



ESTG

2019 ESTUDO DO COMPORTAMENTO DAS PROPRIEDADES DA MASSA DE PÃO TIPO “BIJOU” DURANTE O TEMPO DE ARMAZENAMENTO COM DIFERENTES MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE VIANA DO CASTELO

## ESTUDO DO COMPORTAMENTO DAS PROPRIEDADES DA MASSA DE PÃO TIPO “BIJOU” DURANTE O TEMPO DE ARMAZENAMENTO COM DIFERENTES MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO

Hélder Filipe da Rocha Ferreira



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE VIANA DO CASTELO

Helder Filipe da Rocha Ferreira

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DAS PROPRIEDADES DA  
MASSA DE PÃO TIPO “BIJOU” DURANTE O TEMPO DE  
ARMAZENAMENTO COM DIFERENTES MÉTODOS DE  
CONSERVAÇÃO

Nome do Curso de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação da  
Professora Doutora Rita Pinheiro

novembro de 2019

# AGRADECIMENTOS

Agradeço à empresa Padaria Senhora d’Ajuda, Lda., de modo especial ao proprietário Sr. Augusto Queirós pela oportunidade de realização deste trabalho e ao Sr. Paulo Oliveira pela disponibilidade e apoio nas tarefas realizadas.

À minha orientadora, Professora Doutora Rita Pinheiro, pela a disponibilidade e orientação, de modo especial ao seu apoio e partilha de conhecimento que ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

À Engenheira Susana Rocha, agradeço o apoio e a disponibilidade durante a execução do trabalho laboratorial.

Aos meus colegas de mestrado pelo companheirismo e amizade.

Agradeço aos meus pais pela oportunidade, incentivo e esforço que fizeram para eu atingir este objetivo.

Agradeço à Sara, pelo carinho, apoio e auxílio, ajudando-me a ter força e motivação para desenvolver este trabalho.

## Apresentação do poster

**H. Ferreira, R. Pinheiro (2019)** Industrial bread dough texture and rheological properties during storage time under different preservation methods. In: CHEM2019 - 2nd Food Chemistry Conference. Book of Abstracts. [P3.1.32]

**H. Ferreira, R. Pinheiro (2021)** Comparison of different preservation methods on the microbiological, texture and color properties of industrial bread during storage time. In: Microbiotec 21 – Congress of Microbiology and Biotechnology 2021. Book of Abstracts. [P390]. Pp. 640-641, Lisboa, 23-26 Novembro.

## RESUMO

Atualmente, a indústria tem vindo a demonstrar uma crescente preocupação em fornecer aos seus clientes e consumidores produtos alimentares de elevada qualidade e com maior tempo de vida. O recurso a técnicas de conservação de massa do pão, que permitam ter disponível pão para cozer a qualquer hora do dia, oferece várias vantagens à indústria, como sendo a economia de tempo, de espaço e de equipamentos, assim como a minimização dos custos de transporte.

Este trabalho teve como objetivo o estudo do comportamento da massa de pão de trigo durante o tempo de armazenamento, recorrendo a diferentes métodos de conservação. A massa de pão de trigo foi embalada em sacos de polietileno (porções de 40 g) e armazenado em vácuo parcial (50%), atmosfera modificada (ATM) (50%CO<sub>2</sub>/50%N<sub>2</sub>) e ultracongelação (-35 °C). As amostras foram armazenadas a 4 °C e -18 °C durante 15 e 90 dias para o vácuo e ATM, e congelação, respetivamente. Em simultâneo também foi realizado um ensaio controlo, com ar, para simular o processo produtivo que se encontra atualmente implementado na empresa. A massa e respetivo pão (após cozedura a 200 °C durante 11 min) foram caracterizados ao nível das propriedades reológicas e de textura, microbiológica, cor, teor de Humidade, atividade da água e pH. As amostras foram analisadas ao longo do tempo 0,1,2,4,8,15 dias para os métodos de vácuo e ATM e 0,8,15,30,60,90 dias para a congelação. Aplicou-se aos resultados uma análise de variância (*oneway* ANOVA) e testes de *Tukey* para confirmação das diferenças que eventualmente ocorram entre grupos ( $p < 0,05$ ).

Os resultados da textura mostraram que a dureza do miolo e da crosta do pão aumentou ao longo do tempo, no caso do controlo, vácuo e ATM. Pelo contrário, a dureza das amostras armazenadas -18°C manteve-se constante por um maior período de tempo. O pH obteve um comportamento semelhante. A atividade da água e o teor de Humidade apresentaram diferenças ao longo do tempo de armazenamento independentemente do método de conservação utilizado. Em relação aos resultados da cor, a luminosidade da crosta e do miolo do pão diminuíram ao longo do tempo independentemente do método estudado. Relativamente à viscosidade da massa, verificou-se que o índice de consistência

diminuiu ao longo do tempo para todos os métodos, sendo menos acentuado no caso da congelação. De forma geral verificou-se que o índice de escoamento aumentou ao longo do tempo para todos os métodos. Através dos resultados obtidos na análise microbiológica concluiu-se que a massa de pão e o pão após cozedura cumprem com os parâmetros de qualidade e segurança alimentar exigidos pelo Regulamento (CE) N.º 1441/2007 e pelos guias definidos pela *Health Protection Agency* (HPA), apresentando qualidade satisfatória relativamente aos parâmetros analisados.

Este trabalho permitiu concluir que o armazenamento a -18°C da massa de pão de trigo poderá ser uma solução viável para a indústria, a fim de prolongar o tempo de vida útil, assegurando ao consumidor um produto de qualidade a qualquer hora do dia e fundamental para melhorar o desempenho da panificadora.

# ABSTRACT

Currently, the industry has been showing a growing concern to provide its customers and consumers with high quality food products with a longer shelf-life. The use of bread dough conservation techniques that allow bread to be baked at any time of the day, offers several advantages to the industry, such as time, space and equipment saving, as well as minimizing transport costs.

This work aimed to study the behavior of wheat bread dough during storage time, using different preservation methods. Wheat bread dough was packed in polyethylene bags (40 g portions) and stored with partial vacuum (50%), modified atmosphere (ATM) (50%CO<sub>2</sub>/50%N<sub>2</sub>) and ultra-freezing (-35 °C). The samples were stored at 4 °C and -18 °C for 15 and 90 days for vacuum and ATM, and freezing, respectively. Simultaneously, a control test was also performed, with air, to simulate the production process that is currently implemented in the company. The dough and bread (after baking at 200 °C for 11 min) were characterized in terms of rheological and texture properties, microbiological, colour, moisture content, water activity and pH. Samples were analysed over time, during 0, 1, 2, 4, 8, 15 days for vacuum and ATM methods and 0, 8, 15, 30, 60, 90 days for freezing. An analysis of variance (oneway ANOVA) and Tukey's test were applied to the results when the previous analysis showed differences between the groups ( $p < 0.05$ ).

Texture results showed that the hardness of the crumb and crust of the bread increased over time for the control, vacuum and ATM. On the contrary, the hardness of the samples stored at -18 °C remained constant for a longer period of time. The pH obtained a similar behaviour. The water activity and the moisture content showed differences along the storage time regardless of the preservation method used. Regarding the results of colour, the brightness of bread crust and crumb decreased over time regardless of the method studied. Concerning dough viscosity, it was found that the consistency index decreased over time for all methods, being less pronounced in the case of freezing. In general, it was observed that the flow index increased over time for all methods. Through the results obtained in the microbiological analysis it was concluded that dough and bread are according with the quality and food safety parameters required by

Regulation (EC) No. 1441/2007 and the guides defined by the Health Protection Agency (HPA), presenting satisfactory quality in relation to the parameters analysed.

It was concluded that the storage at -18 °C of wheat bread dough may be a viable solution for the industry in order to extend the shelf-life, assuring the consumer a quality product at any time of the day and fundamental to improve the performance of the bakery.



# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	ii
Apresentação do poster .....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABELAS .....	xvi
ÍNDICE DE EQUAÇÕES .....	xix
1. INTRODUÇÃO .....	20
1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	22
1.2. ENQUADRAMENTO .....	22
1.3. OBJETIVOS.....	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFIA .....	24
2.1. A INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO.....	24
2.2. MATÉRIAS-PRIMAS .....	25
2.2.1. FARINHA DE TRIGO .....	25
2.2.2. A LEVEDURA <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> .....	27
2.2.3. SAL (QUANTIDADE MÁXIMA DE SAL UTILIZÁVEL).....	28
2.2.4. ÁGUA .....	29
2.2.5. AUXILIAR TECNOLÓGICO .....	29
2.3. TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO .....	30
2.3.1. A CONSERVAÇÃO DO PÃO.....	30
2.3.2. EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA (ATM) .....	33
2.3.3. VÁCUO .....	34
2.3.4. CONGELAÇÃO .....	34
2.4. VISCOSIDADE .....	39
2.4.1. FLUIDOS NEWTONIANOS.....	39

2.4.2.	FLUÍDOS NÃO NEWTONIANOS.....	40
2.4.3.	MODELOS REOLÓGICOS .....	42
3.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	44
3.1.	MATÉRIAS-PRIMAS .....	44
3.2.	FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVA.....	45
3.3.	TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO DE MASSA DE PÃO .....	47
3.3.1.	ATMOSFERA MODIFICADA E VÁCUO .....	48
3.3.2.	ULTRACONGELAÇÃO .....	48
3.4.	MÉTODOS ANALÍTICOS .....	49
3.4.1.	MONITORIZAÇÃO DOS GASES AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO .....	50
3.4.2.	ATIVIDADE DA ÁGUA .....	51
3.4.3.	TEOR DA HUMIDADE .....	51
3.4.4.	PH.....	52
3.4.5.	COR.....	52
3.4.6.	VISCOSIDADE.....	53
3.4.7.	TEXTURA.....	54
3.4.8.	RESISTÊNCIA À EXTENSÃO .....	57
3.4.9.	AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	59
3.4.10.	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	60
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
4.1.	CONCENTRAÇÃO DE CO <sub>2</sub> AO LONGO DO TEMPO.....	61
4.2.	DETERMINAÇÃO DO PH .....	62
4.2.1.	PH DA MASSA.....	62
4.2.2.	PH DO PÃO COZIDO.....	64
4.3.	DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DA ÁGUA.....	65
4.4.	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE.....	66

4.5.	DETERMINAÇÃO DA COR .....	67
4.5.1.	COR DA MASSA .....	67
4.5.2.	COR DA Crosta e MIOLO .....	70
4.6.	TEXTURA .....	73
4.6.1.	RESISTÊNCIA À EXTENSÃO .....	73
4.6.2.	DUREZA DA Crosta.....	75
4.6.3.	DUREZA DO MIOLO .....	76
4.6.4.	COESIVIDADE .....	78
4.6.5.	ADESIVIDADE .....	79
4.6.6.	GOMOSIDADE .....	80
4.7.	ANÁLISE MULTIVARIADA .....	82
4.8.	DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE .....	84
4.9.	ESTRUTURA DO PÃO E MIOLO – COMPARAÇÃO VISUAL .....	85
4.10.	AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA .....	90
5.	CONCLUSÃO .....	92
6.	BIBLIOGRAFIA .....	95
7.	ANEXOS .....	100

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Efeito da concentração de sal na fermentação na atividade da levedura. Fonte: P.Cauvin, S., S.Young, L., (1998).....	
Figura 2 - Comportamento de um fluido newtoniano (Fonte: Figura & Teixeira, 2007). .....	
Figura 3 - Fluido newtoniano tensão de corte vs taxa de corte (Fonte: Figura & Teixeira, 2007). .....	
Figura 4 - Comportamento de fluidos não newtonianos (Fonte: Figura & Teixeira, 2007). .....	
Figura 5 - Comportamento dos fluidos em relação ao tempo (Fonte: Sahin & Sumnu, 2006.).....	
Figura 6 - Fluxograma do processo produtivo do pão tipo Bijou. ....	
Figura 7 - Massa de pão de trigo (40g). ....	
Figura 8 - Massa de pão de trigo embalada.....	
Figura 9 - Equipamento para embalagem em atmosfera modificada. ....	
Figura 10 - Aplicação de vácuo parcial nas embalagens de massa de pão. ....	
Figura 11 - Equipamento de medida da atmosfera no interior da embalagem (Dansensor CheckMate II, Dinamarca).....	
Figura 12 - Equipamento de medida da atividade da água. ....	
Figura 13 - Equipamento de medida de pH.....	
Figura 14 - Equipamento de medida do parâmetro da cor (Minolta CR-300). ....	
Figura 15 - Métodos de teste para a determinação da viscosidade. ....	
Figura 16 - Sonda para determinação da textura da crosta .....	
Figura 17 - Sonda para a determinação da textura do miolo. ....	
Figura 18 - Métodos utilizadas para a determinação da textura da crosta. ....	
Figura 19 - Métodos utilizadas para a determinação da textura do miolo. ....	
Figura 20 - Exemplo do gráfico obtido pelo teste à textura da crosta.....	
Figura 21 - Exemplo do gráfico obtido pelo teste à textura do miolo.....	
Figura 22 - Métodos de teste para determinação da resistência à extensão. ....	
Figura 23 - Moldagem da massa para 8mm.....	
Figura 24 - Exemplo de iniciação do teste à resistência à extensão da massa do pão. ....	

Figura 25 - Exemplo do momento de rotura da massa. ....	
Figura 26 - Exemplo do gráfico obtido na análise da resistência à extensão da massa de pão.....	
Figura 27 - Variação da percentagem de CO <sub>2</sub> ao longo do tempo para o método de conservação ATM. Controlo corresponde à embalagem vazia. ....	
Figura 28 - Variação do pH da massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 29 - Variação do pH da massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 30 - Variação do pH da massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3.....	
Figura 31 - Variação do pH do pão cozido do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 32 - Variação do pH do pão cozido do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3.....	
Figura 33 - Variação do pH do pão cozido do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 34 - Variação da atividade da água na massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 35 - Variação da atividade da água na massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 36 - Variação da atividade da água na massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 37 - Variação da percentagem de Humidade na massa do pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 38 - Variação da percentagem de Humidade na massa do pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 39 - Variação da percentagem de Humidade na massa do pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=3. ....	
Figura 40 - Variação da luminosidade da massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios ± desvio padrão, n=10.....	

Figura 41 - Variação da luminosidade da massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 42 - Variação da luminosidade da massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 43 - Variação da razão  $L^*/b^*$  da massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 44 - Variação da razão  $L^*/b^*$  da massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 45 - Variação da razão  $L^*/b^*$  da massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 46 - Variação da luminosidade da crosta de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 47 - Variação da luminosidade da crosta de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

.....

Figura 48 - Variação da luminosidade da crosta de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 49 - Variação da luminosidade do miolo de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 50 - Variação da luminosidade do miolo de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 51 - Variação da luminosidade do miolo de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 52 - Variação da razão  $L^*/b^*$  do miolo de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 53 - Variação da razão  $L^*/b^*$  do miolo de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 54 - Variação da razão  $L^*/b^*$  do miolo de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 55 - Variação da resistência à extensão da massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 56 - Variação da resistência à extensão da massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 57 - Variação da resistência à extensão da massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 58 - Variação da dureza na crosta do pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 59 - Variação da dureza na crosta do pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 60 - Variação da dureza na crosta do pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 61 - Variação da dureza no miolo do pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 62 - Variação da dureza no miolo do pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 63 - Variação da dureza no miolo do pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 64 - Variação da coesividade no miolo do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 65 - Variação da coesividade no miolo do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 66 - Variação da coesividade no miolo do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 67 - Variação da adesividade no miolo do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 68 - Variação da adesividade no miolo do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 69 - Variação da adesividade no miolo do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 70 - Variação da gomosidade no miolo do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 71 - Variação da gomosidade no miolo do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10. ....

Figura 72 - Variação da gomosidade no miolo do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.....

Figura 73 - Comportamento da massa de pão: viscosidade aparente vs. taxa de corte .....



# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Designação dos aditivos alimentares presentes num melhorante típico (Fonte: Calaveras, J., 2004).....	30
Tabela 2 - Função dos aditivos alimentares presentes no melhorante (Fonte: Calaveras, J., 2004). .....	30
Tabela 3 - Resultados do índice de qualidade e análise sensorial descritiva (Adaptado: Curic et al., 2008).....	32
Tabela 4 - Temperaturas que influenciam o processo produtivo do pão (Adaptado de Calaveras, J., 2004). .....	33
Tabela 5 - Estudos realizados para a conservação do pão pelo método de congelação. ....	36
Tabela 6 - Influência do tempo em fluidos não newtonianos (Fonte: Figura & Teixeira, 2007). .....	41
Tabela 7 - Descrição do comportamento dos fluidos (Adaptado: Figura & Teixeira, 2007). .....	42
Tabela 8 - Percentagem de ingredientes por peso de farinha de trigo T65.....	44
Tabela 9 - Tempo e temperatura de armazenamento nos diferentes métodos de conservação. ....	49
Tabela 10 - Análises realizadas à massa e pão após cozedura.....	49
Tabela 11 - Referência do método para cada parâmetro microbiológico da massa de pão. ....	59
Tabela 12 - Referência do método para cada parâmetro microbiológico de pão cozido. ....	59
Tabela 15 - Variação do índice de escoamento e consistência nos diferentes métodos de conservação. ....	84
Tabela 16 - Variação da altura do pão ao longo do tempo de armazenamento. ....	85
Tabela 17 - Estrutura do pão em diferentes métodos ao longo do tempo .....	
Tabela 18 - Estrutura do pão preservado por método de congelação ao longo do tempo .....	
Tabela 19 - Aparência do miolo do pão preservado por método de congelação ao longo do tempo.....	

Tabela 20 - Aparência do miolo do pão em diferentes métodos ao longo do tempo .....	
Tabela 13 - Resultados obtidos para cada parâmetro microbiológico da massa de pão .....	91
Tabela 21 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos de pH da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo. ....	100
Tabela 22 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos de pH do pão cozido nos diferentes métodos ao longo do tempo. ....	100
Tabela 23 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da atividade da água da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo. ....	101
Tabela 24 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da percentagem da Humidade na massa nos diferentes métodos ao longo do tempo. .....	101
Tabela 25 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da luminosidade da crosta nos diferentes métodos ao longo do tempo.....	102
Tabela 26 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da luminosidade da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo.....	102
Tabela 27 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da razão L*/b* da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo.....	103
Tabela 28 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da luminosidade do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo .....	103
Tabela 29 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da razão L*/b* do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo.....	104
Tabela 30 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da resistência à extensão da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo .....	104
Tabela 31 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da dureza da crosta nos diferentes métodos ao longo do tempo.....	105
Tabela 32 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da dureza do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo .....	105
Tabela 33 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da coesividade do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo .....	106
Tabela 34 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da gomosidade do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo.....	106

Tabela 35 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da adesividade da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo.....	107
Tabela 36 - Resultados obtidos no controlo da concentração da atmosfera modificada.....	107

# ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fermentação da levedura .....	27
Equação 2 - Comportamento de um fluido newtoniano.....	
Equação 3 - Modelo de Ostwald-de-Waele .....	
Equação 4 - Representação logarítmica da equação do modelo de Ostwald-de-Waele. ....	
Equação 5 - Determinação do teor de Humidade. ....	51
Equação 6 - Razão $L^* / b^*$ .....	53

# 1. INTRODUÇÃO

Numa dieta equilibrada, o pão pode ser considerado um alimento com uma função importante, a qual contribui para a ingestão de energia diária do Homem, devido ao amido que se encontra presente na sua constituição, fonte de hidrato de carbono (Altamirano-Fortoul & Rosell, 2011). Existem diversos tipos de pão disponíveis para satisfazer as necessidades da sociedade.

Na atualidade, o pão já não é um alimento simples tendo adquirido benefícios ao nível da saúde “bem-estar”, através da diminuição do teor de sal e do aumento do teor de fibras. Um estudo recente, realizado por Sajdakowska et al. (2019), demonstrou a divisão da população relativamente à escolha do tipo de pão que consome: uma parte da população, preocupada com a saúde, opta por pão com redução de sal ou com adição de sementes e/ou integral, enquanto a outra fração populacional tem o sabor como principal escolha, optando pelo tradicional pão branco. Este estudo demonstra que o pão tem sofrido uma constante evolução indo ao encontro das tendências de mercado, levando à necessidade de promover soluções para o consumidor atual, preocupado com a saúde. Cada vez mais os consumidores exigem produtos com elevada qualidade, por isso é necessário assegurar que o nível de qualidade do produto se mantenha, desde a sua produção até ao consumidor final.

As alterações no pão ao nível de formulação, etapas do processo produtivo e conservação devem manter as características típicas do pão branco tradicional, de forma a preservar a sua textura e sabor perceptível pelo consumidor (Gao, Wang, Dong, & Zhou, 2018). O pão é um alimento comum em todo o mundo, produzido praticamente por todos os países e dos mais consumidos por toda a humanidade sendo considerado um dos alimentos “processados” mais antigos da história. Este alimento é constituído por farinha, água, levedura e sal na sua formulação tendo cada ingrediente um papel importante para sua produção (Cauvain & Young, 1998). O glúten é um complexo proteico que confere determinadas propriedades de textura e sensoriais ao pão (Gallagher, Gormley, & Arendt, 2003).

O pão tradicional, após o seu fabrico, tem um tempo de vida reduzido quando conservado à temperatura ambiente (Luo, Sun, Zhu, & Wang, 2018). Um tempo de vida reduzido provoca a perda rápida de frescura que influencia a qualidade do produto e, conseqüentemente, a aceitabilidade do consumidor (Curic et al., 2008). O rápido envelhecimento do pão provoca imensas perdas económicas no setor da panificação (Eckardt et al., 2013). Por isso, o tempo de vida é um atributo importante para os produtos, assegurando os requisitos de segurança e qualidade para garantir a aceitação do consumidor (Yuthana Phimolsiripol & Suppakul, 2016).

A necessidade de aumentar o tempo de vida do pão leva o sector da panificação à necessidade em implementar métodos de conservação no processo produtivo do pão.

A conservação dos alimentos pode ser realizada recorrendo a diversos métodos, como a atmosfera modificada (ATM) e vácuo, auxiliadas pela temperatura de refrigeração, no caso dos alimentos perecíveis, e pela congelação (Embleni, 2013).

Independentemente do método de conservação implementado com as respetivas vantagens e desvantagens, pretende-se manter as características organoléticas, típicas de um pão fresco. A qualidade do pão é influenciada por diversos parâmetros, tal como a atividade da levedura, a estrutura da rede de glúten, as reações fermentativas, as propriedades viscoelásticas, que por sua vez são afetadas pelo método de conservação e tempo de armazenamento.

## 1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Padaria Sr<sup>a</sup> d’Ajuda, Lda. é uma empresa da área alimentar, do sector da panificação, afiliada em Alvarães, distrito de Viana do Castelo, tendo como principal atividade a produção de uma diversa gama de produtos de panificação para expedição. Contudo o pão tipo “Bijou” corresponde a cerca de 70% da produção total da panificadora, sendo expedido como produto “pré-acabado” e “acabado”<sup>1</sup>, a superfícies comerciais ou ao consumidor final. A empresa fabrica ainda diversos produtos como, pão de cereais, pão de alfarroba, pão mistura, pão de milho e girassol, entre outras especialidades.

## 1.2. ENQUADRAMENTO

A conservação da massa de pão é uma prática cada vez mais utilizada na atualidade, para permitir o aumento tempo de vida do produto, podendo assim facilitar a cadeia alimentar do setor da panificação.

A empresa “Sr<sup>a</sup> d’Ajuda” pretende aumentar o tempo de armazenamento e consequentemente o tempo de vida, da massa de pão tipo “Bijou”. Desta forma a empresa consegue: a) aumentar o stock de pão; b) melhorar o planeamento de tarefas; c) otimizar a gestão de turnos, de forma a permitir a otimização dos processos e crescimento no mercado. A necessidade de aumentar o tempo de vida da massa de pão, obriga à utilização de técnicas de conservação mais eficazes em alternativa à conservação da massa à temperatura de refrigeração.

Atualmente a empresa só consegue armazenar a massa do pão tipo “Bijou”, em refrigeração, durante 1 ou 2 dias sem alteração da formulação do produto (adição de aditivos). Este método torna-se insuficiente para a procura diária, influenciando a capacidade de resposta da empresa face ao mercado, sendo por isso fundamental encontrar alternativas de conservação.

---

<sup>1</sup> **Produto pré-acabado:** Produto com etapas do processo produtivo por realizar de forma a estar disponível para consumo. **Produto acabado:** Produto com o processo produtivo finalizado, disponível para o consumidor final.

### 1.3. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho, consiste na aplicação de diferentes métodos de conservação à massa de pão tipo “Bijou” e a respetiva avaliação de diversas propriedades, ao longo do tempo de armazenamento, de forma a selecionar o método mais adequado de conservação para a empresa panificadora.

O trabalho desenvolvido contemplou as seguintes fases e atividades:

- Numa primeira fase procedeu-se ao embalamento da massa de pão tipo “Bijou” em ATM, vácuo e ar atmosférico (controlo) e seguidamente ao seu armazenamento em ambiente refrigerado. Foi também utilizado o método de conservação por ultracongelação. Procedeu-se à caracterização microbiológica da massa do pão e do pão após cozedura.
- Numa segunda fase, o pão armazenado foi caracterizado ao nível da textura e reologia, cor, teor de Humidade, atividade da água e pH possibilitando a análise do comportamento da massa e do pão, após cozedura, ao longo do tempo para os diferentes métodos de conservação.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO

Segundo a portaria n.º52/2015 de 26 fevereiro (Diário da República, 1.ª série - N.º 40 - 26 de fevereiro de 2015) o pão de trigo é fabricado com farinha de trigo dos tipos 45, 55, 65, 80 ou 110, água potável, sal e fermento ou levedura, podendo também ser utilizados farinha de glúten, extrato de malte, açúcares e determinados aditivos. Segundo ainda esta portaria, o pão pode ser fabricado com diversos tipos de farinha com determinada quantidade e granulometria originando vários tipos de pão como, pão de trigo, pão de trigo integral, pão de centeio, pão integral de centeio, pão triticale, pão de mistura, pão de milho e pão especial.

O trigo é o cereal mais consumido em todo o mundo. Nos países industrializados o trigo e seus derivados correspondem a  $\frac{3}{4}$  do consumo total de cereais. O trigo em grão não pode exceder os 15% de Humidade antes de ser processado (Callejo González, Rodríguez Badiola, & Gil González, 2002; Calaveras, 2004).

A Portaria n.º52/2015 de 26 fevereiro (Diário da República, 1.ª série - N.º 40 - 26 de fevereiro de 2015) define pão como o “produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em métodos adequados, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, estremes ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura, sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nos métodos legalmente fixadas”.

O pão é um alimento semelhante a uma espuma sólida devido à inclusão de gás na sua matriz resultante da fermentação de leveduras e ao processo de amassadura (Gao et al., 2018). O interior do pão é formado por alvéolos que dependem da formação e retenção de gás na massa (Cauvain & Young, 1998).

A cor característica do pão desenvolve-se durante a etapa de cozedura através de reações de *Maillard* que provocam o escurecimento do pão. A cor também está diretamente relacionada com a natureza da farinha. Na generalidade

a farinha de trigo apresenta cor mais clara devido ao menor teor de fibra presente da sua constituição (Kurek, Wyrwysz, Karp, Brzeska, & Wierzbicka, 2017).

As propriedades reológicas da massa determinam a qualidade do produto final (Gechev, Zsivanovits, & Marudova, 2019). Na panificação existem quatro propriedades físicas na massa muito importantes para a qualidade do produto final: dureza, extensibilidade, elasticidade e adesividade (Callejo González et al., 2002). A dureza é dos parâmetros mais relevantes para caracterizar a qualidade do produto, estando diretamente relacionado com a aceitabilidade do consumidor (Majzooobi, Raissjalali, Jamalian, & Farahnaky, 2015).

## 2.2. MATÉRIAS-PRIMAS

### 2.2.1. FARINHA DE TRIGO

A farinha é um produto obtido através do processo de moagem dos grãos de diversos cereais. Na produção do pão, a farinha mais utilizada é a farinha de trigo. A farinha de trigo tem propriedades que conferem uma estrutura “esponjosa” ao pão (Rashidi, HadiNezhad, Rajabzadeh, Yarmand, & Nemat, 2016).

A farinha de trigo é constituída por diversas proteínas, sendo que o glúten representa 80% a 90% do total das proteínas presentes, permitindo reconhecer a qualidade da farinha. O glúten é formado pelas gliadinas e as gluteninas que se formam no endosperma do grão do trigo e apresentam diferenças químicas e físicas entre si (Callejo González et al., 2002).

As gliadinas são proteínas monoméricas com ligações dissulfúricas a nível intracelular, por sua vez, as gluteninas representam-se por proteínas poliméricas, cujas subunidades estão interligadas por ligações dissulfúricas intermoleculares formando multipolímeros lineares. As gliadinas e as gluteninas, após hidratação, contribuem para a formação da rede de glúten, porque durante a etapa de amassadura no processo produtivo de produtos de panificação, a gliadina e a glutenina, interagem entre si por ligações não covalentes (Pei Wang, Zou, Tian, Gu, & Yang, 2018). Quando são hidratadas, as gliadinas apresentam um comportamento líquido viscoso, promovendo extensibilidade à massa. Por sua vez,

as gluteninas, apresentam um comportamento sólido elástico conferindo à massa elasticidade e coesividade (Callejo González et al., 2002).

A farinha de trigo, que forma redes de glúten mais fortes, demonstra elevada resistência à extensão sendo adequada para a produção de massa de pão congelada (Frauenlob et al., 2017).

O glúten, juntamente com o amido, permite a absorção da água durante a etapa de amassadura, promovendo extensibilidade e elasticidade à massa, responsável pelo volume do pão e da textura do miolo.

O amido representa 65% da constituição da farinha, dividindo-se em amilose, 23%, e amilopectina, 73%. A amilose corresponde a uma cadeia linear de unidades de glucose unidas por ligações  $\alpha$ -1,4, enquanto a amilopectina tem uma estrutura muito ramificada (Cauvain & Young, 1998).

O amido é muito importante nos processos da panificação devido à sua capacidade de absorção e à viscosidade que confere à massa. O tamanho dos grânulos do amido tem uma relação proporcional com a força<sup>2</sup> das farinhas (Calaveras, J.,2004). Durante a cozedura do pão ocorre a gelatinização do amido, que se traduz na transformação da massa viscosa num produto sólido cozido (Callejo González, M., 2002). Quando o pão é armazenado ocorre o fenómeno de retrogradação do amido que é o principal responsável pelo endurecimento do pão. O arrefecimento do amido após a sua gelatinização, provoca o enfraquecimento das ligações (Cauvain & Young, 1998).

---

<sup>2</sup> Força da farinha corresponde à quantidade de proteínas presente nos grãos do trigo, capaz de formar uma rede de glúten resistente.

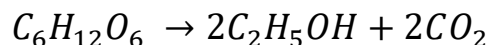
2.2.2. A LEVEDURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

A levedura é utilizada na elaboração de produtos de panificação, há pelo menos seis milhões de anos, e estima-se que os pioneiros da sua utilização para fermentação de massas foram os antigos egípcios (Cauvain & Young, 1998).

A *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura mais comercializada para massas lédedas devido ao custo de produção relativamente baixo e comercialmente disponível em diversas condições de armazenamento (Vernon-Carter, Garcia-Diaz, Reyes, Carrillo-Navas, & Alvarez-Ramirez, 2017). Existem alguns tipos de leveduras utilizadas para produção de massa congelada, como a levedura fresca, a líquida e a desidratada, sendo que a última é a mais utilizada na indústria de panificação (Luo et al., 2018).

A levedura fermenta o açúcar presente no cereal, o trigo, e produz álcool e dióxido de carbono como está representado na seguinte equação (P.Cauvin, S., S.Young, L., 1998):

Glicose → Etanol + Dióxido de Carbono



*Equação 1 - Fermentação da levedura*

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) produzido durante a fermentação é retido pelo glúten que promove aumento da massa e conseqüentemente o volume do pão. A fermentação promovida pela levedura, conduz à produção de compostos voláteis que conferem características de *flavour* ao pão (Calaveras, J., 2004).

A levedura promove a produção de ácido acético e CO<sub>2</sub>, provocando alterações no pão, nomeadamente, a sua acidificação. Além disso a levedura é exposta a diversos fatores externos como temperatura, pH, Humidade, pressão e oxidação (Dangi, Dubey, & Shukla, 2017) que vão interferir com o seu metabolismo e conseqüentemente na fermentação durante o processo de panificação.

### 2.2.3. SAL (QUANTIDADE MÁXIMA DE SAL UTILIZÁVEL)

O sal é uma matéria-prima com grande importância nos processos da panificação sendo a sua principal característica conferir sabor e também influenciar o desempenho da fermentação do pão (Cauvain & Young, 1998). No entanto, é necessário ter em atenção o teor máximo de sal permitido no pão. De acordo com o D.L. n.º75/2009 de 12 Agosto, após confeção, o valor máximo é de 1,4 g por 100 g de pão, ou seja 14 g de sal por quilograma de pão correspondente a 0,55g de sódio por 100g de pão (Diário da República, 1.ª série — N.º 155 — 12 de Agosto de 2009).

Na Figura 1 observa-se que o aumento da concentração de sal provoca o aumento do tempo necessário para o processo de fermentação, para a mesma quantidade de levedura. Se estiver presente em elevadas quantidades, o sal inibe o desempenho das leveduras conduzindo a uma fermentação com pouco rendimento.

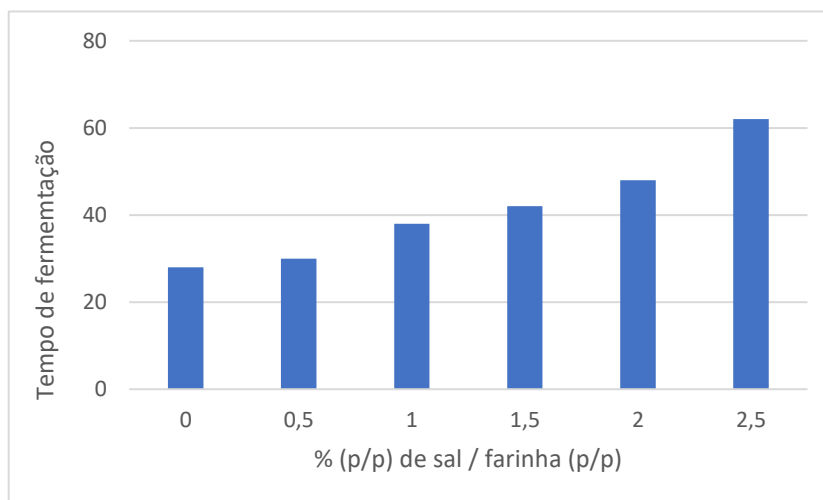


Figura 1 - Efeito da concentração de sal na fermentação na atividade da levedura. Fonte: P.Cauvain, S., S.Young, L., (1998).

De facto, a quantidade de sal por defeito tem efeitos indesejáveis, resultando num pão sem sabor e sem cor, fermentações muito rápidas, pão com demasiado volume, crosta muito fina, e massas pegajosas e macias durante a amassadura, que prejudica a firmeza do pão. A utilização de concentrações de sal mais elevadas na formulação da massa traduz-se num pão “defeituoso” (Canja, Lupu, MĂZĂRel,

& PĂDureanu, 2015). O sal, na concentração adequada, promove sabor, favorece a absorção de água e aumenta a sua conservação (Calaveras, 2004).

#### 2.2.4. ÁGUA

A água, apesar da sua simples aparência, é uma substância composta, sendo que a quantidade, a qualidade, a temperatura e a sua pureza interferem no produto final. Todos estes aspetos têm que ser monitorizados de forma a obter o produto final com qualidade (Calaveras, 2004).

A contribuição da água em concentração adequada é essencial para a formação da rede de glúten e para conferir as propriedades reológicas adequadas à massa. A adição de água por excesso ou defeito provoca alterações na rede de glúten prejudicando a retenção dos gases que posteriormente afeta a qualidade sensorial do pão (Cauvain & Young, 1998).

#### 2.2.5. AUXILIAR TECNOLÓGICO

O auxiliar tecnológico, designado por melhorante, tem como principal função assegurar a máxima qualidade do produto final e é constituído por uma combinação de aditivos que confere funções específicas na qualidade final do pão (Calaveras, J., 2004). O Regulamento n.º1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2008, relativo aos aditivos alimentares, define “auxiliar tecnológico”, como sendo qualquer substancia que não seja consumida como género alimentício em si mesma, seja intencionalmente utilizada na transformação das matérias-primas, dos géneros alimentícios e dos seus ingredientes, para atingir determinado objetivo tecnológico durante ou a transformação e possa resultar na presença não intencional mas tecnicamente inevitável e resíduos da substância ou dos seus derivados no produto final, desde que esses resíduos não apresentem qualquer risco sanitário nem produzam efeitos tecnológicos sobre o produto final.

Geralmente a indústria utiliza misturas de diversos auxiliares tecnológicos, os quais apresentam diferentes funções no pão.

Na Tabela 1 é possível encontrar uma mistura típica de diversos auxiliares tecnológicos, E170, E300, E341 e E472e, utilizados na preparação do pão (Regulamento (UE) nº1129/2011 da Comissão, de 11 de novembro de 2011). Na Tabela 2 encontra-se descrita a respectiva função de cada aditivo da Tabela 1 (Calaveras, J., 2004).

*Tabela 1 - Designação dos aditivos alimentares presentes num melhorante típico (Fonte: Calaveras, J., 2004).*

<b>Código</b>	<b>Designação</b>
E170	Carbonato de cálcio
E300	Ácido Ascórbico
E341	Fosfatos de cálcio
E472e	Ésteres mono e diacetiltartáricos de mono e diglicéridos de ácidos gordos

*Tabela 2 - Função dos aditivos alimentares presentes no melhorante (Fonte: Calaveras, J., 2004).*

<b>Código</b>	<b>Função</b>
E170	Auxilia na flexibilidade do pão, promovendo o efeito esponjoso.
E300	Tem como principal função reforçar as cadeias de glúten, atuando como oxidante das proteínas da farinha.
E341	Semelhante com o E300 mas com um poder de oxidação mais baixo, no entanto ajuda no aumento do volume do pão em fermentações longas.
E472e	Emulsionante que protege a massa, ajuda na estabilização do glúten e aumenta a tolerância da massa a fermentações longas.

## 2.3. TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO

### 2.3.1. A CONSERVAÇÃO DO PÃO

Atualmente os produtos “prontos a consumir” têm sido de alvo de grande interesse por parte do mercado alimentar devido às diversas vantagens que apresentam na sua preparação, conveniência, transporte e logística. A tendência do consumidor pela escolha de produtos mais “naturais”, sem a utilização de aditivos químicos, desafia a indústria à implementação de técnicas de conservação

alternativas, tais como embalagens a vácuo ou atmosfera modificada (Murcia, Martínez-Tomé, Nicolás, & Vera, 2003).

A utilização da refrigeração da massa de pão, durante o seu armazenamento a 4° C e 7° C, permite aumentar o tempo de conservação da sua qualidade. Normalmente a massa refrigerada é preparada com os seus constituintes (farinha, sal, água, levedura) e armazenada em embalagens de alta barreira. No entanto, o seu tempo de vida é relativamente curto, podendo em alternativa, ser adicionados aditivos químicos, conservantes, à formulação do produto. A combinação dos aditivos com a refrigeração permite obter um produto que mantém a sua qualidade organolética durante cinco dias de armazenamento (Tao, Xiao, Wu, & Xu, 2018).

O vácuo consiste na remoção total ou parcial da atmosfera do interior da embalagem e a ATM na adição de gases, em determinadas concentrações, à embalagem. Ambas as técnicas necessitam da conservação em ambiente refrigerado para auxiliar na conservação dos alimentos perecíveis (Embleni, 2013). A avaliação do tempo de vida de um produto acondicionado numa embalagem permite também auxiliar a seleção do tipo de embalagem mais adequada para o produto e que tenha o menor impacto ambiental possível (Licciardello, Cipri, & Muratore, 2014).

A congelação também se apresenta como um método de conservação para produtos de panificação. A congelação pode ocorrer em diferentes momentos do processo produtivo do pão, isto é, o pão pode ser congelado pré-cozido, totalmente cozido ou congelado sob a forma de massa não fermentada. Curic et al. (2008) demonstraram que a qualidade do pão varia de acordo com diferentes condições de congelação. Na Tabela 3 apresentam-se os resultados obtidos no trabalho destes autores, sendo possível concluir que a massa de pão congelada, não fermentada apresenta um índice de qualidade superior às restantes amostras congeladas, PBF, FBF e CONV. O índice de qualidade consiste na análise ao volume, dureza da crosta e miolo e formato do pão. Estes autores também realizaram uma análise sensorial descritiva obtendo resultados em que a massa de pão congelada é a mais aceite pelos provadores, tal como demonstrado na Tabela 3 (Curic et al., 2008).



Tabela 3 - Resultados do índice de qualidade e análise sensorial descritiva (Adaptado: Curic et al., 2008).

<b>Amostra</b>	<b>Índice de Qualidade</b>	<b>Análise Sensorial Descritiva</b>
Pão cozido convencional (CONV)	1	1
Pão congelado totalmente cozido (FBF)	0,377	0,828
Pão semi-cozido congelado (PBF)	0,523	0,845
Massa de pão congelada não fermentada (UFD)	0,999	0,960

(Eckardt et al. (2013) obteve resultados semelhantes aos de Curic et al. (2008), sendo que a conservação das características sensoriais do pão cozido convencionalmente, foi mais relevante quando a congelação ocorria em massa do que em pão após cozedura. Demonstrou ainda que a massa de pão armazenada à temperatura de -19 °C obteve melhores resultados no produto final do que a massa armazenada a -16 °C e a -8 °C, sendo este último o que apresentou menor qualidade final.

O processo produtivo utilizado na produção de massa congelada consiste, numa 1ª fase, na mistura dos ingredientes, na amassadura e moldagem da massa e finalmente na congelação, até que o centro térmico do produto atinga a temperatura de -18°C (Steffolani, Ribotta, Perez, Puppo, & Leon, 2012). A etapa de fermentação pode ocorrer antes ou após a etapa de congelação. Quando a fermentação ocorre previamente à congelação, pode influenciar negativamente o desempenho da levedura, devido à congelação e posterior descongelação. Esta prática provoca alterações na qualidade final do pão, tais como na firmeza, na cor e no sabor, obtendo-se um produto de menor qualidade (Luo et al., 2018). Contudo, independentemente da massa ser sujeita ao processo de congelação antes ou após a fermentação, o fator mais importante a ter em consideração é a produção do CO<sub>2</sub> pela levedura, que possibilita o aumento do volume do pão. (Y. Phimolsiripol, Siripatrawan, Tulyathan, & Cleland, 2008). Outro fator de extrema importância é a temperatura do processo produtivo do pão, tal como é demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Temperaturas que influenciam o processo produtivo do pão (Adaptado de Calaveras, J., 2004).

Temperatura	Descrição
28°C	Temperatura ideal para desenvolvimento das leveduras
<22°C	Temperatura final da massa
-4°C	Inativação das leveduras
-18°C	Temperatura ideal no interior do produto em congelação
-20°C	Armazenamento e conservação
-30°C	Morte das células da levedura

A utilização adequada do binómio tempo/temperatura ao longo das várias etapas do processo produtivo do pão é muito importante para obter um produto final com a melhor qualidade final possível.

### 2.3.2. EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA (ATM)

A embalagem em atmosfera modificada é uma técnica de conservação de diversos produtos alimentares utilizada desde os anos 80 (Embleni, 2013) e consiste basicamente na remoção do ar do interior da embalagem e a sua substituição por outra atmosfera, constituída por gases em diferentes concentrações. Esta técnica tem como principal objetivo o melhoramento de conservação dos produtos, isto é, aumentar o seu tempo de vida. Os gases fundamentais na utilização desta técnica são: o oxigénio (O<sub>2</sub>), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o azoto (N<sub>2</sub>) (Calaveras, 2004). O CO<sub>2</sub> é o gás mais utilizado em produtos de panificação em combinação com o N<sub>2</sub> (Embleni, 2013).

A ATM promove benefícios a toda a cadeia alimentar, desde o fabricante, ao distribuidor e ao próprio consumidor, sendo o principal motivo o retardamento da deterioração do produto, pois promove o aumento do respetivo tempo de vida (Embleni, 2013).

Ao fabricante, a ATM consegue promover aumento do stock devido ao aumento do tempo de vida do produto e a substituição dos conservantes presentes na formulação do produto. Ao distribuidor confere maior flexibilidade de distribuição, redução dos custos de operação e o alargamento da distribuição (maior tempo de

vida). Por fim, o consumidor tem sempre produtos “frescos” disponíveis, com menor adição de conservantes e com boa qualidade (Cauvain & Young, 1998). Apesar de ser uma técnica que aumenta o tempo de vida do produto, também tem algumas desvantagens, principalmente o custo da aquisição dos equipamentos e dos gases, assim como o aumento do volume da embalagem que pode causar dificuldades no armazenamento e na distribuição (Embleni, 2013).

### 2.3.3. VÁCUO

O embalamento a vácuo foi utilizado como método de conservação dos produtos alimentares antes do aparecimento da utilização de gases (ATM), sendo das primeiras formas de conservação através da alteração da atmosfera do interior da embalagem (Berk, 2013). Esta técnica consiste na remoção total ou parcial do ar, ficando o produto em contacto direto com a embalagem. Contém uma vantagem, em relação à ATM, que é o menor volume da embalagem. Contudo o vácuo total não pode ser utilizado na conservação de massa de pão pois danifica a estrutura do pão e conseqüentemente o desempenho nas etapas do processo produtivo, nomeadamente a etapa de fermentação (Embleni, 2013). Para contrariar o efeito referido pode optar-se pela redução parcial da atmosfera na embalagem designado por vácuo parcial. O vácuo parcial consiste numa variação do “vácuo tradicional” permitindo que a massa seja rodeada por ar atmosférico, promovendo a diminuição do metabolismo microbiano e a deterioração do produto (Embleni, 2013).

O vácuo parcial também tem como vantagem, ter custo inferior à ATM, pois não necessita de embalagens nem gases específicos para o efeito (Murcia et al., 2003).

### 2.3.4. CONGELAÇÃO

A indústria de panificação tem vindo a utilizar cada vez mais a técnica de congelação da massa para permitir o seu armazenamento. As primeiras tentativas de aplicação deste método de congelação ocorreram, em 1926, na Áustria como forma de reduzir o trabalho noturno nas padarias (Gutkoski, Brehm, Santos, &

Mezzomo, 2005). A congelação da massa de pão apresenta diversas vantagens tais como, facilidade na gestão das linhas de produção, visto que o produto tem um maior tempo de vida, logo permite um melhor planeamento dos mapas de produção e na distribuição do produto para locais distantes (Ban et al., 2016).

A necessidade de aumentar o tempo de vida do pão influencia a utilização da congelação como método de conservação do produto que provoca o aumento do consumo energético, porém, aceite no setor devido à sua elevada conveniência (Mandala, Polaki, & Yanniotis, 2009). A técnica de congelação permite a conservação das características da massa, a viabilidade da levedura e evita possíveis danos na rede de glúten (Jiang, Kontogiorgos, Kasapis, & Goff, 2008).

Existe a possibilidade de congelar o pão pré-cozido, que geralmente consiste numa cozedura inicial da massa que provoca todas as alterações na massa transformando-a em pão, sendo posteriormente congelado. Nesta situação não ocorrem as reações de *Maillard* que promovem o escurecimento da crosta do pão. Neste caso é o consumidor, ou a indústria, que termina o processo de cozedura do pão (Fik & Surowka, 2002). A massa de pão congelada depende de dois fatores importantes: a capacidade de produção de CO<sub>2</sub> pela levedura, durante a fermentação, e a capacidade da rede de glúten para reter o gás produzido. Estes fatores podem ser influenciados pela formação de cristais de gelo durante a etapa de congelação, traduzindo-se na diminuição da qualidade do pão (Luo et al., 2018).

Durante a congelação são formados cristais de gelo, os quais, dependendo da sua forma, tamanho e posição, podem também danificar a massa do pão (Esselink, van Aalst, Maliepaard, & van Duynhoven, 2003). Durante o armazenamento poderá ocorrer a recristalização que pode danificar a membrana celular da levedura (Tanghe, Van Dijck, & Thevelein, 2003). As células podem também sofrer alterações bioquímicas devido à oxidação promovida por espécies que são reativas no processo de descongelação (Hermeslima & Storey, 1993).

O tempo de mistura, a taxa de congelação, o tempo de armazenamento e a taxa de descongelação influenciam diretamente a qualidade final do pão. Por isso, é importante que a massa não atinja temperaturas superiores a 20<sup>o</sup> C, previamente

ao processo de congelação, de forma a evitar o processo de fermentação pelas leveduras (Kechinski, Castro, Fleck, & Noreña, 2010; Park, Jang, & Lim, 2016).

O tipo de congelação aplicada tem influência na massa do pão e posteriormente no produto final. De forma geral, existe a congelação rápida, ultracongelação, e congelação lenta. O processo de congelação lenta pode resultar na formação de cristais de gelo de grandes dimensões na massa, sendo prejudicial para a rede de glúten. O enfraquecimento da rede de glúten impede a retenção do gás libertado na fermentação pelas leveduras, que reduz o volume do pão. No entanto, a ultracongelação forma cristais de gelo de menores dimensões, provocando menores danos no produto. Por isso, existe a necessidade de utilizar o tipo de congelação que permita a obtenção do melhor desempenho (Ban et al., 2016).

A técnica de ultracongelação, entre -35 °C e -40 °C, e posteriormente armazenada a -18 °C e -20 °C, permite aumentar o tempo de vida do produto. A atividade da levedura, a estrutura da rede de glúten podem ser prejudicadas provocando uma menor produção e retenção de CO<sub>2</sub> promovendo assim um volume da massa menor na etapa de fermentação (Silvas-Garcia et al., 2014), por isso, na congelação das massas é importante assegurar a viabilidade da levedura de forma a produzir CO<sub>2</sub> e a capacidade para reter o CO<sub>2</sub> libertado pela levedura (Callejo González, M., 2002).

Na Tabela 5 estão descritos diversos trabalhos sobre a utilização da congelação na conservação de pão e o respetivo efeito na viabilidade da levedura, na estrutura do glúten e nas propriedades de textura do pão.

*Tabela 5 - Estudos realizados para a conservação do pão pelo método de congelação.*

<b>Estudo</b>	<b>Parâmetros analisados / Métodos</b>	<b>Principais Conclusões</b>	<b>Autores</b>
Viabilidade das leveduras em massa congelada	Armazenamento a -18 °C e armazenamento a -40 °C ao longo do tempo até atingir 1% de células viáveis na massa de pão congelada.	Nas duas condições obteve-se resultados semelhantes, atingindo 50% das células viáveis ao fim de 26 e 27 dias no armazenamento a -18 °C e -40 °C respetivamente. Atingiu 1% de células viáveis ao	(Kechinski et al., 2010)

		fim de 177 e 171 dias, a -18 °C e -40 °C, respetivamente.	
Efeito de um pré-tratamento de frio antes da congelação da massa	Produção de gás com diferentes tempos e temperaturas do pré-tratamento: (0 °C/1 h), (0 °C/3 h), (10 °C/1 h), (10 °C/3 h). Foram utilizadas massa fresca e massa congelada (0 °C/0,5 h) como controlo.	As massas com tratamento a frio nas condições (0°C/1h), (0°C/3h), (10°C/1h) apresentaram maior produção de gás do que as massas controlo.	(Y. Phimolsiripol et al., 2008)
Efeito da taxa congelação e tempo de armazenamento nas propriedades da massa	Foram utilizadas duas taxas de congelação distintas: 1,75 °C/min (taxa congelação rápida) e 0,14 °C/min (taxa congelação lenta) até atingir -20 °C no interior da amostra. A taxa congelação rápida foi 3 vezes mais rápida do que a taxa de congelação lenta. Foram armazenados durante 0,14,28,42 e 56 dias.	A massa de pão obteve melhores resultados com a taxa de congelação lenta (0,14 °C/min) e o pão deve ser conservado durante 28 dias armazenados à temperatura de -20 °C.	(Silvas-Garcia et al., 2014)
Taxa de congelação, temperatura e tempo de armazenamento na massa de pão	Utilizaram 4 binómios para que a massa atingisse -30 °C. Taxa 1:19 °C/h (2,53 h); Taxa 2: 41 °C/h (1,18 h); Taxa3: 55 °C/h (0,88 h); e Taxa 4: 72 °C/h (0,67 h). Posteriormente foram armazenadas a 4 temperaturas diferentes (-10 °C,-20 °C,-30 °C,35 °C) durante 30,60,90,180 dias.	Taxa de congelação mais rápida e armazenamento a temperaturas menores (-10 °C e -20 °C) promovem menos danos na rede de glúten. No entanto, taxas de congelamento e armazenamento mais baixas promovem a viabilidade da levedura e posterior aumento de produção de gás.	(Yi & Kerr, 2009)
Efeito de múltiplos ciclos	As amostras foram colocadas no abatedor de temperatura	Os ciclos de congelação e descongelação reduzem a	(Y. Y. Zhang, Li,

de congelação/de scongelação na qualidade da massa de pão	durante 50 min a -30 °C até -18 °C no interior da amostra, embaladas em sacos de polietileno e armazenadas a -18°C (etapa de congelação). As amostras eram retiradas e colocadas a 25 °C até o interior atingir 15 °C, (etapa de descongelação) e posteriormente eram armazenadas novamente a -18 °C (1 ciclo). Cada etapa de descongelação foi considerada um ciclo (C <sub>0</sub> ,C <sub>1</sub> ,C <sub>2</sub> ,C <sub>3</sub> ,C <sub>4</sub> ,C <sub>5</sub> ).	qualidade do pão, na etapa de cozedura, altera a distribuição da água na massa e a textura do pão.	Liu, & Zhang, (2018)
Análise à textura a pão cozido com massa congelada ao longo do tempo	Massa de pão congelada a -30 °C e armazenada a -18 °C. Foi analisada ao longo do tempo (1,2,7,14,45 dias) A massa era previamente descongelada a 4 °C durante 180 minutos.	A dureza aumentou ao longo do tempo de armazenamento; A coesividade manteve-se nos primeiros 2 dias, no entanto desceu constantemente ao longo do tempo; A mastigabilidade aumentou ao longo do tempo e a resiliência diminuiu.	(Rashidi et al., 2016)

Através da análise dos resultados dos trabalhos apresentados na tabela anterior, é possível verificar que a congelação influencia o produto final, ao nível da taxa de congelação, a temperatura de armazenamento, o tempo de armazenamento e os ciclos de congelação. Consequentemente podem provocar alterações na viabilidade da levedura e posterior desempenho na etapa de fermentação, a distribuição da água na massa, e a danificação da estrutura da massa do pão, que afeta negativamente a qualidade do pão ao nível da textura e volume do pão.

## 2.4. VISCOSIDADE

A reologia é a ciência que estuda o comportamento dos alimentos quando sofrem a aplicação de uma força ou tensão (Figura & Teixeira, 2007). A viscosidade consiste na aplicação de uma força continua a um fluido, e este tem tendência a deformar-se continuamente. Os fluídos podem ser divididos em fluídos newtonianos e fluídos não newtonianos (Sahin & Sumnu, 2006).

### 2.4.1. FLUIDOS NEWTONIANOS

Os fluidos newtonianos (Figura 2) são caracterizados pela constante viscosidade aparente ( $\eta$ ) independentemente da taxa de corte ( $\dot{\gamma}$ ) (Figura & Teixeira, 2007).

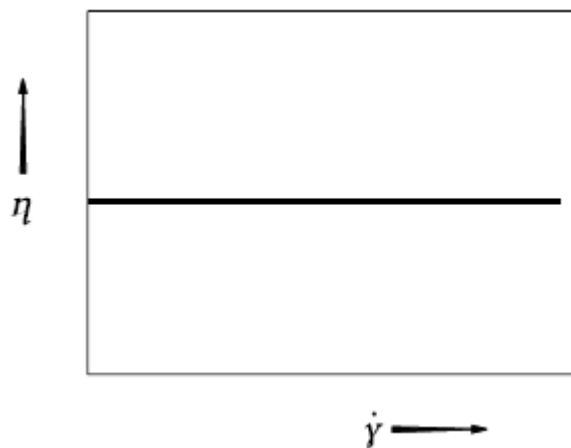


Figura 2 - Comportamento de um fluido newtoniano (Fonte: Figura & Teixeira, 2007).

No caso de existência de uma relação linear entre a tensão de corte ( $t$ ) e a taxa de corte ( $\dot{\gamma}$ ), o fluido é designado por newtoniano (Figura 3). A equação 2 define o comportamento deste tipo de fluídos, com uma reta com passagem na origem, tal como mostra o gráfico da Figura 3.



$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}$$

Equação 2 - Comportamento de um fluido newtoniano.

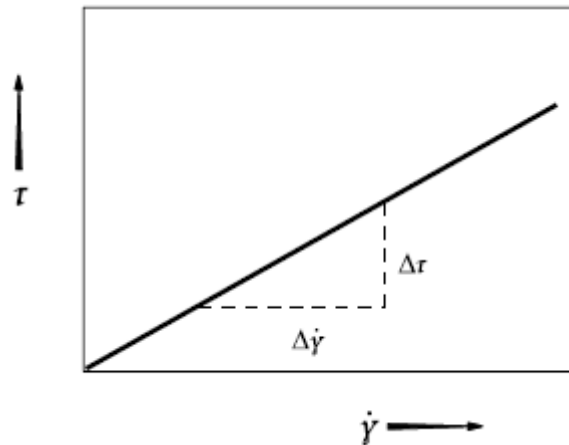
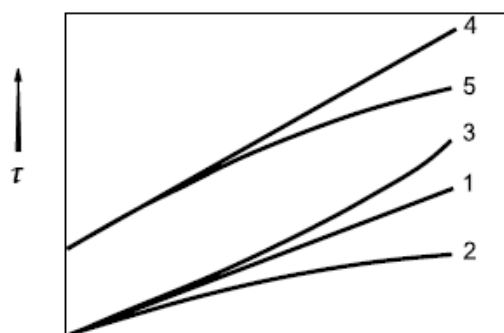


Figura 3 - Fluido newtoniano tensão de corte vs taxa de corte (Fonte: Figura & Teixeira, 2007).

A maioria dos fluídos com mais de 90% de água demonstram comportamento newtoniano (Sahin & Sumnu, 2006).

#### 2.4.2. FLUÍDOS NÃO NEWTONIANOS

No entanto, no caso de o fluido não apresentar relação linear ou a reta do comportamento do fluido não passar pela origem (tensão de corte vs taxa de corte) os fluídos são designados por não newtonianos. Estes podem ser classificados de acordo com o seu comportamento, tal como mostrado na Figura 4.



Legenda:

- 1- Fluido newtoniano
- 2- Fluido pseudoplástico
- 3- Fluido dilatante
- 4- Fluido plástico
- 5- Herschel-Bulkley

Figura 4 - Comportamento de fluidos não newtonianos (Fonte: Figura & Teixeira, 2007).

Os fluídos não-newtonianos (Tabela 6) dividem-se ainda em dois grupos distintos:

- Fluídos independentes do tempo
- Fluídos dependentes do tempo

Tabela 6 - Influência do tempo em fluidos não newtonianos (Fonte: Figura & Teixeira, 2007).

Tipo de fluído não-newtoniano	Relação tempo
Pseudoplástico	Independente do tempo
Dilatante	Independente do tempo
Plástico	Independente do tempo
Visco-elástico	Independente do tempo
Tixotrópico	Dependente do tempo
Reopético	Dependente do tempo

Os fluidos tixotrópicos e reopéticos são dependentes do tempo e os restantes fluidos são independentes podendo ser representados na Figura 5.

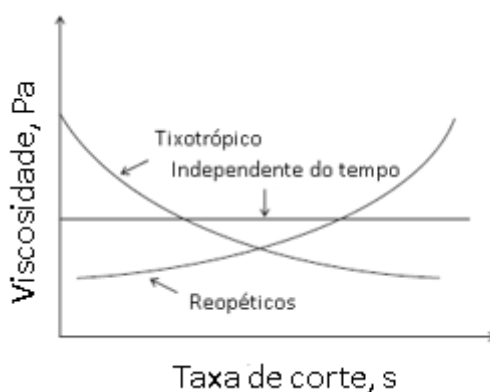


Figura 5 - Comportamento dos fluidos em relação ao tempo (Fonte: Sahin & Sumnu, 2006.).

Como já referido anteriormente, cada fluído pode ser caracterizado pelo seu comportamento tal como se encontra descrito na Tabela 7.

Tabela 7 - Descrição do comportamento dos fluidos (Adaptado: Figura & Teixeira, 2007).

<b>Tipo de fluido</b>	<b>Comportamento</b>
Fluido newtoniano	A curva do fluxo é uma linha reta e atravessa o gráfico na origem (0,0)
Fluido não- newtoniano	A curva do fluxo não é uma linha e não atravessa a origem do gráfico
Fluido pseudoplástico	A viscosidade diminuiu com o aumento da taxa de corte
Fluido dilatante	A viscosidade aumenta com o aumento da taxa de corte
Fluido plástico	O fluido tem uma tensão de escoamento
Fluido tixotrópico	A viscosidade diminui ao longo do tempo com a taxa de corte constante
Fluido Reopético	A viscosidade aumenta ao longo do tempo com a taxa de corte constante

#### 2.4.3. MODELOS REOLÓGICOS

Os modelos reológicos são equações matemáticas que descrevem o comportamento dos fluidos. Existem inúmeros modelos disponíveis, que se adequam com determinado fluido. O modelo de Ostwald-de-Waele é o mais utilizado em fluidos pseudoplásticos e dilatantes (Figura & Teixeira, 2007).

O modelo de Ostwald-de-Waele é representado pela seguinte equação (Figura & Teixeira, 2007):

$$\tau = K_{OW} \cdot \dot{\gamma}^n$$

*Equação 3 - Modelo de Ostwald-de-Waele*

Sendo que,

$K_{OW}$  - Índice de consistência

$\tau$  - Tensão de corte

$\dot{\gamma}$  - Taxa de corte

$n$  - Índice de escoamento

Para a aplicação deste modelo é necessário a utilização de logaritmos resultando na seguinte equação:

$$\lg \tau = \lg K_{OW} + n \cdot \lg \dot{\gamma}$$

*Equação 4 - Representação logarítmica da equação do modelo de Ostwald-de-Waele.*

A resolução da equação apresenta os valores do índice de escoamento (n) e do índice de consistência (K). Se o valor de n for inferior a 1 ( $n < 1$ ) trata-se de um fluido pseudoplástico. No entanto, se o valor for superior a 1 ( $n > 1$ ) trata-se de um fluido dilatante (Figura & Teixeira, 2007).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo encontram-se descritas as matérias-primas e o fluxograma do processo produtivo do pão tipo “Bijou”, o procedimento experimental e os métodos analíticos realizados. No presente trabalho estudaram-se diferentes métodos de conservação: atmosfera modificada, refrigeração e congelação. Em conjunto com a refrigeração utilizaram-se três formas distintas de embalagem: ar atmosférico, vácuo parcial e ATM.

No método de conservação por refrigeração o estudo decorreu durante 15 dias, tendo sido retiradas amostras nos tempos 0, 1, 2, 4, 8 e 15 dias. No caso do método de conservação por congelação, durante 90 dias, foram retiradas amostras nos tempos 0, 8, 15, 30, 60 e 90 dias. Ao longo do tempo realizaram-se análises à viscosidade, textura, cor, pH, aw e Humidade, assim como análises microbiológicas. De referir que a massa de pão foi produzida na empresa e transportada em condições de temperatura e higiene adequadas. Nos laboratórios de Engenharia Alimentar, do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, procedeu-se ao respetivo embalagem e análises.

#### 3.1. MATÉRIAS-PRIMAS

A formulação do pão tipo “Bijou” utilizada neste trabalho, contém as seguintes matérias-primas: farinha de trigo T65 corrigida<sup>3</sup>, sal, levedura e melhorante. O melhorante utilizado corresponde ao melhorante descrito no capítulo anterior (página 30), com os respetivos aditivos presentes na sua constituição. A formulação do pão tem a constituição referida na Tabela 8. De referir que a composição tem como base de calculo a quantidade de farinha de trigo utilizada.

*Tabela 8 - Percentagem de ingredientes por peso de farinha de trigo T65*

<b>Ingredientes</b>	<b>Percentagem por peso de farinha</b>
Sal	7,5%
Levedura	1,5%
Melhorante	5%
Água	60%

<sup>3</sup> Farinha com correção enzimática e antioxidante com o objetivo de garantir a estabilidade funcional.

### 3.2. FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVA

Na Figura 6 encontra-se esquematizado o fluxograma do processo produtivo do pão tipo “Bijou” e respectivo embalagem para o estudo do efeito dos métodos de conservação.

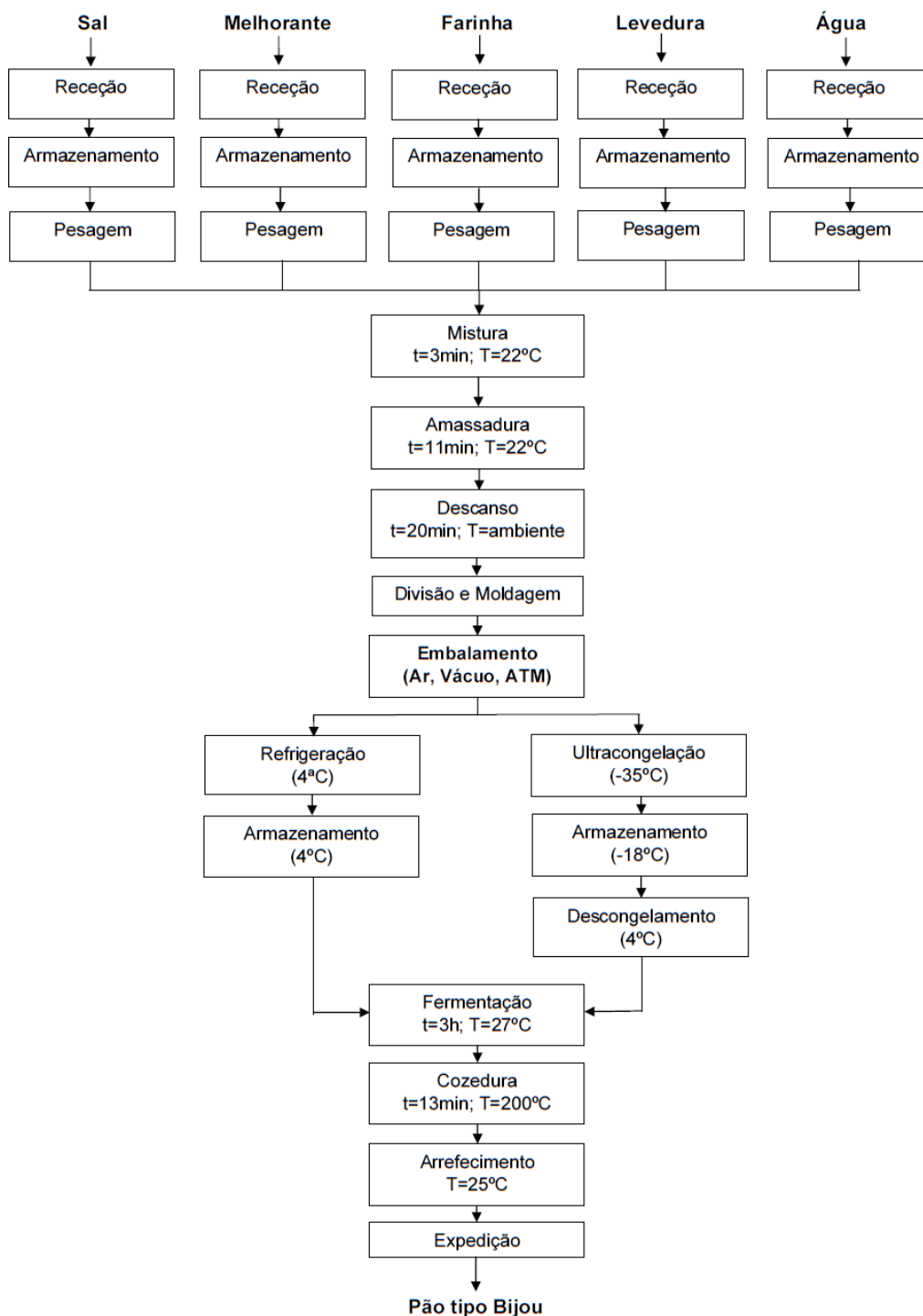


Figura 6 - Fluxograma do processo produtivo do pão tipo Bijou.

O processo produtivo do pão começa pela receção e armazenagem de todas as matérias-primas (farinha, sal, melhorante, levedura e água). De seguida ocorre a respetiva pesagem.

Após esta etapa, as matérias-primas são introduzidas na misturadora, na qual sofrem um amassamento intensivo, com duas velocidades distintas, uma velocidade menor, durante 3 minutos, a uma temperatura de 22 °C, assegurada pela adição de água fria. Após a etapa de mistura ocorre a etapa da amassadura, durante 11 minutos, a uma velocidade superior. Nesta etapa a farinha absorve a água, as proteínas combinam entre si formando a rede de glúten que promove massa viscoelasticidade e brilho. As matérias-primas misturam-se originando uma massa homogénea.

Preparada a massa, esta é armazenada e colocada em descanso durante 20 min, a uma temperatura de 22 °C. De seguida procede-se à divisão e moldagem, em porções, de forma redonda, com cerca de 40 g, através de um equipamento semiautomático.

Na etapa de embalamento as amostras são embaladas nas respetivas condições do estudo: ar vácuo e ATM, seguindo-se a etapa de refrigeração e ultracongelamento e por fim são armazenadas a 4 °C e -18 °C, respetivamente. As amostras armazenadas a -18 °C sofrem o processo de descongelamento a 4 °C para prosseguirem para a próxima etapa: a fermentação, a qual ocorre numa incubadora a 27 °C durante 3 horas.

A etapa de cozedura, geralmente é a última etapa do processo produtivo do pão. Nesta etapa ocorre uma série de alterações físico-químicas na transformação da massa, em pão cozido, tais como, evaporação da água, aumento do volume, transição proteica, gelatinização do amido e formação da crosta (P. Wang, Zou, Gu, & Yang, 2018). A etapa de cozedura necessita de um binómio de tempo/temperatura ideal, sendo utilizada a temperatura de 200 °C durante 13 minutos. Por fim, após a etapa de cozedura estar concluída o pão é retirado, arrefecendo à temperatura ambiente.

### 3.3. TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO DE MASSA DE PÃO

A massa de pão (Figura 7) segue todas etapas do processo produtivo, incluindo a etapa de divisão e moldagem, na qual a massa foi dividida e moldada em unidades redondas com cerca de 40 g.



*Figura 7 - Massa de pão de trigo (40g).*

Após esta etapa, segue-se a etapa de conservação da massa de pão, através de um dos três métodos de conservação: atmosfera modificada, vácuo e ultracongelamento. Em todas as técnicas aplicadas a massa de pão foi embalada em sacos de polietileno (Figura 8).



*Figura 8 - Massa de pão de trigo embalada.*



### 3.3.1. ATMOSFERA MODIFICADA E VÁCUO

No embalamento com atmosfera modificada usou-se o equipamento ilustrado na Figura 9 (SAMMIC – SU810, Espanha) para embalar e introduzir a atmosfera com uma composição de 50% de CO<sub>2</sub> e 50% de N<sub>2</sub>.

O embalamento com vácuo parcial foi realizado no mesmo equipamento, referido anteriormente (Figura 10), através da remoção de 50% da atmosfera do interior da embalagem. Em ambos os métodos as porções foram embaladas individualmente e armazenadas a 4 °C numa câmara de refrigeração.



*Figura 9 - Equipamento para embalamento em atmosfera modificada.*



*Figura 10 - Aplicação de vácuo parcial nas embalagens de massa de pão.*

### 3.3.2. ULTRACONGELAÇÃO

No processo de ultracongelção utilizou-se um abatedor de temperatura (Magnus BF121AF) para uma rápida congelação das amostras, utilizando a temperatura de -35°C, até atingir no interior da amostra -18 °C (através de termopares colocados na massa do pão). Posteriormente o pão foi armazenado a -18 °C numa câmara de conservação. As amostras foram armazenadas ao longo do tempo (90 dias). Para a realização das análises, as amostras foram descongeladas a 4 °C durante 24 horas (Park et al., 2016).

Foi também realizado um ensaio controlo, o qual corresponde ao método, atualmente implementado na empresa panificadora. Este consiste no embalamento da massa do pão com ar atmosférico e armazenamento a 4 °C.

A massa do pão segue para a etapa de fermentação durante 3 horas a 27 °C e posteriormente ocorre a etapa de cozedura a 200 °C durante 13 min. Após a qual ocorre o arrefecimento à temperatura ambiente para análises posteriores.

Ao longo do tempo realizaram-se análises físicas, reológicas, cor e textura à massa do pão cozido (Tabela 9).

Tabela 9 - Tempo e temperatura de armazenamento nos diferentes métodos de conservação.

Método conservação	Embalagem	Temperatura de conservação (°C)	Tempo de armazenamento (dias)
Controlo	Sim	4	0,1,2,4,8,15
Vácuo parcial	Sim	4	0,1,2,4,8,15
ATM	Sim	4	0,1,2,4,8,15
Ultracongelção	Sim	-18	0,8,15,30,60,90

### 3.4. MÉTODOS ANALÍTICOS

Neste subcapítulo descrevem-se os métodos analíticos utilizados. Na Tabela 10 é possível constatar as análises que foram realizadas à massa e ao pão cozido.

Tabela 10 - Análises realizadas à massa e pão após cozedura

Parâmetros	Massa de pão cru	Pão cozido
pH	✓	✓
$a_w$	✓	×
Humidade	✓	×
Cor	✓	✓
Resistência à extensão	✓	×
Dureza	×	✓
Adesividade	×	✓
Gomosidade	×	✓
Coesividade	×	✓
Viscosidade	✓	×
Microbiológicas	✓	✓

### 3.4.1. MONITORIZAÇÃO DOS GASES AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Ao longo do tempo de armazenamento monitorizam-se e registam-se a composição do gás no interior das embalagens ATM.

De forma a validar a eficácia do embalamento, também se procedeu à monitorização da composição de uma embalagem “vazia”, a qual corresponde a uma embalagem, com a mesma concentração de gases, no seu interior, mas sem amostra (pão), demonstrando as alterações da constituição da atmosfera ao longo do tempo e a respetiva impermeabilidade da embalagem.

A concentração dos gases presentes no interior das embalagens foi medida com o analisador de gás Dansensor CheckMate II, Dinamarca (Figura 11). A monitorização dos gases foi realizada a 8 embalagens diferentes.



*Figura 11 - Equipamento de medida da atmosfera no interior da embalagem (Dansensor CheckMate II, Dinamarca)*

### 3.4.2. ATIVIDADE DA ÁGUA

A determinação da atividade da água ( $a_w$ ) foi realizada utilizando o equipamento portátil Pawkit (Decagon, EUA) (Figura 12). A análise foi realizada em triplicado para cada método de conservação.



Figura 12 - Equipamento de medida da atividade da água.

### 3.4.3. TEOR DA HUMIDADE

A determinação do teor de Humidade foi realizada através do método AOAC 935.39-B (AOAC, 1995a). A amostra com 2 g foi colocada em cadinhos previamente acondicionados na estufa (Magnus - BF121AF), a 130°C, até peso constante. A Humidade foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ humidade} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\%$$

*Equação 5 - Determinação do teor de Humidade.*

Em que:

$M_0$  – Massa da amostra inicial

$M_1$  – Massa da amostra seca

A análise foi realizada em triplicado para cada amostra.

#### 3.4.4. PH

A determinação do pH foi realizada com o potenciômetro Crison Instruments, SA. PH 25+ (Espanha) (Figura 13). O equipamento é previamente calibrado com soluções padrão de pH 4,01, pH 7 e pH 9,21.



Figura 13 - Equipamento de medida de pH.

A análise foi realizada em triplicado para cada amostra.

#### 3.4.5. COR

A cor é um atributo importante na qualidade dos alimentos (Sahin & Sumnu, 2006). Para a determinação da cor utilizou-se um colorímetro (Minolta CR-300, Konica Minolta, USA) utilizando o sistema CIE L\* a\* b\* (Figura 14).



Figura 14 - Equipamento de medida do parâmetro da cor (Minolta CR-300).

A correta determinação da cor das amostras necessita da calibração do colorímetro, para tal, o equipamento foi colocado na placa branca, para a calibração. Os valores obtidos no mostrador do colorímetro: L\*: 97.06; a\*: +5.28; b\*: -3,49 confirmam a sua correta calibração.

Posteriormente procedeu-se à determinação da cor realizando 10 determinações para cada amostra registrando os valores de L\* e b\* obtidos.

Foi calculada a razão L\*/b\* que representa a cor amarelada de produtos de panificação (Gallagher et al., 2003).

$$L^*/b^* = \frac{L_1^*}{b_1^*}$$

*Equação 6 - Razão L\*/b\**

Em que:

L<sub>1</sub> – média da luminosidade no tempo em análise

b<sub>1</sub> – média da coordenada b no tempo em análise

#### 3.4.6. VISCOSIDADE

Para a determinação da viscosidade da massa de pão utilizou-se o viscosímetro HAAKE PK 100D (Alemanha). Aplicou-se o sistema placa-placa (Silvas-Garcia et al., 2014), sonda PQ1, com 28mm e a distância entre a placa inferior e a placa superior (gap) com 1mm. Após colocar a amostra na placa inferior (fixa), desce-se a placa superior e ajusta-se até remover o excesso de massa (Silvas-Garcia et al., 2014). Na Figura 15 é possível observar as condições utilizadas nos testes realizados. Cada amostra foi analisada 10 vezes.

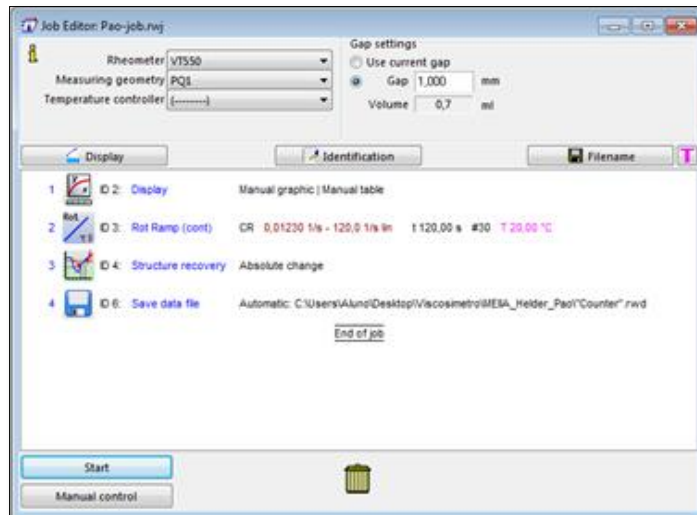


Figura 15 - Métodos de teste para a determinação da viscosidade.

#### 3.4.7. TEXTURA

Na análise à textura do pão foi utilizado um texturómetro A.XT.plus (Stable Microsystems, Reino Unido) acoplado com uma célula de carga 0,49 N e a aquisição de dados com conseqüente registo de força foi realizada através do software “Exponent”. Foram utilizadas as sondas P/2 (Figura 16), para análise da textura da crosta, e a sonda P/10, para análise da textura do miolo (Figura 17) do pão.



Figura 16 - Sonda para determinação da textura da crosta



Figura 17 - Sonda para a determinação da textura do miolo.

Na análise à textura da crosta e do miolo foram utilizadas as condições que se encontram ilustradas nas Figuras 18 e 19, respectivamente.

Caption	Value	Units
Test Mode	Compression	
Pre-Test Speed	1,00	mm/sec
Test Speed	2,00	mm/sec
Post-Test Speed	10,00	mm/sec
Target Mode	Distance	
Distance	7,000	mm
Trigger Type	Auto (Force)	
Trigger Force	0,04903	N
Advanced Options	Off	

Figura 18 - Métodos utilizadas para a determinação da textura da crosta.

Na análise à textura do pão e do miolo foi utilizado o teste de resistência à compressão de modo a determinar a dureza da crosta e a dureza, adesividade, coesividade e gomosidade do miolo. Foram realizadas 10 leituras para cada amostra de pão.

Caption	Value	Units
Test Mode	Compression	
Pre-Test Speed	5,00	mm/sec
Test Speed	2,00	mm/sec
Post-Test Speed	5,00	mm/sec
Target Mode	Distance	
Distance	7,000	mm
Count	2	
Trigger Type	Auto (Force)	
Trigger Force	0,04903	N
Break Mode	Off	
Stop Plot At	Start Position	
Tare Mode	Auto	
Advanced Options	On	
Control Oven	Disabled	
Frame Deflection Correction	Off (XT2 compatability)	

Figura 19 - Métodos utilizadas para a determinação da textura do miolo.



- Dureza

O parâmetro dureza corresponde à força máxima resultante da análise realizada, sendo possível observar um exemplo do teste de compressão feito à crosta do pão na Figura 20, e na Figura 21, um exemplo do teste TPA (*Texture profile analysis*) feito ao miolo do pão.

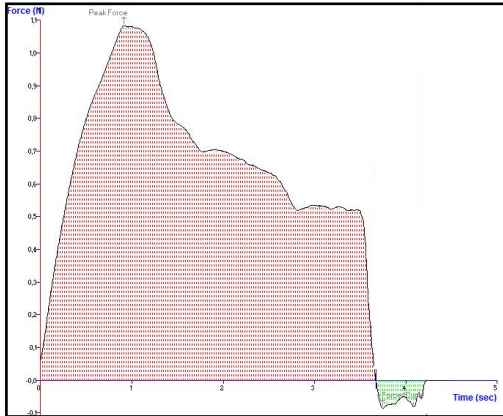


Figura 20 - Exemplo do gráfico obtido pelo teste à textura da crosta.

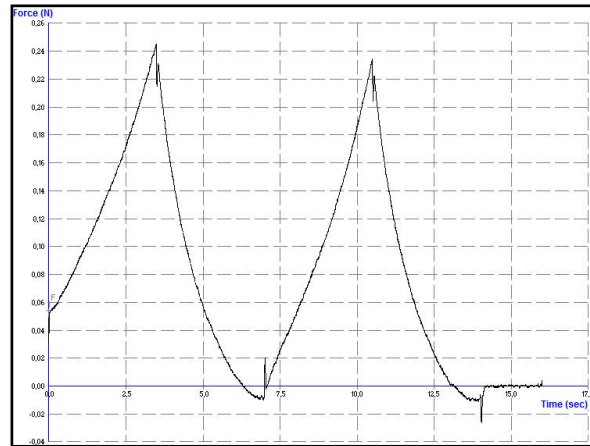


Figura 21 - Exemplo do gráfico obtido pelo teste à textura do miolo.

- Adesividade

O parâmetro adesividade é calculado através do intervalo compreendido entre o final da primeira penetração da sonda no pão e o início da segunda penetração. O valor é expresso em Newton por segundo (N/s).

- Coesividade

O parâmetro coesividade consiste na razão entre a área da primeira penetração e da segunda penetração, da sonda, no pão. O valor obtido é adimensional.

- Gomosidade

A gomosidade é obtida através da multiplicação do parâmetro da dureza e da coesividade, sendo expresso em Newton (N).

## 3.4.8. RESISTÊNCIA À EXTENSÃO

A resistência à extensão da massa foi também determinada através do texturómetro (Texturómetro TA.XT Express, UK) utilizando um sistema de inflação de massas D/R com as condições descritas na Figura 22.

Caption	Value	Units
Pre-Test Flow Rate	8,63	cm <sup>2</sup> /sec
Test Flow Rate	26,70	cm <sup>2</sup> /sec
Post-Test Flow Rate	26,70	cm <sup>2</sup> /sec
Volume	790000	mm <sup>2</sup>
Trigger Type	Pre Volume	
Trigger Volume	20000	mm <sup>2</sup>
Break Mode	Level	
Break Sensitivity	0,5	Inch of Water
Break Detect	Pause	
Tare Mode	Auto	
Advanced Options	On	

Figura 22 - Métodos de teste para determinação da resistência à extensão.

Para esta análise, a massa com uma espessura de 8 mm (Figura 23) é cortada e colocada em 5 discos com cerca de 55 mm de diâmetro sendo pressionadas durante 30 segundos. As amostras são colocadas no equipamento (Figura 24) sendo iniciada a insuflação com ar (Figura 25).

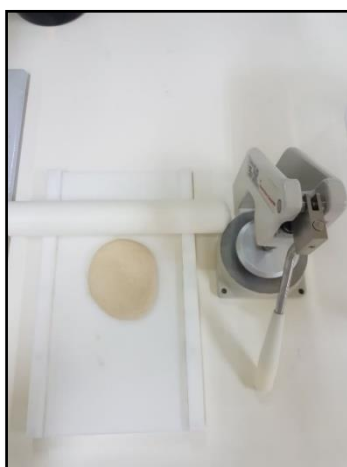


Figura 23 - Moldagem da massa para 8mm.

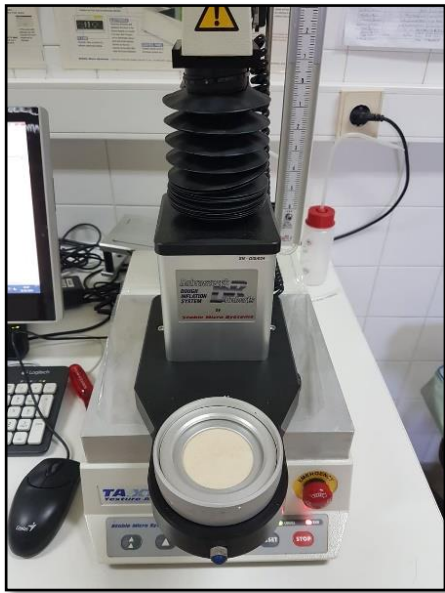


Figura 24 - Exemplo de iniciação do teste à resistência à extensão da massa do pão.



Figura 25 - Exemplo do momento de rutura da massa.

As 5 amostras foram analisadas e repetiu-se novamente o procedimento.

No total foram realizadas 10 leituras para cada amostra analisada.

A resistência à extensão da massa corresponde ao momento de rutura da “bolha” de massa (Figura 25), representada na Figura 26 pelo valor máximo do gráfico expresso em Pascal (Pa).

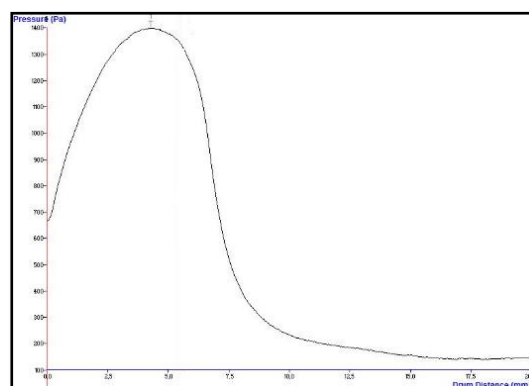


Figura 26 - Exemplo do gráfico obtido na análise da resistência à extensão da massa de pão.

## 3.4.9. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas foram realizadas na Unidade de Microbiologia Aplicada (UMA), estrutura integrante da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo. É um laboratório de análises acreditado segundo a norma NP EN ISO/IEC 17025, com certificado nº L0359 emitido pelo IPAC.

Todas as análises foram realizadas segundo métodos de referência de acordo com o microrganismo pesquisado, tal como mostrado na Tabela 11 e 12, conforme se trate da massa de pão cru ou do pão cozido.

Tabela 11 - Referência do método para cada parâmetro microbiológico da massa de pão.

Massa de pão	
Parâmetro	Referência do método
Contagem de <i>Estafilococos coagulase</i> positiva	ISO 6888-1:1999/ Amd 1:2003
Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i>	ISO 21528-2:2017
Contagem de <i>Escherichia coli</i>	ISO 16649-2:2001
Contagem de <i>Bacillus cereus</i> a 30°C	ISO 7932:2004

Relativamente à massa do pão realizaram-se análises a *Estafilococos coagulase* positiva, *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli* e *Bacillus cereus* a 30°C.

A análise foi realizada com a finalidade de garantir que o produto que está a ser embalado está em conformidade microbiológica, isto é, que não existe contaminação microbiana na massa do pão após a sua produção.

Tabela 12 - Referência do método para cada parâmetro microbiológico de pão cozido.

Pão Cozido	
Parâmetro	Referência do método
Contagem de <i>Bacillus</i> a 30°C	ISO 7932:2004
Contagem de <i>Escherichia coli</i>	ISO 16649-2:2001
Contagem de Microrganismos a 30°C	ISO 4833-A:2013

No caso do pão cozido foram pesquisados os seguintes microrganismos: *Bacillus* a 30°C, *Escherichia coli* e microrganismos a 30°C, com o principal objetivo de demonstrar que o binómio tempo/temperatura na etapa de cozedura é adequado à eliminação da carga microbiana possivelmente existente na massa do pão tipo “bijou”.

#### 3.4.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram analisados recorrendo a diferentes ferramentas estatísticas. Para estudar as diferenças entre formulações, aplicou-se aos resultados uma análise de variância (one-way ANOVA) e testes post-hoc de Tukey quando pelo menos uma das formulações era diferente. Considerou-se diferenças estatisticamente significativas para um intervalo de confiança de 95%,  $p < 0,05$ . Foi também aplicada uma análise de componentes principais (ACP) para determinar correlações entre os parâmetros analisados. A análise estatística foi realizada recorrendo ao software STATISTICA v 7.0 (StatSoft, EUA).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub> AO LONGO DO TEMPO

Na Figura 27 é possível observar os resultados da monitorização da composição do dióxido de carbono, no interior das embalagens com ATM, ao longo do tempo de armazenamento. Inicialmente foi introduzido 50% de CO<sub>2</sub> e 50% de N<sub>2</sub> nas embalagens tal como programado no equipamento.

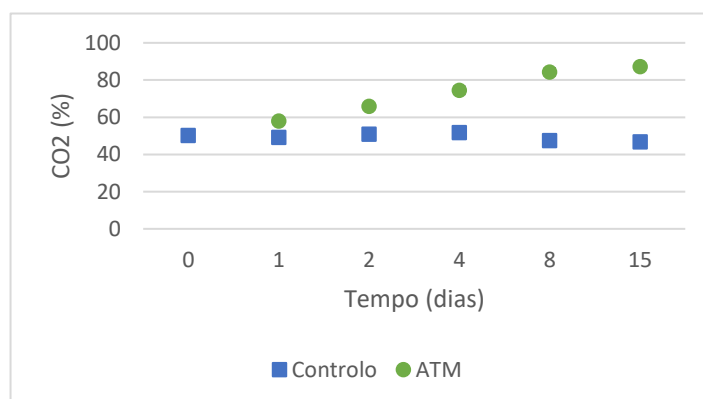


Figura 27 - Variação da percentagem de CO<sub>2</sub> ao longo do tempo para o método de conservação ATM. Controlo corresponde à embalagem vazia.

Através da Figura 27, verifica-se que, no caso do ensaio com ATM, a concentração de CO<sub>2</sub> aumenta ao longo do tempo de armazenamento, atingindo uma concentração de, aproximadamente, 90% ao fim de 15 dias de armazenamento

O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> pode estar relacionado com o desenvolvimento da levedura que, apesar da temperatura de armazenamento ser de 4 °C, durante o seu metabolismo, a levedura continua a produzir CO<sub>2</sub>, aumentando assim a respetiva concentração no interior da embalagem (Dangi et al., 2017). Os resultados obtidos no ensaio controlo (embalagem sem pão) permitem validar a eficácia do processo de embalamento, uma vez que a concentração de CO<sub>2</sub> mantém-se próxima de 50% ao longo do tempo de armazenamento.

## 4.2. DETERMINAÇÃO DO PH

### 4.2.1. PH DA MASSA

Nas figuras seguintes (Figura 28, 29 e 30) encontram-se os resultados do pH da massa do pão, tipo “Bijou”, obtidos para cada uma das técnicas de conservação estudadas.

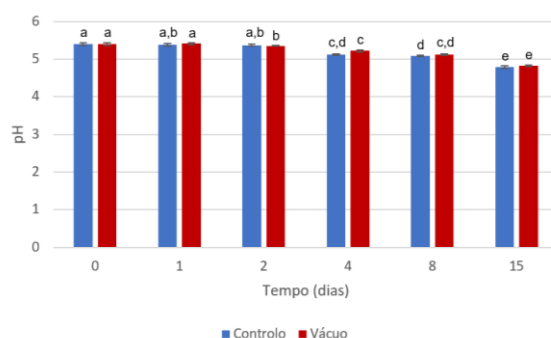


Figura 28 - Variação do pH da massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

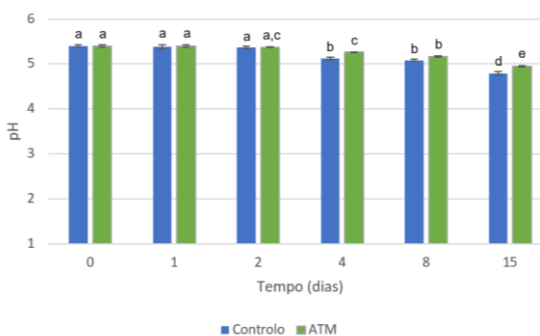


Figura 29 - Variação do pH da massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

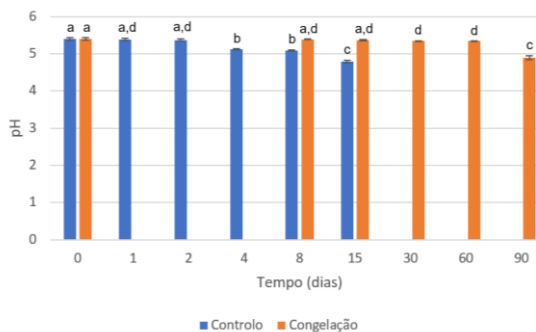


Figura 30 - Variação do pH da massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

Através da Figura 28 é possível observar que os valores de pH no caso do embalamento a vácuo têm o mesmo comportamento dos valores de pH no caso do ensaio controlo ( $p > 0,05$ ). Isto é, do início para o fim do tempo de armazenamento observa-se um decréscimo de pH de 5,38 para 4,79 ( $p < 0,05$ ) e de 5,41 para 4,82 ( $p < 0,05$ ), para o controlo e vácuo, respetivamente.

Na Figura 29 é possível observar que os valores de pH no caso do embalamento em ATM diminuem ao longo do tempo, tal como no caso do ensaio

controle, sendo que existem diferenças entre eles ( $p < 0,05$ ). No caso do método ATM, no início do armazenamento o valor de pH é de 5,40 e no final do armazenamento é de 4,95 ( $p < 0,05$ ). No entanto, após 4 e 15 dias de armazenamento verifica-se que os valores de pH no caso da ATM são superiores aos valores de pH do ensaio controle ( $p < 0,05$ ), apresentando, contudo, a mesma tendência de decréscimo ao longo do tempo.

No caso do armazenamento por congelamento (Figura 30) observa-se um decréscimo do pH ao longo do tempo de armazenamento com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Porém os valores de pH da massa de pão congelada não apresentam diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) até 15 dias após o embalamento, sendo o valor de pH da massa de pão de 5,40 e de 5,39, nos tempos 0 e a 5 dias, respetivamente.

Através da análise das figuras anteriores verifica-se que, de uma forma geral, o pH da massa diminui ao longo do tempo de armazenamento independentemente do tipo de métodos de conservação. No entanto, no caso da congelamento verificou-se que a massa do pão não acidificou tanto como nos restantes, uma vez que o pH diminuiu menos acentuadamente, tendo em conta o tempo inicial como referência e o controle.

A diminuição do pH deve-se à acidificação da massa do pão promovida por reações bioquímicas na massa, possivelmente devido ao metabolismo da levedura. No entanto, nunca se aproximou de 3,4, valor de pH a partir do qual são induzidas alterações indesejáveis na fermentação devido à atividade microbiana (Calaveras, 2004). Os valores obtidos de pH encontram-se maioritariamente compreendidos entre 5 e 6, sendo que este intervalo de valores promove o melhor desempenho da fermentação e a máxima produção de  $\text{CO}_2$  (Calaveras, 2004).



#### 4.2.2. PH DO PÃO COZIDO

Nas Figuras seguintes (Figura 31,32 e 33) encontram-se os resultados do pH do pão cozido para cada uma das técnicas de conservação estudadas.

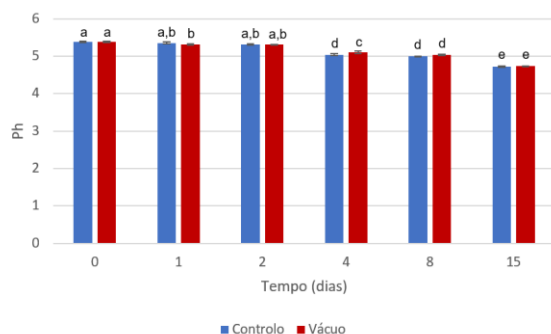


Figura 31 - Variação do pH do pão cozido do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=3.

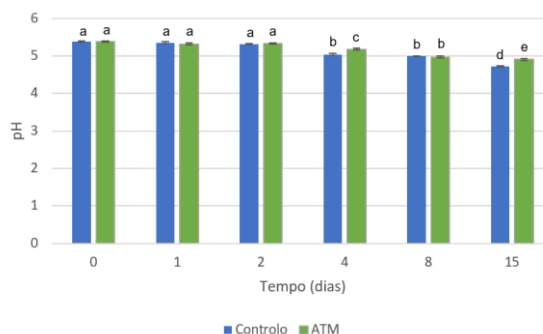


Figura 32 - Variação do pH do pão cozido do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=3.

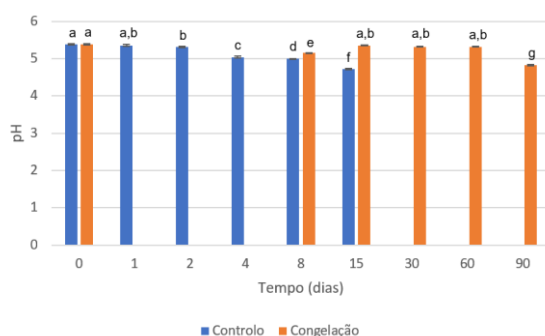


Figura 33 - Variação do pH do pão cozido do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=3.

Os resultados obtidos apresentam um comportamento semelhante aos obtidos para a massa do pão cru. Nas Figuras 31 e 32 estão representados os valores obtidos no caso das técnicas de conservação a vácuo e ATM, ambas comparadas com o ensaio controlo. Ambas as técnicas não apresentam diferenças significativas até dois dias de armazenamento ( $p > 0,05$ ). No entanto, após 4 dias verifica-se uma diminuição do pH ao longo do tempo ( $p < 0,05$ ), de 4,31 para 4,72, e de 5,32 para 4,91, para o vácuo e ATM, respetivamente. No ensaio controlo os valores de pH diminuem de 5,35 para 4,72. Na Figura 33 verifica-se que a massa de pão conservado a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  não apresentou diferenças significativas até 60 dias de armazenamento, diminuindo de 5,38 para 5,32. Pelo contrário, ao fim de 90 dias foi registado um valor de pH de 4,82 ( $p < 0,05$ ). Esta

diminuição do pH deve-se ao facto da acidificação da massa promovida pelas reações químicas que ocorreram e, conseqüentemente, traduz-se no pão cozido.

### 4.3. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DA ÁGUA

A água nos alimentos pode-se encontrar sob a forma de ligações com moléculas ou então, sob a forma livre. A água que se encontra livre é determinada e representa a atividade da água. A atividade da água é medida na escala entre 0 e 1, sendo que 0 é inexistente e 1 significa água pura. A atividade da água está diretamente relacionada com o desenvolvimento microbiano no alimento, por isso é importante a sua monitorização para tentar evitar a proliferação microbiana durante o armazenamento. Nas Figuras 34, 35 e 36 encontra-se a variação da  $a_w$  da massa do pão ao longo do tempo para os três métodos de conservação.

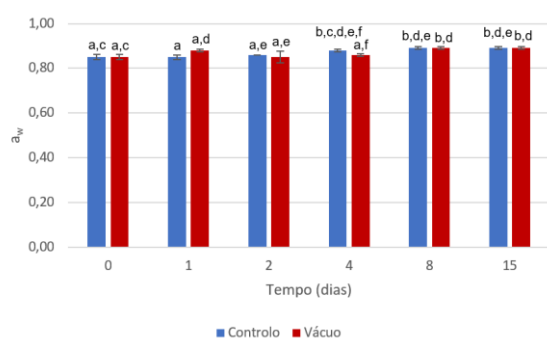


Figura 34 - Variação da atividade da água na massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

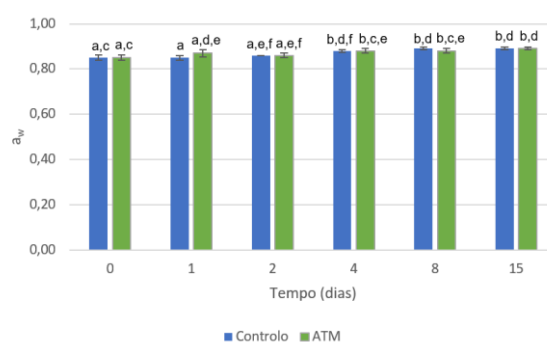


Figura 35 - Variação da atividade da água na massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

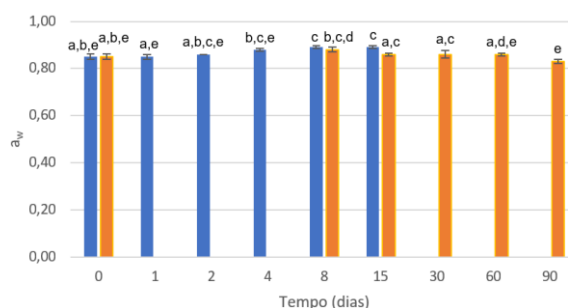


Figura 36 - Variação da atividade da água na massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

Através destas Figuras é possível observar que, no caso do vácuo e ATM, a atividade da água tem um comportamento semelhante ao ensaio controlo, para os mesmos intervalos de tempo, isto é, aumenta ao longo do tempo ( $p < 0,05$ ). Este aumento ligeiro pode ser explicado através do metabolismo das leveduras, pela libertação de água durante a fermentação/crescimento microbiano. Pelo contrário, no caso da congelação os valores de  $a_w$  diminuem ao longo dos 90 dias de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Este comportamento pode indicar que ocorre a desidratação da massa durante o armazenamento, isto é a perda de água, possivelmente devido ao processo de congelação.

#### 4.4. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE

Nas Figuras 37, 38 e 39 encontram-se os resultados do teor de Humidade da massa de pão ao longo do tempo de armazenamento para o ensaio com ATM, vácuo e congelação, respetivamente.

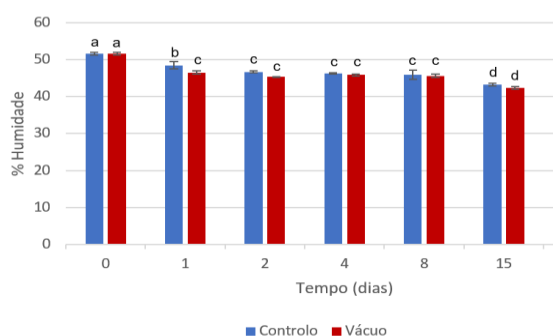


Figura 37 - Variação da percentagem de Humidade na massa do pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

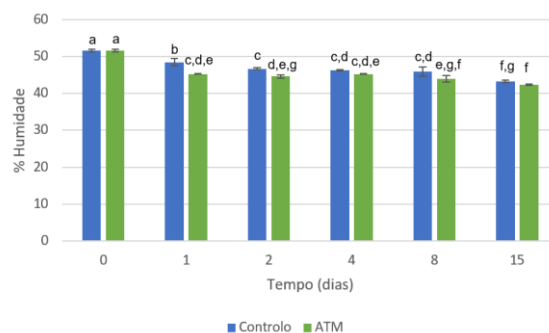


Figura 38 - Variação da percentagem de Humidade na massa do pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

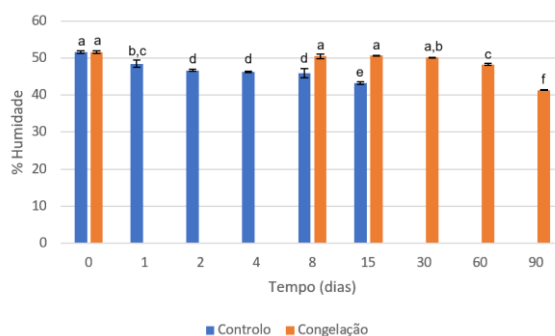


Figura 39 - Variação da percentagem de Humidade na massa do pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=3$ .

Em todos os métodos estudados verifica-se que o teor de Humidade diminui ao longo do tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Inicialmente a massa de pão apresenta um valor de Humidade de 51,56 %. Ao fim de 15 dias de armazenamento o teor de Humidade é de 42,35 %, 42,40 % e 50,59 % para os ensaios com vácuo, ATM e congelação, respetivamente. No caso da congelação verifica-se que ao fim de 90 dias a Humidade diminui para 41,34 %.

No método de congelação, é possível aferir que se consegue manter o teor de Humidade da massa de pão próximo do valor inicial até os 30 dias de armazenamento, tal como indica a Figura 39, mantendo-se inalterado e não apresentando diferenças significativas em relação ao tempo 0 ( $p > 0,05$ ).

De referir que a diminuição do teor de Humidade favorece as ligações de hidrogénio entre os polímeros de amido que conseqüentemente se traduz em maior dureza do pão (M. E. Bárcenas & Rosell, 2006)

## 4.5. DETERMINAÇÃO DA COR

### 4.5.1. COR DA MASSA

A cor de um alimento influencia a sua aceitabilidade aos consumidores, apesar de não caracterizar o sabor ou valor nutricional do mesmo (Sahin & Sumnu, 2006). Nas Figuras 40, 41 e 42 podem-se observar os resultados obtidos para a luminosidade ( $L^*$ ) da massa do pão cru e nas Figuras 43, 44 e 45 o parâmetro  $L^*/b^*$  da massa do pão cru para as técnicas de conservação estudadas.

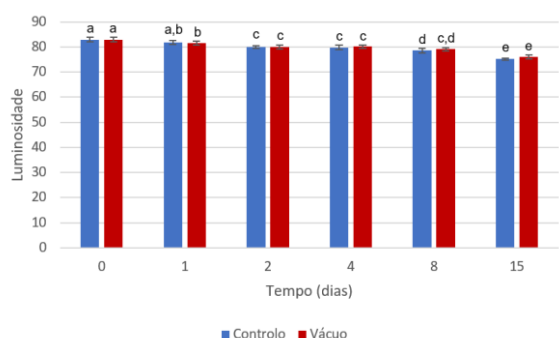


Figura 40 - Variação da luminosidade da massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

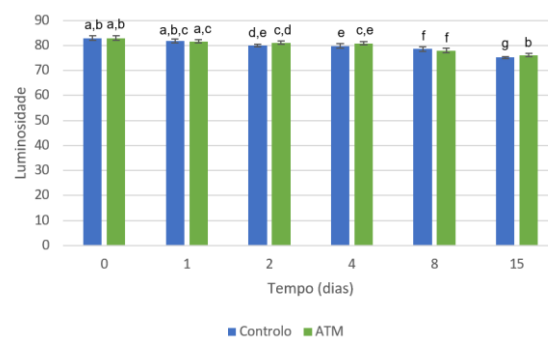


Figura 41 - Variação da luminosidade da massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

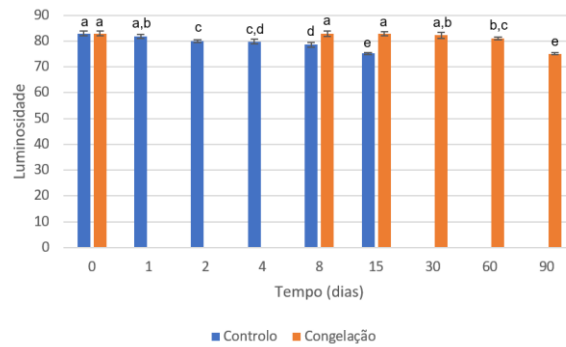


Figura 42 - Variação da luminosidade da massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

Nas Figuras 41, 42 e 43 observa-se uma diminuição do parâmetro  $L^*$  ao longo do tempo. Inicialmente a massa de pão apresenta um valor de  $L^*$  de 82,8 e ao fim de 15 dias, diminuiu para 67,9, 65,8 e 74,9 para os ensaios a vácuo, ATM e congelação, respetivamente ( $p < 0,05$ ). No caso da congelação, ao fim de 90 dias, o valor de  $L^*$  é de 65,7. Em todos os ensaios ocorre diminuição da brancura do pão, isto é, os resultados mostram que a massa do pão escurece ao longo do tempo, independentemente do método de conservação utilizado. De referir que a diminuição verificada neste parâmetro, no caso da congelação, não é tão acentuada como nos restantes métodos de conservação.

A alteração da luminosidade da massa pode ser provocada por reações que ocorrem ao longo do tempo de armazenamento e pela água localizada à superfície da massa. De facto, de acordo com o que foi referido no ponto 4.4 o teor de Humidade diminuiu ao longo do tempo.

O parâmetro  $L^*/b^*$  é utilizado para caracterizar o “tom” amarelado do pão. Nas Figuras 43, 44 e 45 verifica-se que o parâmetro  $L^*/b^*$  diminuiu ao longo do tempo para os todos os métodos estudados, sendo esta diminuição mais acentuada, no caso dos ensaios a vácuo e ATM.

Na Figura 43 verifica-se que no ensaio com vácuo os valores de  $L^*/b^*$  não apresentam diferenças significativas até 4 dias de armazenamento, diminuindo logo de seguida até 15 dias de armazenamento.

A ATM apresentou o mesmo comportamento, exibindo resultados semelhantes até 4 dias de armazenamento e diminuindo ao fim de 15 dias. Ao

fim de 15 dias de armazenamento o valor de  $L^*/b^*$  diminuiu para 5,2, 5,0 e 6,2 para os ensaios a vácuo, ATM e congelação, respetivamente.

No caso do método de congelação não se observou variação de  $L^*/b^*$  até 60 dias de armazenamento ( $p > 0,05$ ). Pelo contrário, ao fim de 90 dias de armazenamento verificou-se que o valor de  $L^*/b^*$  é inferior aos restantes ensaios. No entanto, para o mesmo tempo de armazenamento verifica-se que a congelação apresentou melhores resultados de  $L^*/b^*$  uma vez que a cor se manteve inalterada por mais tempo.

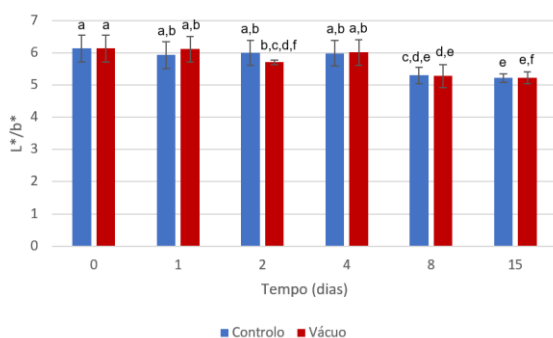


Figura 43 - Variação da razão  $L^*/b^*$  da massa de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

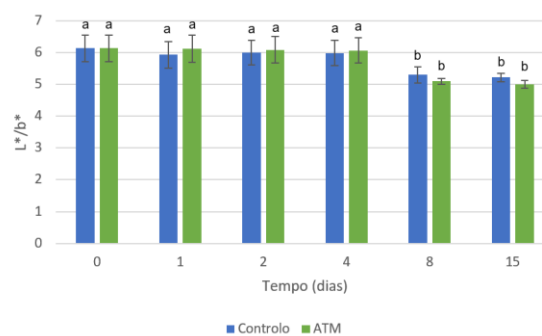


Figura 44 - Variação da razão  $L^*/b^*$  da massa de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

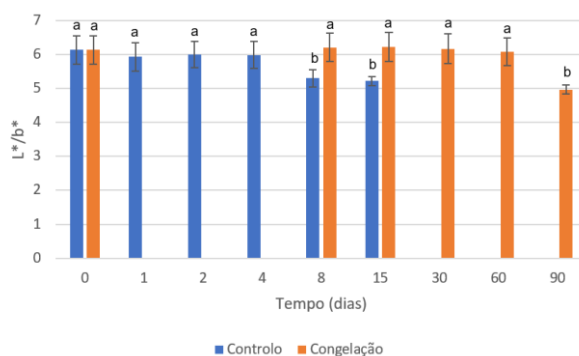


Figura 45 - Variação da razão  $L^*/b^*$  da massa de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

#### 4.5.2. COR DA CROSTA E MIOLO

Nas Figuras 46, 47 e 48 pode-se observar a variação do parâmetro L\* ao longo do tempo de armazenamento para a crosta de pão.

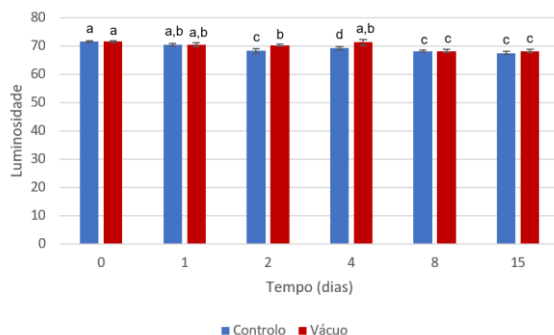


Figura 46 - Variação da luminosidade da crosta de pão do controle e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.

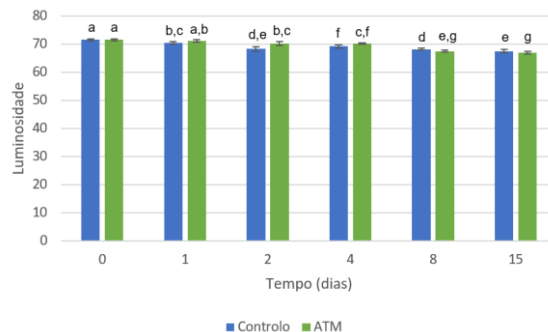


Figura 47 - Variação da luminosidade da crosta de pão do controle e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.

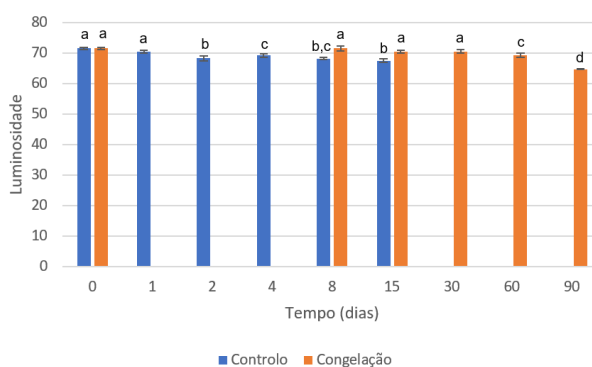


Figura 48 - Variação da luminosidade da crosta de pão do controle e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.

Os resultados do parâmetro L\* da crosta seguem a tendência de diminuição verificados para a massa. Nos ensaios a vácuo e ATM, ao fim de 15 dias de armazenamento registaram-se os valores de 68,1 e 66,9, respectivamente, sendo que o valor inicial era de 71,4. Na congelação os valores não apresentaram diferenças significativas até 30 dias de armazenamento ( $p > 0,05$ ). Após 90 dias de armazenamento registou-se um valor de 64,9.

Nas Figuras 49, 50 e 51 apresentam-se os valores do parâmetro  $L^*$  para o miolo do pão ao longo do armazenamento para os diferentes métodos de conservação.

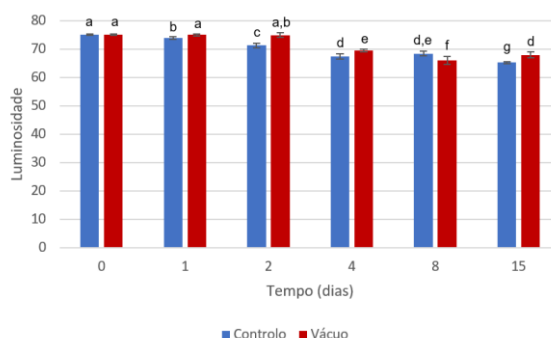


Figura 49 - Variação da luminosidade do miolo de pão do controle e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

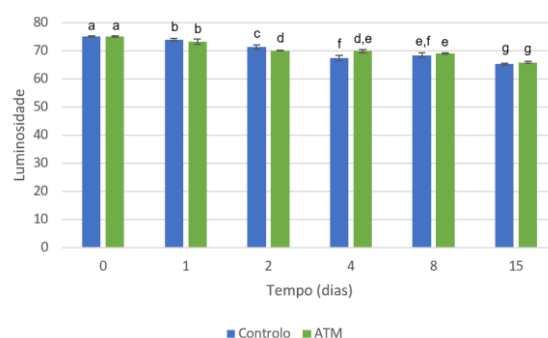


Figura 50 - Variação da luminosidade do miolo de pão do controle e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

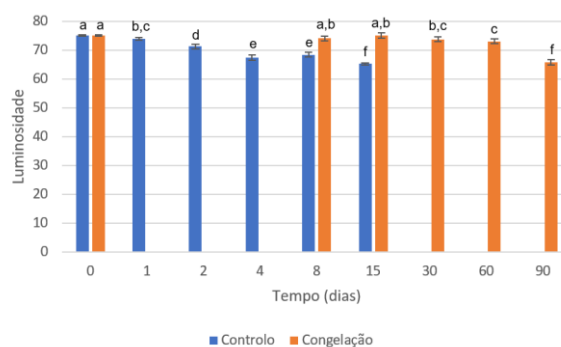


Figura 51 - Variação da luminosidade do miolo de pão do controle e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

A luminosidade do miolo mantém a tendência anteriormente referida para a crosta do pão ao longo do tempo. O valor final de  $L^*$ , após 15 dias de armazenamento nos ensaios de vácuo e ATM, foi de 67,9 e 65,8, respectivamente. No caso da congelação os valores obtidos não apresentam diferenças significativas até 15 dias de armazenamento, 74,9 de acordo com o valor inicial, de 75,0. Após 90 dias, o valor foi de 65,7.

A diminuição da luminosidade do pão pode ser devido à ocorrência das reações de Maillard. Estas, por sua vez, são promovidas pela redução de



açúcares e aminácidos que conseqüentemente escurecem o pão (Gallagher et al., 2003).

Nas Figuras 52, 53 e 54 está representando o parâmetro  $L^*/b^*$  para o miolo do pão ao longo do armazenamento em diferentes métodos de conservação.

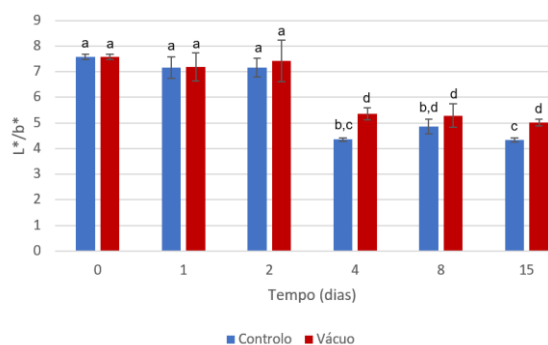


Figura 52 - Variação da razão  $L^*/b^*$  do miolo de pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

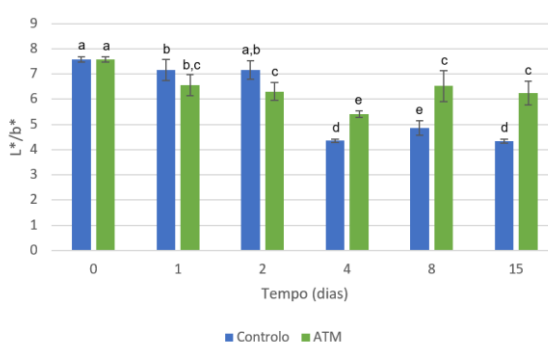


Figura 53 - Variação da razão  $L^*/b^*$  do miolo de pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

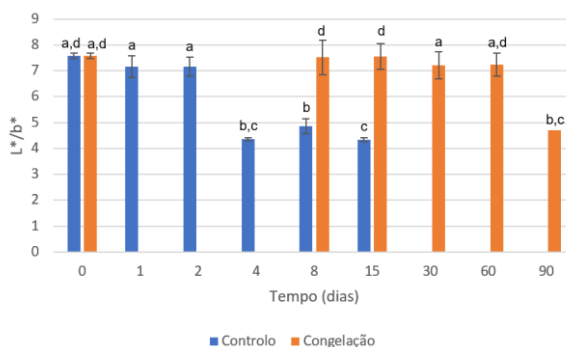


Figura 54 - Variação da razão  $L^*/b^*$  do miolo de pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

Relativamente ao parâmetro  $L^*/b^*$ , verifica-se uma tendência de diminuição dos valores ao longo do tempo de armazenamento, isto é, do escurecimento da cor do miolo do pão. O valor inicial é de 7,3 e ao fim de 15 dias de armazenamento os valores diminuem para 5,0, 6,23 e 7,5 no caso do vácuo, ATM e congelação, respetivamente. Estes resultados indicam que em qualquer um dos métodos de conservação a cor do pão mantém-se mais estável, ao contrário do controlo que apresenta mais alteração do tom  $L^*/b^*$  ( $p>0,05$ ). No

entanto, apesar da congelação apresentar os melhores resultados deste parâmetro, após 90 dias de armazenamento, o valor de  $L^*/b^*$  diminui para 4,7.

## 4.6. TEXTURA

### 4.6.1. RESISTÊNCIA À EXTENSÃO

Quanto à análise da textura da massa de pão, foi estudada a resistência à extensão da massa ao longo do tempo para os diferentes métodos de conservação (Figura 55, 56 e 57).

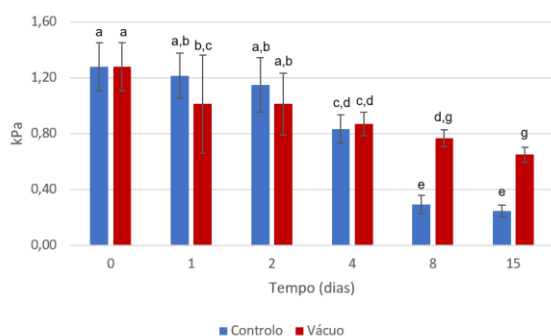


Figura 55 - Variação da resistência à extensão da massa de pão do controle e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

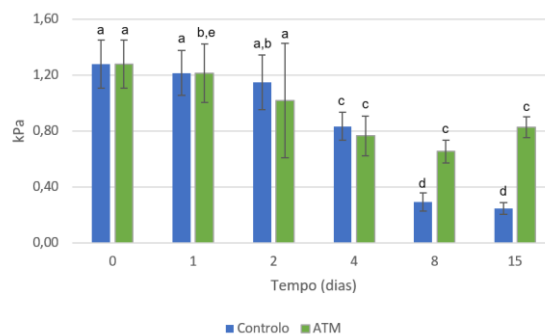


Figura 56 - Variação da resistência à extensão da massa de pão do controle e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

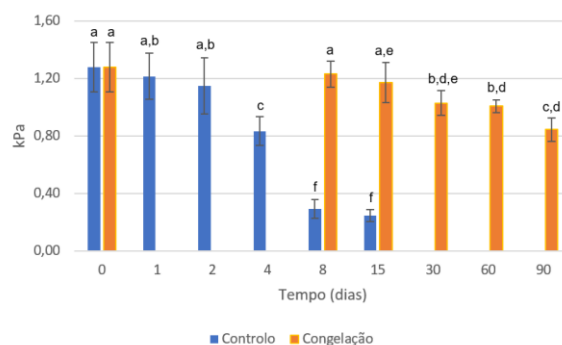


Figura 57 - Variação da resistência à extensão da massa de pão do controle e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

As Figuras 55 e 56 correspondem aos resultados obtidos da resistência da massa do pão, nos ensaios a vácuo e ATM, respetivamente. Através da sua análise verifica-se a diminuição da resistência à extensão ao longo do tempo,

exceto após 15 dias de armazenamento em ATM, a qual apresentou um ligeiro aumento em relação ao tempo 8 dias ( $p < 0,05$ ). Este comportamento indica que a massa apresenta menor capacidade elástica ao longo do tempo. Da mesma forma, a massa do pão controlo apresenta uma diminuição acentuada da resistência à extensão ao longo do tempo, sendo os respetivos valores bastante inferiores aos dos restantes ensaios, independentemente da técnica de conservação utilizada ( $p < 0,05$ ).

Através da Figura 57, verifica-se que os resultados obtidos na congelação, apresentam o mesmo comportamento que os outros métodos. No entanto, após 15 dias de armazenamento não se observam diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) em relação ao valor de inicial, o que não acontece nos restantes métodos ( $p < 0,05$ ). Estes resultados podem ser justificados com a diminuição do teor de Humidade e com a formação de cristais de gelo que danificam a estrutura da massa e conseqüentemente diminui a sua capacidade de reter o ar, tornando a massa menos extensível.

Em ambos os métodos estudados, vácuo e ATM, as amostras de massa de pão, mantiveram-se armazenadas em refrigeração ( $T = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) sendo possível observar alterações reológicas na massa, possivelmente devido à degradação de arabinosilanas (AX) por endoxilanas e proteínas hidrolisadas. As endoxilanas são enzimas naturais que modificam a capacidade de retenção de água das AX, são polissacarídeos presentes na massa. Este fenómeno promove o aparecimento de um fluido com tom “amarelado”, libertado pela massa, provocando alterações no amido (Y. Zhang & Simsek, 2009).

## 4.6.2. DUREZA DA CROSTA

Nas Figuras seguintes (Figura 58, 59 e 60) encontram-se os resultados da dureza da crosta do pão.

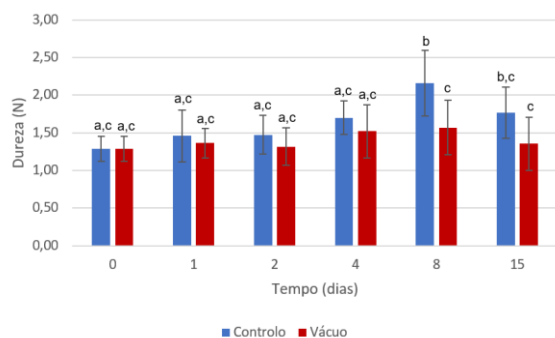


Figura 58 - Variação da dureza na crosta do pão do controle e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

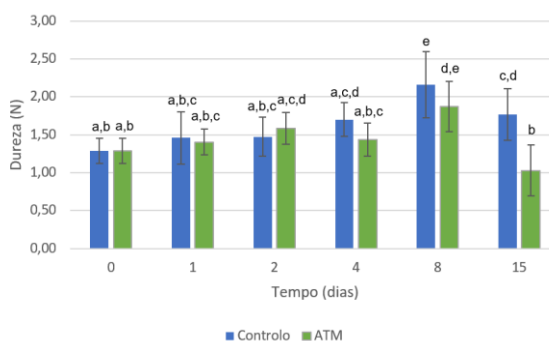


Figura 59 - Variação da dureza na crosta do pão do controle e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

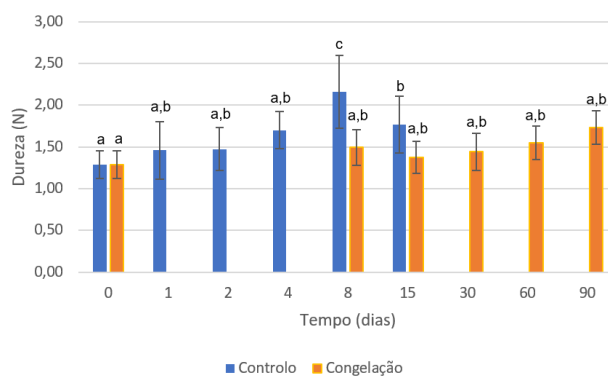


Figura 60 - Variação da dureza na crosta do pão do controle e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

Ao nível da dureza da crosta, para as diferentes técnicas de conservação, verifica-se que os valores apresentam diferenças significativas ao longo do tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ). Para as técnicas de conservação a vácuo e ATM a dureza da crosta aumenta após um dia de armazenamento, de 1,37N para 1,57N e de 1,41N para 1,87N respectivamente, após 8 dias de armazenamento. Em ambas as técnicas, os valores não apresentam diferenças significativas após 4 dias de embalagem ( $p > 0,05$ ).

No ensaio controle o valor da dureza aumentou de 1,47 N para 1,77 N do início para o fim do armazenamento (15 dias). Na conservação por congelação a dureza não apresentou diferenças significativas do início para o fim do

armazenamento ( $p > 0,05$ ), apesar de apresentar um aumento da dureza da crosta após 8 dias de armazenamento, 1,50 N, e de 1,77N, ao fim de 90 dias, sendo que este último não apresenta diferenças para o valor inicial.

Estes resultados vão ao encontro dos resultados obtidos por *Esselink et al.* (2003) e por *Rashidi et al.* (2016), isto é, a dureza do pão aumenta com o aumento tempo de armazenamento da massa congelada.

(*Pei Wang et al.* (2018) demonstrou que o armazenamento da massa congelada degrada a polimerização do glúten durante a etapa de cozedura. A gliadina e a glutenina são degradadas, sendo a última mais sensível, comparando com glúten fresco, o que poderá causar o aumento da dureza do pão.

Segundo os autores *Selomulyo & Zhou* (2007), a perda de Humidade e a retrogradação do amido são responsáveis pelo endurecimento da crosta do pão. Da mesma forma também *Salas-Mellado & Chang* (2003) obtiveram resultados semelhantes. Segundo o trabalho destes autores com massa de pão congelada, a dureza aumentou ao longo do tempo enquanto o volume específico diminuiu.

#### 4.6.3. DUREZA DO MIOLO

A textura do miolo foi analisada através do estudo da sua dureza, coesividade, adesividade e gomosidade ao longo do tempo para os diferentes métodos de conservação.

Nas figuras 61, 62 e 63 encontra-se representado o parâmetro da dureza do miolo ao longo do tempo de armazenamento nos diferentes métodos de conservação.

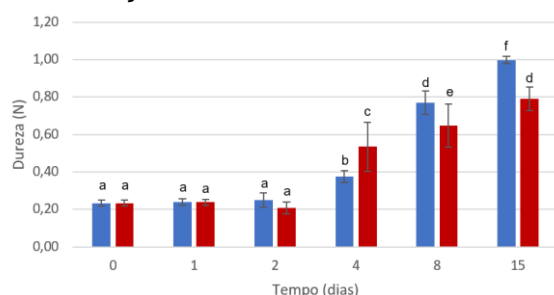


Figura 61 - Variação da dureza no miolo do pão do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

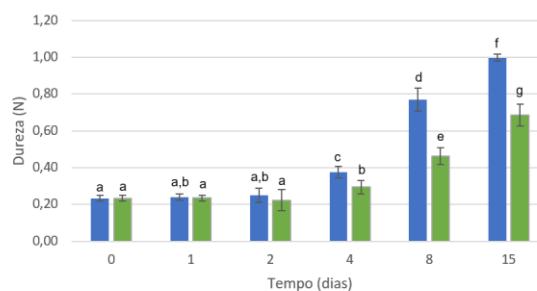


Figura 62 - Variação da dureza no miolo do pão do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

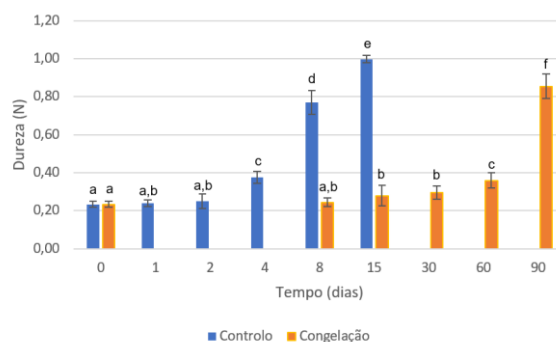


Figura 63 - Variação da dureza no miolo do pão do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

Da análise das Figuras anteriores verifica-se que, de uma maneira geral a dureza do miolo aumenta ao longo do tempo de armazenamento. No ensaio controlo a dureza do miolo aumenta de 0,23 N para 1,00 N, do início para o fim dos ensaios. Para os restantes métodos de conservação, embora ocorra um aumento da dureza, este não é tão acentuado como no controlo, sendo os valores da dureza sempre inferiores aos obtidos no ensaio controlo. Nas amostras a vácuo e ATM, os valores não apresentam diferenças até 2 dias de armazenamento, 0,21 N e 0,22 N, respetivamente, e na congelação, 0,25 N, até 8 dias ( $p>0,05$ ). Ao fim de 15 dias de armazenamento a dureza apresenta os seguintes valores: 0,79 N e 0,69 N, para o vácuo e ATM, e 0,28 N para a congelação ( $p<0,05$ ). Este comportamento poderá estar relacionado com a diminuição do teor de Humidade que torna o pão mais “seco” e duro.

No caso da congelação, a dureza do miolo foi aumentando progressivamente, sendo que no final do tempo este aumento foi muito acentuado, 0,30 N, 0,36 N e 0,85 N, após 30, 60 e 90 dias de armazenamento, respetivamente. O aumento mais acentuado foi obtido após 90 dias de armazenamento, valor muito próximo do obtido no vácuo após 15 dias de armazenamento.

Bárcenas & Rosell (2006) obteve resultados semelhantes num estudo com pão congelado, após cozedura, durante 30 dias de armazenamento. Estes autores evidenciaram que o aumento progressivo da dureza do miolo foi mais acentuado a partir dos 14 dias de armazenamento. Segundo este autor o

aumento da dureza do miolo do pão pode estar relacionado com o crescimento de cristais de gelo durante o armazenamento que danificam a estrutura do glúten.

#### 4.6.4. COESIVIDADE

Nas figuras 64, 65 e 66 encontra-se representado o parâmetro da coesividade do miolo ao longo do tempo de armazenamento para os diferentes métodos de conservação

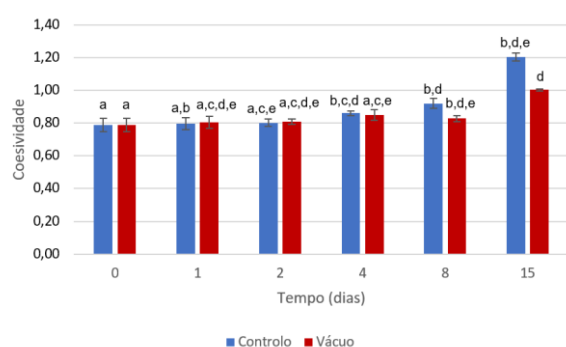


Figura 64 - Variação da coesividade no miolo do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.

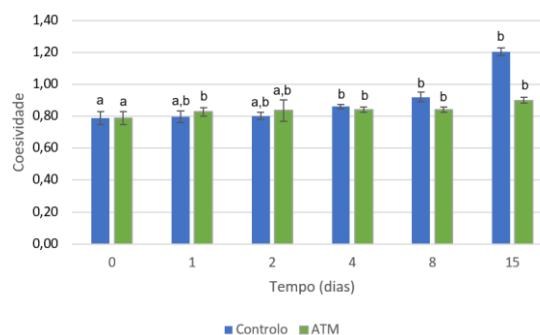


Figura 65 - Variação da coesividade no miolo do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.

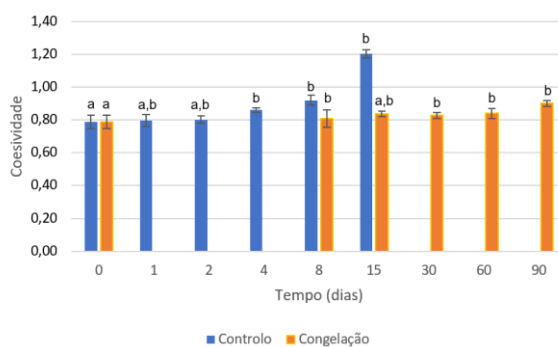


Figura 66 - Variação da coesividade no miolo do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão, n=10.

Quanto à coesividade do miolo, tal como a dureza embora menos acentuada, aumentou ao longo do tempo. Em relação ao valor do tempo 0 dias, 0,79, observa-se um aumento progressivo ao longo do tempo, sendo que, ao fim de 15 dias de armazenamento, os valores para o vácuo e ATM foram de 1,00 e

0,90 respetivamente, e 0,84 na congelação ( $p < 0,05$ ). Ao fim de 90 dias, na congelação, o valor da coesividade foi de 0,90.

#### 4.6.5. ADESIVIDADE

Nas Figuras 67, 68 e 69 encontra-se representado o parâmetro da adesividade do miolo ao longo do tempo de armazenamento para os diferentes métodos de conservação.

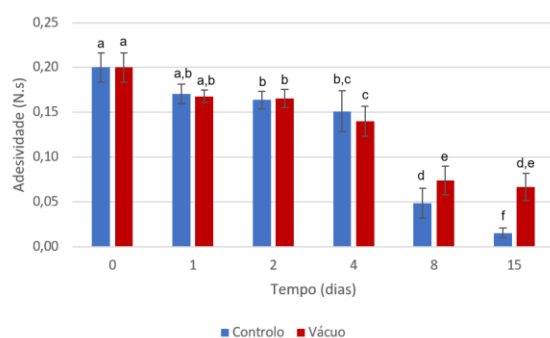


Figura 67 - Variação da adesividade no miolo do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

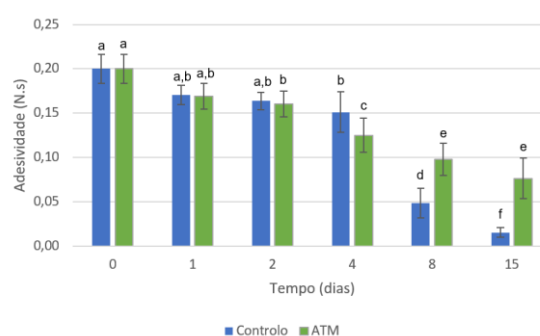


Figura 68 - Variação da adesividade no miolo do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

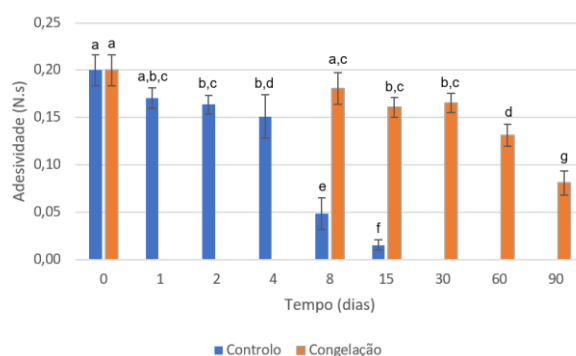


Figura 69 - Variação da adesividade no miolo do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

Através da análise das Figuras anteriores é visível a diminuição acentuada da adesividade ao longo do tempo, sendo este um comportamento similar em todos os métodos analisados. Nos três métodos de conservação os resultados apresentam diferenças significativas ao longo do tempo ( $p < 0,05$ ).



Verificam-se que a adesividade do miolo no ensaio controlo é inferior à adesividade dos restantes métodos particularmente a partir dos 4 dias de armazenamento ( $p < 0,05$ ). No caso da congelação, a adesividade do miolo apresentou resultados mais próximos do valor inicial (0,20 N.s - tempo 0 dias), quando comparado com os outros métodos de conservação, 0,16 N.s, enquanto que com os métodos de vácuo e ATM, os valores obtidos foram 0,07N.s e 0,08N.s respetivamente. Este comportamento pode também estar relacionado com a diminuição do teor de Humidade observada ao longo do tempo.

Durante a etapa de mistura formam-se ligações que contribuem para a retenção dos gases na etapa da cozedura. No entanto, durante o armazenamento com a migração da água e a cristalização do amido ocorrem alterações nessas ligações promovendo alterações na estrutura e consequentemente a diminuição da adesividade ao longo do aumento do tempo de armazenamento da massa (Esteller *et al.*, 2004). Contrariamente (Rashidi *et al.* (2016) obteve um aumento da adesividade ao longo do tempo no seu trabalho com massa de baguete congelada.

#### 4.6.6. GOMOSIDADE

Nas Figuras 70, 71 e 72 está representado o parâmetro da gomosidade do miolo ao longo do tempo de armazenamento para os diferentes métodos de conservação.

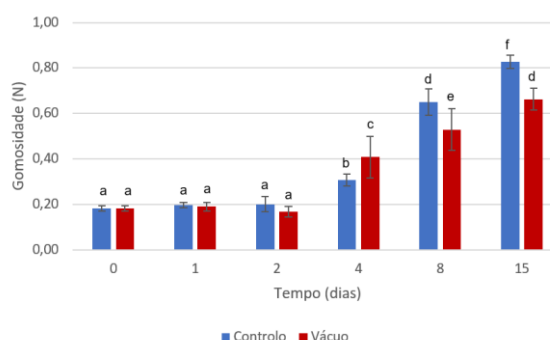


Figura 70 - Variação da gomosidade no miolo do controlo e do vácuo ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

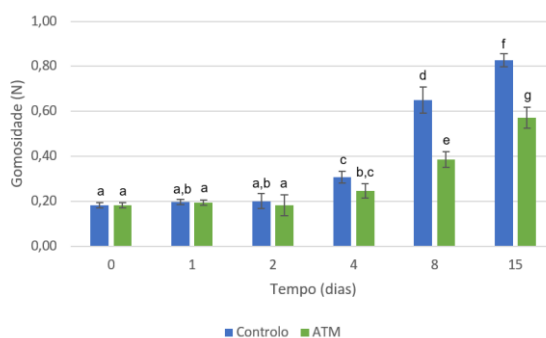


Figura 71 - Variação da gomosidade no miolo do controlo e da atmosfera modificada ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

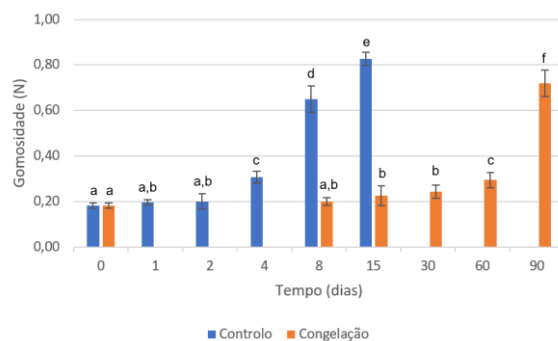


Figura 72 - Variação da gomosidade no miolo do controlo e da congelação ao longo do tempo. Valores médios  $\pm$  desvio padrão,  $n=10$ .

Através das Figuras anteriores verifica-se que a gomosidade do miolo aumenta ao longo do tempo, independentemente dos métodos de conservação ( $p < 0,05$ ). Apesar de não se registarem alterações significativas até 2 dias de armazenamento, a partir de 4 dias já se começa a registar um aumento significativo da gomosidade. Relativamente ao tempo zero dias verifica-se que a gomosidade praticamente triplica ao fim de 15 dias para os métodos de ATM e vácuo, e 90 dias para a congelação. No método de congelação, o miolo consegue registar resultados semelhantes após 30 dias de armazenamento com o controlo após 1 dia de armazenamento, sem apresentar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). A gomosidade representa a energia requerida para desintegrar um alimento até estar pronto para deglutição (Tuncel et al., 2014), e relacionando com o aumento da gomosidade ao longo do tempo nos diferentes métodos de conservação, verifica-se um aumento de dificuldade da desintegração da amostra ao longo do tempo.

#### 4.7. ANÁLISE MULTIVARIADA

De maneira a validar e interligar todos os resultados obtidos nos diferentes ensaios com os três métodos de conservação ao longo do tempo de armazenamento, procedeu-se à realização de uma análise de componentes principais (ACP) através do programa *Statistica 7*. Através desta análise multivariada (ACP) poderá ser possível encontrar correlações entre os parâmetros e as diferentes amostras.

A componente principal 1 (CP 1) é a que representa a maior quantidade de variáveis em relação da componente principal 2 (CP 2).

Na Figura 73 encontra-se representado um gráfico (CP 1 vs. CP 2) que representa cerca de 71% da informação total dos resultados das análises realizadas neste trabalho.

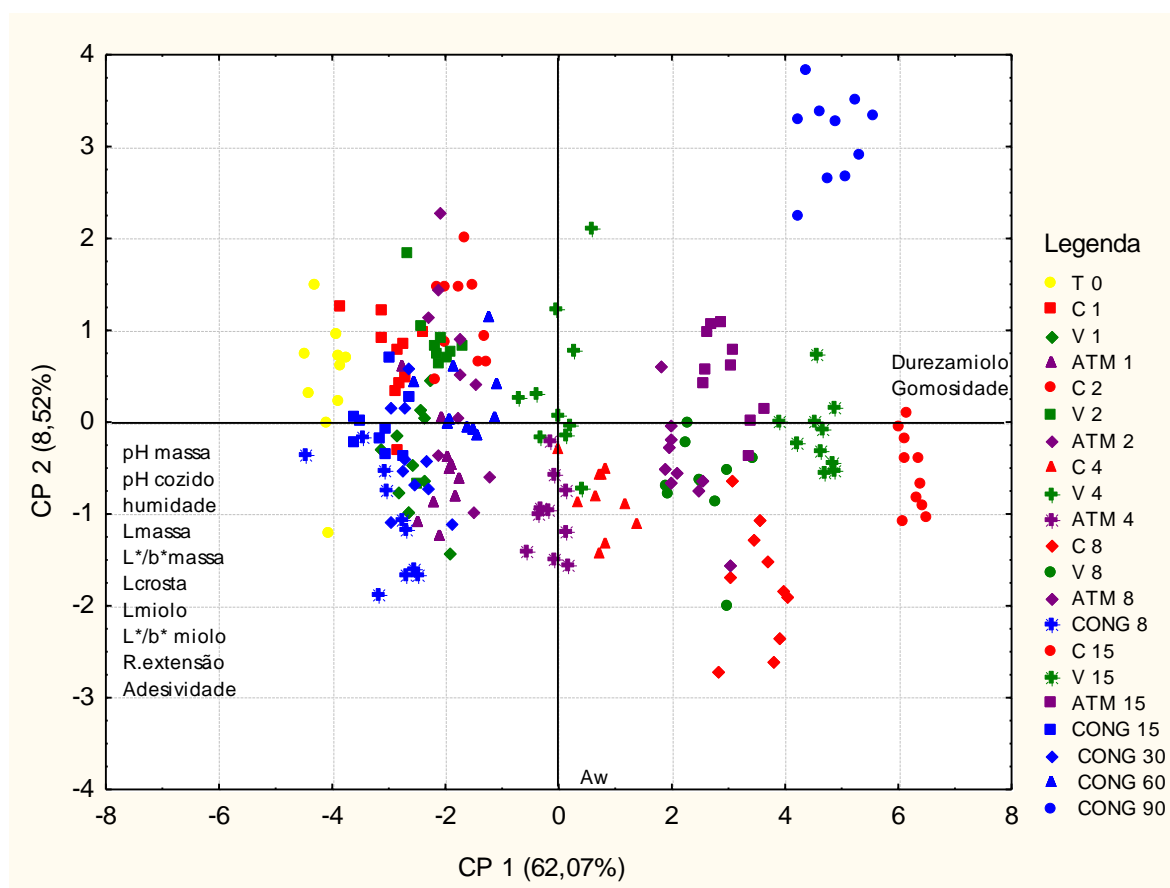


Figura 73 - Análise de componentes principais (CP1 vs. CP2) aplicada aos parâmetros físico-químicos e de textura nos diferentes métodos de conservação ao longo do tempo de armazenamento

A CP 1 representa a correlação direta entre pH miolo e cozido, Humidade, luminosidade da massa, crosta e miolo,  $L^*/b^*$  da massa e do miolo, resistência à extensão e adesividade (eixo do x, aumenta para o lado dos valores positivos), inversamente correlacionados com a dureza do miolo e a gomosidade (eixo x, aumento para o lado dos valores positivos). A CP2 apenas contém informação da  $a_w$  (eixo y, aumenta para os valores negativos). A CP 1 e CP 2 representam cerca de 62,07% e 8,52%, respetivamente.

Ao analisar o gráfico da Figura 73 pode-se verificar que a amostra inicial (T0) apresenta maior valor de pH, Humidade, luminosidade e cor amarelada, tanto em massa de pão como em pão cozido, maior capacidade de resistência à extensão e uma maior adesividade. As amostras embaladas a vácuo, ATM e o controlo apresentaram um comportamento semelhante ao da amostra inicial durante dois dias de armazenamento (C1, C2, V1, V2, ATM1, ATM 2). Porém na congelação, as amostras mantiveram o perfil até 60 dias de armazenamento (CONG 8,15, 30, 60). Contudo as amostras controlo (C8 e C15), vácuo (V8 e V15), ATM (V8 e V15) e congelação (CONG 90) apresentam uma maior gomosidade e uma maior dureza do miolo do pão. Nas amostras (C8) verifica-se uma maior  $a_w$ . De acordo com estes resultados obtidos, a congelação é o método de conservação com melhor desempenho, demonstrando um comportamento semelhante à amostra T(0), ao longo de 60 dias de armazenamento, enquanto que nos restantes métodos só se verifica apenas em 2 dias de armazenamento.

#### 4.8. DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE

Com a análise à reologia da massa do pão e a respetiva determinação da viscosidade é possível determinar o tipo de comportamento deste “fluido” (Figura 73).

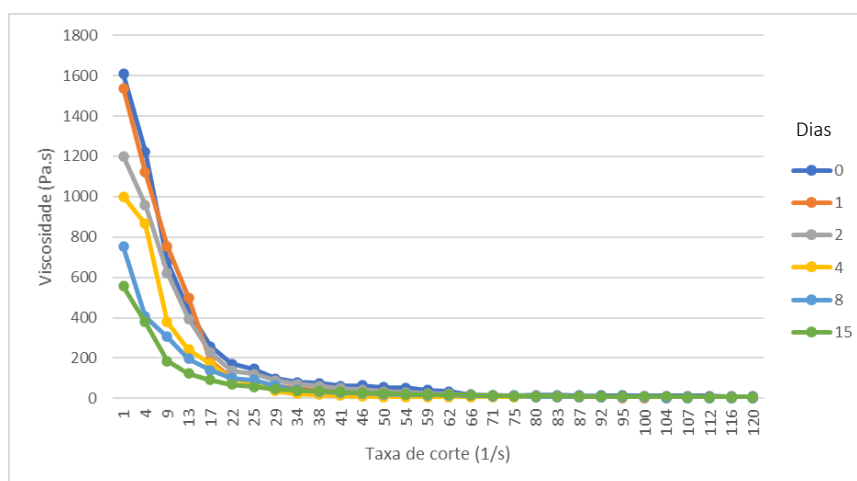


Figura 73 - Comportamento da massa de pão: viscosidade aparente vs. taxa de corte

A massa de pão possui um alto peso molecular tendo, por isso um comportamento não newtoniano (Gechev et al., 2019). Tal como mostra a Figura 73 e de acordo com o comportamento deste “fluido” é possível afirmar que se trata de um fluido pseudoplástico de acordo com (Sahin & Sumnu (2006).

Tal como mostrado no capítulo 2.4 deste trabalho, para este tipo de fluídos é utilizado o modelo Ostwald-De-Waele e para a aplicação da respetiva equação através da qual é possível determinar o índice de consistência e o índice de escoamento. Estes resultados estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 13 - Variação do índice de escoamento e consistência nos diferentes métodos de conservação.

Tempo (dias)	Índice de Escoamento (n)				Índice de Consistência (K) (Pa.s <sup>n</sup> )			
	Controlo	Vácuo	ATM	Congelação	Controlo	Vácuo	ATM	Congelação
0	-0,100	-0,100	-0,100	-0,100	4320,708	4320,708	4320,708	4320,708
1	-0,120	-0,182	-0,154	-----	3170,121	4474,35	3033,04	-----
2	-0,050	-0,164	-0,172	-----	2095,303	3392,38	2706,397	-----
4	-0,067	-0,182	-0,090	-----	2656,574	2187,403	2506,911	-----
8	-0,112		-0,099	-0,039	1717,538		2397,654	2915,753
15	-0,034	-0,026	-0,021	-0,105	1299,884	1354,828	1761,820	2140,600

<b>30</b>	----- ----	-----	-----	-0,110	-----	-----	-----	4729,601
<b>60</b>	----- ----	-----	-----	-0,211	-----	-----	-----	4374,361
<b>90</b>	----- ----	-----	-----	-0,151	-----	-----	-----	1779,324

Relativamente aos valores apresentados na Tabela anterior verifica-se que o índice de consistência diminui ao longo do tempo para cada método de conservação, sendo menos acentuado na congelação. Este facto pode ser justificado pela preservação da estrutura da rede de glúten, que vai-se degradando ao longo do tempo, facilitando assim a fluidez da massa. Pelo contrário, o índice de escoamento aumenta ao longo do tempo, na generalidade, e para cada método de conservação, visto que a fluidez da massa do pão é maior. A massa de pão é sensível à temperatura e ao teor de água que interfere diretamente no seu comportamento (Gechev et al., 2019). A existência de temperaturas de armazenamento nos diferentes métodos, o tempo de armazenamento, a diminuição do teor da Humidade, como já observado anteriormente, podem ter influenciado os resultados obtidos no parâmetro da viscosidade.

#### 4.9. ESTRUTURA DO PÃO E MIOLO – COMPARAÇÃO VISUAL

Na Tabela 16 encontram-se os resultados obtidos relativos à altura do pão tipo “Bijou” registados ao longo do tempo de armazenamento após a etapa de cozedura.

*Tabela 14 - Variação da altura do pão ao longo do tempo de armazenamento.*

<b>Tempo (dias)</b>	<b>Controlo (cm)</b>	<b>Vácuo (cm)</b>	<b>ATM (cm)</b>	<b>Congelação (cm)</b>
<b>0</b>	4,17 (100%)	4,17 (100%)	4,17 (100%)	4,17 (100%)
<b>1</b>	4,00 (96%)	4,17 (100%)	4,12 (99%)	-----
<b>2</b>	4,00 (96%)	4,06 (97%)	3,90 (94%)	-----
<b>4</b>	3,63 (87%)	3,73 (89%)	3,78 (91%)	-----
<b>8</b>	3,61 (87%)	3,25 (78%)	3,50 (84%)	4,11 (99%)
<b>15</b>	3,03 (73%)	2,68 (64%)	2,55 (61%)	4,06 (97%)
<b>30</b>	-----	-----	-----	4,02 (96%)
<b>60</b>	-----	-----	-----	3,70 (89%)
<b>90</b>	-----	-----	-----	2,70 (65%)

Ao longo do tempo, e para cada técnica de conservação, verifica-se que o pão foi perdendo altura, quando comparado com o T(0), 4,17 cm, que corresponde a 100%. Na técnica de conservação a vácuo e ATM, observa-se um decréscimo de 4,17 cm para 2,68 cm e de 4,12 cm para 2,55 cm, respetivamente.

Em ATM o pão apresentou o valor mais baixo, de cerca de 2,55 cm que representa 64% da altura de um pão cozido no T(0) e no vácuo 2,55 cm correspondente a 61% em relação ao T(0). A congelação nos tempos (8, 15, 30 dias) obteve um decréscimo até 4% (4,11 cm, 4,06 cm e 4,02 cm respetivamente), da altura do pão em relação ao T(0) , e 60 dias após o embalamento, 3,70cm, cerca de 11 % e por 35 %, após 90 dias, 2,70cm.

Eckardt *et al.* (2013) concluiu que o volume do pão de massa congelada diminui ao longo do tempo de armazenamento. Da mesma forma, Salas-Mellado & Chang (2003) obteve os mesmos resultados, isto é a diminuição do volume do pão, que conseqüentemente vai diminuir a sua altura após o processo de expansão durante as etapas de fermentação e cozedura.

Nas tabelas 17 e 18 pode-se observar aparência da estrutura do pão cozido, nos diferentes métodos de conservação ao longo do tempo.

Na tabela 17, pela análise das imagens, em todos os métodos de conservação, o pão apresenta um escurecimento ao longo do tempo, acentuando-se no t (8) e t (15). Na tabela 18, pela análise das imagens, referentes ao método de congelação, o pão a mesma tendência de escurecimento ao longo do tempo, sendo mais acentuado no t (60) e t (90).

Nas tabelas 19 e 20, pode-se observar a aparência do miolo do pão nos diferentes métodos de conservação ao longo do tempo.

Na tabela 19, pela análise das imagens, no método controlo e vácuo, verifica-se um escurecimento do miolo ao longo do tempo e o aparecimento de “bolhas” de ar, porém, no método ATM o escurecimento do miolo do pão não é tão visível, porém as “bolhas” de ar aumentam ao longo do tempo, sendo mais visível no t (8) e t (15).

Na tabela 20, pela análise das imagens, no método de congelação, mantém-se a tendência de escurecimento do miolo do pão ao longo do tempo, (t

(60) e t (90), no entanto, não apresenta “bolhas” de ar no miolo do pão, como verificado nos restantes métodos de conservação.

Através da análise destas imagens é possível observar o escurecimento do pão, a diminuição do volume do pão e os danos na estrutura da rede de glúten nas “bolhas” do miolo ao longo do tempo. Ao nível visual pode-se afirmar que o pão em atmosfera modificada teve maior degradação sendo que a congelação obteve melhores resultados.



Tabela 15 - Estrutura do pão em diferentes métodos ao longo do tempo



















Dias / Método	0	1	2	4	8	15
Controlo						
Vácuo						
ATM						

Tabela 16 - Estrutura do pão preservado por método de congelação ao longo do tempo







Dias / Método	0	8	15	30	60	90
Congelação						

Tabela 18 - Aparência do miolo do pão em diferentes métodos ao longo do tempo

























Dias Método	0	1	2	4	8	15
Controlo						
Vácuo						
ATM						

Tabela 17 - Aparência do miolo do pão preservado por método de congelação ao longo do tempo

Dias Método	0	8	15	30	60	90
Congelação						

#### 4.10. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

O pão tem na sua formulação a farinha como constituinte principal. A farinha corre o risco de ser contaminada em várias etapas como na moagem, embalagem, transporte e armazenamento (Wu, Ricke, Schneider, & Ahn, 2017). No entanto, os restantes ingredientes também podem sofrer contaminações ao longo das diversas etapas até se formar o pão após cozedura, por isso é necessário monitorizar e controlar os parâmetros microbiológicos do pão. Os critérios da qualidade seguem as orientações dos valores guia definidos pela Health Protection Agency (HPA) “Guidelines for Assessing the Microbiological Safety Ready-to-Eat Foods Placed on the Market”, a regulamentação comunitária - Regulamento (CE) N.º 1441/2007 da Comissão de 5 de Dezembro de 2007 que altera o Regulamento (CE) N.º 2073/2005 relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios, que fornece a orientação e interpretação dos critérios microbiológicos de alimentos. Neste sentido, realizaram-se análises microbiológicas para avaliar a estabilidade microbiológica e a segurança alimentar do pão.

As Tabelas 13 e 14 mostram os resultados das análises microbiológicas realizadas à massa de pão e ao pão cozido, respetivamente. Através destes resultados é possível verificar que todos estão “satisfatórios”, indicando que o pão é seguro para consumo. Os resultados da Tabela 13 indicam que a etapa de cozedura é eficaz para a eliminação de possíveis microrganismos presentes, de acordo com o referencial ISO para cada parâmetro. No caso da Tabela 14 é possível observar que embora tenha sido detetada contaminação através da presença de microrganismos, esta não é suficiente para ser considerado não satisfatório. Neste caso pode concluir-se que a massa do pão se encontra em condições satisfatórias de contagem de microrganismos para que a massa seja embalada. Também se conclui que tanto as matérias-primas são de qualidade, como o processo produtivo foi realizado de acordo com as boas práticas de higiene e de fabrico.

Tabela 19 - Resultados obtidos para cada parâmetro microbiológico da massa de pão

<b>Pão Cozido</b>			
<b>Parâmetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Amostra</b>	<b>Observação</b>
Contagem de <i>Bacillus</i> a 30°C	ufc/g	<100	Satisfatório
Contagem de <i>Escherichia coli</i>	ufc/g	<10	Satisfatório
Contagem de Microrganismos a 30°C	ufc/g	Ne = 4	Satisfatório

<b>Massa de pão</b>			
<b>Parâmetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Amostra</b>	<b>Observação</b>
Contagem de <i>Estafilococos coagulase</i> positiva	ufc/g	<10	Satisfatório
Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i>	ufc/g	1,5 x 10 <sup>4</sup>	Satisfatório
Contagem de <i>Escherichia coli</i>	ufc/g	<10	Satisfatório
Contagem de <i>Bacillus cereus</i> a 30°C	ufc/g	Presente<400	Satisfatório

## 5. CONCLUSÃO

A conservação de massa de pão tem inúmeras vantagens para o setor da panificação.

Os métodos de conservação estudados neste trabalho, a vácuo e atmosfera modificada sob armazenamento refrigerado e a ultracongelamento permitiram identificar e solucionar o melhor método para satisfazer as necessidades da panificadora.

As análises microbiológicas realizadas à massa de pão tipo Bijou após a sua produção e previamente ao embalamento, aos parâmetros *Estafilococcus coagulase positiva*, *Enterobacteriacease*, *Escherichia Coli* e *Bacillus cereus* a 30°C, tiveram como objetivo verificar se ocorreu a contaminação das amostras nas primeiras etapas do processo produtivo, ou no transporte das mesmas para iniciar o embalamento e posterior conservação. As análises microbiológicas realizadas ao pão tipo Bijou após cozedura permitiram validar o processo produtivo do produto, principalmente da etapa da cozedura, nomeadamente, o binómio tempo/temperatura, sendo analisados os parâmetros *Bacillus cereus* a 30°C, *Escherichia Coli*, *Microrganismos* a 30°C. Todos os parâmetros apresentaram valores satisfatórios garantindo assim a segurança do produto.

A massa de pão tipo Bijou representa um fluido não newtoniano, designando-se por um fluido pseudoplástico, devido ao seu comportamento na análise do parâmetro da viscosidade aparente vs taxa de corte. O índice de consistência permite relacionar a degradação da rede de glúten ao longo do tempo de armazenamento nos diferentes métodos de conservação da massa de pão tipo Bijou, sendo que, diminui ao longo do tempo de armazenamento, significando uma maior degradação da rede de glúten. No método de conservação por congelamento verificou-se um melhor desempenho em relação aos outros métodos estudados.

Relativamente ao parâmetro pH, em massa de pão e em pão cozido, os valores diminuíram ao longo do tempo de armazenamento, nos diferentes métodos de conservação. No parâmetro Humidade, apresentou uma diminuição ao longo do tempo de armazenamento, nos diferentes métodos de conservação.

Em relação ao parâmetro cor (luminosidade e  $L^*/b^*$ ), os resultados obtidos apresentam a mesma tendência de diminuição ao longo do tempo, em massa de pão, crosta e miolo do pão, nos diferentes métodos de conservação.

No que respeita à resistência à extensão, a massa de pão apresentou uma diminuição ao longo do tempo. No parâmetro da dureza, crosta e miolo, os valores obtidos apresentam um aumento ao longo do tempo, nos diferentes métodos de conservação. No parâmetro adesividade, verificou-se a diminuição dos valores obtidos, contrariamente aos valores obtidos dos parâmetros coesividade e gomosidade, que sofreram um aumento ao longo do tempo.

Ao nível da altura do pão cozido, este sofreu uma decadência ao longo do tempo, e quanto à aparência visual do pão cozido, é possível verificar o escurecimento ao longo do tempo e o aparecimento de “bolhas” de ar, acentuadas no método ATM.

Genericamente, analisando todos os parâmetros estudados, a conservação da massa do pão por ultracongelamento foi a que apresentou melhor desempenho tendo em conta a análise de componentes principais, em que as amostras até 60 dias de armazenamento (CONG 8, 15, 30, 60) apresentaram um comportamento semelhante às amostras iniciais (T 0). No entanto as amostras conservadas a vácuo e ATM só apresentaram resultados semelhantes com a amostra inicial até 2 dias de armazenamento (V1, V2, ATM1 ATM2).

Analisando o benefício para a empresa, o principal objetivo de aumentar o tempo de vida do pão é aumentar o stock e melhorar a gestão de turnos sendo a ultracongelamento o método mais eficiente para tal efeito, permitindo um maior tempo de armazenamento. A existência da necessidade da venda de massa de pão também pode ser assegurada com a conservação do produto congelado.

Como conclusão final, a massa de pão pode ser armazenada durante 30 dias a 60 dias em congelamento e a ATM e a vácuo durante 2 a 4 dias.

No futuro, devia-se aprofundar o método da ultracongelamento, de forma a melhorar os resultados obtidos. A alteração da formulação da massa de pão também é uma boa sugestão, de forma a adequar os atuais ingredientes e substituir caso necessário, conferindo melhor desempenho no armazenamento

congelado, nomeadamente o auxiliar tecnológico, com o intuito de prolongar o tempo de vida da massa de pão tipo “Bijou”.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Altamirano-Fortoul, R., & Rosell, C. M. (2011). Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 44(3), 631-636. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.018>
- Ban, C., Yoon, S., Han, J., Kim, S. O., Han, J. S., Lim, S., & Choi, Y. J. (2016). Effects of freezing rate and terminal freezing temperature on frozen croissant dough quality. *LWT*, 73, 219-219-225. doi:10.1016/j.lwt.2016.05.045
- Berk, Z. (2013). Chapter 27 - Food Packaging. In Z. Berk (Ed.), *Food Process Engineering and Technology (Second Edition)* (pp. 621-636). San Diego: Academic Press.
- Bárceñas, M. a. E., Haros, M., Benedito, C., & Rosell, C. M. (2003). Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. *Food Research International*, 36(8), 863-869. doi:[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00093-0)
- Bárceñas, M. E., & Rosell, C. M. (2006). Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread. *Food Chemistry*, 95(3), 438-445. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.023>
- Calaveras, J. s. (2004). *Nuevo tratado de panificación y bollería*. Madrid; A. Madrid Vicente: Mundi-Prensa.
- Callejo González, M. a. J. s., Rodríguez Badiola, G., & Gil González, M. (2002). *Industrias de cereales y derivados*. Madrid: A. Madrid Vicente : Mundi-Prensa.
- Canja, C. M., Lupu, M. I., MĂZĂREL, A., & PĂDUREANU, V. (2015). THE EFFECT ON SALT ADDED TO THE DOUGH RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THAT AND QUALITY OF WHITE BREAD. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 8(1), 57-57-64.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (1998). *Fabricación de pan*. Zaragoza: Acribia.
- Curic, D., Novotni, D., Skevin, D., Rosell, C. M., Collar, C., Le Bail, A., . . . Gabric, D. (2008). Design of a quality index for the objective evaluation of bread quality: Application to wheat breads using selected bake off technology for bread making. *Food Research International*, 41(7), 714-719. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.05.006>
- Dangi, A. K., Dubey, K. K., & Shukla, P. (2017). Strategies to Improve *Saccharomyces cerevisiae*: Technological Advancements and Evolutionary Engineering. *Indian Journal of Microbiology*, 57(4), 378-386. doi:10.1007/s12088-017-0679-8



- Eckardt, J., Öhgren, C., Alp, A., Ekman, S., Åström, A., Chen, G., . . . Langton, M. (2013). Long-term frozen storage of wheat bread and dough – Effect of time, temperature and fibre on sensory quality, microstructure and state of water. *Journal of Cereal Science*, 57(1), 125-133. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.10.007>
- Embleni, A. (2013). 2 - Modified atmosphere packaging and other active packaging systems for food, beverages and other fast-moving consumer goods. In N. Farmer (Ed.), *Trends in Packaging of Food, Beverages and Other Fast-Moving Consumer Goods (FMCG)* (pp. 22-34): Woodhead Publishing.
- Esselink, E. F. J., van Aalst, H., Maliepaard, M., & van Duynhoven, J. P. M. (2003). Long-term storage effect in frozen dough by spectroscopy and microscopy. *Cereal Chemistry*, 80(4), 396-403. doi:10.1094/cchem.2003.80.4.396
- Esteller, M. S., Amaral, R. L., & Lannes, S. C. D. S. (2004). EFFECT OF SUGAR AND FAT REPLACERS ON THE TEXTURE OF BAKED GOODS. *Journal of Texture Studies*, 35(4), 383-383-393. doi:10.1111/j.1745-4603.2004.tb00602.x
- Figura, L. O., & Teixeira, A. A. (2007). *Food physics: physical properties--measurement and applications*. Berlin ; New York: Springer.
- Fik, M., & Surowka, K. (2002). Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(11), 1268-1275. doi:10.1002/jsfa.1176
- Frauenlob, J., Moriano, M. E., Innerkofler, U., D'Amico, S., Lucisano, M., & Schoenlechner, R. (2017). Effect of physicochemical and empirical rheological wheat flour properties on quality parameters of bread made from pre-fermented frozen dough. *Journal of Cereal Science*, 77, 58-65. doi:10.1016/j.jcs.2017.06.021
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2), 153-161. doi:[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00244-3)
- Gao, J., Wang, Y., Dong, Z., & Zhou, W. (2018). Structural and mechanical characteristics of bread and their impact on oral processing: a review. *INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 53(4), 858-858-872. doi:10.1111/ijfs.13671
- Gechev, B., Zsivanovits, G., & Marudova, M. (2019, 2019-02-13). *Rheological Models of Gluten Free Bread Dough*.
- Gutkoski, L. C., Brehm, C. M., Santos, E. d., & Mezzomo, N. (2005). Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento / Effect of ingredients on the quality of non-fermented frozen form bread dough during storage. *Food Science*

*and Technology*, 25(3), 460-460-467. doi:10.1590/S0101-20612005000300012

- Hermeslima, M., & Storey, K. B. (1993). ANTIOXIDANT DEFENSES IN THE TOLERANCE OF FREEZING AND ANOXIA BY GARTER SNAKES. *American Journal of Physiology*, 265(3), R646-R652.
- Jiang, B., Kontogiorgos, V., Kasapis, S., & Goff, H. D. (2008). Rheological investigation and molecular architecture of highly hydrated gluten networks at subzero temperatures. *Journal of Food Engineering*, 89(1), 42-48. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.04.001
- Kechinski, C. P., Castro, M. G., Fleck, R. J., & Noreña, C. Z. (2010). Viabilidade de células de levedura em massas congeladas de pão francês / Leavening cells viability in frozen French bread dough. *Ciência Rural*, 40(5), 1193-1193-1198. doi:10.1590/S0103-84782010005000082
- Kurek, M. A., Wyrwisz, J., Karp, S., Brzeska, M., & Wierzbicka, A. (2017). Comparative analysis of dough rheology and quality of bread baked from fortified and high-in-fiber flours. *Journal of Cereal Science*, 74, 210-217. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.02.011>
- Licciardello, F., Cipri, L., & Muratore, G. (2014). Influence of packaging on the quality maintenance of industrial bread by comparative shelf life testing. *Food Packaging and Shelf Life*, 1(1), 19-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2013.10.001>
- Luo, W. H., Sun, D. W., Zhu, Z. W., & Wang, Q. J. (2018). Improving freeze tolerance of yeast and dough properties for enhancing frozen dough quality - A review of effective methods. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 25-33. doi:10.1016/j.tifs.2017.11.017
- Majzoobi, M., Raissjalali, A., Jamalian, J., & Farahnaky, A. (2015). EFFECT OF WHITE WHEAT FLOUR SUBSTITUTION WITH WHOLE OAT FLOUR ON PHYSICAL PROPERTIES OF PART-BAKED FROZEN BREAD. *Journal of Texture Studies*, 46(6), 411-411-419. doi:10.1111/jtxs.12139
- Mandala, I., Polaki, A., & Yanniotis, S. (2009). Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. *Journal of Food Engineering*, 92(2), 137-145. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.020>
- Murcia, M. A., Martínez-Tomé, M., Nicolás, M. C., & Vera, A. M. (2003). Extending the shelf-life and proximate composition stability of ready to eat foods in vacuum or modified atmosphere packaging. *Food Microbiology*, 20(6), 671-671-679. doi:10.1016/S0740-0020(03)00013-3
- Park, E. Y., Jang, S. B., & Lim, S. T. (2016). Effect of fructo-oligosaccharide and isomalto-oligosaccharide addition on baking quality of frozen dough. *Food Chemistry*, 213, 157-162. doi:10.1016/j.foodchem.2016.06.067
- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., & Cleland, D. J. (2011). Weight loss of frozen bread dough under isothermal and fluctuating temperature storage

conditions. *Journal of Food Engineering*, 106(2), 134-143.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.04.020>

- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., Tulyathan, V., & Cleland, D. J. (2008). Effect of cold pre-treatment duration before freezing on frozen bread dough quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(10), 1759-1762. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01685.x
- Phimolsiripol, Y., & Suppakul, P. (2016). Techniques in Shelf Life Evaluation of Food Products. In.
- Portaria n.º52/2015 de 26 fevereiro (Diário da República, 1.ª série - N.º 40 - 26 de fevereiro de 2015. (2015)
- Rashidi, A., HadiNezhad, M., Rajabzadeh, N., Yarmand, M. S., & Nemati, S. (2016). Frozen baguette bread dough II. Textural and sensory characteristics of baked product. *Journal of Cereal Science*, 70, 9-15. doi:10.1016/j.jcs.2016.05.019
- Regulamento (CE) N.º 1441/2007 da Comissão de 5 de Dezembro de 2007. (2008)
- Regulamento N.º1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de Dezembro de 2008. (2008)
- Sahin, S., & Sumnu, S. G. (2006). *Physical properties of foods*. New York: Springer.
- Salas-Mellado, M. M., & Chang, Y. K. (2003). Effect of formulation on the quality of frozen bread dough. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(3), 461-461-468. doi:10.1590/S1516-89132003000300018
- Selomulyo, V. O., & Zhou, W. (2007). Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science*, 45(1), 1-1-17. doi:10.1016/j.jcs.2006.10.003
- Silvas-Garcia, M. I., Ramirez-Wong, B., Torres-Chavez, P. I., Carvajal-Millan, E., Barron-Hoyos, J. M., Bello-Perez, L. A., & Quintero-Ramos, A. (2014). Effect of Freezing Rate and Storage Time on Gluten Protein Solubility, and Dough and Bread Properties. *Journal of Food Process Engineering*, 37(3), 237-247. doi:10.1111/jfpe.12079
- Steffolani, M. E., Ribotta, P. D., Perez, G. T., Puppo, M. C., & Leon, A. E. (2012). Use of Enzymes to Minimize Dough Freezing Damage. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2242-2255. doi:10.1007/s11947-011-0538-2
- Tanghe, A., Van Dijck, P., & Thevelein, J. M. (2003). Determinants of freeze tolerance in microorganisms, physiological importance, and biotechnological applications. In A. I. Laskin, J. W. Bennett, & G. M. Gadd (Eds.), *Advances in Applied Microbiology*, Vol 53 (Vol. 53, pp. 129-176). San Diego: Elsevier Academic Press Inc.

- Tao, H., Xiao, Y. D., Wu, F. F., & Xu, X. M. (2018). Optimization of additives and their combination to improve the quality of refrigerated dough. *Lwt-Food Science and Technology*, *89*, 482-488. doi:10.1016/j.lwt.2017.11.028
- Tuncel, N. B., Yilmaz, N., Kocabiyik, H., & Uygur, A. (2014). The effect of infrared stabilized rice bran substitution on B vitamins, minerals, and phytic acid content of pan breads: part II. *Journal of Cereal Science*
- Vernon-Carter, E. J., Garcia-Diaz, S., Reyes, I., Carrillo-Navas, H., & Alvarez-Ramirez, J. (2017). Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural characteristics of bread with pulque as leavening agent. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *9*, 39-48. doi:10.1016/j.ijgfs.2017.03.001
- Wang, P., Zou, M., Gu, Z. X., & Yang, R. Q. (2018). Heat-induced polymerization behavior variation of frozen-stored gluten. *Food Chemistry*, *255*, 242-251. doi:10.1016/j.foodchem.2018.02.047
- Wang, P., Zou, M., Tian, M., Gu, Z., & Yang, R. (2018). The impact of heating on the unfolding and polymerization process of frozen-stored gluten. *Food Hydrocolloids*, *85*, 195-203. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.019>
- Wu, S., Ricke, S. C., Schneider, K. R., & Ahn, S. (2017). Food safety hazards associated with ready-to-bake cookie dough and its ingredients. *Food Control*, *73*, 986-993. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.10.010>
- Yi, J., & Kerr, W. L. (2009). Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT - Food Science and Technology*, *42*(9), 1474-1474-1483. doi:10.1016/j.lwt.2009.05.017
- Zhang, Y., & Simsek, S. (2009). Physicochemical changes of starch in refrigerated dough during storage. *Carbohydrate Polymers*, *78*(2), 268-268-274. doi:10.1016/j.carbpol.2009.03.041
- Zhang, Y. Y., Li, Y. L., Liu, Y., & Zhang, H. (2018). Effects of multiple freeze-thaw cycles on the quality of frozen dough. *Cereal Chemistry*, *95*(4), 499-507. doi:10.1002/cche.10053

## 7. ANEXOS

Tabela 20 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos de pH da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo.

pH				
<b>Massa</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	5,40 ± 0,03	5,40 ± 0,03	5,40 ± 0,03	5,40 ± 0,03
<b>1</b>	5,38 ± 0,04	5,41 ± 0,02	5,40 ± 0,03	
<b>2</b>	5,37 ± 0,03	5,35 ± 0,01	5,37 ± 0,01	
<b>4</b>	5,12 ± 0,03	5,22 ± 0,02	5,26 ± 0,01	
<b>8</b>	5,08 ± 0,02	5,12 ± 0,02	5,16 ± 0,02	5,39 ± 0,01
<b>15</b>	4,79 ± 0,04	4,82 ± 0,02	4,95 ± 0,02	5,36 ± 0,02
<b>30</b>				5,34 ± 0,01
<b>60</b>				5,34 ± 0,01
<b>90</b>				4,89 ± 0,05

Tabela 21 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos de pH do pão cozido nos diferentes métodos ao longo do tempo.

pH				
<b>Cozido</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	5,38 ± 0,02	5,38 ± 0,02	5,38 ± 0,02	5,38 ± 0,02
<b>1</b>	5,35 ± 0,03	5,31 ± 0,02	5,32 ± 0,03	
<b>2</b>	5,31 ± 0,02	5,31 ± 0,01	5,33 ± 0,03	
<b>4</b>	5,04 ± 0,03	5,11 ± 0,04	5,18 ± 0,03	
<b>8</b>	4,99 ± 0,02	5,03 ± 0,02	4,97 ± 0,03	5,15 ± 0,01
<b>15</b>	4,72 ± 0,02	4,73 ± 0,02	4,91 ± 0,03	5,35 ± 0,01
<b>30</b>				5,32 ± 0,01
<b>60</b>				5,32 ± 0,02
<b>90</b>				4,82 ± 0,02

Tabela 22 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da atividade da água da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo.

<b>a<sub>w</sub></b>				
<b>Massa</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	0,85 ± 0,01	0,85 ± 0,01	0,85 ± 0,01	0,85 ± 0,01
<b>1</b>	0,85 ± 0,01	0,88 ± 0,01	0,87 ± 0,02	
<b>2</b>	0,86 ± 0	0,85 ± 0,03	0,86 ± 0,01	
<b>4</b>	0,88 ± 0,01	0,85 ± 0,03	0,88 ± 0,01	
<b>8</b>	0,89 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,88 ± 0,01	0,88 ± 0,01
<b>15</b>	0,89 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,86 ± 0,01
<b>30</b>				0,86 ± 0,02
<b>60</b>				0,86 ± 0,01
<b>90</b>				0,83 ± 0,01

Tabela 23 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da percentagem da Humidade na massa nos diferentes métodos ao longo do tempo.

<b>% Humidade</b>				
<b>Massa</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	51,56 ± 0,38	51,56 ± 0,38	51,56 ± 0,38	51,56 ± 0,38
<b>1</b>	48,44 ± 0,95	46,49 ± 0,49	45,23 ± 0,09	
<b>2</b>	46,61 ± 0,26	45,26 ± 0,13	44,60 ± 0,43	
<b>4</b>	46,31 ± 0,17	45,85 ± 0,27	45,23 ± 0,09	
<b>8</b>	45,82 ± 1,25	45,56 ± 0,47	43,87 ± 0,89	50,44 ± 0,65
<b>15</b>	43,29 ± 0,36	42,35 ± 0,34	42,40 ± 0,17	50,59 ± 0,10
<b>30</b>				50,12 ± 0,11
<b>60</b>				48,21 ± 0,28
<b>90</b>				41,34 ± 0,11

Tabela 24 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da luminosidade da crosta nos diferentes métodos ao longo do tempo

#### Luminosidade – Pão

<b>Crosta</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	71,41 ± 0,42	71,41 ± 0,42	71,41 ± 0,42	71,41 ± 0,42
<b>1</b>	70,34 ± 0,42	70,32 ± 0,68	70,97 ± 0,44	
<b>2</b>	68,21 ± 0,77	70,21 ± 0,42	70,16 ± 0,68	
<b>4</b>	69,10 ± 0,62	71,24 ± 1,00	70,12 ± 0,26	
<b>8</b>	68,12 ± 0,39	68,12 ± 0,55	67,45 ± 0,42	71,44 ± 0,78
<b>15</b>	67,45 ± 0,53	68,11 ± 0,64	66,86 ± 0,38	70,34 ± 0,51
<b>30</b>				73,70 ± 0,75
<b>60</b>				69,22 ± 0,76
<b>90</b>				64,66 ± 1,05

Tabela 25 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da luminosidade da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo.

#### Luminosidade – Massa

<b>Massa</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	82,84 ± 0,92	82,84 ± 0,92	82,84 ± 0,92	82,84 ± 0,92
<b>1</b>	81,77 ± 0,85	81,47 ± 0,76	81,62 ± 0,70	
<b>2</b>	79,96 ± 0,39	79,95 ± 0,81	81,06 ± 0,70	
<b>4</b>	79,76 ± 0,85	80,08 ± 0,75	80,84 ± 0,69	
<b>8</b>	78,59 ± 0,89	79,05 ± 0,57	77,93 ± 0,89	82,76 ± 1,07
<b>15</b>	75,12 ± 0,48	76,04 ± 0,83	76,08 ± 0,69	82,79 ± 0,79
<b>30</b>				82,18 ± 1,11
<b>60</b>				81,00 ± 0,61
<b>90</b>				75,09 ± 1,52

Tabela 26 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da razão  $L^*/b^*$  da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>L*/b* - Massa</b>				
<b>Massa</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	6,13 ± 0,42	6,13 ± 0,42	6,13 ± 0,42	6,13 ± 0,42
<b>1</b>	5,92 ± 0,42	6,11 ± 0,39	6,12 ± 0,43	
<b>2</b>	5,99 ± 0,38	5,70 ± 0,08	6,08 ± 0,41	
<b>4</b>	5,98 ± 0,40	6,00 ± 0,39	6,06 ± 0,40	
<b>8</b>	5,29 ± 0,25	5,28 ± 0,36	5,09 ± 0,10	6,21 ± 0,42
<b>15</b>	5,21 ± 0,13	5,22 ± 0,19	5,00 ± 0,12	6,21 ± 0,43
<b>30</b>				6,16 ± 0,44
<b>60</b>				6,07 ± 0,41
<b>90</b>				4,97 ± 0,13

Tabela 27 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da luminosidade do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>Luminosidade – Pão</b>				
<b>Miolo</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	75,01 ± 0,28	75,01 ± 0,28	75,01 ± 0,28	75,01 ± 0,28
<b>1</b>	73,82 ± 0,44	74,90 ± 0,29	73,10 ± 0,98	
<b>2</b>	71,23 ± 0,81	74,87 ± 0,74	69,99 ± 0,09	
<b>4</b>	67,32 ± 1,01	69,34 ± 0,48	69,80 ± 0,60	
<b>8</b>	68,38 ± 0,89	65,96 ± 1,33	69,02 ± 0,23	73,99 ± 0,22
<b>15</b>	65,15 ± 0,38	67,90 ± 1,03	65,78 ± 0,28	74,93 ± 0,96
<b>30</b>				73,70 ± 0,75
<b>60</b>				73,00 ± 0,85
<b>90</b>				65,73 ± 0,94



Tabela 28 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da razão  $L^*/b^*$  do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>L*/b* - Pão</b>				
<b>Miolo</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	7,58 ± 0,10	7,58 ± 0,10	7,58 ± 0,10	7,58 ± 0,10
<b>1</b>	7,15 ± 0,41	7,18 ± 0,55	6,56 ± 0,43	
<b>2</b>	7,15 ± 0,37	7,41 ± 0,81	6,31 ± 0,35	
<b>4</b>	4,36 ± 0,07	5,36 ± 0,24	5,42 ± 0,13	
<b>8</b>	4,87 ± 0,29	5,28 ± 0,46	6,52 ± 0,61	7,51 ± 0,66
<b>15</b>	4,34 ± 0,07	5,02 ± 0,12	6,25 ± 0,47	7,54 ± 0,49
<b>30</b>				7,21 ± 0,53
<b>60</b>				7,24 ± 0,44
<b>90</b>				4,71 ± 0,16

Tabela 29 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da resistência à extensão da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>Resistência à extensão (N)</b>				
<b>Massa</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	1,28 ± 0,17	1,28 ± 0,17	1,28 ± 0,17	1,28 ± 0,17
<b>1</b>	1,21 ± 0,16	1,01 ± 0,35	0,93 ± 0,21	
<b>2</b>	1,15 ± 0,20	1,01 ± 0,22	1,02 ± 0,41	
<b>4</b>	0,83 ± 0,10	0,87 ± 0,09	0,75 ± 0,14	
<b>8</b>	0,29 ± 0,06	0,77 ± 0,06	0,65 ± 0,08	1,23 ± 0,09
<b>15</b>	0,24 ± 0,04	0,65 ± 0,05	0,83 ± 0,07	1,17 ± 0,14
<b>30</b>				1,03 ± 0,09
<b>60</b>				1,01 ± 0,04
<b>90</b>				0,84 ± 0,08

Tabela 30 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da dureza da crosta nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>Dureza (N)</b>				
<b>Crosta</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	1,29 ± 0,17	1,29 ± 0,17	1,29 ± 0,17	1,29 ± 0,17
<b>1</b>	1,46 ± 0,34	1,37 ± 0,20	1,41 ± 0,17	
<b>2</b>	1,47 ± 0,26	1,32 ± 0,25	1,58 ± 0,21	
<b>4</b>	1,70 ± 0,22	1,52 ± 0,36	1,44 ± 0,22	
<b>8</b>	2,16 ± 0,44	1,57 ± 0,36	1,87 ± 0,33	1,50 ± 0,21
<b>15</b>	1,77 ± 0,34	1,36 ± 0,35	1,03 ± 0,34	1,38 ± 0,19
<b>30</b>				1,44 ± 0,22
<b>60</b>				1,55 ± 0,20
<b>90</b>				1,73 ± 0,20

Tabela 31 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da dureza do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>Dureza (N)</b>				
<b>Miolo</b>				
	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02
<b>1</b>	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,02	
<b>2</b>	0,25 ± 0,04	0,21 ± 0,03	0,22 ± 0,06	
<b>4</b>	0,37 ± 0,03	0,53 ± 0,13	0,29 ± 0,04	
<b>8</b>	0,77 ± 0,06	0,65 ± 0,11	0,46 ± 0,05	0,25 ± 0,02
<b>15</b>	1,00 ± 0,02	0,79 ± 0,06	0,69 ± 0,06	0,28 ± 0,05
<b>30</b>				0,30 ± 0,04
<b>60</b>				0,36 ± 0,04
<b>90</b>				0,85 ± 0,06

Tabela 32 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da coesividade do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>Coesividade</b>				
<b>Miolo</b>	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	0,79 ± 0,04	0,79 ± 0,04	0,79 ± 0,04	0,79 ± 0,04
<b>1</b>	0,80 ± 0,04	0,80 ± 0,03	0,83 ± 0,03	
<b>2</b>	0,80 ± 0,02	0,81 ± 0,02	0,84 ± 0,07	
<b>4</b>	0,86 ± 0,01	0,85 ± 0,03	0,84 ± 0,02	
<b>8</b>	0,92 ± 0,03	0,83 ± 0,02	0,84 ± 0,02	0,81 ± 0,05
<b>15</b>	1,2 ± 0,02	1,00 ± 0,01	0,90 ± 0,02	0,84 ± 0,02
<b>30</b>				0,83 ± 0,02
<b>60</b>				0,84 ± 0,03
<b>90</b>				0,90 ± 0,02

Tabela 33 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da gomosidade do miolo nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>Gomosidade (N)</b>				
<b>Miolo</b>	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01
<b>1</b>	0,20 ± 0,01	0,19 ± 0,02	0,19 ± 0,01	
<b>2</b>	0,20 ± 0,03	0,17 ± 0,02	0,18 ± 0,05	
<b>4</b>	0,31 ± 0,03	0,41 ± 0,09	0,25 ± 0,03	
<b>8</b>	0,65 ± 0,06	0,53 ± 0,09	0,39 ± 0,04	0,20 ± 0,02
<b>15</b>	0,83 ± 0,03	0,66 ± 0,05	0,57 ± 0,05	0,23 ± 0,04
<b>30</b>				0,24 ± 0,03
<b>60</b>				0,30 ± 0,03
<b>90</b>				0,72 ± 0,06

Tabela 34 - Valores médios e desvio padrão dos resultados obtidos da adesividade da massa nos diferentes métodos ao longo do tempo

<b>Adesividade (N.s)</b>				
<b>Miolo</b>	<b>Controlo</b>	<b>Vácuo</b>	<b>ATM</b>	<b>Congelação</b>
<b>0</b>	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,02
<b>1</b>	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	
<b>2</b>	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,01	
<b>4</b>	0,15 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,02	
<b>8</b>	0,05 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,10 ± 0,02	0,18 ± 0,02
<b>15</b>	0,02 ± 0,01	0,07 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,16 ± 0,01
<b>30</b>				0,17 ± 0,01
<b>60</b>				0,13 ± 0,01
<b>90</b>				0,08 ± 0,01

Tabela 35 - Resultados obtidos no controlo da concentração da atmosfera modificada.

<b>Controlo – Embalagem Vazia (%)</b>						
	Controlo			Embalagem Vazia		
	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>
<b>0</b>	0	50,3	49,7	NA	NA	NA
<b>1</b>	0	49,3	50,7	0	58,0	42,0
<b>2</b>	0	51,0	49	0	66	34
<b>4</b>	0	51,8	48,2	0	74,5	25,5
<b>8</b>	0	47,5	52,5	0	84,4	15,6
<b>15</b>	0	46,9	53,1	0	87,3	12,7



Unidade de Microbiologia Aplicada  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
Instituto Politécnico de Viana do Castelo

## Boletim Analítico



<b>IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>		
Requerente:	Helder Filipe Rocha Ferreira	
Morada:	Mestrado Engenharia Alimentar	
Localidade:	Cod. Postal:	NIF:
<b>IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA</b>		
Ref. Interna:	01.14.19.013 Pão Cozido (F.01.04.2019)	
Tipo de Amostra:	Produto de Panificação	
Embalagem:	V <input type="checkbox"/> P <input checked="" type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/>	
Data da Colheita:	2019-04-01	Efectuada por: Cliente <input checked="" type="checkbox"/> Laboratório* <input type="checkbox"/>
Data da Recepção:	2019-04-02	Devolução da Amostra: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
Início da Análise:	2019-04-02	Fim da Análise: 2019-04-05

### RESULTADOS

	Parâmetro	Valor Obtido	Referência do Método
011F	Contagem de <i>Bacillus cereus</i> a 30 °C	<100 ufc/g	ISO 7932:2004
017F	Contagem de <i>Escherichia coli</i>	<10 ufc/g	ISO 16649-2:2001
018F	Contagem de Microrganismos a 30 °C	Ne = 4 ufc/g	ISO 4833-1:2013

NOTA: \*A amostragem efetuada não está incluída no âmbito da acreditação.

OBSERVAÇÕES: Ne: Número Estimado

Data de emissão: 11 de Abril de 2019

O Coordenador Técnico da UMA

(Eng.ª Carla Ramos)

Este boletim não pode ser parcialmente reproduzido sem autorização por escrito dada pela coordenação da UMA. Os resultados referem-se exclusivamente às amostras recebidas e ensaiadas. Qualquer extrapolação é da exclusiva responsabilidade do cliente



Unidade de Microbiologia Aplicada  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Anexo ao Boletim Analítico  
Ref. Interna 01.14.19.013



<b>IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>	
Requerente:	Helder Filipe Rocha Ferreira
<b>IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA</b>	
Ref. Interna:	01.14.19.013
Tipo de Amostra:	Produto de Panificação

Parâmetro	Unidades	Amostra	VMA <sup>1</sup>	Observações
011F Contagem de <i>Bacillus cereus</i> a 30 °C	ufc/g	<100	S <10 <sup>2</sup>	Satisfatório
			LA 10 <sup>2</sup> <=10 <sup>3</sup>	
			NS > 10 <sup>3</sup>	
017F Contagem de <i>Escherichia coli</i>	ufc/g	<10	LA 20<=10 <sup>2</sup>	Satisfatório
			NS >10 <sup>2</sup>	
			S <=20	
018F Contagem de Microorganismos a 30 °C	ufc/g	Ne = 4	S <10 <sup>4</sup>	Satisfatório
			LA 10 <sup>4</sup> . <10 <sup>5</sup>	
			NS >=10 <sup>5</sup>	

**NOTA:**  
1 - Valores guia (Health Protection Agency, HPA) de acordo com "Guidelines for the microbiological quality of various ready-to-eat foods".  
S=Satisfatório; A=Aceitável; N=Não Satisfatório; I=Inaceitável/Potencialmente perigoso.

**COMENTÁRIOS**  
De acordo com os valores guia sugeridos pela HPA, o produto analisado apresenta qualidade microbiológica satisfatória relativamente aos parâmetros analisados.

Data de emissão: 11 de Abril de 2019

O Coordenador da UMA

(Prof. Doutor Paulo Fernandes)

Este boletim não pode ser parcialmente reproduzido sem autorização por escrito dada pela coordenação da UMA. Os resultados referem-se exclusivamente às amostras recebidas e ensaiadas. Qualquer extrapolação é da exclusiva responsabilidade do cliente. O presente anexo só pode ser utilizado em conjunto com o boletim respectivo.



Unidade de Microbiologia Aplicada  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
Instituto Politécnico de Viana do Castelo

## Boletim Analítico



<b>IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>		
Requerente:	Helder Filipe Rocha Ferreira	
Morada:	Mestrado Engenharia Alimentar	
Localidade:	Cod. Postal:	NIF:
<b>IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA</b>		
Ref. Interna:	01.14.19.014 Massa de pão crua (f. 01.04.2019)	
Tipo de Amostra:	Produto de panificação	
Embalagem:	V <input type="checkbox"/> P <input checked="" type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/>	
Data da Colheita:	2019-04-01	Efectuada por: Cliente <input checked="" type="checkbox"/> Laboratório <input type="checkbox"/>
Data da Recepção:	2019-04-02	Devolução da Amostra: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
Início de Análise:	2019-04-02	Fim da Análise: 2019-04-06

### RESULTADOS

	Parâmetro	Valor Obtido	Referência do Método
021F	Contagem de <i>Staphylococcus coagulase positiva</i>	<10 ufc/g	ISO 6888-1:1999/ Amd 1:2003
019F	Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i>	1,5 x 10 <sup>4</sup> ufc/g	ISO 21520-2:2017
017F	Contagem de <i>Escherichia coli</i>	<10 ufc/g	ISO 16649-2:2001
011F	Contagem de <i>Bacillus cereus</i> a 30 °C	Presente, <400 ufc/g	ISO 7332:2004

NOTA: \*A amostragem efetuada não está incluída no âmbito da acreditação.

### OBSERVAÇÕES:

Data de emissão: 12 de Abril de 2019

O Coordenador Técnico da UMA

  
(Eng.ª Carla Ramos)

Este boletim não pode ser parcialmente reproduzido sem autorização por escrito dada pela coordenação da UMA. Os resultados referem-se exclusivamente às amostras recebidas e ensaiadas. Qualquer extrapolação é da exclusiva responsabilidade do cliente