagação de microrganismos por via aérea, ainda que não seja um meio de crescimento é um meio de transporte, permitindo que microrganismos se depositem em superfícies, equipamentos e no produto.

De forma a garantir que as metodologias de limpeza são adequadas e cumpridas, são realizados controlos microbiológicos ao ar ambiente e superfícies, devendo os resultados de presença de microrganismos estar abaixo dos valores limite.

Nas análises microbiológicas ao ar ambiente são avaliados o teor de microrganismos totais (TMT), com recurso a placa com meio de *Plante Count Agar* (PCA), e bolores e leveduras, com recurso ao meio *Cooke Rose Bengal Agar* (CRB). Para a realização desta análise é utilizado o equipamento *MAS-100 NT Microbial Air Monitoring System*, que recorre à técnica de aspiração do fluxo de ar diretamente para a

placa que contém o meio de cultura correspondente ao local. É realizado regularmente em zonas pré-definidas, como as câmaras de arrefecimento, zona de embalagem e armazéns. Os valores de referência das análises microbiológicas e de qualidade de ar interior, encontram-se nas **Tabela 4-3** e **Tabela 4-4**, respetivamente.

Tabela 4-3 – Valores de referência das análises microbiológicas para o ar ambiente. (Al-Dagal, 1989)

| Contagem de microrganismos a 30°C | Satisfatório | Aceitável | Não Satisfatório |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Salas climatizadas | < 100 UFC/m ³ ou 10 UFC/placa | 100-300 UFC/m ³ ou 10-30 UFC/placa | > 300 UFC/m ³ ou > 30 UFC/placa |
| Câmaras | < 100 UFC/m ³ ou 10 UFC/placa | 100-150 UFC/m ³ ou 10-15 UFC/placa | > 150 UFC/m ³ ou > 15 UFC/placa |

NOTA: UFC – Unidades Formadoras de Colónias

Tabela 4-4 – Requisitos de qualidade para ar interior. (Diário da República, 2006)

| Contagem de microrganismos | Contagem de bolores |
|--|--|
| 500 UFC/m ³ ou 50 UFC/placa | 500 UFC/m ³ ou 50 UFC/placa |

NOTA: UFC – Unidades Formadoras de Colónias

Relativamente às análises microbiológicas às superfícies, estas são realizadas em pontos pré-definidos das linhas da produção, nomeadamente antes e após a fatiadora e antes do embalagem, com recurso a zaragatoas em solução de *Ringer*. Os valores de referência das análises microbiológicas encontram-se na **Tabela 4-5**.

Tabela 4-5 – Valores de referência das análises microbiológicas para o produto final (American Public Health Association, 2015).

| Contagem | Satisfatório | Aceitável | Não Satisfatório |
|--|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Microrganismos a 30°C | ≤ 1 UFC/cm ² | 2 a 10 UFC/cm ² | > 10 UFC/cm ² |
| <i>Enterobacteriaceae</i> | 0 a 1 UFC/cm ² | NA | > 1 UFC/cm ² |
| <i>Escherichia Coli</i> | < 1 UFC/cm ² | NA | ≥ 1 UFC/cm ² |
| <i>Staphylococcus Coagulase Positiva</i> | < 1 UFC/cm ² | NA | ≥ 1 UFC/cm ² |

NOTA: UFC – Unidades Formadoras de Colónias; NA – Não Aplicável

4.4. Controlo de processos

De forma a garantir a qualidade e conformidade do produto final, estão determinadas condições associadas às 4 etapas mais relevantes do processo de fabrico, entre elas, os amassados, a fermentação, forno (cozedura) e arrefecimento, como demonstra a **Tabela 4-6**.

Estas condições são controladas pelos operadores e chefes de linha de hora a hora, quando se inicia a produção de um novo formato e quando há paragens na linha. Qualquer alteração de valores de referência da empresa, leva a consequências ao nível da não conformidade, uma vez que, poderá influenciar características do produto final, tais como: crescimento da massa, cozedura, desenvolvimento da cor da crosta e textura.

Tabela 4-6 – Condições de processo a controlar durante as etapas.

| Etapa | Características a controlar |
|----------------------|---|
| Amassados | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura; • Tempo; • Peso; • Consistência; • Elasticidade. |
| Fermentação | <ul style="list-style-type: none"> • Tempo de pré-fermentação; • Temperatura da câmara; • Humidade da câmara; • Tempo de fermentação; • Aspeto da massa. |
| Forno | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura dos queimadores; • Temperatura no entro do produto à saída do forno; • Tempo de cozedura. |
| Arrefecimento | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura; • Tempo; • Humidade. |

Capítulo 5 – Objetivos do estudo

Com o intuito de se criar uma base de dados, o estudo foi dividido em duas partes, assentando na análise e relação de valores de propriedades físico químicas do pão de forma. Para ambos os estudos foram utilizadas 3 formulações diferentes de pão de forma, tais como, branco (constituído por farinha de trigo), integral (constituído por farinha integral) e cereais (constituído por farinha integral, cereais e sementes), em formatos de sem e com còdea. Sendo que ao pão de forma com còdea esta foi sempre retirada antes de cada análise.

Estudo 1 – Relação entre a temperatura, pH e a_w no produto final e o seu impacto na segurança alimentar. Este estudo realizou-se com o objetivo de verificar se os resultados obtidos pelos formatos estudados, em comparação com valores tabelados em estudos posteriores, se encontram dentro dos limites categorizados como seguros microbiologicamente.

Estudo 2 – Relação entre a Hr e a_w no produto final e a sua variação em intervalos de tempo diferentes. Este estudo teve como objetivo verificar de que forma estes parâmetros se comportam ao longo do tempo e como se relacionam entre eles, para cada formato usado para o estudo. Uma vez que a empresa mede estes valores 24h após o seu embalamento, este estudo apoiou na decisão de estas medições se alterarem para as 0h/1h após embalamento ou manter-se às 24h.

Capítulo 6 – Materiais e Métodos

- **Estudo 1:** Relação entre temperatura, pH e a_w no produto final e o seu impacto na segurança microbiológica.

Para cada amostra, a recolha de dados prosseguiu segundo a descrição abaixo:

- 1º. Medição de pH na massa inicial do processo, segundo o método descrito no ponto 4.1.2, com 5 réplicas;
- 2º. Recolha de 2 embalagens de produto acabado, da massa do ponto anterior em final de processo;
- 3º. Uma das embalagens recolhidas é enviada para o laboratório certificado externo à Panrico para leitura de pH final.
- 4º. À outra embalagem é medido o a_w no laboratório, segundo o método descrito no ponto 4.2.2, 24h depois do embalamento, com 2 réplicas.

A amostragem realizada encontra-se na **Tabela 6-1**, juntamente com o respetivo código.

Tabela 6-1 – Valores de amostragem referentes ao estudo 1.

| Código | Nº de amostras | Formato |
|--------|----------------|----------|
| B | 9 | Branco |
| C | 3 | Cereais |
| I | 2 | Integral |

Para análise dos resultados, numa 1ª fase, foram comparados os valores de temperatura e pH no produto inicial com os valores obtidos no produto final, de forma a verificar se existem variações significativas. Numa 2ª fase, os valores de temperatura, pH e a_w no produto final foram comparados aos valores de referência da tabelados pela *Food Safety Authority of Ireland (FSAI)* (**Tabela 10-1**), de forma a verificar se os valores obtidos respeitam os valores de inibição do crescimento de microrganismos. Em última fase, os valores de a_w e pH no produto final foram comparados com os valores de referência do estudo realizado pela *Consumer Protection Division* do *Texas Department of State Health Services* (**Tabela 10-2**), verificando se os mesmos estão adequadamente controlados.

- **Estudo 2:** Relação H_r e a_w no produto final e a sua variação em intervalos de tempo diferentes.

Para cada amostra, a recolha de dados prosseguiu segundo a descrição abaixo:

- 1º. Recolha de 3 embalagens de produto acabado, logo após o embalamento;
- 2º. Análise da amostra às 0h, logo após recolha. Medição de H_r , segundo o método descrito no ponto 4.2.3, e medição do a_w segundo o método do ponto 4.2.2, no laboratório, ambos com 2 réplicas;
- 3º. Análise da amostra às 1h e às 24h igual ao ponto 2º.

A amostragem realizada encontra-se na **Tabela 6-2**, juntamente com o respetivo código.

Tabela 6-2 – Valores de amostragem referentes ao estudo 2.

| Código | Nº de amostras | Formato de pão de forma | Côdea |
|--------|----------------|-------------------------|-------|
| BSC | 9 | Branco | Sem |
| BCC | 8 | Branco | Com |
| ISC | 6 | Integral | Sem |
| ICC | 8 | Integral | Com |
| CSC | 6 | Cereais | Sem |
| CCC | 5 | Cereais | Com |

Os resultados trataram-se, numa 1ª fase pela construção de gráficos de colunas a partir da média dos valores obtidos de a_w e H_r , **Capítulos 12 e 13**, respetivamente, e os desvios-padrão correspondentes a cada formato, verificando-se o comportamento ao longo do tempo. Na 2ª fase, com os mesmos parâmetros, verificou-se a existência de diferenças entre os intervalos de tempo para cada formato de pão de forma, recorrendo à análise de variâncias a partir do Teste ANOVA, seguido de comparações múltiplas pelo Teste de *Tukey*. Numa última fase verificou-se a possibilidade de existência de correlação entre os parâmetros, para cada formato, através da correlação de *Pearson* (R), uma vez que este mede o grau de relação entre variáveis quantitativas e o grau de correlação entre as mesmas, variando os valores entre -1 e 1, sendo estes correspondentes a uma correlação significativa perfeita e o 0 a não existência de relação entre as variáveis.

Capítulo 7 – Resultados e Discussão

• Estudo 1

No **Capítulo 11** estão representados todos os valores obtidos para o estudo 1, tais como resultados de pH e temperatura no início do processo, e resultados de pH, temperatura e a_w obtidos no final do processo pelos formatos B, I e C.

A partir do capítulo anteriormente referido, foi elaborada a **Tabela 7-1** onde estão representadas as médias e os respetivos desvios-padrão para cada formato.

Tabela 7-1 – Valores médios de todos os valores obtidos para os parâmetros de pH e temperatura inicial, e pH, temperatura (°C) e a_w finais, das amostras B, I e C.

| Formato | Início | | Final | | |
|---------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | pH | T(°C) | pH | T(°C) | a_w |
| B | 5,49 ± 0,04 | 23,87 ± 0,14 | 5,25 ± 0,10 | 23,31 ± 0,90 | 0,96 ± 0,00 |
| I | 5,59 ± 0,01 | 23,57 ± 0,11 | 5,34 ± 0,08 | 23,77 ± 0,55 | 0,95 ± 0,00 |
| C | 5,70 ± 0,01 | 21,30 ± 0,04 | 5,73 ± 0,02 | 21,85 ± 0,78 | 0,96 ± 0,00 |

Os valores de pH iniciais e finais de processo, **Tabela 7-1**, foram comparados entre os 3 formatos usados de forma a avaliar o seu comportamento. Relativamente aos formatos B e I, ambos sofreram uma diminuição de pH durante o processo, enquanto que o formato C sofreu uma ligeira subida.

Observados os valores do final de processo relativos ao pH, temperatura e a_w dos 3 formatos e comparando-os com valores de referência da tabela desenvolvida pela FSAI (**Tabela 10-1**) obteve-se a seguinte análise. Quanto aos valores de pH obtidos [5,25;5,73], estes são inferiores aos valores considerados como ótimos para o crescimento de bactérias patogénicas [6,0;8,0] para todos os formatos usados no estudo. Relativamente aos valores de temperatura obtidos [21,85°C;23,77°C], por comparação aos valores tabelados pela FSAI, estes encontram-se abaixo dos valores ótimos de crescimento [25°C;47°C] para os 3 formatos. Quanto aos valores de a_w obtidos no final do processo [0,95;0,96], é de notar que se encontram próximos de valores mínimos para o crescimento de *Escherichia Coli* de 0,95 e *Salmonella spp.*, de 0,94, principalmente o formato I.

Relacionando os valores de a_w e pH obtidos pelos formatos B, I e C, com os valores de referência tabelados (**Tabela 10-2**), obteve-se a seguinte análise. Os valores obtidos pelo formato B, designam-no como *Product assessment required* (PA), determinando que o produto necessita de uma avaliação, uma vez que o valor de a_w obtido é 0,01 superior ao ideal de 0,95. O mesmo acontece com os resultados do formato C, também designado como PA, com ambos os parâmetros superiores ao ideal. Com os valores do formato I, este é descrito como *Non time/temperature control for safety food* (NTCS Food), ou seja, não precisa de avaliação posterior uma vez que os resultados são seguros no que respeita à segurança alimentar.

É de notar que as propriedades físico químicas do pão de forma, nomeadamente o a_w e pH, são fatores intrínsecos ao crescimento microbiano e influenciados pelo estado de qualidade das matérias-primas e da formulação usada. Estes parâmetros requerem monitorização diária, uma vez que, o seu controlo previne o crescimento de bactérias, leveduras e bolores.

No que diz respeito à segurança alimentar microbiológica, durante o processo de produção do pão de forma, uma das etapas mais importantes é a cozedura, que dá a garantia da inibição de qualquer atividade microbiológica, uma vez que sujeita o produto a temperaturas de cerca de 300°C, destruindo os microrganismos. Não só a etapa da cozedura tem um papel importante, mas também as análises microbiológicas semanais ao produto acabado embalado (ponto **4.2.5**), como o controlo realizado às superfícies e ao ar ambiente (ponto **4.3**), são importantes para garantir que não há contaminação microbiológica.

Apesar de valores de relação entre a_w e pH se encontrarem superiores aos de limite de referência, tal como é descrito acima todo o processo é controlado microbiologicamente. O facto de terem sido usados formatos com composições diferentes para avaliação, estes resultados demonstram como o uso da farinha trigo se diferencia da farinha integral. A farinha integral ao contrário da de trigo contém uma maior quantidade de fibra (**Tabela 1-2**), o que limita a água disponível à rede de glúten, também a presença de partículas de farelo, camada externa do grão de cereal, presentes na massa integral corta parcialmente a rede de glúten, criando uma baixa estabilidade e tornando o pão com menor volume e com miolo mais compacto do que a farinha de trigo. Também os tempos de processo se diferenciam, necessitando a massa de farinha de trigo maior tempo do que a massa de farinha integral.

Quando existem valores fora dos limites de controlo, como foi o caso dos resultados relativos à relação entre a_w e pH dos formatos B e I, que segundo a análise pela **Tabela 10-2** necessitam de uma avaliação no que diz respeito à segurança do produto, a empresa tem já implementados procedimentos para recorrer a casos como estes. O principal seguimento a dar é a rastreabilidade, são obtidos todos os dados referentes a:

- Matérias-primas, tais como, data de receção, fornecedor, análises realizadas em laboratório e quantidades utilizadas;
- Etapas de fermentação, cozedura e arrefecimento, tais como, tempo, temperatura e humidade, **Tabela 4-6**;
- Avaliação visual do pão guardado na mustroteca;
- Análises microbiológicas realizadas por laboratório certificado externo, ponto **4.2.5**.

- **Estudo 2**

Estão representados em anexo todos os valores obtidos referentes ao estudo 2, tais como resultados de a_w e Hr às 0h, 1h e 24h, nos capítulos **Capítulo 12** e **Capítulo 13**, respetivamente. Os resultados estatísticos relativos ao Teste da ANOVA e *Tukey* estão representados nos capítulos **Capítulo 14** e **Capítulo 15**, para o a_w e Hr, respetivamente. Todos os dados foram tratados para os formatos BSC, BCC, ISC, ICC, CSC e CCC.

A partir da **Tabela 16-1**, foi elaborado um gráfico (**Figura 7-1**) de colunas com os valores das médias de Hr obtidos para as 0h, 1h e 24h, respetivos desvios-padrão e resultado das diferenças entre amostras, referentes a cada formato e pão de forma.

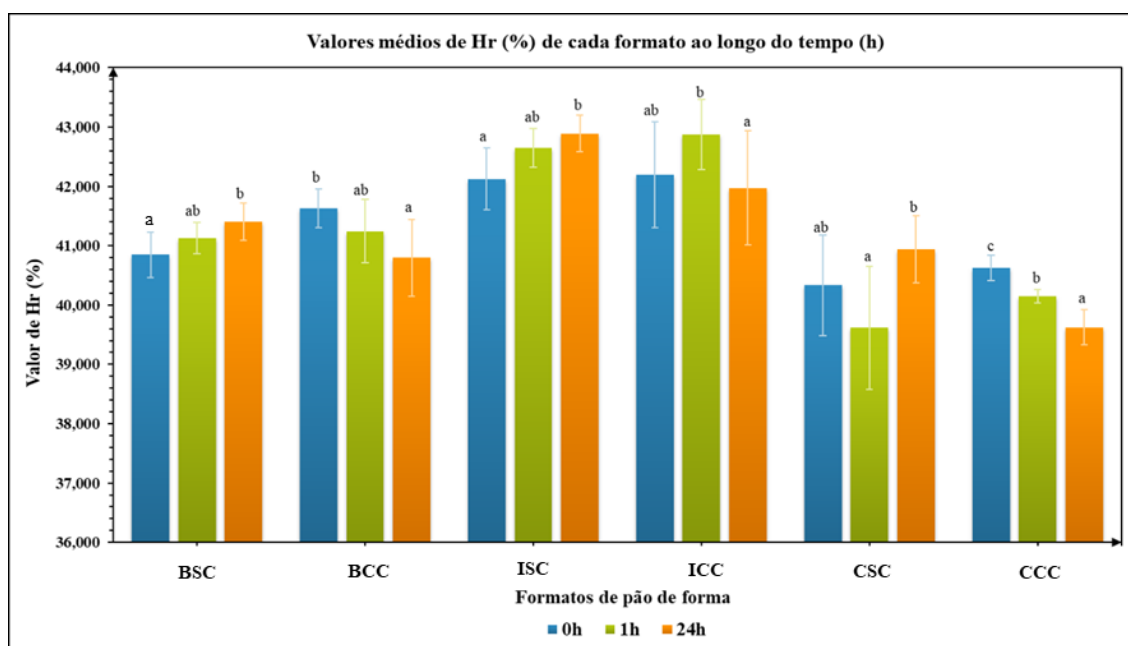


Figura 7-1 – Valores médios de Hr(%) obtidos pelos formatos BSC, BCC, ISC, ICC, CSC e CCC às 0h, 1h e 24h, assim como respectivo desvio-padrão e estudo de diferenças entre amostras.

Legenda: a, b – Amostra com diferenças significativas; ab – Amostra sem diferenças significativas.

Pela análise do gráfico presente na **Figura 7-1**, é de notar que o comportamento ao longo do tempo é diferente para cada formado estudado. No caso do BSC e ISC o valor de Hr é crescente, sendo que no BCC e CCC, o comportamento é contrário, o resultado de Hr obtido é decrescente ao longo do tempo. Para ICC e CSC os valores obtidos têm um comportamento irregular. Relativamente às diferenças entre amostras (0h, 1h e 24h), existem diferenças significativas para Hr às 0h e 24h para os formatos BSC, BCC e ISC; e às 1h e 24h para os formatos ICC e CSC. Para o formato CCC as amostras são todas diferentes. No que diz respeito aos valores obtidos existe uma estabilização às 24h para formatos sem cõeada e com cõeada. Para os formatos BSC, ISC e CSC, os valores de Hr às 24h sofrem uma subida acentuada, sendo considerado os valores mais elevados de entre as 3 amostras (0h, 1h e 24h), estando entre [40,937-42,891%], dentro do limite máximo estipulado pela empresa [<44-45%], enquanto que os formatos BCC, ICC, CCC sofrem um decréscimo às 24h, sendo considerados os valores mínimos nas 3 amostras, encontrando-se os valores entre [39,621-41,973%], também dentro do limite máximo estabelecido pela empresa [<40-42%].

Prosseguindo para os valores obtidos de a_w , a partir da **Tabela 16-2**, foi elaborado um gráfico de colunas (**Figura 7-2**) com os valores das médias de a_w obtidos para as 0h,

1h e 24h, respetivos desvios-padrão e resultado das diferenças entre amostras, referentes a cada formato.

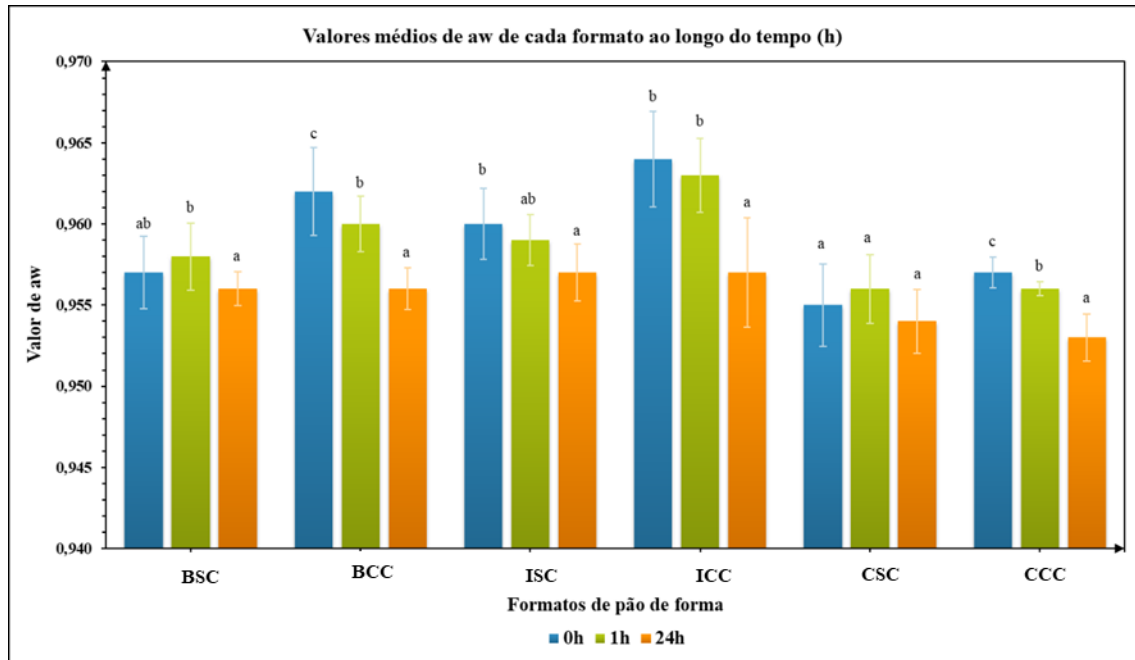


Figura 7-2 – Valores médios de a_w obtidos pelos formatos BSC, BCC, ISC, ICC, CSC e CCC às 0h, 1h e 24h, assim como respetivo desvio-padrão e estudo de diferenças entre amostras.

Legenda: a, b, c – Amostra com diferenças significativas; ab – Amostra sem diferenças significativas.

A partir da análise do gráfico da **Figura 7-2**, é de notar que o comportamento de a_w ao longo do tempo, dos formatos sem cêdea é diferente dos formatos com cêdea. Relativamente aos formatos sem cêdea, o comportamento de a_w do BSC e CSC é irregular, diferente de ISC, que sofre um decréscimo ao longo do tempo. No caso dos formatos com cêdea BCC, ICC e CCC, o a_w sofre um decréscimo das 0h até as 24h. No que diz respeito às diferenças entre amostras (0h, 1h e 24h), existem diferenças significativas para a_w às 0h e 24h para ISC; e às 1h e 24h para BSC. No caso dos formatos BCC e CCC há diferenças em todas as amostras, ao contrário de CSC em que as amostras são todas iguais. No formato ICC há igualdade entre amostras às 0h e 1h. Tal como acontece nos resultados de Hr, em a_w , os valores obtidos às 24h para todos os formatos estão estabilizados. Também são considerados os valores mínimos de entre as amostras de todos os formatos. Os valores correspondentes ao formato de Branco é o mesmo, 0,956, para formato com cêdea e sem cêdea, o mesmo acontece para o formato de Integral, com valor de 0,957. No formato de Cereais existem uma ligeira diferença, o CSC é de 0,954 e o CCC de 0,953. O limite máximo estabelecido pela empresa para a leitura

às 24h é de [0,95-0,96], que por comparação com os valores obtidos estes estão dentro do limite.

Abaixo estão apresentados os valores de correlação de *Pearson* entre a_w e Hr, divididos pelos diferentes formatos, Branco, Integral e Cereais

Tabela 7-2 – Valores de Correlação de *Pearson* entre a_w e Hr para o formato Branco.

| Correlação do formato | | BSC | | BCC | |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | a_w | Hr | a_w | Hr |
| Branco | Correlação de Pearson | 1 | -.046 | 1 | .291* |
| | a_w Sig. (bilateral) | | .743 | | .045 |
| | N | 54 | 54 | 48 | 48 |
| Hr | Correlação de Pearson | -.046 | 1 | .291* | 1 |
| | Hr Sig. (bilateral) | .743 | | .045 | |
| | N | 54 | 54 | 48 | 48 |

Nota: *. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

Relativamente aos resultados associados ao pão de forma Branco, **Tabela 7-2**, verificou-se que o pão BSC não mostrou qualquer relação entre os parâmetros a_w e Hr, uma vez que os valores obtidos pela constante de R são próximos de 0. O pão BCC mostrou uma correlação positiva fraca pelos valores próximos de 1, sendo que os parâmetros aumentam ou diminuem da mesma forma.

Tabela 7-3 – Valores de Correlação de *Pearson* entre a_w e Hr para o formato Integral.

| Correlação do formato | | ISC | | ICC | |
|-----------------------|------------------------|--------|--------|-------|------|
| | | a_w | Hr | a_w | Hr |
| Integral | Correlação de Pearson | 1 | -.378* | 1 | .032 |
| | a_w Sig. (bilateral) | | .023 | | .831 |
| | N | 36 | 36 | 48 | 48 |
| Hr | Correlação de Pearson | -.378* | 1 | .032 | 1 |
| | Hr Sig. (bilateral) | .023 | | .831 | |
| | N | 36 | 36 | 48 | 48 |

Nota: *. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

Pela análise dos resultados relativos ao pão Integral, presentes na **Tabela 7-3**, esta descreve que o pão ISC tem uma correlação fraca negativa entre os parâmetros de a_w e pH, uma vez que os valores de constante R são próximos de -1, demonstrando que enquanto um parâmetro aumenta o outro diminui e vice-versa. Relativamente ao pão ICC este não descreve qualquer relação entre os parâmetros, encontrando os valores próximos de 0.

Tabela 7-4 – Valores de Correlação de Pearson entre a_w e Hr para o formato Cereais.

| Correlação do formato Cereais | | CSC | | CCC | |
|----------------------------------|------------------|-------|-------|--------|--------|
| | | a_w | Hr | a_w | Hr |
| Correlação de Pearson | | 1 | -.235 | 1 | .552** |
| a_w | Sig. (bilateral) | | .167 | | .002 |
| N | | 36 | 36 | 30 | 30 |
| Correlação de Pearson | | -.235 | 1 | .552** | 1 |
| Hr | Sig. (bilateral) | .167 | | .002 | |
| N | | 36 | 36 | 30 | 30 |

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

No que diz respeito ao pão de Cereais, através da **Tabela 7-4**, a análise ao pão CSC não demonstra nenhuma relação entre os parâmetros de a_w e pH, uma vez que os seus valores da constante de R estão próximos de 0. Quanto ao pão CCC, este descreve uma correlação forte positiva entre os parâmetros, uma vez que os seus valores são próximos de 1, caracterizando o seu comportamento em aumento e diminuição da mesma forma.

Sabe-se que o a_w e a Hr são propriedades físico químicas do pão de forma importantes para a manutenção da qualidade e segurança para o consumidor. Como descrito no estudo 1, o a_w é um fator intrínseco ao produto. A Hr é um fator extrínseco ao crescimento de microrganismos e influenciado ao longo do tempo.

É necessário ter em conta que o conteúdo de água que possa estar presente no pão de forma assim como a sua distribuição na massa têm impacto na validade do mesmo. Estando presente em quantidades não ideais, esta permite a incidência de atividade microbiológica, gera impacto na maciez e endurecimento do miolo, assim como a

crocância da crosta e outras alterações associadas ao *staling*, traduzindo-se em baixa aceitação do consumidor (Czuchajowska et al., 1989).

Ao longo do tempo em que o pão de forma está armazenado ocorre a recristalização da pectina (retrogradação). Para além de alterações a nível da estrutura do pão, o conteúdo de água presente é redistribuído. No caso do pão com còdea a água migra do miolo para a còdea, sendo que não existindo còdea não há migração de moléculas de água numa taxa tão elevada (Bosmans et al., 2014).

Isto justifica a diferença no comportamento e valores obtidos de a_w e Hr nos formatos de pão com còdea comparativamente com os sem còdea. Uma vez que, maior tempo significa maior redistribuição das moléculas de água, logo maior quantidade de água presente na còdea, quando esta é retirada antes da análise, existe uma redução na presença de água nestes formatos.

De forma a garantir que os parâmetros de a_w e Hr estão dentro dos limites categorizados para a qualidade e aceitação do consumidor, a empresa tem implementado um processo de monitorização dos parâmetros de pelo menos uma vez por semana a todos os formatos produzidos, 24h depois do embalamento.

O estudo “*Water Activity and Moisture Content of Dough and Bread*” foi realizado com base na deteção de diferenças entre as 1h e 24h após a produção em diferentes ajustes de tempo e formulações. Concluindo que existe uma variação pouco significativa no a_w entre as 1h e 24h, e que em relação ao Hr este é maior à 1h (Czuchajowska et al., 1989).

Segundo os resultados obtidos o valor de Hr é superior nos formatos sem còdea às 24h, respeitando apenas esta conclusão o formato ICC. Relativamente aos resultados de a_w , tanto às 0h como às 1h, em relação às 24h existem diferenças consideráveis.

É importante realçar que às 0h e 1h, os valores de a_w são inconsistentes e superiores aos implementados, uma vez que o valor é influenciado pelo ressoo do pão após o embalamento e pelo conteúdo de água presente. A estabilização como se pode visualizar ocorre às 24h, pelos tempos estudados (0h, 1h e 24h).

Posto isto, e retratando que os valores de Hr e a_w são favoráveis e dentro dos limites estipulados pela empresa às 24h, deverá manter-se o padrão já implementado.

Capítulo 8 – Conclusões Gerais

A necessidade de manter a segurança do pão de forma é uma tarefa diária para a Panrico, uma vez que, são fatores como o pH, a_w e Hr que formam uma “barreira” ao potencial crescimento microbiano e que mantêm a qualidade e a aceitação por parte dos consumidores.

No que diz respeito à segurança microbiológica do pão, notou-se que a maioria dos valores obtidos pela análise e relação de parâmetros de pH, temperatura e a_w , que os valores na sua maioria se encontram dentro de valores estabelecidos relativos a estudo posteriores. Pelo que é possível afirmar que as medidas implementadas pela empresa, tais como, o procedimento para eventuais alterações das características visuais e texturais do pão de forma; o controlo microbiológico ao pão de forma, ao ar ambiente e superfícies; rotina de limpeza da fábrica; e formação de higiene e segurança no local de trabalho a todos os colaboradores, são eficazes e cumpridas.

Conclui-se também que não há um comportamento padrão geral para os formatos estudados. Apenas cada um mantém o seu próprio, influenciado diretamente pela sua formulação e condições de processo. Também foi possível concluir que existe um período de estabilização do conteúdo de água para os intervalos de tempo estudados. Determinou-se que às 24h é a hora mais segura para a obtenção de resultados concretos sobre as características texturais e organolépticas do pão de forma.

Em suma, os resultados não são tão lineares como o expectável, as variações existem e comportam-se de maneira diferente para cada tipo de pão de forma. É evidente que a empresa tem tudo controlado, desde a receção de matérias-primas até ao produto final embalado para o consumidor, permitindo que a segurança a nível alimentar esteja presente. Considero que o estudo foi positivo e que seria bastante interessante a realização de um estudo com maior profundidade para verificar com clareza a forma como o simples conteúdo de água consegue ter comportamentos tão diferentes.

Bibliografia

- Adams, M., & Moss, M. (2008). *Food Microbiology* (3ª ed.). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Afonso, A. (2008). Análise de perigos - Identificação dos perigos e avaliação dos riscos para a segurança alimentar. *Revista de Segurança e Qualidade Alimentar*(5), 26-28.
- Al-Dagal, M. M. (1989). *Aeromicrobiology: An assessment of a new meat research complex*. Kansas State University.
- Alegria et al. (15 de 07 de 2019). *Trihalometanos - Análise da situação em Portugal*. Obtido de Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos: <http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/065.pdf>
- Almeida, D. F. (1998). *Padeiro e Confeiteiro* (2ª ed.). Canoas, RS, Brasil: ULBRA.
- Alveograph*. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia: <https://bakerpedia.com/processes/alveograph/>
- Alveolab Graph — Measure of dough tenacity, extensibility, elasticity and baking strength*. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Chopin: <http://www.keydiagnostics.com.au/images/new2018/26%20Chopin/Alveograph/Alveolab%20LABgraph%20Brochure%20KD%2010-17.pdf>
- American Public Health Association. (2015). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (5th ed.). U.S.: Pharmabooks.
- ASAE, A. d. (2017). *HACCP - O que é?* Obtido em 15 de 07 de 2019, de ASAE: <http://www.asae.gov.pt/perguntas-frequentes1/haccp-o-que-e-.aspx>
- Assembleia da República. (12 de Agosto de 2009). Lei 75/2009 de 12 de Agosto de 2009, estabelece normas com vista à redução do teor de sal no pão, bem como informação na rotulagem de alimentos embalados destinados ao consumo humano. *Diário da República*, 5225-5226.
- Baptista, P., & Venâncio, A. (2003). *Os perigos para a segurança alimentar no processamento de alimentos*. . Guimarães: Ed. Forvisão – Consultoria em Formação Integrada, Lda.,.

- Bernardo, F. (2006). Perigos sanitários nos alimentos. *Revista de Segurança e Qualidade Alimentar*(1), 6-8.
- Blekas, G. (2016). Food Additives: Classification, Uses and Regulation. Em B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Edits.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 731-736). Oxford: Academic Press.
- Bosmans et al. (2014). Storage of parbaked bread affects shelf life of fully baked end product: A ¹H NMR study. *Food Chemistry*, 149-156.
- Cauvain, S. (2012). *Breadmaking: Improving Quality* (2nd ed.). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Cauvain, S. (2017). *Baking Problems Solved: Testing Methods*. (2nd ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Cauvain, S., & Young, L. S. (2007). *The Technology of Breadmaking* (2nd ed.). Verlag: Springer.
- Ciência Viva*. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de *Ciência Viva*: <http://www.cienciaviva.pt/divulgacao/cozinha/pao2.pdf>
- Codex Alimentarius. (1999). *Code of Hygienic Practice for refrigerated Packaged Food with extended Shelf Life*. CAC/RCP.
- Collar, C. (2016). *Encyclopedia of food and Health* (Vol. 1). (B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá, Edits.) Oxford: Academic Press.
- Czuchajowska et al. (1989). Water Activity and Moisture Content of Dough and Bread. Em *Cereal Chemistry* (pp. 128-132). AACC International.
- Denardin, C. C., & Silva, L. P. (2009). *Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas*. Santa Maria, RS, Brasil: SciELO Analyties.
- Diário da República. (19 de Março de 2003). Portaria n.º 254/2003 - Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. pp. 1861-1865.
- Diário da República. (4 de Abril de 2006). Decreto - Lei n.º 79/2006 - Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. pp. 2416 - 2468.

- Diário da República. (12 de Agosto de 2009). Lei n.º75/2009 - Estabelece normas com vista à redução do teor de sal no pão bem como informação na rotulagem de alimentos embalados destinados ao consumo humano. pp. 5225-5226.
- Diário da República. (Dezembro de 7 de 2017). Decreto-Lei n.º 152/2017 - Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. pp. 6555 - 6576.
- Diário da República. (06 de Março de 2018). Regulamento n.º143/2018 - Águas de Gaia, E. M., S. A. pp. 6912 - 6939.
- Dubois et al. (2008). *The AlveoConsistograph Handbook* (2nd ed.). St. Paul, Minnesota, USA.: AACC International, Inc.
- Figoni, P. (2008). *How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Science* (2nd ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Incorporated.
- FSAI, F. S. (2011). *Guidance note nº18 – validation of product shelf-life*. Dublin, Ireland.
- Gao et al. (2017). Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 1: Gluten network formation. *Journal of Cereal Science*, 74, 288-295.
- Gomes, S. (2010). "Integração dos sistemas normativos (ISO 22000, IFS e BRC) na indústria alimentar" . *Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia Alimentar e Qualidade*.
- Gonçalves, C. (2012). "*Controlo das linhas de produção bolos e tortas*", *Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar*. Lisboa.
- Gutkoski et al. (Jul.-Set. de 2005). Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 25(3), 460-467.
doi:<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n3/27012.pdf>
- IFS, I. F. (2019). *IFS Food 6.1*. Obtido em 15 de 07 de 2019, de IFS: <https://www.ifs-certification.com/index.php/en/standards/251-ifs-food-en>

- INSA. (2005). *Valores guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração.*
- INSA. (2006). *Tabela da Composição dos Alimentos Portuguesa .*
- IPQ. (2015). NP EN ISO 9000:2015. *Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário.*
- IPQ, I. P. (2005). NP EN ISO 22000:2005. *Sistemas de gestão da segurança alimentar - Requisitos para qualquer organização que opere na cadeia alimentar.*
- ISO 5492. (2008). *Sensory analysis - Vocabulary.*
- Janmey, P., & Manfred, S. (2008). Current Biology. *Rheology*, pp. 639-641.
- Jornal Oficial da União Europeia. (11 de Novembro de 2011). Regulamento (UE) n.º1129/2011 da Comissão que altera o anexo II do Regulamento (CE) n.º1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho.
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). *The Stability and Shelf-life of Food*. Cambridge: WoodheadPublishing Limited.
- LabMaster Neo-aw. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Gomensoro: <http://gomensoro.pt/produtos/novasina-labmaster-aw/>
- Laranjeira, C. M., & Ribeiro, M. F. (2011). Projecto co-promoção UIIPS/Grupo Os Mosqueteiros - protocolo aprovado em Outubro de 2011. *Caracterização físico-química de óleos alimentares novos e usados para identificação de indicadores de degradação da qualidade.*
- Lund et al. (2000). *Microbiological Safety and Quality of Food* (Vol. 1). Verlag US: Springer.
- Mata, P., & Guerreiro, M. (2010). *A cozinha é um laboratório* (2ª ed.). Lisboa: Fonte da Palavra.
- Moisture. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia: <https://bakerpedia.com/processes/moisture/>
- Moisture. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia: <https://bakerpedia.com/processes/moisture/>

- Mold.* (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia: <https://bakerpedia.com/processes/mold/>
- Mondal, A., & Datta, A. K. (2008). Bread Baking - A review. *Journal of Food Engineering*, 465-474.
- Nielsen, S. (2017). Food Analysis Laboratory Manual,. “*Standard Solutions and Titratable Acidity.*”, pp. 179–184.
- Nieuwenhuijzen et al. (2008). Water content or water activity: What rules crispy behaviour in bread crust? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 6432-6438.
- Nunes, C. (25 de Julho de 2016). *Economia - Pão Bimbo conclui aquisição da Panrico.* Obtido em 15 de 07 de 2019, de Expresso: <https://expresso.pt/economia/2016-07-25-Pao-Bimbo-conclui-aquisicao-da-Panrico#gs.djt2mg>
- Nutrição, A. P. (2018). *Melhor grão, melhor pão: uma análise nutricional sobre o pão.* Porto: Associação Portuguesa de Nutrição: E-book nº47.
- Panrico. (2005). Em *Superbrands Portugal* (p. 64). UK: Superbrand LDA.
- Patel et al. (2005). *Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in bread crumb* (42 ed., Vol. 2). Journal of Cereal Science.
- Pereira, J. (2009). Composição centesimal da mucilagem do inhame (*Dioscorea* spp.) liofilizado comparado a de um melhorador comercial utilizado na panificação e avaliação sensorial de pães de forma. Em *Ciência e Agrotecnologia* (Vol. 33, pp. 1813-1818). Lavras.
- pH.* (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia: <https://bakerpedia.com/processes/ph/>
- Queji et al. (2006). *Rheological Properties of Wheat Flour Pasta After the Addition of Alpha-amylase* (Vol. 12). Ponta Grossa: UEPG - Ciências Exatas e da Terra.
- Rafael, B. L. (1981). Aproveitamento da energia solar na secagem de fruta. *Alimentação*(5), 23-29.

- Ray, B., & Bhunia, A. (2014). “*Characteristics of Predominant Microorganisms in Food*”. *Fundamental Food Microbiology* (5th ed.). CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.
- Regulamento (CE) n.º178/2002 do Parlamento Europeu e do conselho. (28 de Janeiro de 2002). *Determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia*.
- Rheo F4. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Chopin: <https://chopin.fr/en/page-dun-produit/rheo-f4.html>
- Rheology. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia: <https://bakerpedia.com/processes/rheology/>
- Ribeiro, S. (25 de Abril de 2016). *Comércio - Bimbo vende marca Panrico e fábrica em Portugal à Adam Foods*. Obtido em 15 de 07 de 2019, de Jornal de Negócios: https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/comercio/detalhe/bimbo_vende_marca_panrico_e_fabrica_em_portugal_a_adam_foods
- Robert, L., & Bradley, J. (2010). Moisture and Total Solids Analysis. Em S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis* (4th ed., pp. 85-105). West Lafayette, IN, USA: Springer.
- Rosell, C., & Collar, C. (2009). Effect of temperature and consistency on wheat dough performance. *International Journal of Food Science & Technology*, 493–502.
- Roudaut, G., & Debeaufort, F. (2010). Moisture loss, gain and migration in foods and its impact on food quality. Em L. Skibsted, J. Risbo, & M. Andersen (Edits.), *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages* (1st ed., pp. 143-185). Boca Raton, FL: Woodhead Publishing.
- Rufián-Henares, J., & Pastoriza, S. (2016). Maillard Reaction. Em B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Edits.), *Encyclopedia of Food and Health* (Vol. 3, pp. 593–600). Oxford: Academic Press.
- Serna-Saldivar, S. O. (2012). Dry-Milling Processes and Quality of Dry-Milled Products. Em *Food Preservation Technology Series: Cereal grains - Laboratory Reference and Procedures* (pp. 151–153). Boca Rota, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.

- Silva, M. (2002). Estudo de implantação do Sistema HACCP no fábrica do pão. *Engenharia das Indústrias Agro-Alimentares*.
- Sluimer, P. (2005). *Principles of Breadmaking: Functionality of Raw Materials and Process Steps*. St. Paul, Minnesota, U.S.A.: American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Stampfli, L., & Nersten, B. (1995). Emulsifiers in bread making. Em *Food Chemistry* (Vol. 52, pp. 353-360). Chaffhausen, Switzerland: Elsevier Ltd. doi:[https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)93281-U](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)93281-U)
- Szczesniak, A. S. (1988). The meaning of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 51-59.
- Texture Profile Analysis*. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia: <https://bakerpedia.com/processes/texture-profile-analysis/>
- Tharanathan, R. (2002). Food-derived carbohydrates - Structural complexity and functional diversity. Em *Critical Reviews in Biotechnology* (pp. 65-84). India.
- Tömösközi, S., & Békés, F. (2016). Bread: Dough Mixing and Testing Operations. Em B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Edits.), *Encyclopedia of Food and Health* (Vol. 3, pp. 490-499). Oxford: Academic Press.
- Torres et al. (2016). Preservation of Foods. Em B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Edits.), *Encyclopedia of Food and Health* (Vol. 4, pp. pp. 491-496). Oxford: Academic Press.
- Unit Public Sanitation and Retail Food Safety. (9 de Janeiro de 2017). *How to determine whether foods require time/temperature control for safety*.
- Van der Maarel et al. (2002). Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family. *Journal of Biotechnology*, 137-155.
- Vicente, A. M. (1994). *Métodos Oficiais de Análisis de los alimentos*. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Vieira et al. (2007). Estudo do teor de sódio no pão consumido no Porto. Em *Alimentação Humana - Revista da SPCNA* (Vol. 13, pp. 97-103). Revista Alimentação Saudável.

Wang et al. (2015). Starch Retrogradation: A comprehensive review. Em *Comprehensive reviews in food science and food safety* (Vol. 14, pp. 568-585). Oxford: Academic Press.

Water Activity. (2019). Obtido em 15 de 07 de 2019, de Bakerpedia:
<https://bakerpedia.com/processes/water-activity/>

Capítulo 9 – Anexo 1: Imagens dos equipamentos



Figura 9-1 – Alveografo de Chopin.



Figura 9-2 – pH meter HI 99161, da Hanna Instruments.



Figura 9-3 – Moisture Analyzer Mettler Toledo HR83.



Figura 9-4 – Reofermentometro Rheo F4 de Chopin.

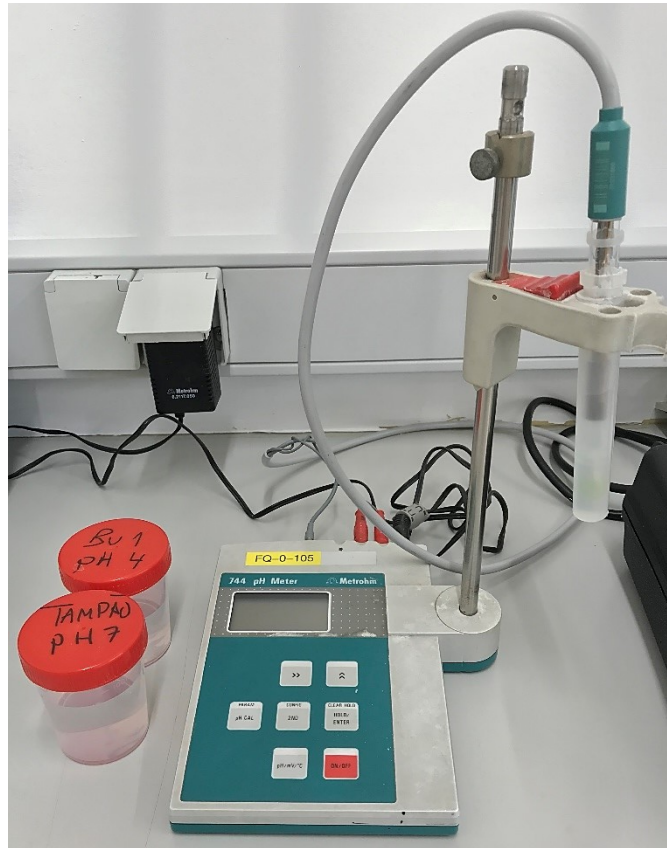


Figura 9-5 – Potenciômetro 744 pH Meter Metrohm.



Figura 9-6 – Espectrofotômetro Lovibond Checkit Direct Chlor.



Figura 9-7 – Fotômetro HI83224 da Hanna instruments.

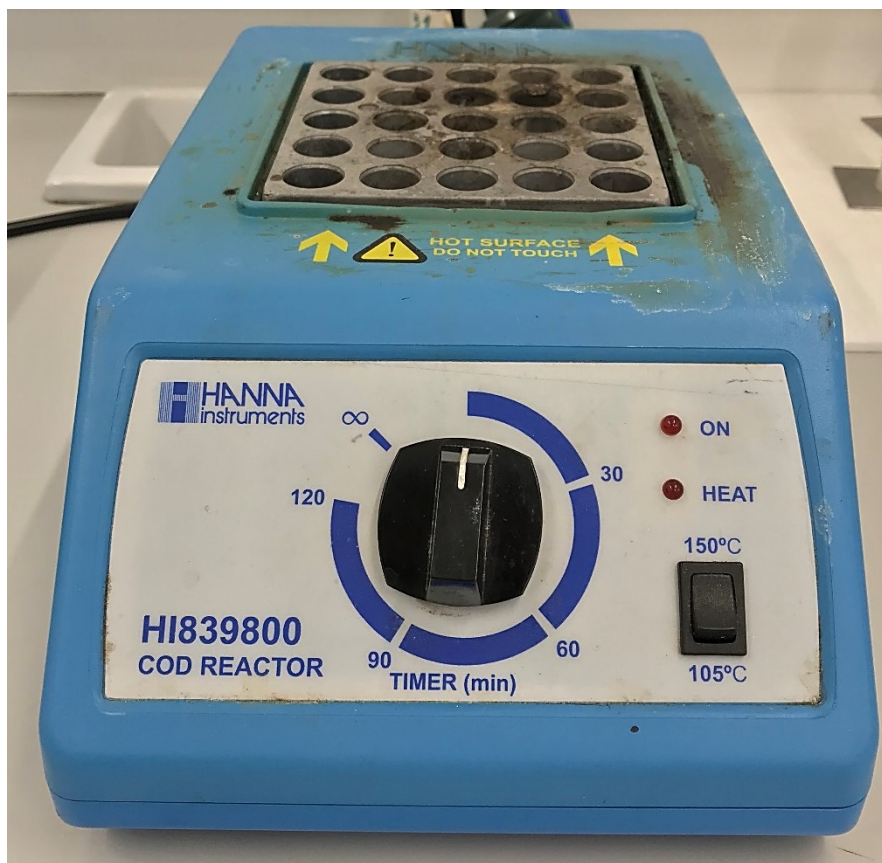


Figura 9-8 – Reator HI839800 da Hanna instruments.



Figura 9-9 – Texturómetro TA.XT plus Analyser Stable Micro Systems.

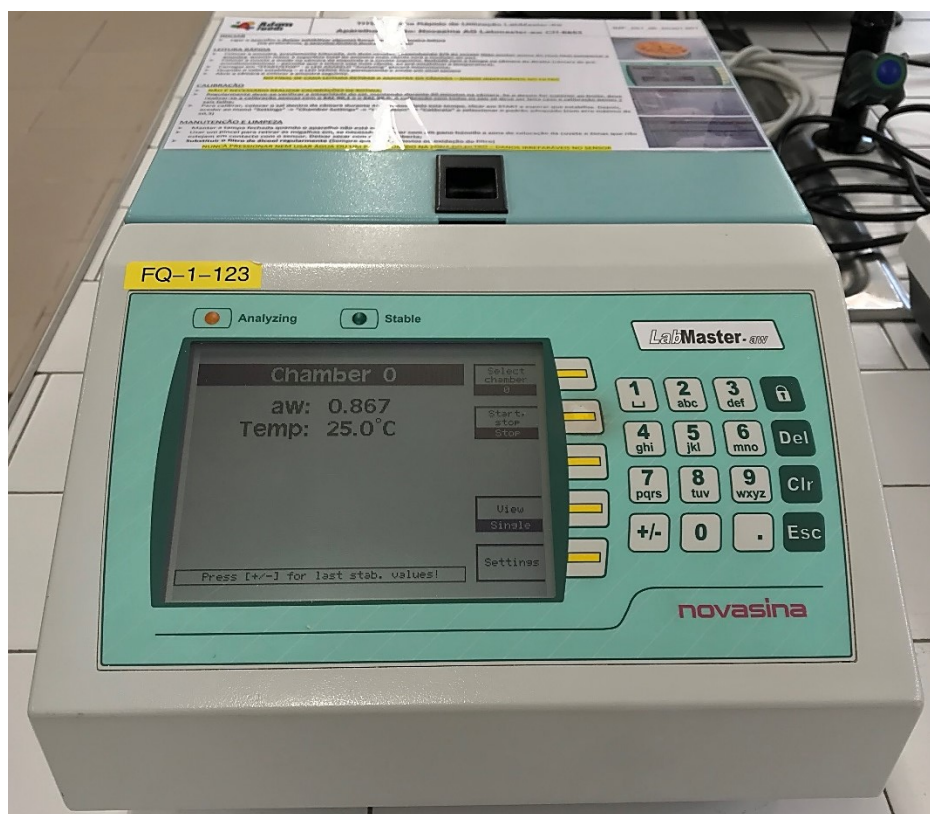


Figura 9-10 – LabMaster.aw da Novasina.



Figura 9-11 – Sartorius MA30.

Capítulo 10 – Anexo 2: Valores de referência para o estudo 1*Tabela 10-1 – Principais fatores intrínsecos e extrínsecos, que condicionam o crescimento de bactérias potencialmente patogênicas de maior importância no setor alimentar (adaptado de (FSAI, 2011))*

| Parâmetros/ Microrganismos | T(°C) | | | pH | | | a _w |
|--------------------------------|-------|-------|------|-----|---------|-----|----------------|
| | m | Ótima | M | m | Ótimo | M | m |
| <i>Bacillus cereus</i> | 4 | 30-40 | 55 | 5,0 | 7,0 | 8,8 | 0,93 |
| <i>Campylobacter spp.</i> | 32 | 42-43 | 45 | 4,9 | 6,5-7,5 | 9,0 | >0,99 |
| <i>Clostridium perfringens</i> | 10 | 43-47 | 50 | 5,5 | 7,2 | 9,0 | 0,93 |
| <i>Escherichia coli</i> | 6,5 | 30-40 | 45 | 3,6 | 6,0-7,0 | 9,0 | 0,95 |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | -1,5 | 30-37 | 45 | 4,2 | 7,0 | 9,5 | 0,90 |
| <i>Salmonella spp.</i> | 5,2 | 35-43 | 46,2 | 3,8 | 7,0-7,5 | 9,5 | 0,94 |
| <i>Staphylococcus aureus*</i> | 10 | 40-45 | 48 | 4,0 | 7,0-8,0 | 9,6 | 0,85 |
| <i>Yersinia enterocolitica</i> | -1,3 | 25-37 | 42 | 4,2 | 7,2 | 9,6 | 0,94 |

Legenda: m – mínimo(a); M – máximo(a); (*) – Formação de enterotoxina.

Tabela 10-2 – Interação de pH e a_w para controlo de esporos em alimentos tratados termicamente para destruição de células vegetativas e subsequente embalamento. (Unit Public Sanitation and Retail Food Safety, 2017)

| Valor de a _w | pH: 4,6 ou menos | pH: > 4,6-5,6 | pH: > 5,6 |
|-------------------------|------------------|---------------|-----------|
| < 0,92 | NTCS FOOD | NTCS FOOD | NTCS FOOD |
| > 0,92-0,95 | NTCS FOOD | NTCS FOOD | PA |
| > 0,95 | NTCS FOOD | PA | PA |

Legenda: NTCS FOOD – Significa não controlo de Tempo/Temperatura para a segurança alimentar;
PA – Significa a necessidade de avaliação do alimento.

Capítulo 11 – Anexo 3: Valores obtidos no estudo 1• **Formato de pão de forma “B”***Tabela 11-1 – Valores de pH inicial para o formato de pão de forma “B”.*

| Amostras formato “B” | Réplicas pH inicial | | | | | pH médio inicial |
|-------------------------|---------------------|------|------|------|------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 5,53 | 5,48 | 5,40 | 5,43 | 5,41 | 5,45 ± 0,05 |
| 2 | 5,44 | 5,44 | 5,39 | 5,33 | 5,37 | 5,39 ± 0,05 |
| 3 | 5,52 | 5,47 | 5,40 | 5,41 | 5,35 | 5,43 ± 0,07 |
| 4 | 5,55 | 5,26 | 5,28 | 5,29 | 5,29 | 5,33 ± 0,12 |
| 5 | 5,53 | 5,49 | 5,48 | 5,50 | 5,51 | 5,50 ± 0,02 |
| 6 | 5,41 | 5,38 | 5,45 | 5,40 | 5,46 | 5,42 ± 0,03 |
| 7 | 5,58 | 5,57 | 5,56 | 5,58 | 5,57 | 5,57 ± 0,01 |
| 8 | 5,66 | 5,65 | 5,63 | 5,63 | 5,59 | 5,63 ± 0,03 |
| 9 | 5,71 | 5,70 | 5,71 | 5,70 | 5,69 | 5,70 ± 0,01 |

Tabela 11-2 – Valores de temperatura inicial para o formato de pão de forma “B”.

| Amostras formato “B” | Réplicas temperatura inicial | | | | | T(°C) média inicial |
|-------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 24,70 | 24,30 | 24,10 | 24,80 | 24,30 | 24,44 ± 0,30 |
| 2 | 23,50 | 23,30 | 23,30 | 23,20 | 23,00 | 23,26 ± 0,18 |
| 3 | 24,70 | 24,10 | 23,50 | 23,30 | 23,60 | 23,84 ± 0,56 |
| 4 | 24,20 | 24,00 | 23,80 | 23,70 | 23,60 | 23,86 ± 0,24 |
| 5 | 22,10 | 22,20 | 23,10 | 23,00 | 22,90 | 22,66 ± 0,47 |
| 6 | 23,70 | 23,20 | 22,80 | 22,70 | 22,70 | 23,02 ± 0,43 |
| 7 | 23,80 | 23,20 | 23,60 | 23,60 | 23,50 | 23,54 ± 0,22 |
| 8 | 24,90 | 25,10 | 25,30 | 25,30 | 25,00 | 25,12 ± 0,18 |
| 9 | 25,00 | 25,40 | 25,00 | 24,90 | 25,10 | 25,08 ± 0,19 |

Tabela 11-3 – Valores de pH, a_w e Temperatura final o formato de pão de forma “B”.

| Amostras formato “B” | pH final (a 10%) | a _w final | T(°C) final |
|----------------------|------------------|----------------------|-------------|
| 1 | 5,18 | 0,96 | 23,80 |
| 2 | 5,23 | 0,95 | 24,70 |
| 3 | 5,24 | 0,96 | 23,70 |
| 4 | 5,28 | 0,95 | 22,70 |
| 5 | 5,19 | 0,96 | 22,50 |
| 6 | 5,50 | 0,96 | 23,50 |
| 7 | 5,21 | 0,96 | 24,30 |
| 8 | 5,17 | 0,96 | 22,20 |
| 9 | 5,25 | 0,96 | 22,40 |

• **Formato de pão de forma “I”**

Tabela 11-4 – Valores de pH inicial do formato de pão de forma “I”.

| Amostras formato “I” | Réplicas pH inicial | | | | | pH médio inicial |
|-------------------------|---------------------|------|------|------|------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 5,56 | 5,54 | 5,52 | 5,57 | 5,57 | 5,55 ± 0,02 |
| 2 | 5,62 | 5,62 | 5,63 | 5,60 | 5,60 | 5,61 ± 0,01 |
| 3 | 5,56 | 5,60 | 5,60 | 5,62 | 5,58 | 5,59 ± 0,02 |

Tabela 11-5 – Valores de temperatura inicial do formato de pão de forma “I”.

| Amostras formato “I” | Réplicas temperatura inicial | | | | | T(°C) média inicial |
|-------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 21,90 | 21,90 | 21,50 | 22,20 | 22,20 | 21,94 ± 0,29 |
| 2 | 22,90 | 22,90 | 22,90 | 23,10 | 23,10 | 22,98 ± 0,11 |
| 3 | 25,80 | 25,70 | 25,70 | 25,80 | 25,90 | 25,78 ± 0,08 |

Tabela 11-6 – Valores de pH, a_w e Temperatura final o formato de pão de forma “I”.

| Amostras formato “I” | pH final (a 10%) | a _w final | T(°C) final |
|----------------------|------------------|----------------------|-------------|
| 1 | 5,27 | 0,95 | 23,80 |
| 2 | 5,32 | 0,95 | 23,20 |
| 3 | 5,42 | 0,95 | 24,30 |

- **Formato de pão de forma “C”**

Tabela 11-7 – Valores de pH inicial do formato de pão de forma “C”.

| Amostras formato “C” | Réplicas pH inicial | | | | | pH médio inicial |
|-------------------------|---------------------|------|------|------|------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 5,71 ± 0,00 |
| 2 | 5,67 | 5,68 | 5,69 | 5,69 | 5,68 | 5,68 ± 0,01 |

Tabela 11-8 – Valores de temperatura inicial do formato de pão de forma “C”.

| Amostras formato “C” | Réplicas temperatura inicial | | | | | T(°C) média inicial |
|-------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 20,80 | 20,70 | 20,70 | 20,60 | 20,50 | 20,66 ± 0,11 |
| 2 | 22,20 | 22,00 | 21,80 | 21,80 | 21,90 | 21,94 ± 0,17 |

Tabela 11-9 – Valores de pH, a_w e Temperatura final o formato de pão de forma “C”.

| Amostras formato “C” | pH final (a 10%) | a _w final | T(°C) final |
|----------------------|------------------|----------------------|-------------|
| 1 | 5,74 | 0,96 | 22,40 |
| 2 | 5,71 | 0,96 | 21,30 |

Capítulo 12 – Anexo 4: Valores a_w obtidos no estudo 2• **Formato de pão de forma “BSC”***Tabela 12-1 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BSC”.*

| Amostras formato “BSC” | Leituras de a_w com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 0,961 | 0,960 | 0,961 | 0,960 | 0,961 | 0,961 | 0,953 | 0,954 | 0,954 |
| 2 | 0,956 | 0,958 | 0,957 | 0,958 | 0,959 | 0,959 | 0,955 | 0,957 | 0,956 |
| 3 | 0,958 | 0,957 | 0,958 | 0,957 | 0,956 | 0,957 | 0,956 | 0,957 | 0,957 |
| 4 | 0,953 | 0,953 | 0,953 | 0,959 | 0,958 | 0,959 | 0,957 | 0,957 | 0,957 |
| 5 | 0,956 | 0,956 | 0,956 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 0,955 |
| 6 | 0,956 | 0,955 | 0,956 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 0,955 |
| 7 | 0,957 | 0,958 | 0,958 | 0,956 | 0,956 | 0,956 | 0,956 | 0,956 | 0,956 |
| 8 | 0,958 | 0,957 | 0,958 | 0,957 | 0,956 | 0,957 | 0,956 | 0,957 | 0,957 |
| 9 | 0,959 | 0,958 | 0,959 | 0,959 | 0,958 | 0,959 | 0,956 | 0,956 | 0,956 |

- **Formato de pão de forma “BCC”**

Tabela 12-2 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BCC”.

| Amostras formato “BCC” | Leituras de a_w com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 0,959 | 0,958 | 0,959 | 0,957 | 0,956 | 0,957 | 0,954 | 0,956 | 0,955 |
| 2 | 0,958 | 0,959 | 0,959 | 0,958 | 0,958 | 0,958 | 0,952 | 0,956 | 0,954 |
| 3 | 0,959 | 0,960 | 0,960 | 0,958 | 0,957 | 0,958 | 0,955 | 0,956 | 0,956 |
| 4 | 0,963 | 0,963 | 0,963 | 0,959 | 0,96 | 0,960 | 0,955 | 0,958 | 0,957 |
| 5 | 0,964 | 0,963 | 0,964 | 0,961 | 0,962 | 0,962 | 0,956 | 0,959 | 0,958 |
| 6 | 0,965 | 0,964 | 0,965 | 0,958 | 0,961 | 0,960 | 0,953 | 0,956 | 0,955 |
| 7 | 0,966 | 0,965 | 0,966 | 0,960 | 0,962 | 0,961 | 0,955 | 0,956 | 0,956 |
| 8 | 0,962 | 0,964 | 0,963 | 0,960 | 0,959 | 0,9595 | 0,954 | 0,956 | 0,955 |

- **Formato de pão de forma “ISC”**

Tabela 12-3 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “ISC”.

| Amostras formato “ISC” | Leituras de a_w com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 0,957 | 0,954 | 0,956 | 0,954 | 0,957 | 0,956 | 0,954 | 0,954 | 0,954 |
| 2 | 0,961 | 0,961 | 0,961 | 0,958 | 0,961 | 0,960 | 0,958 | 0,959 | 0,959 |
| 3 | 0,961 | 0,962 | 0,962 | 0,96 | 0,959 | 0,960 | 0,957 | 0,959 | 0,958 |
| 4 | 0,959 | 0,960 | 0,960 | 0,959 | 0,960 | 0,960 | 0,958 | 0,957 | 0,958 |
| 5 | 0,963 | 0,961 | 0,962 | 0,956 | 0,960 | 0,958 | 0,956 | 0,955 | 0,956 |
| 6 | 0,96 | 0,959 | 0,960 | 0,960 | 0,959 | 0,960 | 0,957 | 0,958 | 0,958 |

- **Formato de pão de forma “ICC”**

Tabela 12-4 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “ICC”.

| Amostras formato “ICC” | Leituras de a_w com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 0,964 | 0,965 | 0,965 | 0,962 | 0,966 | 0,964 | 0,954 | 0,955 | 0,955 |
| 2 | 0,964 | 0,966 | 0,965 | 0,963 | 0,964 | 0,964 | 0,963 | 0,963 | 0,963 |
| 3 | 0,964 | 0,962 | 0,963 | 0,962 | 0,961 | 0,962 | 0,954 | 0,958 | 0,956 |
| 4 | 0,969 | 0,969 | 0,969 | 0,966 | 0,965 | 0,966 | 0,961 | 0,960 | 0,961 |
| 5 | 0,959 | 0,961 | 0,960 | 0,957 | 0,961 | 0,959 | 0,956 | 0,950 | 0,953 |
| 6 | 0,959 | 0,961 | 0,960 | 0,96 | 0,96 | 0,960 | 0,956 | 0,959 | 0,958 |
| 7 | 0,964 | 0,966 | 0,965 | 0,961 | 0,964 | 0,963 | 0,959 | 0,962 | 0,961 |
| 8 | 0,964 | 0,966 | 0,965 | 0,963 | 0,966 | 0,965 | 0,958 | 0,959 | 0,959 |

- **Formato de pão de forma “CSC”**

Tabela 12-5 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CSC”.

| Amostras formato “CSC” | Leituras de a_w com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 0,951 | 0,952 | 0,952 | 0,955 | 0,951 | 0,953 | 0,950 | 0,954 | 0,952 |
| 2 | 0,959 | 0,956 | 0,958 | 0,958 | 0,954 | 0,956 | 0,956 | 0,958 | 0,957 |
| 3 | 0,957 | 0,954 | 0,956 | 0,958 | 0,956 | 0,957 | 0,952 | 0,952 | 0,952 |
| 4 | 0,956 | 0,956 | 0,956 | 0,952 | 0,953 | 0,953 | 0,954 | 0,954 | 0,954 |
| 5 | 0,953 | 0,953 | 0,953 | 0,956 | 0,955 | 0,956 | 0,952 | 0,955 | 0,954 |
| 6 | 0,964 | 0,961 | 0,963 | 0,957 | 0,955 | 0,956 | 0,955 | 0,956 | 0,956 |

- **Formato de pão de forma “CCC”**

Tabela 12-6 – Valores de a_w às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CCC”.

| Amostras formato “CCC” | Leituras de a_w com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 0,957 | 0,957 | 0,954 | 0,957 | 0,956 | 0,953 | 0,953 | 0,953 | 0,957 |
| 2 | 0,957 | 0,956 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 0,951 | 0,954 | 0,953 | 0,957 |
| 3 | 0,956 | 0,957 | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,951 | 0,951 | 0,951 | 0,956 |
| 4 | 0,958 | 0,959 | 0,955 | 0,957 | 0,956 | 0,956 | 0,955 | 0,956 | 0,958 |
| 5 | 0,958 | 0,958 | 0,957 | 0,955 | 0,956 | 0,953 | 0,954 | 0,954 | 0,958 |

Capítulo 13 – Anexo 5: Valores de Hr (%) obtidos no estudo 2• **Formato de pão de forma “BSC”***Tabela 13-1 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BSC”.*

| Amostras formato “BSC” | Leituras de Hr (%) com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 40,810 | 40,490 | 40,650 | 40,590 | 41,000 | 40,795 | 40,610 | 40,720 | 40,665 |
| 2 | 40,660 | 40,750 | 40,705 | 41,050 | 40,740 | 40,895 | 41,460 | 41,220 | 41,340 |
| 3 | 40,660 | 40,450 | 40,555 | 41,530 | 40,590 | 41,060 | 41,720 | 41,110 | 41,415 |
| 4 | 40,490 | 39,910 | 40,200 | 40,790 | 41,020 | 40,905 | 41,720 | 41,000 | 41,360 |
| 5 | 41,580 | 40,940 | 41,260 | 41,510 | 41,340 | 41,425 | 41,680 | 41,560 | 41,620 |
| 6 | 41,030 | 40,260 | 40,645 | 41,440 | 40,620 | 41,030 | 41,290 | 41,550 | 41,420 |
| 7 | 41,740 | 40,430 | 41,085 | 41,690 | 40,940 | 41,315 | 41,650 | 41,120 | 41,385 |
| 8 | 41,780 | 40,660 | 41,220 | 41,370 | 41,780 | 41,575 | 42,140 | 41,440 | 41,790 |
| 9 | 41,430 | 41,160 | 41,295 | 41,570 | 40,740 | 41,155 | 42,120 | 41,150 | 41,635 |

- **Formato de pão de forma “BCC”**

Tabela 13-2 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “BCC”.

| Amostras formato “BCC” | Leituras de Hr (%) com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 41,480 | 41,670 | 41,575 | 41,740 | 41,020 | 41,380 | 41,650 | 40,930 | 41,290 |
| 2 | 41,700 | 41,570 | 41,635 | 42,660 | 41,700 | 42,180 | 41,240 | 41,060 | 41,150 |
| 3 | 41,400 | 41,610 | 41,505 | 40,450 | 40,610 | 40,530 | 39,450 | 39,640 | 39,545 |
| 4 | 42,440 | 41,700 | 42,070 | 41,650 | 40,900 | 41,275 | 41,460 | 40,610 | 41,035 |
| 5 | 42,360 | 41,530 | 41,945 | 41,640 | 41,080 | 41,360 | 41,210 | 41,110 | 41,160 |
| 6 | 42,320 | 41,500 | 41,910 | 40,850 | 40,410 | 40,630 | 41,810 | 41,100 | 41,455 |
| 7 | 41,500 | 40,900 | 41,200 | 41,240 | 40,640 | 40,940 | 41,580 | 41,480 | 41,530 |
| 8 | 41,400 | 41,050 | 41,225 | 41,160 | 40,150 | 40,655 | 40,010 | 40,450 | 40,230 |

- **Formato de pão de forma “ISC”**

Tabela 13-3 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “ISC”.

| Amostras formato “ISC” | Leituras de Hr (%) com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 41,780 | 42,460 | 42,120 | 43,090 | 42,650 | 42,870 | 43,340 | 42,470 | 42,905 |
| 2 | 42,950 | 42,340 | 42,645 | 42,620 | 42,980 | 42,800 | 43,810 | 42,940 | 43,375 |
| 3 | 42,270 | 41,550 | 41,910 | 42,430 | 42,250 | 42,340 | 42,860 | 42,130 | 42,495 |
| 4 | 43,350 | 42,130 | 42,740 | 42,900 | 42,890 | 42,895 | 42,990 | 42,930 | 42,960 |
| 5 | 42,230 | 41,820 | 42,025 | 41,980 | 41,680 | 41,830 | 42,960 | 42,990 | 42,975 |
| 6 | 41,040 | 41,580 | 41,310 | 42,180 | 42,070 | 42,125 | 42,990 | 42,280 | 42,635 |

- **Formato de pão de forma “ICC”**

Tabela 13-4 – Valores de Hr(%) às 0h, 1h e 24h da amostra “ICC”.

| Amostras formato “ICC” | Leituras de Hr (%) com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 41,980 | 42,520 | 42,250 | 42,570 | 42,040 | 42,305 | 41,370 | 41,880 | 41,625 |
| 2 | 43,470 | 43,710 | 43,590 | 43,570 | 43,710 | 43,640 | 43,700 | 43,040 | 43,370 |
| 3 | 42,020 | 42,340 | 42,180 | 42,710 | 42,580 | 42,645 | 41,020 | 41,280 | 41,150 |
| 4 | 40,230 | 40,440 | 40,335 | 42,010 | 42,170 | 42,090 | 40,240 | 40,330 | 40,285 |
| 5 | 42,520 | 42,010 | 42,265 | 43,120 | 43,050 | 43,085 | 42,910 | 42,740 | 42,825 |
| 6 | 42,380 | 42,240 | 42,310 | 42,840 | 42,520 | 42,680 | 42,130 | 41,940 | 42,035 |
| 7 | 42,710 | 42,400 | 42,555 | 43,010 | 42,580 | 42,795 | 42,510 | 41,840 | 42,175 |
| 8 | 42,330 | 41,770 | 42,050 | 44,260 | 43,240 | 43,750 | 42,350 | 42,280 | 42,315 |

- **Formato de pão de forma “CSC”**

Tabela 13-5 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CSC”.

| Amostras formato “CSC” | Leituras de Hr (%) com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 40,430 | 39,900 | 40,165 | 39,790 | 39,650 | 39,720 | 41,540 | 41,040 | 41,290 |
| 2 | 41,190 | 40,560 | 40,875 | 40,300 | 40,020 | 40,160 | 40,290 | 40,310 | 40,300 |
| 3 | 41,780 | 41,050 | 41,415 | 40,950 | 40,620 | 40,785 | 41,990 | 41,100 | 41,545 |
| 4 | 41,240 | 40,380 | 40,810 | 40,350 | 40,070 | 40,210 | 42,020 | 40,960 | 41,490 |
| 5 | 39,960 | 38,920 | 39,440 | 38,150 | 39,610 | 38,880 | 41,070 | 39,900 | 40,485 |
| 6 | 39,390 | 39,210 | 39,300 | 37,890 | 38,010 | 37,950 | 40,900 | 40,120 | 40,510 |

• **Formato de pão de forma “CCC”**

Tabela 13-6 – Valores de Hr (%) às 0h, 1h e 24h o formato de pão de forma “CCC”.

| Amostras formato “CCC” | Leituras de Hr (%) com réplicas | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | 0h | | | 1h | | | 24h | | |
| | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média | 1 | 2 | Média |
| 1 | 40,72 | 40,44 | 40,580 | 40,09 | 40,14 | 40,115 | 39,72 | 39,65 | 39,685 |
| 2 | 41,17 | 40,47 | 40,820 | 40,98 | 39,64 | 40,310 | 39,63 | 39,31 | 39,470 |
| 3 | 40,65 | 40,05 | 40,350 | 40,29 | 39,73 | 40,010 | 39,73 | 39,37 | 39,550 |
| 4 | 40,96 | 40,74 | 40,850 | 40,43 | 39,95 | 40,190 | 39,72 | 38,90 | 39,310 |
| 5 | 40,55 | 40,48 | 40,515 | 39,97 | 40,23 | 40,100 | 40,28 | 39,90 | 40,090 |

Capítulo 14 – Anexo 6: Resultados de a_w pelo teste ANOVA e Teste *Tukey* para o estudo 2.

- Formato de pão de forma “BSC”

Tabela 14-1 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “BSC”.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|--------------------|----|----------------|-------|------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | .000 | 2 | .000 | 3.888 | .027 |
| Nos grupos | .000 | 51 | .000 | | |
| Total | .000 | 53 | | | |

Tabela 14-2 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “BSC”.

| <i>Tukey HSD</i> | | | |
|------------------|----|------------------------------|--------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 24 | 18 | .95572 | |
| 0 | 18 | .95700 | .95700 |
| 1 | 18 | | .95722 |
| Sig. | | .081 | .923 |

- Formato de pão de forma “BCC”

Tabela 14-3 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “BCC”.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|--------------------|----|----------------|--------|------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | .000 | 2 | .000 | 37.881 | .000 |
| Nos grupos | .000 | 45 | .000 | | |
| Total | .001 | 47 | | | |

Tabela 14-4 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “BCC”.

| Tukey HSD | | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|----------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| 24 | 16 | .95544 | | |
| 1 | 16 | | .95913 | |
| 0 | 16 | | | .96200 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

- **Formato de pão de forma “ISC”**

Tabela 14-5 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “ISC”.

| ANOVA | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------|-------------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | .000 | 2 | .000 | 6.322 | .005 |
| Nos grupos | .000 | 33 | .000 | | |
| Total | .000 | 35 | | | |

Tabela 14-6 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “ISC”.

| Tukey HSD | | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|--|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | |
| 24 | 12 | .95683 | | |
| 1 | 12 | .95858 | .95858 | |
| 0 | 12 | | .95983 | |
| Sig. | | .113 | .316 | |

- **Formato de pão de forma “ICC”**

Tabela 14-7 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “ICC”.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|--------------------|----|----------------|--------|------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | .000 | 2 | .000 | 16.628 | .000 |
| Nos grupos | .000 | 45 | .000 | | |
| Total | .001 | 47 | | | |

Tabela 14-8 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “ICC”.

| Tukey HSD | | | | |
|-----------|----|------------------------------|--------|--|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | |
| 24 | 16 | .95794 | | |
| 1 | 16 | | .96256 | |
| 0 | 16 | | .96394 | |
| Sig. | | 1.000 | .424 | |

- **Formato de pão de forma “CSC”**

Tabela 14-9 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “CSC”.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|--------------------|----|----------------|-------|------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | .000 | 2 | .000 | 1.467 | .245 |
| Nos grupos | .000 | 33 | .000 | | |
| Total | .000 | 35 | | | |

Tabela 14-10 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “CSC”.

| Tukey HSD | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
| | | 1 |
| 24 | 12 | .95400 |
| 1 | 12 | .95500 |
| 0 | 12 | .95600 |
| Sig. | | .216 |

- **Formato de pão de forma “CCC”**

Tabela 14-11 – Valores da análise do Teste ANOVA para o a_w do formato de pão de forma “CCC”.

| ANOVA | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------|-------------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | .000 | 2 | .000 | 22.873 | .000 |
| Nos grupos | .000 | 27 | .000 | | |
| Total | .000 | 29 | | | |

Tabela 14-12 – Valores da análise do Teste de Tukey para o a_w do formato de pão de forma “CCC”.

| Tukey HSD | | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|----------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| 24 | 10 | .95310 | | |
| 1 | 10 | | .95560 | |
| 0 | 10 | | | .95710 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Capítulo 15 – Anexo 7: Resultados de Hr (%) pelo teste ANOVA e Teste *Tukey* para o estudo 2

- Formato de pão de forma “BSC”

Tabela 15-1 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “BSC”.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|--------------------|----|----------------|-------|------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | 2.795 | 2 | 1.397 | 6.881 | .002 |
| Nos grupos | 10.357 | 51 | .203 | | |
| Total | 13.152 | 53 | | | |

Tabela 15-2 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “BSC”.

| Tukey HSD | | | |
|-----------|----|------------------------------|---------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 0 | 18 | 40.8461 | |
| 1 | 18 | 41.1283 | 41.1283 |
| 24 | 18 | | 41.4033 |
| Sig. | | .155 | .170 |

- Formato de pão de forma “BCC”

Tabela 15-3 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “BCC”.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|--------------------|----|----------------|-------|------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | 4.292 | 2 | 2.146 | 5.858 | .005 |
| Nos grupos | 16.483 | 45 | .366 | | |
| Total | 20.775 | 47 | | | |

Tabela 15-4 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “BCC”.

| Tukey HSD | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 24 | 16 | 40.9244 | |
| 1 | 16 | 41.1188 | 41.1188 |
| 0 | 16 | | 41.6331 |
| Sig. | | .638 | .052 |

- **Formato de pão de forma “ISC”**

Tabela 15-5 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “ISC”.

| ANOVA | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------|-------------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | 3.527 | 2 | 1.763 | 6.596 | .004 |
| Nos grupos | 8.822 | 33 | .267 | | |
| Total | 12.349 | 35 | | | |

Tabela 15-6 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “ISC”.

| Tukey HSD | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 0 | 12 | 42.1250 | |
| 1 | 12 | 42.4767 | 42.4767 |
| 24 | 12 | | 42.8908 |
| Sig. | | .233 | .138 |

- **Formato de pão de forma “ICC”**

Tabela 15-7 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “ICC”.

| ANOVA | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------|-------------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | 7.068 | 2 | 3.534 | 5.119 | .010 |
| Nos grupos | 31.071 | 45 | .690 | | |
| Total | 38.140 | 47 | | | |

Tabela 15-8 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “ICC”.

| Tukey HSD | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 24 | 16 | 41.9725 | |
| 0 | 16 | 42.1919 | 42.1919 |
| 1 | 16 | | 42.8738 |
| Sig. | | .737 | .063 |

- **Formato de pão de forma “CSC”**

Tabela 15-9 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “CSC”.

| ANOVA | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------|-------------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | 10.467 | 2 | 5.234 | 6.678 | .004 |
| Nos grupos | 25.861 | 33 | .784 | | |
| Total | 36.328 | 35 | | | |

Tabela 15-10 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma “CSC”.

| Tukey HSD | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 1 | 12 | 39.6175 | |
| 0 | 12 | 40.3342 | 40.3342 |
| 24 | 12 | | 40.9367 |
| Sig. | | .132 | .233 |

- **Formato de pão de forma “CCC”**

Tabela 15-11 – Valores da análise do Teste ANOVA para a Hr (%) do formato de pão de forma “CCC”.

| ANOVA | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------|-------------|
| | Soma dos Quadrados | gl | Quadrado Médio | F | Sig. |
| Entre Grupos | 5.024 | 2 | 2.512 | 20.080 | .000 |
| Nos grupos | 3.377 | 27 | .125 | | |
| Total | 8.401 | 29 | | | |

Tabela 15-12 – Valores da análise do Teste de Tukey para a Hr (%) do formato de pão de forma CCC.

| Tukey HSD | | | | |
|------------------|----------|-------------------------------------|----------|----------|
| tempo (h) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| 24 | 10 | 39.6210 | | |
| 1 | 10 | | 40.1450 | |
| 0 | 10 | | | 40.6230 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Capítulo 16 – Anexo 8: Valores médios e desvio-padrão para o estudo 2.• **Hr (%)***Tabela 16-1 – Valores médios de Hr (%), desvio-padrão e diferenças entre os diferentes intervalos de tempo com base nos resultados obtidos no Anexo 5, dos formatos de pão de forma.*

| Formatos de pão de forma | Intervalos de tempo | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | 0h | 1h | 24h |
| D | 40,846 ± 0,383 ^a | 41,128 ± 0,263 ^{ab} | 41,403 ± 0,317 ^b |
| E | 41,633 ± 0,325 ^b | 41,244 ± 0,535 ^{ab} | 40,799 ± 0,649 ^a |
| F | 42,125 ± 0,523 ^a | 42,643 ± 0,327 ^{ab} | 42,891 ± 0,306 ^b |
| G | 32,192 ± 0,893 ^{ab} | 42,874 ± 0,590 ^b | 41,973 ± 0,963 ^a |
| H | 40,334 ± 0,847 ^{ab} | 39,618 ± 1,034 ^a | 40,937 ± 0,564 ^b |
| CCC | 40,623 ± 0,211 ^c | 40,145 ± 0,112 ^b | 39,621 ± 0,295 ^a |

• **a_w***Tabela 16-2 – Valores médios de a_w, desvio-padrão e diferenças entre os diferentes intervalos de tempo com base nos resultados obtidos no Anexo 5, dos formatos de pão de forma.*

| Formatos de pão de forma | Intervalos de tempo | | |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | 0h | 1h | 24h |
| D | 0,957 ± 2,236×10 ^{-3ab} | 0,958 ± 2,068×10 ^{-3b} | 0,956 ± 1,054×10 ^{-3a} |
| E | 0,962 ± 2,722×10 ^{-3c} | 0,960 ± 1,690×10 ^{-3b} | 0,956 ± 1,282×10 ^{-3a} |
| F | 0,960 ± 2,168×10 ^{-3b} | 0,959 ± 1,571×10 ^{-3ab} | 0,957 ± 1,744×10 ^{-3a} |
| G | 0,964 ± 2,957×10 ^{-3b} | 0,963 ± 2,267×10 ^{-3b} | 0,957 ± 3,364×10 ^{-3a} |
| H | 0,955 ± 2,545×10 ^{-3a} | 0,956 ± 2,108×10 ^{-3a} | 0,954 ± 1,975×10 ^{-3a} |
| CCC | 0,957 ± 9,618×10 ^{-4c} | 0,956 ± 4,183×10 ^{-4b} | 0,953 ± 1,458×10 ^{-3a} |