



# CATÓLICA

UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA | PORTO  
Escola Superior de Biotecnologia

## INCORPORAÇÃO E OPTIMIZAÇÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES E AUXILIARES TECNOLÓGICOS EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO.

por

Lizi Margarete Cunha Sousa

Setembro de 2012



# CATÓLICA

UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA | PORTO  
Escola Superior de Biotecnologia

## INCORPORAÇÃO E OPTIMIZAÇÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES E AUXILIARES TECNOLÓGICOS EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO.

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

por

Lizi Margarete Cunha Sousa

Local: Panike, S.A.

Sob orientação de  
Engenheira Cláudia Costa

Tutoria de  
Prof. Doutora Ana Maria Gomes

Setembro de 2012



## ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente relatório encontra-se dividido em cinco capítulos principais, passando de seguida a descrever cada um deles.

O **capítulo 1**, Introdução, pretende fazer um enquadramento teórico ao tema, fornecendo a informação sobre os componentes da massa do pão e suas funções, nomeadamente os aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos. Aborda a tecnologia de panificação congelada particularmente a produção de pão pré-cozido congelado. Neste capítulo são ainda apresentados os objectivos que se pretendem atingir com o presente trabalho.

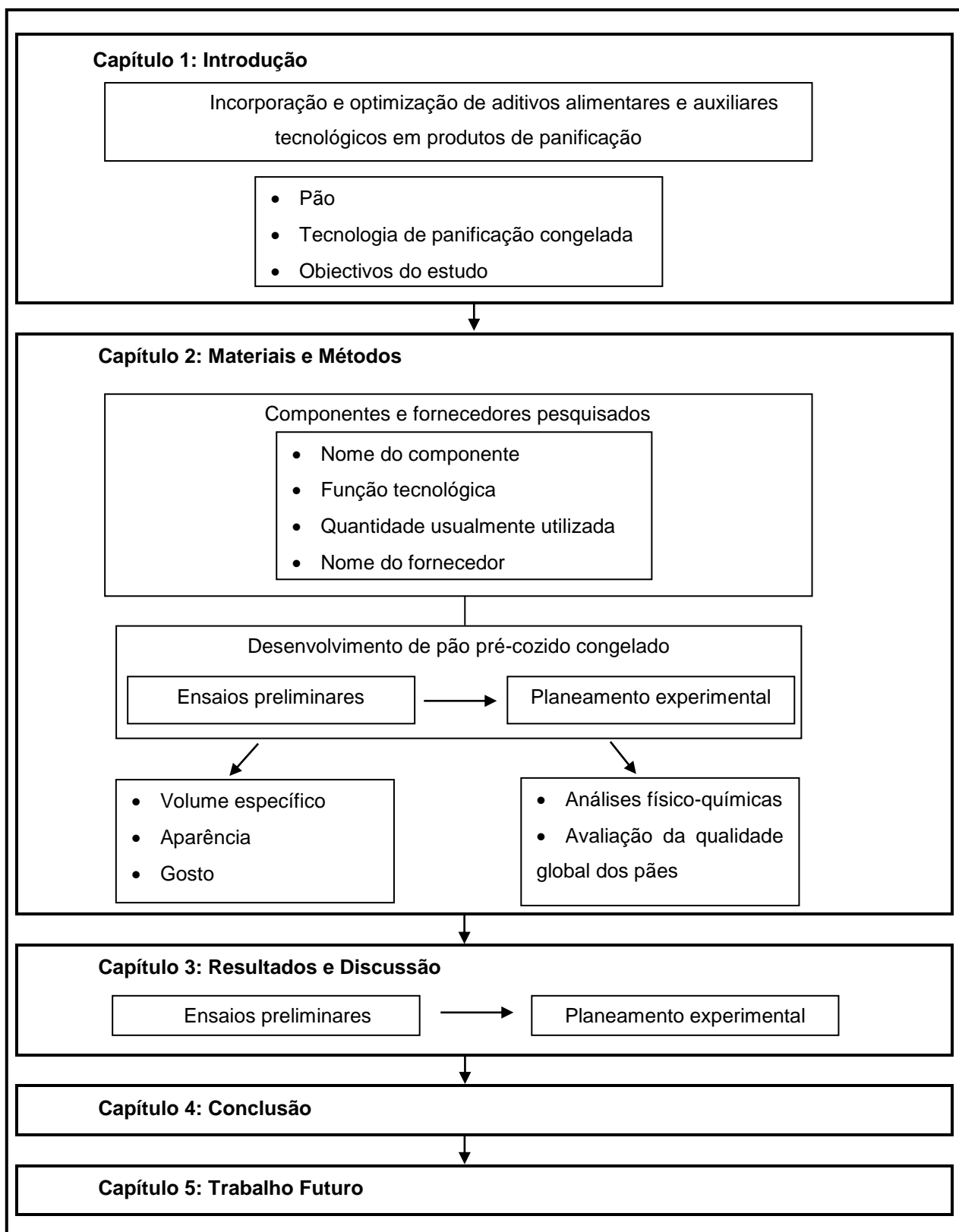
O **capítulo 2**, Materiais e Métodos, apresenta as metodologias que foram delineadas para a realização dos ensaios.

O **capítulo 3**, Resultados e Discussão, é constituído pela apresentação e análise dos resultados obtidos.

O **capítulo 4**, Conclusões Gerais, apresenta as principais conclusões do estudo efectuado, traduzindo os resultados obtidos.

O **capítulo 5**, Trabalho Futuro, apresenta algumas sugestões para trabalho a desenvolver futuramente que visam não só complementar o trabalho realizado como abrir novos percursos de investigação.

# ESQUEMA DO RELATÓRIO



**Figura 1:** Diagrama do trabalho realizado: Incorporação e otimização de aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos em produtos de panificação.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objectivo contribuir para o estudo da produção de pão pré-cozido congelado através da incorporação e optimização de aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos. Para tal, realizaram-se ensaios preliminares de estudos de compatibilidade dos componentes e, posteriormente, foi aplicado um planeamento experimental factorial  $2^4$  com 4 variáveis independentes: dosagem de agente oxidante (X1), dosagem de regulador de acidez (X2), dosagem de emulsionante (X3) e dosagem de estabilizador (X4), para estudo do efeito simples ou combinado destes compostos na qualidade do pão. Paralelamente, foram produzidos pães com uma formulação padrão, com aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos incorporados em concentrações desconhecidas, por estarem incorporados numa mistura comercial.

Foram analisados os parâmetros valor de pH, cor instrumental do miolo, textura instrumental e qualidade global dos pães (volume específico, cor da crosta, quebra e simetria, características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo, textura do miolo, aroma e sabor).

A melhor classificação nos ensaios preliminares foi com a combinação do agente oxidante, do regulador de acidez, de um emulsionante e de um estabilizador, obtendo-se um valor de volume específico de  $4,41 \text{ cm}^3/\text{g}$  e uma classificação de 7 para a aparência do pão.

Em relação aos resultados do planeamento experimental, nomeadamente, análise instrumental da cor do miolo, conjugando o valor de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  conclui-se que a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM foram os resultados ( $p < 0,05$ ) mais satisfatórios. O volume específico foi afectado ( $p < 0,05$ ) pela adição de 20 ppm de ácido ascórbico e 5000 ppm de goma guar, sendo este o melhor resultado. Relativamente à cor do miolo, os melhores resultados ( $p < 0,05$ ) foram com a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico e 2000 ppm de DATEM. Também em relação à estrutura da célula do miolo, os melhores resultados ( $p < 0,05$ ) foram com a incorporação de 20 ppm ácido ascórbico e 2000 ppm DATEM. No que concerne à textura do miolo a adição de 5000 ppm de farinha de soja e 2000 ppm de DATEM foram os resultados ( $p < 0,05$ ) mais satisfatórios.

Parâmetros como textura instrumental (firmeza e elasticidade), cor da crosta, quebra e simetria e características da crosta, não foram afectados ( $p > 0,05$ ) pela incorporação de nenhum dos factores (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador).

Assim sendo, a combinação dos aditivos alimentares, 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM, é então a formulação que mais se aproxima do ensaio padrão e a que apresenta resultados de características do pão mais interessantes, sendo portanto a formulação adequada à produção do mesmo.

**Palavras-chave:** Panificação, Tecnologia de pão pré-cozido congelado, Auxiliar tecnológico, Aditivo alimentar, Qualidade do pão.



## ABSTRACT

The aim of this work is to contribute to the study of frozen pre-baked bread production, through the incorporation and optimization of the nature and concentration of food additives and technological devices. For this purpose, there have been made preliminary studies of the components compatibilities and, later on, it was applied a 2<sup>4</sup> factorial experimental design with 4 independent variables: dosage of oxidizing agent (X1), dosage acidity regulator (X2), dosage of emulsifier (X3) and dosage of stabilizer (X4), to study the single or combined effect of these compounds on the quality of bread. Simultaneously, a new amount of bread was produced with a standard formulation, with food additives and technological devices incorporated in unknown concentrations, due to the fact of being incorporated in a commercial mixture.

The parameters value of pH, the instrumental color crumb, the instrumental texture and overall quality of breads (specific volume, crust color, breaking and symmetry, characteristics of the crust, crumb color, crumb cell structure, crumb texture, aroma and flavor) were analyzed.

The best rating in the preliminary tests was with the combination of oxidizing agent, the acidity regulator, an emulsifier and a stabilizer, reaching to a value of the specific volume of 4,41 cm<sup>3</sup>/g and a rating of 7 for the appearance of bread.

Regarding to the results of the experimental design, more specifically the crumb color, combining the value of L\*, a\* and b\* it can be concluded that the incorporation of 20 ppm ascorbic acid and 2000 ppm DATEM were the most satisfactory results (p<0,05). The specific volume was affected (p<0,05) by adding 20 ppm ascorbic acid and 5000 ppm guar gum, with these being the best results. Regarding the crumb color, the best results (p<0,05) were with the incorporation of 20 ppm ascorbic acid and 2000 ppm of DATEM. Also regarding the crumb cell structure, the best results (p<0,05) were the incorporation of 20 ppm ascorbic acid and 2000 ppm DATEM. Regarding the crumb texture the addition of 5000 ppm of soy flour and 2000 ppm of DATEM were the most satisfactory results (p<0,05).

Parameters such as instrumental texture (firmness and resilience), crust color, breaking and symmetry and characteristics of the crust, were unaffected (p>0,05) by the incorporation of any of the factors (oxidizing agent, regulating acidity, emulsifier and stabilizer).

Thus, the combination of food additives, 20 ppm ascorbic acid and 2000 ppm of DATEM, is the closest formulation to the standard essay and the one that presents the most interesting bread characteristics results, so this is the most suitable formulation to its production.

Keywords: Baking, Technology frozen pre-baked bread, Technological devices, Food additive, Quality bread.





## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que, directa ou indirectamente, me ajudaram na realização deste projecto, proporcionando-me conhecimento e crescimento profissional e pessoal.

Agradeço com especial apreço à professora Dr.<sup>a</sup> Ana Gomes pela sua orientação, ajuda prestada e interesse nesta pesquisa, pela sua disponibilidade, partilha de conhecimento, experiência científica e pelas críticas e conselhos na elaboração do presente relatório.

Sou grata à empresa Panike por proporcionar a oportunidade da realização do meu estágio nas suas instalações e por ter facultado os meios e conhecimentos necessários à realização do presente projecto.

Em particular à Engenheira Cláudia Costa, pelo apoio prestado, pela sua disponibilidade e interesse mostrado em ajudar a realizar este trabalho. Ao Sr. Vítor pelo auxílio na produção dos pães, pela atenção, disposição em ensinar e transmitir os seus conhecimentos. A todas as outras pessoas com quem trabalhei durante o meu estágio um muito obrigada pela ajuda prestada.

Às professoras Dr.<sup>a</sup> Maria João Monteiro e Dr.<sup>a</sup> Susana Teixeira pelo auxílio prestado na análise instrumental da textura.

À professora Dr.<sup>a</sup> Alcina Morais pelo auxílio prestado na análise instrumental da cor.

À professora Dr.<sup>a</sup> Teresa Brandão pelo imprescindível apoio durante toda a análise estatística com o programa statistica.

Um agradecimento especial aos meus pais e irmãos por sempre me terem acompanhado e apoiado inteiramente e acreditado em mim.

Ao Francisco por toda a cumplicidade, carinho, incentivo e apoio em todos os momentos.

Aos meus amigos de sempre quero agradecer pelo companheirismo e diversão nos momentos de maior tensão, pelo incentivo e amizade de longa data.

Por fim, agradeço às minhas colegas de curso os bons momentos passados, as inúmeras experiências, conversas e diversões partilhadas.



# ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Apresentação do local de estágio</b> .....	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Pão</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Tecnologia de panificação congelada</b> .....	<b>1</b>
1.2.1. Composição da massa de pão pré-cozido congelado.....	1
1.2.1.1. Farinha de trigo (FT).....	2
1.2.1.2. Água.....	3
1.2.1.3. Levedura.....	3
1.2.1.4. Sal.....	3
1.2.1.5. Aditivo alimentar.....	4
1.2.1.6. Auxiliar tecnológico.....	9
1.2.2. Processo de produção de pão pré-cozido congelado.....	11
1.2.2.1. Pesagem dos ingredientes.....	11
1.2.2.2. Mistura dos componentes.....	11
1.2.2.3. Divisão e Formação.....	11
1.2.2.4. Descanso.....	12
1.2.2.5. Fermentação.....	12
1.2.2.6. Corte da superfície.....	12
1.2.2.7. Pré-cozedura.....	12
1.2.2.8. Arrefecimento.....	13
1.2.2.9. Congelação.....	13
1.2.2.10. Embalamento.....	13
1.2.2.11. Armazenamento.....	13
1.2.2.12. Cozedura final.....	14
<b>1.3. Objectivos</b> .....	<b>15</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1. Componentes e fornecedores pesquisados</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2. Processo de produção de pão pré-cozido congelado</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3. Ensaio preliminares</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4. Avaliação dos ensaios preliminares</b> .....	<b>19</b>
2.4.1. Volume específico (Ve).....	19
2.4.2. Aparência e gosto.....	19
<b>2.5. Papel de diferentes aditivos na qualidade de pão pré-cozido congelado</b> .....	<b>20</b>
<b>2.6. Análises físico-químicas</b> .....	<b>21</b>
2.6.1. Medição do valor de pH.....	21
2.6.2. Análise instrumental da cor do miolo.....	21
2.6.3. Análise instrumental da textura.....	21
<b>2.7. Avaliação da qualidade global dos pães</b> .....	<b>22</b>
2.7.1. Avaliação das características externas dos pães.....	22
2.7.2. Avaliação das características internas dos pães.....	22
2.7.3. Avaliação do aroma e sabor.....	22
<b>2.8. Análise estatística dos dados experimentais</b> .....	<b>23</b>

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>24</b>
3.1.	Avaliação dos ensaios preliminares	24
3.2.	Análises físico-químicas	25
3.2.1.	Medição do pH	25
3.2.2.	Análise instrumental da cor do miolo	26
3.2.3.	Análise instrumental da textura	30
3.3.	Avaliação da qualidade global dos pães	32
3.3.1.	Avaliação das características externas	33
3.3.2.	Avaliação das características internas	35
3.3.3.	Avaliação do aroma e sabor	41
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b>	<b>44</b>
<b>5.</b>	<b>TRABALHO FUTURO</b>	<b>46</b>
	<b>APÊNDICES E ANEXOS</b>	<b>45</b>
	Apêndice A - Registo das temperaturas durante a produção dos pães	46
	Apêndice B - Formulário usado para a avaliação da qualidade global dos pães	47
	Apêndice C – Resultados do pH dos ensaios produzidos segundo o planeamento experimental e ensaio padrão	48
	Apêndice D – Análises estatísticas	49
	Apêndice E – Perfil de textura dos ensaios produzidos segundo o planeamento experimental e ensaio padrão.	63
	Anexo A – Alveograma da farinha utilizada nos diferentes ensaios	64
	<i>Referências bibliográficas</i>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Estrutura da amilose e da amilopectina presentes no amido da farinha de trigo (Fonte: Stauffer,1998).....	2
Figura 1.2: Estrutura química a) do DATEM; b) da lecitina (Adaptado de: Golitz; Funke, 2009). ....	6
Figura 1.3: Reacção de oxidação do ácido ascórbico a ácido desidroascórbico (Adaptado de: Lenine, et al., 1999).....	7
Figura 1.4: Estrutura molecular da goma guar (Fonte: Cubero, et al., 2002). ....	9
Figura 1.5: Mecanismo de acção das enzimas alfa e beta amílase nas cadeias de amilose e amilopectina presentes no amido da farinha de trigo (Fonte: Cauvain; Young, 2007). ....	10
Figura 2.1: Fluxograma das etapas do processo de produção de pão pré-cozido congelado. ....	17
Figura 3.1: Resposta de superfície do efeito combinado de agente oxidante e emulsionante na luminosidade ( $L^*$ ).....	27
Figura 3.2: Efeito da concentração de agente oxidante na coordenada de cromaticidade $a^*$ (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média de $a^*$ ). ....	28
Figura 3.3: Resposta de superfície do efeito de regulador de acidez e emulsionante na coordenada de cromaticidade $a^*$ . ....	28
Figura 3.4: Efeito da concentração de agente oxidante na coordenada de cromaticidade $b^*$ (as barras indicam intervalo de confiança de 95% para a média de $b^*$ ). ....	29
Figura 3.5: Efeito da concentração de emulsionante na coordenada de cromaticidade $b^*$ (as barras indicam intervalo de confiança de 95% para a média de $b^*$ ). ....	30
Figura 3.6: Aspecto exterior dos pães produzidos segundo o planeamento experimental 2 <sup>4</sup> e do ensaio padrão. ....	33
Figura 3.7: Aspecto interior dos pães produzidos segundo o planeamento experimental 2 <sup>4</sup> e do ensaio padrão.....	36
Figura 3.8: Efeito da concentração de agente oxidante na cor do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da cor).....	37
Figura 3.9: Resposta de superfície do efeito combinado de emulsionante e agente oxidante na cor do miolo. ....	37
Figura 3.10: Efeito da concentração de agente oxidante utilizado na estrutura da célula do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da estrutura da célula do miolo).....	39
Figura 3.11: Efeito da concentração de emulsionante utilizado na estrutura da célula do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da estrutura da célula do miolo).....	39

Figura 3.12: Efeito da concentração de estabilizador utilizado na textura do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da textura do miolo). .....	40
Figura 3.13: Efeito da concentração de emulsionante utilizado na textura do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da textura do miolo). .....	41
Figura 3.14: Efeito da concentração de agente oxidante utilizado na pontuação total (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da pontuação total).....	42

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1: Classificação dos principais emulsionantes utilizados em panificação, segundo Stampfli; Nersten (1995).....	5
Tabela 2.1: Componentes utilizados na produção de pão pré-cozido congelado, função tecnológica e quantidade usualmente adicionada, bem como, o fornecedor contactado.....	16
Tabela 2.2: Condições testadas nos ensaios preliminares realizados. ....	19
Tabela 2.3: Factores estudados no planeamento factorial a 2 níveis para avaliação do seu impacto na qualidade final do pão pré-cozido congelado.....	20
Tabela 2.4: Planeamento experimental factorial completo ( $2^4$ ) para pães pré-cozidos congelados. ...	20
Tabela 2.5: Classificação da qualidade do pão de acordo com Camargo e Camargo (1987). ....	23
Tabela 3.1: Valores médios obtidos nos ensaios preliminares relativamente aos parâmetros volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ), aparência e gosto dos diferentes pães. ....	24
Tabela 3.2: Valores médios para as coordenadas de cor $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental $2^4$ e ensaio padrão.....	26
Tabela 3.3: Valores médios de firmeza e elasticidade dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental $2^4$ e ensaio padrão.....	31
Tabela 3.4: Valores médios da avaliação da qualidade global dos pães de acordo com o planeamento experimental $2^4$ e ensaio padrão.....	32
Tabela 3.5: Características analisadas e factores que contribuíram mais significativamente para a obtenção de resultados mais satisfatórios. ....	43





## LISTA DE ABREVIATURAS

%	Porcentagem
ADA	Azodicarbonamida
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de cálcio
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CSL	Esteroil-2-lactil lactato de cálcio
DATA Esteres ou DATEM	Ésteres monoacetiltartáricos e diacetiltartáricos de mono e diglicéridos de ácidos gordos
ESB	Escola Superior de Biotecnologia
FT	Farinha de trigo
g	Gramma
gf	Gramma-força
HR	Humidade relativa
Kg	Quilograma
LD <sub>50</sub>	Dose Letal, 50%
mg	Miligramma
mm	Milímetro
°C	Grau Celsius
ppm	Parte por milhão
SSL	Esteroil-2-lactil lactato de sódio
UCP	Universidade Católica Portuguesa
Ve	Volume específico



## **Apresentação do local de estágio**

O presente estágio foi realizado na empresa Panike, S.A. mais especificamente na unidade fabril de Água Longa, Santo Tirso, num período de 20 semanas, de 19 de Setembro 2010 a 3 de Fevereiro de 2011.

A Panike S.A. foi fundada em 1986 e possui sede em S. Pedro Fins, Maia (Panike<sup>a</sup>, 2012). É uma das maiores e mais avançadas empresas de panificação e pastelaria congelada e possui duas unidades industriais localizadas no Norte de Portugal com mais de 20.000 m<sup>2</sup> de área produtiva (Panike<sup>c</sup>, 2012).

O investimento gradual em tecnologia e inovação ao longo dos anos contribuiu para o crescimento sustentado da empresa no seu sector, bem como, alargar o seu portfólio a novas áreas de negócio. Actualmente posiciona-se como a marca líder nas massas congeladas em Portugal, sendo o seu nome associado ao próprio produto (Panike<sup>a</sup>, 2012).

Com mais de 11.000 clientes, 150 referências de produtos, entre as quais se destacam as novas linhas de produtos saudáveis, enriquecidas com vitaminas, cereais e sem gorduras saturadas, e uma imensa variedade de sabores, a Panike, S.A. mantém uma procura constante pela modernização, onde diariamente se dedicam mais de 250 profissionais.

A Panike, S.A. tem como preocupação dotar a empresa de meios conducentes a uma resposta às soluções do mercado com inovação, rigor, competitividade, qualidade, flexibilidade e segurança. O esforço conjugado da Panike, S.A. numa forte aposta na qualidade e segurança alimentar dos seus produtos e numa política incisiva, alargada a todo o país, permitiu-lhe criar uma carteira de clientes vasta e fiel dos quais se destacam os serviços personalizados nos canais HORECA, Supermercados e Grandes Superfícies.

Deste modo, a Panike, S.A. tem como missão consolidar a sua imagem no mercado, através da oferta de produtos de qualidade e alcançar a plena satisfação das necessidades correntes e futuras dos seus clientes (Panike<sup>c</sup>, 2012).

The logo for Panike, featuring the brand name in a stylized, red, cursive font with a registered trademark symbol (®) at the end.

## **Outras actividades realizadas**

Além do projecto de investigação que estive a desenvolver e que será apresentado ao longo deste relatório, estive também envolvida noutros trabalhos, tais como:

- Realização de cálculos referentes ao volume específico ( $V_e$ ) dos produtos de panificação com maior percentagem de não conformidades, bem como, análise dos factores com maior influência sobre este parâmetro;
- Estudo das principais não conformidades encontradas em cada tipo de produto por forma a tentar minimizá-las;
- Participação na implementação de um sistema KAISEN na fábrica;
- Acompanhamento em visitas de técnicos de panificação;
- Ajuda na linha de produção.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Pão

A panificação é talvez uma das artes culinárias mais antigas e a sua história permeia a própria história da humanidade. Os mais diversos e antigos povos como os egípcios, os hebreus e os romanos foram consumidores de pão. Nessas épocas os pães eram produzidos nas suas próprias casas de forma rudimentar (Anónimo, 2009<sup>b</sup>).

Ao longo do tempo o pão foi aperfeiçoado, ganhou novas formas, formulações e processos, adaptando-se às culturas e necessidades do Homem. Os avanços tecnológicos permitiram a substituição ou a agregação de ingredientes como, agentes oxidantes, emulsionantes, espessantes, em busca de uma melhor qualidade (Canella-Rawls, 2003).

Actualmente o pão é definido como “o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, estemes 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, nas condições legalmente fixadas”, de acordo com a alínea a) Artigo 2.º da Lei n.º 75/2009 de 12 de Agosto.

De acordo com o Instituto Nacional de Estatística, em 2009 produziram-se 148509 toneladas de pão e em 2010 esse valor foi de 136651 toneladas.

## 1.2. Tecnologia de panificação congelada

Nos últimos anos, a produção de pães congelados acompanhou as tendências de uma alimentação prática e rápida. Quando se fala em tecnologia de panificação congelada deve-se fazer a distinção entre as quatro tecnologias principais.

A primeira é a mais básica e refere-se à produção de massa crua congelada, onde os ingredientes são inicialmente misturados com a farinha e a água para o desenvolvimento da massa, que é posteriormente dividida, formada e congelada. A segunda tecnologia denominada de massa pré-fermentada congelada consiste no batimento da massa, divisão, formação e fermentação antes da congelação. A tecnologia de pão cozido congelado é a mais antiga de todas, onde simplesmente se congela um pão que já estaria pronto para consumo. A quarta e última tecnologia de congelação é denominada de pão pré-cozido congelado e será desenvolvida ao longo desta pesquisa (Anónimo, 2008<sup>b</sup>).

### 1.2.1. Composição da massa de pão pré-cozido congelado

O pão é composto basicamente por farinha de trigo, água, levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e sal (cloreto de sódio). No entanto outros componentes são adicionados em pequena quantidade para melhorar as características da massa, durante o processamento, e do produto final. Estes componentes são emulsionantes, enzimas, agentes oxidantes, reguladores de acidez, entre outros.

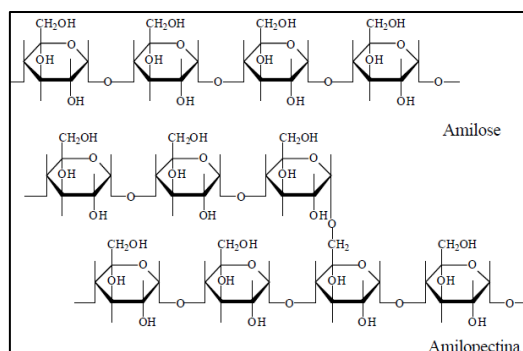
### 1.2.1.1. Farinha de trigo (FT)

A farinha de trigo é o principal ingrediente da massa do pão. Os diferentes tipos de FT são utilizados de acordo com as características desejadas de uma massa (Laaksomen, 2001; Lu; Grant, 1999). A composição da FT é variável de acordo com a variedade do trigo e o seu grau de extração (Penfield; Campbell, 1990).

O principal hidrato de carbono presente na FT é o amido, responsável por aproximadamente 65% da sua composição. O amido apresenta-se na forma de grânulos sendo o seu tamanho e formato característico da origem botânica. Na **figura 1.1** encontram-se representados os principais componentes do amido: amilose e amilopectina (Stauffer, 1998).

A amilose é um polímero de cadeia linear com ligações glicosídicas  $\alpha$ -1-4, enquanto a amilopectina é uma estrutura altamente ramificada formada por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 (Stauffer, 1998; Borgh, *et al.*, 2005; Tester, *et al.*, 2004).

A relação entre amilose e amilopectina difere entre os amidos de diferentes origens, mas o nível típico destes componentes é 25-28% e 72-75%, respectivamente (Grant, *et al.*, 2004; Goesart, *et al.*, 2005).



**Figura 1.1:** Estrutura da amilose e da amilopectina presentes no amido da farinha de trigo (Fonte: Stauffer,1998).

As proteínas correspondem aproximadamente a 12% da composição da FT, dividindo-se em proteínas solúveis, albuminas e globulinas, responsáveis por um sexto do total e o restante referente às proteínas insolúveis do glúten. Estas últimas conferem propriedades de panificação à farinha, sendo as gliadinas proteínas de cadeia simples, extremamente pegajosas, com ligações dissulfeto intramoleculares, responsáveis pela extensibilidade da massa. As gluteninas, por sua vez, apresentam cadeias ramificadas, com ligações dissulfeto intramoleculares e intermoleculares, sendo responsáveis pela elasticidade da massa (Stauffer, 1998; Penfield; Campbell, 1990; Pomeranz; Shellenberger, 1971, Cauvain, 2003).

As gliadinas e as gluteninas são as proteínas mais importantes do ponto de vista tecnológico, pois compõem o glúten, que tem a capacidade de produzir uma massa viscoelástica que retém o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) produzido durante a fermentação nas primeiras etapas de cozimento do pão, dando origem a um produto leve (Hoseney, 1994; Tedrus *et al.*, 2001).

De acordo com Nunes *et al.*, (2006) o glúten é formado quando a farinha de trigo, misturada com a água e os demais ingredientes, sofre a ação de um trabalho mecânico. À medida que a água começa a interagir com as proteínas insolúveis da farinha de trigo a rede de glúten começa a formar-se.

Os lípidos correspondem a menos de 2% e as cinzas a menos de 0,5% da composição da farinha de trigo (Penfield; Campbell, 1990).

Nas formulações de pães, a quantidade de farinha a ser empregada dependerá da quantidade ou do volume de massa necessário à produção. As quantidades dos demais ingredientes são calculadas sobre a farinha de trigo, que corresponde à base de 100% (Dos Santos, 2006).

#### **1.2.1.2. Água**

A água favorece a mistura dos ingredientes e permite ainda a formação da rede de glúten, controlando e distribuindo a temperatura da massa que aquece devido a factores como temperatura ambiente e trabalho mecânico (Dos Santos, 2006). A água é essencial para a acção da levedura e é responsável pela consistência da massa. Assim, a água cria o ambiente húmido apropriado para o desenvolvimento da intensa actividade enzimática e inicia o processo de fermentação. Pode ser usada em concentrações que variam de 50 a 60% numa formulação para pão (Philippi, 2003; Canella-Rawls, 2003).

#### **1.2.1.3. Levedura**

A levedura utilizada em processos de panificação é a *Saccharomyces cerevisiae* que metaboliza açúcares como glicose, frutose, sacarose e maltose, produzindo CO<sub>2</sub>, necessário para o crescimento da massa. Além disso, promove a obtenção de compostos aromáticos característicos dos produtos de panificação fermentados (Araújo *et al*, 2008).

De acordo com Laaksonen (2001), a concentração de levedura utilizada em processos de panificação é cerca de 3%, dependendo do tempo e da temperatura de fermentação. Esta afecta directamente a taxa de produção de CO<sub>2</sub>. Ainda segundo o mesmo autor, um aumento da temperatura da massa resulta num aumento da produção de CO<sub>2</sub> até uma temperatura óptima, de cerca de 40°C. Acima dessa temperatura pode ser observada uma progressiva morte térmica da levedura.

#### **1.2.1.4. Sal**

Segundo a legislação em vigor o sal pode ser definido como “o composto iónico cujo elemento mais conhecido é o cloreto de sódio, vulgarmente conhecido como ‘sal comum’ ou ‘sal da cozinha’, por ser largamente utilizado na alimentação humana”, de acordo com a alínea b) do Artigo 2.º da Lei n.º 75/2009 de 12 de Agosto.

O sal interage na formação da rede de glúten e controla a fermentação devido ao efeito osmótico na célula da levedura. Apresenta um efeito específico sobre a fermentação: quanto maior a concentração de sal, menor a taxa de fermentação com o mesmo nível de levedura, e vice-versa. O sal é responsável ainda pelo aumento da estabilidade da massa, firmeza e proporciona uma maior conservação do alimento, devido às suas propriedades higroscópicas. No entanto, a sua função mais importante é a de fornecer sabor ao pão (Penfield; Campbell, 1990; Laaksonen, 2001, Dos Santos, 2006).



De acordo com o ponto 1 do artigo 3.º da Lei n.º 75/2009 de 12 de Agosto “o teor máximo permitido para o conteúdo de sal no pão, após confeção, é de 1,4 g por 100 g de pão (ou seja) 14 g de sal por quilograma de pão ou o correspondente 0,55 g de sódio por 100 g de pão”.

#### **1.2.1.5. Aditivo alimentar**

De acordo com a legislação vigente, o Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro entende-se por aditivo alimentar “qualquer substância não consumida habitualmente como género alimentício em si mesma e habitualmente não utilizada como ingrediente característico dos géneros alimentícios, com ou sem valor nutritivo, e cuja adição intencional aos géneros alimentícios, com um objectivo tecnológico na fase de fabrico, transformação, preparação, tratamento, embalagem, transporte ou armazenagem, tenha por efeito, ou possa legitimamente considerar-se como tendo por efeito, que ela própria ou os seus derivados se tornem directa ou indirectamente um componente desses géneros alimentícios”.

Os principais aditivos alimentares utilizados em panificação são os emulsionantes, os agentes oxidantes, os reguladores de acidez e os estabilizadores.

#### **► Emulsionantes**

Dentre os aditivos alimentares utilizados em panificação, os emulsionantes constituem um grupo extremamente importante, pois são responsáveis por uma série de benefícios, que vão desde a maior facilidade de manipulação das massas até incrementos no volume e vida útil dos produtos finais (Palma, *et al.*, 2004).

Segundo a legislação vigente, ponto 11 do Anexo I do Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro, emulsionantes são “ substâncias que tornam possível a formação ou a manutenção de uma mistura homogénea de duas ou mais fases imiscíveis, como óleo e água, nos géneros alimentícios.” Todos os emulsionantes apresentam uma característica comum, que é o facto de serem moléculas anfipáticas, ou seja, a mesma molécula possui uma porção polar, solúvel em água, e uma porção apolar, insolúvel em água (Palma, *et al.*, 2004; Gómez, *et al.*, 2004 e Krog, 1977).

Os emulsionantes são classificados em duas classes (**tabela 1.1**): os que formam complexos com o amido, favorecendo a maciez do miolo e prevenindo o envelhecimento, como por exemplo, os monoglicérideos, e os que actuam na interacção com as proteínas, fortalecendo a massa e aumentando a capacidade do glúten para formar uma rede que retém a produção de CO<sub>2</sub> pela levedura, como por exemplo, o DATA esteréis ou DATEM (Ésteres monoacetiltartáricos e diacetiltartáricos de mono e diglicéridos de ácidos gordos), SSL (Esteroil-2-lactil lactato de sódio) e o CSL (Esteroil-2-lactil lactato de cálcio) (Stampfli; Nersten, 1995 e Gómez *et al.*, 2004).

**Tabela 1.1:** Classificação dos principais emulsionantes utilizados em panificação, segundo Stampfli; Nersten (1995).

Emulsionante	Maciez do miolo	Fortalecimento da massa
Lecitina	Boa	Nenhuma
DATEM	Satisfatória	Excelente
SSL	Muito boa	Excelente
CSL	Boa +	Excelente

• **DATEM ou DATA esteres (E- 472e)**

Estes são ésteres monoacetiltartáricos e diacetiltartáricos de mono e diglicéridos de ácidos gordos, **figura 1.2 a**), que são emulsionantes óleo/água, usados para fortalecer a massa (Kohajdová, *et al.*, 2009). São responsáveis pelo fortalecimento do glúten da farinha de trigo, devido à sua estrutura específica. Melhoram a retenção do CO<sub>2</sub> e a estabilidade da massa, e ainda, aumentam a tolerância e resistência necessária contra o trabalho mecânico. Isto resulta em produtos de panificação com alto volume e boa estrutura do miolo, características de alta qualidade (Golitz: Funke, 2009).

O DATEM forma pontes de hidrogénio com o amido e é capaz de promover a agregação das proteínas do glúten presentes na massa através da ligação à superfície hidrofóbica da proteína. Tal resulta numa forte rede de proteínas, que por sua vez irá originar um pão com uma melhor textura e maior volume (Kohajdová, *et al.*, 2009).

Os níveis de utilização de DATEM são geralmente até 0,3 % (Cauvain; Young, 2001).

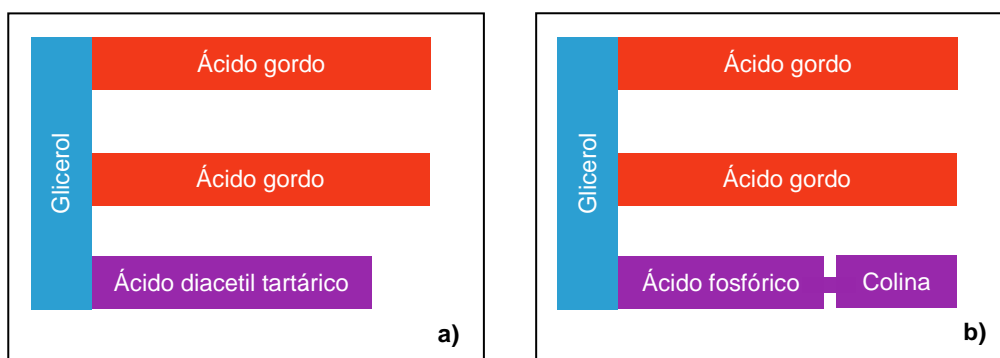
• **Lecitina (E-322)**

A lecitina, **figura 1.2 b**), é o mais antigo emulsionante, cujo nome vem da palavra grega *lekithos* que significa gema de ovo. Tecnicamente, a lecitina pode ser obtida a partir de uma grande variedade de matérias-primas, porém na prática ela é extraída de soja e grãos (girassol, milho, colza, ou mesmo, amendoim) ou de gema de ovo. Somente a lecitina de soja é produzida em volumes significativos (Anónimo, 2011<sup>b</sup>).

A lecitina de soja foi o primeiro emulsionante a ser utilizado amplamente na indústria de panificação. São derivados fosfatados de triglicérideos, onde uma cadeia de ácido gordo foi substituída por um grupo fosfato. Assim a lecitina pode ser chamada de fosfolípido (Santos, 2008).

A lecitina tem inúmeras aplicações tais como: melhora da resistência ao trabalho mecânico, favorecimento da retenção de CO<sub>2</sub> e melhora da dispersão de outros emulsionantes e gorduras em formulações enriquecidas. Este composto tem a aptidão de não deteriorar o aroma e o sabor do produto final e manter uma coloração cremosa no miolo, de aspecto natural (Sorvetes & Casquinhas, 2011).

A lecitina é usada na faixa de 0,3%. Esta adição causa uma ligeira redução no tempo de mistura e um ligeiro aumento na absorção de água (Santos, 2008).



**Figura 1.2:** Estrutura química a) do DATEM; b) da lecitina (Adaptado de: Golitz; Funke, 2009).

• **SSL - Esteroil-2-lactil lactato de sódio (E-481) e CSL - Esteroil-2-lactil lactato de cálcio (E-482)**

O SSL e CSL apresentam um certo efeito estabilizador sobre o glúten, conferindo uma estabilidade ligeiramente superior e um maior volume (Golitz; Funke, 2009).

Estes emulsionantes aumentam a tolerância à mistura e a resistência da massa ao colapso. Sobre o produto final, também exercem algumas funções como, melhorar o volume e conferir uma textura resistente, de grão fino. Podem diminuir os efeitos do armazenamento sobre as propriedades reológicas de produtos congelados (Kohajdová, *et al.* 2009).

A dosagem recomendada de SSL ou CSL é de 0,25%-0,50% (Palma, *et al.*, 2004).

➤ **Agentes oxidantes**

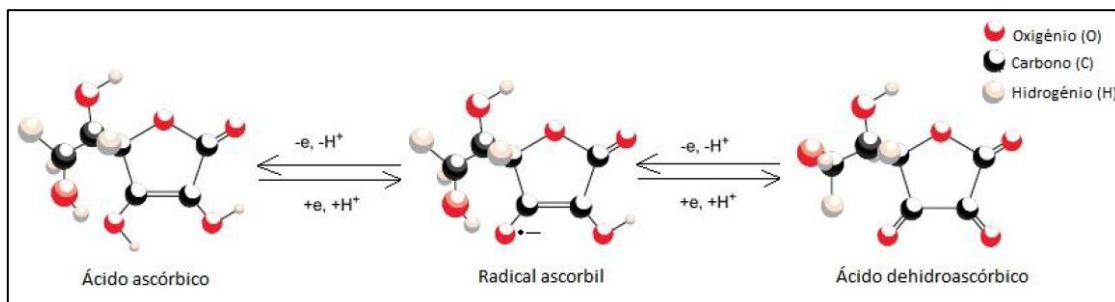
São compostos que actuam directamente sobre a estrutura das proteínas do glúten, oxidando os grupos sulfidrílo (-S-H-) e formando ligações dissulfídicas (-S-S-) entre as cadeias de proteína, reforçando a rede de glúten. Estas ligações formadas afectam a reologia da massa diminuindo a sua extensibilidade. Como consequência directa da acção dos agentes oxidantes sobre o glúten, observa-se o aumento da capacidade de retenção de CO<sub>2</sub>, o que resulta em pães com maior volume e com alvéolos melhor distribuídos no miolo. Os agentes oxidantes também aumentam o “oven-rise”, ou salto de forno, entendido como o aumento rápido do volume que ocorre nos primeiros minutos após a entrada da massa no forno (Nunes *et al.*, 2006).

• **Ácido ascórbico (E-300)**

O ácido ascórbico (vitamina C) é um oxidante bastante utilizado em processos de panificação. (Cauvain; Young, 2006, Dos Santos, 2006). É um agente de velocidade de reacção intermediária e actua nas fases de mistura e fermentação da massa. A sua adição causa o aumento da coesividade da massa e aumento do volume do pão (Pereira, *et al.*, 2009). Ainda melhora as características organolépticas do pão tais como a uniformidade da porosidade do miolo, cor mais uniforme e miolo mais branco (Quaglia, 1991).

Durante a mistura da massa o ácido ascórbico é convertido em ácido desidroascórbico através de uma reacção de oxidação, **figura 1.3**, onde dois electrões são removidos, dando origem primeiramente ao radical ascorbil e de seguida ao ácido desidroascórbico. A acção do ácido ascórbico envolve a oxidação dos grupos -S-H- do glúten e a formação de pontes dissulfeto -S-S-,

melhorando a capacidade da massa em reter o CO<sub>2</sub> (Cauvain; Young, 2006; Wassermann, 2009, Levine, *et al.*, 1999).



**Figura 1.3:** Reacção de oxidação do ácido ascórbico a ácido desidroascórbico (Adaptado de: Levine, *et al.*, 1999).

A quantidade utilizada para um bom desempenho no processamento da massa varia de 10-200 ppm, dependendo do efeito requerido na qualidade final dos produtos de panificação (Lopes, *et al.*, 2007).

#### ● **Bromato de potássio**

O bromato de potássio (KBrO<sub>3</sub>) é um oxidante eficiente e de acção lenta, mas que é intensificada com o aquecimento (Pylar, 1988).

Apesar da sua toxicidade (LD<sub>50</sub> de 320 mg/kg), muitas pesquisas demonstraram que é totalmente destruído durante a etapa de cozedura. O seu uso em panificação é da ordem de 50 ppm, mas a legislação de vários países, não o permite. Os seus principais substitutos são o ácido ascórbico e a azodicarbonamida (Guerreiro, 2006).

#### ● **Azodicarbonamida**

A azodicarbonamida (ADA) cuja fórmula molecular é C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, é um oxidante de acção rápida, ou seja, actua fortificando a massa já durante a mistura. Este composto é rapidamente consumido, sendo indicado para processos rápidos de mistura.

É interessante o uso de um oxidante rápido em conjunto com outro mais lento, pois quando o primeiro já tiver sido consumido, o outro entrará em acção. Na impossibilidade de usar bromato de potássio, uma mistura de ácido ascórbico (30 ppm) e de ADA (10 ppm) tem sido usada com sucesso no Canadá, em substituição a 15 ppm de bromato de potássio (Guerreiro, 2006).

#### ➤ **Regulador de acidez**

Reguladores de acidez são “as substâncias que alteram ou controlam a acidez ou a alcalinidade dos géneros alimentícios”, de acordo com o ponto 7 do Anexo I do Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro.

- **Carbonato de cálcio (E-170)**

O carbonato de cálcio cuja fórmula química é  $\text{CaCO}_3$  é um sal inorgânico insolúvel com um elevado teor de cálcio (40%), usado frequentemente em panificação (Qualfood, 2011, QuimiNet.com, 2006). Durante a produção do pão o carbonato de cálcio melhora a fermentação e aumenta o volume final do pão (QuimiNet.com, 2006).

A presença de sais de cálcio podem ainda ter efeito sobre o fortalecimento do glúten e actuam, ligeiramente, como nutriente para a levedura (Kajishima, *et al.*, 2003).

A dosagem recomendada de carbonato de cálcio é entre 3000 ppm e 15000 ppm de acordo com as recomendações do fornecedor (Neoingredientes, 2011).

➤ **Estabilizadores**

De acordo com o ponto 24 do Anexo I do Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro, estabilizadores são “substâncias que tornam possível a manutenção do estado físico-químico dos géneros alimentícios. Os estabilizadores incluem as substâncias que permitem a manutenção de uma dispersão homogénea de duas ou mais substâncias imiscíveis nos géneros alimentícios, as substâncias que estabilizam, retêm ou intensificam a cor natural dos géneros alimentícios e as substâncias que aumentam a capacidade de aglomeração do género alimentício, incluindo a formação de ligações cruzadas entre proteínas que permitem a aglomeração dos elementos alimentares para a formação de um género alimentício reconstituído.”

- **Goma Guar (E-412)**

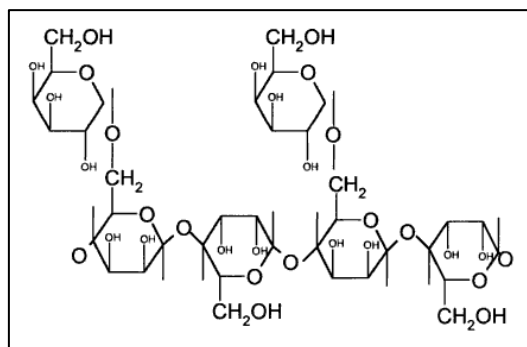
A goma guar é um polissacarídeo de elevada massa molecular. É extraído do endosperma de sementes da leguminosa *Cyamopsis tetragonobulus* e é constituído por uma cadeia linear de monómeros  $\beta$ -D-manopiranosose ligados por uma ligação  $\beta$ -(1-4), e por monómeros de  $\alpha$ -D-galactopiranosose, que estão ligados à cadeia linear principal por ligações  $\alpha$ -(1-6) (**figura 1.4**) (Kohajdová; Karovicová, 2009; Valentine; Salyers, 1992). Além dos monómeros referidos, que constituem 80% da composição da goma guar, esta contém 12% de água, 5% de proteínas, 2% de cinzas de ácido solúvel e 0,7% de lípidos (Valentine; Salyers, 1992).

A goma guar é estável ao calor, não forma géis e a viscosidade das suas soluções é pouco afectada pelos valores de pH entre 1 a 10,5 e por sais. Além disso, é de baixo custo (Bobbio, 1992; Baruffaldi, 1998). As soluções de goma guar são usadas como espessantes, estabilizantes e ligante da água livre (Kohajdová; Karovicová, 2009).

Em produtos que sofrem cozedura a goma guar é usada para melhorar a formulação e a tolerância à mistura, bem como aumentar a vida útil dos produtos através da retenção de humidade (Selomulyo; Zhou, 2007).

É compatível com outras gomas, amidos, hidrocolóides e agentes gelificantes, aos quais pode ser associada para enriquecer a sensação táctil bucal, textura e para modificar e controlar o comportamento da água nos alimentos (Anónimo, 2011<sup>a</sup>).

As dosagens utilizadas são da ordem dos 0,5%-1,5% (Matuda, 2008).



**Figura 1.4:** Estrutura molecular da goma guar (Fonte: Cubero, *et al.*, 2002).

#### ● **Farinha de soja**

A farinha de soja é produzida a partir da moagem de flocos de soja descascada e desengordurada. Possui aproximadamente 50% de proteína no peso seco. Não contém glúten ou amido. É rica em vitaminas e minerais e isenta de colesterol. Por tais características, é usada primariamente para complementar o conteúdo proteico dos alimentos (Anônimo, 2008<sup>a</sup>).

Além das vantagens acima descritas, o uso de farinha de soja pode substituir muitos dos ingredientes usados em panificação, tais como o leite e ovos, como também aumentar o rendimento da massa em função do aumento de absorção de água. Também melhoram a emulsificação das gorduras e a dispersão de outros ingredientes. No produto final, a soja promove a redução da granulação do miolo, aumenta a maciez, activa a coloração da crosta (El-Dash, *et al.*, 1994) e ainda aumenta o tempo de vida útil do produto (Nilufer-Erdil, *et al.*, 2012).

#### **1.2.1.6. Auxiliar tecnológico**

De acordo com o Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro entende-se por auxiliar tecnológico “as substâncias não consumidas como géneros alimentícios em si mesmas, mas utilizadas deliberadamente na transformação de géneros alimentícios, que subsistem no género alimentício final apenas sob forma de resíduo e que não produzem um efeito tecnológico no produto final”.

Como exemplo de auxiliar tecnológico usado em panificação estão as enzimas alimentares.

#### ➤ **Enzima alimentar**

As enzimas mais comumente utilizadas em panificação são as amilases. Além das amilases, recentemente vêm sendo introduzidas novas enzimas na tecnologia de panificação, dentre as quais se podem destacar as hemicelulases e as lipoxidases. Cada uma destas enzimas exerce funções específicas, contribuindo para melhorar tanto a massa como os produtos finais (Pavanelli, 2000).

### • Amilases

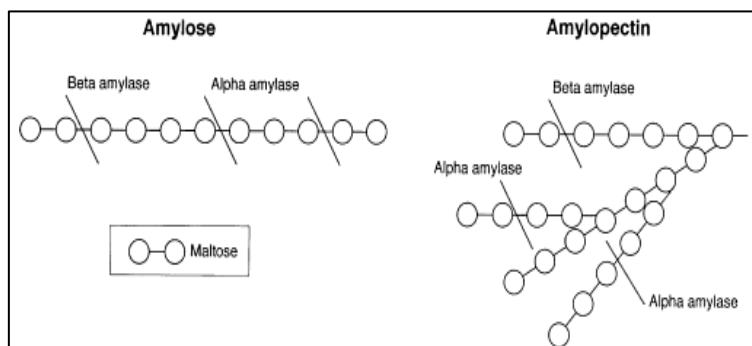
As amilases são muito importantes em processos de panificação, principalmente aqueles de fermentação mais longa pois proporcionam a formação de açúcares fermentáveis, ou seja, açúcares que podem ser metabolizados pela levedura, para formação de CO<sub>2</sub>, resultando em pães com maiores volumes e melhores características do miolo e cor da crosta (Pavanelli, 2000; Anónimo, 2009<sup>a</sup>).

A função das amilases é, portanto, a de prover a massa com uma quantidade suplementar de açúcares, quando os originais da farinha são esgotados (De Bona, 2002).

A enzima alfa-amilase age simbioticamente com a beta-amilase. A primeira é uma endoenzima que hidrolisa ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídicas de moléculas de amido danificado, quebrando-as em cadeias menores denominadas dextrinas (Cauvain; Young, 2007; Anónimo, 2009<sup>a</sup>). A beta-amilase, por sua vez, é uma exoenzima que catalisa a hidrólise alternada de ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídicas de polissacarídeos, como o amido, libertando moléculas de maltose, a partir da extremidade não redutora, que serão metabolizadas pela levedura. A acção da enzima é interrompida nas regiões com ligações  $\alpha$ -1,6-glicosídicas (Anónimo, 2009<sup>a</sup>; De Bona, 2002).

A alfa-amilase apresenta algumas características, como relativa estabilidade térmica (70°C – 15 minutos), labilidade ácida (todas são inactivadas a pH 3,6 por curto tempo), e aumento da estabilidade na presença de iões de cálcio. Uma das mais importantes propriedades das beta-amilases é a sua relativa labilidade térmica (Anónimo, 2009<sup>a</sup>).

Dado o tempo suficiente e as condições corretas, estas enzimas são capazes de converter o amido quase totalmente em maltose, **figura 1.5** (Cauvain; Young, 2007).



**Figura 1.5:** Mecanismo de acção das enzimas alfa e beta amilase nas cadeias de amilose e amilopectina presentes no amido da farinha de trigo (Fonte: Cauvain; Young, 2007).

A farinha de trigo apresenta baixo teor da enzima alfa-amilase, devendo portanto a sua concentração ser ajustada por adição, para que ocorra a formação de açúcares necessários à fermentação. A adição de beta-amilase não é necessária, uma vez que normalmente a farinha de trigo já possui esta enzima em quantidade suficiente para a ocorrência da reacção.

De acordo com a ficha de especificações técnicas fornecida pela empresa Neoquímica, as doses recomendadas de alfa-amilase são entre 20 a 50 ppm.

## **1.2.2. Processo de produção de pão pré-cozido congelado**

As etapas fundamentais comumente seguidas para a produção de pão pré-cozido congelado são descritas seguidamente, por ordem cronológica.

Cada etapa deste processo deve ser elaborada e controlada, caso contrário, nunca se chegará a patamares de qualidade desejáveis. As características individuais, bem como as reacções físico-químicas desencadeadas pela junção de certos componentes de uma massa, são o ponto central para o sucesso do processamento (Canella-Rawls, 2003).

### **1.2.2.1. Pesagem dos ingredientes**

A pesagem exacta dos ingredientes é parte do processo de panificação. Fazê-lo de forma inapropriada resulta em produtos inconsistentes e de qualidade inferior. O uso correcto de uma balança de precisão assegura que as quantidades dos ingredientes estejam em conformidade com o que foi solicitado na formulação (Canella-Rawls, 2003).

### **1.2.2.2. Mistura dos componentes**

A mistura consiste em homogeneizar os ingredientes, dispersar, solubilizar e hidratar uniformemente os componentes da massa. O trabalho mecânico contribui para o desenvolvimento da estrutura do glúten e incorporação de bolhas de ar (Marsh, 1998).

Durante a mistura a formação do glúten acontece em diferentes fases. Inicialmente, as moléculas de proteína são hidratadas e as suas fibrilas aderem umas às outras formando uma rede desorganizada de fios espessos. A acção mecânica torna os fios mais finos e orienta-os na direcção em que são submetidos à força, permitindo a interacção entre eles. Por fim, surge o pico de consistência, no qual as fibrilas da proteína têm o seu diâmetro reduzido e interagem mais bidimensionalmente do que em um único eixo. Nesta etapa, a massa pode ser alongada em forma de filme contínuo.

A capacidade da massa ser alongada numa película fina é um importante parâmetro no processo, pois indica o batimento óptimo, conhecido como ponto de véu (Stauffer, 1998). Neste ponto, todas as partículas de farinha estarão completamente hidratadas e a massa atinge a máxima elasticidade, ficando quase transparente ao toque dos dedos (Hoseney, 1991). Se a mistura continuar após o pico de resistência, a massa torna-se mole, menos resistente à acção mecânica e perde a aptidão de reter CO<sub>2</sub> durante a fermentação. Uma boa massa é definida pela sua capacidade em reter o CO<sub>2</sub> e pela sua propriedade viscoelástica. Assim o volume da massa pode expandir adequadamente durante a fermentação (Stauffer, 1998).

### **1.2.2.3. Divisão e Formação**

Após a mistura, a massa é dividida em pedaços com peso definido e moldada para se obter o formato desejado. A divisão e a formação modificam a estrutura dos alvéolos de CO<sub>2</sub> e contribuem para o bom desenvolvimento da rede de glúten (Giannou, *et al.*, 2003).



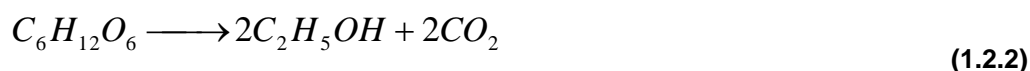
#### **1.2.2.4. Descanso**

O descanso é uma etapa essencial para a produção de pães, pois durante a mistura, a rede proteica da massa sofre uma grande tensão. Neste período, as moléculas de proteína readquirem a sua forma flexível permitindo moldar a massa sem rupturas na superfície. A temperatura óptima desta fase é em torno de 26°C e a humidade relativa (HR) ajustada por forma a não provocar a secura da massa (Matuda, 2008).

#### **1.2.2.5. Fermentação**

É a etapa na qual a levedura do género *Sacharomyces cerevisiae* transforma os açúcares disponíveis na massa em álcool etílico e dióxido de carbono, conforme apresentado na **equação 1.2.2** (Schunemann; Treu, 1988).

A reacção de fermentação é dada por:



O tempo de fermentação depende dos ingredientes e aditivos incorporados, da quantidade da levedura adicionada, da temperatura e humidade do local. Na literatura, o tempo de fermentação pode ser de 90 minutos (Fik; Surówka, 2002; Handami, et al., 2004; Le Bail, et al., 2005), 100 minutos (Ribota; Le Bail, 2007), 105 minutos (Ferreira, et al., 1999) e 180 minutos (Vulicevic, et al., 2004).

#### **1.2.2.6. Corte da superfície**

Após a fermentação, em determinados produtos, realiza-se o corte da superfície da massa provocando pontos mais frágeis sobre a superfície, com o objectivo de permitir que o dióxido de carbono presente na massa pressione esses cortes, facilitando a saída e evitando também rompimentos indesejados. Devido à pressão exercida pelo CO<sub>2</sub>, os cortes abrem-se, criando um maior volume de pão (Sebess, 2010).

#### **1.2.2.7. Pré-cozedura**

Na etapa de cozedura dos pães ocorrem mudanças físico-químicas e bioquímicas como expansão do volume, evaporação de água, formação de poros, desnaturação de proteínas, gelatinização do amido, formação da crosta, entre outras (Giannou et al., 2003).

Quando a temperatura interna atinge os 50 a 60°C as leveduras são destruídas e cessa a produção de CO<sub>2</sub>. A gelatinização do amido e a coagulação do glúten marcam o fim da flexibilidade da massa e o pão atinge o volume final. Finalmente ocorre a formação da crosta devido à secura da superfície e a formação de cor e aroma através de uma reacção de *Maillard* (Cavel, 1987; Guerreiro, 2006).

O tempo de pré-cozedura, bem como a temperatura deve variar de acordo com o tipo de forno utilizado e com o produto a ser produzido. Em publicações referentes ao pão pré-cozido congelado, os fornos mais utilizados são os do tipo turbo (Carr, et al., 2006; Carr; Tadini, 2003; Handini, et al., 2004; Le Bail, et al., 2005; Ribotta; Le Bail, 2007) e os do tipo lastro (Ferreira, et al.,

1999; Vulicevic, et al., 2004). Estudos demonstram que o tempo de pré-cozedura pode variar entre 7 e 28 minutos e a temperatura entre 150°C e 250°C (Carr, *et al.*, 2006; Carr; Tadini, 2003; Ferreira, *et al.*, 1999; Handini, *et al.*, 2004; Le Bail, *et al.*, 2005; Ribotta; Le Bail, 2007 Vulicevic, et al., 2004).

A temperatura de cozedura não deve ser muito alta, pois isto pode resultar num rápido e excessivo endurecimento da crosta, o que impediria o pão de continuar a sua expansão. Por outro lado, se a temperatura for muito baixa, a acção enzimática será prolongada além do desejado, havendo produção excessiva de CO<sub>2</sub>, pelas leveduras, e de dextrinas, pela α-amilase. O excesso de CO<sub>2</sub> poderá causar uma ruptura da massa, resultando em baixo volume, e o excesso de dextrinas, que absorvem muita água, poderá produzir pão com miolo gomoso e húmido (Guerreiro, 2006).

#### **1.2.2.8. Arrefecimento**

Após a pré-cozedura, os pães podem ser arrefecidos antes da etapa de congelação. Alguns autores relatam tempos de 30 a 180 minutos (Bácenas, *et al.*, 2004; Ferreira, *et al.*, 1999; Fik; Surówka, 2002), enquanto outros relatam uma temperatura de miolo entre 20°C e 40°C até a qual se realiza o arrefecimento (Bácenas; Rossel, 2006; Handami, *et al.*, 2004; Le Bail, *et al.*, 2005; Vulicevic, *et al.*, 2004).

#### **1.2.2.9. Congelação**

A congelação é um dos métodos mais importantes de preservação de alimentos (Pham, 1984). A congelação da água reduz a actividade de microrganismos e enzimas, retardando a deterioração dos alimentos (Fung, 1995).

O tempo de congelação está relacionado com a temperatura desejada no centro do produto, ou seja, com o tipo e condição do material e com as condições do meio no qual está inserido. A temperatura de congelação usualmente empregada está entre -30°C e -40°C, e a temperatura do centro geométrico do pão a ser atingida está entre os -6°C e os -20°C (Bácenas; Rossel, 2006; Carr, *et al.*, 2006; Fik; Surówka, 2002; Le Bail, *et al.*, 2005; Vulicevic, *et al.*, 2004).

#### **1.2.2.10. Embalamento**

A embalagem deve fornecer uma barreira efectiva e funcional contra a contaminação, perda ou ganho de humidade pelo produto e apresentar resistência ao impacto e compressão. Os materiais geralmente utilizados para produtos congelados são plásticos (filmes, membranas, etc.) e alumínio. (Giannou, *et al.*, 2004).

#### **1.2.2.11. Armazenamento**

Consiste na permanência do produto a baixas temperaturas (-18°C). Para que o armazenamento seja eficiente, é importante não armazenar o produto por um tempo superior àquele considerado adequado ao mesmo. Deve-se ter atenção para que não ocorram variações de temperatura durante o armazenamento (Reis, 1980).

Segundo Quaglia (1991), o armazenamento de pão congelado, após quatro a cinco semanas à temperatura de -18°C, apresenta aspecto externo perfeito, enquanto o miolo torna-se

esbranquiçado. Esta alteração é devida à recristalização do amido e à perda de humidade por sublimação. No entanto, é importante referir que esta alteração na textura não altera o sabor do pão.

#### **1.2.2.12. Cozedura final**

O objectivo da cozedura final é descongelar e/ou aquecer o pão de modo a atribuir as suas características sensoriais desejáveis, como a coloração dourada, o aroma característico, a “crocância”, etc. Os tempos de cozedura final variam muito: de 4 a 15 minutos, com temperaturas variando na faixa de 180°C a 250°C (Bárceñas, *et al.*, 2006; Carr, *et al.*, 2006; Ferreira, *et al.*, 1999; Fik; Surówka, 2002); Le Bail, *et al.*, 2005; Vulicevic, *et al.*, 2004).

O tempo e temperatura da cozedura final, à semelhança da etapa de pré-cozedura apresentam grandes variações devido à massa e ao tipo de pão produzido, bem como, devido ao tipo de forno utilizado.

A título de exemplo, os pães tipo baguete com 150g produzido por Le Bail, *et al.*, (2005) foram submetidos a 220°C durante 10 minutos em forno turbo.

O processamento de pão pré-cozido congelado tem como objectivo a produção de alimentos parcialmente cozidos, os quais terão a cozedura final em casa do consumidor ou num ponto de venda. Apresenta como vantagens o facto de possibilitar, a qualquer momento, a obtenção de pães com características de produto fresco, ou seja, feito na hora, tempo reduzido de preparação no ponto de venda e padronização do produto (McNamee, 1994). Perante os estilos de vida de hoje, em que a conveniência é um pilar determinante da escolha alimentar um produto desta natureza é muito bem acolhido pelo consumidor ou ponto de venda. Porém, um dos principais defeitos na qualidade de pães produzidos com esta tecnologia é o *flaking*, caracterizado pelo desprendimento da “casca” do miolo (Anónimo, 2008<sup>b</sup>). Além disso, a falta de volume, a crosta pálida, a má textura, a cor cinzenta do miolo e o mau sabor, são alguns dos defeitos característicos no fabrico de pão (Guerreiro, 2006).

Consciente da problemática dos defeitos característicos no fabrico de pão e da necessidade de novas criações industriais que permitam ir de encontro às necessidades dos clientes, a Panike, maior empresa Portuguesa do sector das massas congeladas, criou o Departamento de Investigação e Desenvolvimento de forma a apoiar e criar projectos de inovação tecnológica que se traduzam numa mais-valia para todos (Panike<sup>b</sup>, 2011).

### **1.3. Objectivos**

No âmbito das actividades do gabinete de investigação e desenvolvimento da Panike, surgiu a oportunidade de realizar um projecto com o objectivo geral de contribuir para o estudo da produção de pão pré-cozido congelado através da incorporação e optimização da concentração e natureza de aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos.

Neste contexto foram propostos os seguintes objectivos específicos:

- Pesquisa dos componentes utilizados no fabrico do pão, as suas quantidades e funções tecnológicas;
- Pesquisa de fornecedores;
- Ensaio preliminares de estudos de compatibilidade dos componentes;
- Estudo do efeito simples ou combinado da presença de um agente oxidante, regulador de acidez, emulsionante e estabilizador na qualidade do pão via aplicação de um desenho experimental factorial  $2^4$ .

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo descreve-se o protocolo experimental utilizado para se proceder ao estudo da produção de pão pré-cozido congelado através da incorporação e optimização do uso de aditivos alimentares e auxiliar tecnológico em termos de natureza e concentração. Os ensaios foram realizados à escala industrial, no período de Setembro de 2011 a Janeiro de 2012, nas instalações da empresa Panike (Água Longa, Portugal).

### 2.1. Componentes e fornecedores pesquisados

Na **tabela 2.1** são apresentados, de acordo com a bibliografia consultada, alguns dos componentes utilizados na produção de pão pré-cozido congelado, assim como, a função tecnológica que desempenham e a quantidade usualmente adicionada. Apresentam-se ainda, os fornecedores contactados para a aquisição dos referidos componentes.

**Tabela 2.1:** Componentes utilizados na produção de pão pré-cozido congelado, função tecnológica e quantidade usualmente adicionada, bem como, o fornecedor contactado.

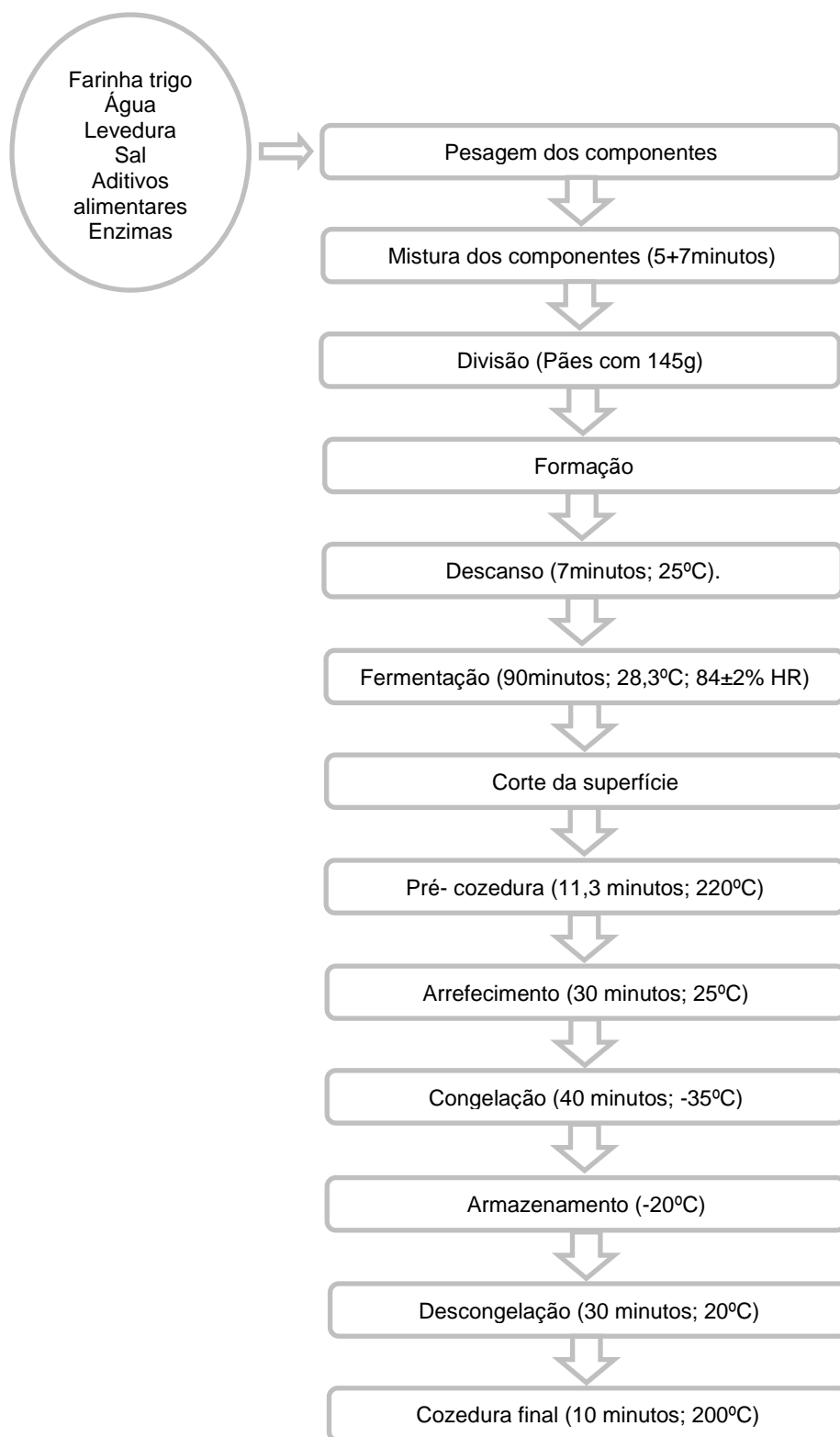
Componente	Função tecnológica (classe)	Quantidade (ppm) (Referência)	Fornecedor
Ácido ascórbico (E-300)	Aditivo (Agente oxidante)	10-200 (Lopes, <i>et al.</i> , 2007)	Neoringredientes
Carbonato de cálcio (E-170)	Aditivo (Regulador de acidez)	3000-15000 (Ficha de especificação técnica)	Neoringredientes
Lecitina de soja (E-322)	Aditivo (Emulsionante)	3000 (Santos, 2008)	Euroingredientes
DATEM (E-472e)	Aditivo (Emulsionante)	3000 (Cauvain; Young, 2001)	Neoringredientes
Goma guar (E-412)	Aditivo (Estabilizador)	5000-15000 (Matuda, 2008)	Neoringredientes
Farinha de soja	Aditivo (Estabilizador)	5000-15000 (Ficha de especificação técnica)	Neoquímica
Enzima (Alfa-amilase fúngica)	Auxiliar tecnológico	20-50 (Ficha de especificação técnica)	Neoquímica

Além dos componentes apresentados na **tabela 2.1**, utilizou-se ainda farinha de trigo<sup>1</sup> adquirida na empresa Carneiro, Campos & Cia., SA (Matosinhos, Portugal), com as seguintes características: 14,38% de humidade, 11,42% de proteína, e 0,71% de cinzas, levedura líquida (Mauri fermentos, Vila do Conde, Portugal) e sal (Dead Sea Works, Ltd, Múrcia, Espanha).

<sup>1</sup> **Anexo A:** Alveograma da farinha de trigo utilizada nos ensaios.

## 2.2. Processo de produção de pão pré-cozido congelado

As etapas empregadas para a produção de pão pré-cozido congelado estão representadas na **figura 2.1**.



**Figura 2.1:** Fluxograma das etapas do processo de produção de pão pré-cozido congelado.

Os componentes foram pesados numa balança semi-analítica (worldweigh, Itália) e misturados numa amassadeira (Modelo AEFO15 Fernetto, Portugal) de acordo com o planeamento apresentado nas **tabelas 2.2 e 2.4**, utilizando-se duas velocidades de mistura, até o completo desenvolvimento da rede de glúten. A primeira, velocidade lenta, por 5 minutos, para homogeneização dos componentes e absorção da água. A segunda, velocidade rápida, por 7 minutos, para o trabalho mecânico da massa. Nesta etapa, foi utilizada água a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  para obtenção de massa com uma temperatura final controlada. Decorrido o tempo, a massa foi retirada da amassadeira, com temperatura de  $25\pm 1^\circ\text{C}$ <sup>2</sup>. Seguidamente foi dividida em porções de 145 gramas, por divisora mecânica, (Mecatherm, França) e depois moldada para se obter o formato desejado, designadamente meia baguete.

Após o descanso de 7 minutos a  $25^\circ\text{C}$ , efectuado na câmara do equipamento, a massa dos pães seguiu para a estufa (Mecatherm) com 83,4-86,8% HR a  $28,3^\circ\text{C}$ , por 90 minutos, onde foi observado um crescimento do volume. Após a fermentação realizou-se o corte da superfície da massa e a etapa de pré-cozedura, por 11,3 minutos a  $220^\circ\text{C}$ , num forno turbo (Mecatherm).

Por último, os pães foram arrefecidos durante 30 minutos a  $25^\circ\text{C}$ , seguindo-se a congelação por 40 minutos a  $-35^\circ\text{C}$  num congelador, (Mecatherm). Seguidamente os pães foram armazenados a  $-20^\circ\text{C}$  por dois e doze dias, para os pães produzidos nos ensaios preliminares e para os pães produzidos de acordo com o planeamento experimental, respectivamente.

Por fim, o pão pré-cozido congelado sofreu uma descongelação de 30 minutos a  $20^\circ\text{C}$  e, seguidamente, uma cozedura final, num forno Smeg (Modelo SP A 42016, Portugal) a  $200^\circ\text{C}$ , durante 10 minutos.

### **2.3. Ensaios preliminares**

Com o objectivo de estudar a compatibilidade dos componentes e as respectivas gamas de concentrações óptimas realizaram-se 15 ensaios preliminares, efectuados pela ordem apresentada.

A formulação base empregada na produção do pão foi composta por farinha de trigo (100%), água (57%), levedura (2,8%) e sal (1,8%). A esta formulação foram adicionados componentes conforme apresentado na **tabela 2.2**. A escolha dos componentes, bem como, as suas concentrações, foram seleccionados de acordo com a bibliografia consultada.

---

<sup>2</sup> **Apêndice A:** Registo das temperaturas durante a produção dos pães.

**Tabela 2.2:** Condições testadas nos ensaios preliminares realizados.

Ensaio preliminar	Ácido ascórbico (ppm)	Carbonato de cálcio (ppm)	Lecitina de soja (ppm)	DATEM (ppm)	Goma guar (ppm)	Farinha de soja (ppm)	Alfa-amilase (ppm)
1	5	0	0	0	0	0	35
2	10	0	0	0	0	0	35
3	200	0	0	0	0	0	35
4	20	0	0	0	0	0	35
5	20	3000	0	0	0	0	35
6	20	15000	0	0	0	0	35
7	0	6000	3000	0	0	0	35
8	0	6000	2000	0	0	0	35
9	0	12000	2000	0	0	0	35
10	200	0	0	0	0	5000	35
11	0	0	0	3000	0	5000	35
12	20	0	0	2000	0	0	35
13	0	0	0	0	15000	0	35
14	0	0	0	0	5000	0	35
15	200	6000	2000	0	5000	0	0

## 2.4. Avaliação dos ensaios preliminares

Os pães produzidos nos ensaios preliminares apenas foram avaliados quanto ao volume específico, aparência e gosto. Esta avaliação foi realizada uma hora após a cozedura final, em quadruplicado, no laboratório de produção da empresa Panike (Água Longa, Portugal), dois dias após a sua produção.

### 2.4.1. Volume específico (Ve)

A medição do volume específico efectuou-se com o auxílio de uma régua graduada e de um paquímetro digital, sendo em seguida determinado o seu peso numa balança semi-analítica (worldweigh). O cálculo do volume específico foi realizado utilizando-se a seguinte equação:

$$Ve = \frac{v}{m} \quad (2.4.1)$$

Onde:

Ve = volume específico (cm<sup>3</sup>/g);

v = volume da amostra (cm<sup>3</sup>);

m = massa da amostra (g).

### 2.4.2. Aparência e gosto

A aparência e gosto dos pães foram avaliados mediante observação visual e prova gustativa, respectivamente, recorrendo-se a uma classificação interna da empresa desenvolvida para o trabalho em questão. Ambos os parâmetros foram classificados de 0 a 10, em que 0 corresponde a “mau” e 10 a “muito bom”.



## 2.5. Papel de diferentes aditivos na qualidade de pão pré-cozido congelado

Neste ensaio definitivo, a formulação base empregada na produção de pão pré-cozido congelado foi composta por farinha de trigo (100%), água (57%), levedura (2,8%) e sal (1,8%). A esta formulação adicionou-se um auxiliar tecnológico, i.e. alfa-amilase fúngica (Neoquímica, Portugal) (0,0035%).

Com o objectivo de se avaliar o efeito de determinados aditivos nas formulações, utilizou-se um planeamento experimental factorial (Box *et al.*, 1978). Foram seleccionados 4 factores – aditivos (agente oxidante, regulador de acidez, emulsionante e estabilizador) avaliados em 2 níveis (-1 e +1). As condições utilizadas encontram-se na **tabela 2.3**. Este planeamento foi escolhido para verificação dos efeitos da adição dos aditivos alimentares na qualidade do pão e assim determinar a formulação mais adequada para a produção do mesmo. Características como o pH, cor e textura instrumental, e qualidade global dos pães foram seguidamente analisadas (**ver secção 2.6 e 2.7**).

**Tabela 2.3:** Factores estudados no planeamento factorial a 2 níveis para avaliação do seu impacto na qualidade final do pão pré-cozido congelado.

Factor (Aditivo)	Símbolo	Níveis	
		-1	+1
Agente oxidante	X1	Ácido ascórbico (20 ppm)	Ácido ascórbico (200 ppm)
Regulador acidez	X2	Carbonato cálcio (6000 ppm)	Carbonato de cálcio (12000 ppm)
Emulsionante	X3	Lecitina de soja (2000 ppm)	DATEM (2000 ppm)
Estabilizador	X4	Goma guar (5000 ppm)	Farinha de soja (5000 ppm)

A matriz do planeamento experimental aplicado é apresentada na **tabela 2.4** Foram realizados 2<sup>4</sup> ensaios.

**Tabela 2.4:** Planeamento experimental factorial completo (2<sup>4</sup>) para pães pré-cozidos congelados.

Ensaio	X1	X2	X3	X4
1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	-1	+1
3	-1	-1	+1	-1
4	-1	-1	+1	+1
5	-1	+1	-1	-1
6	-1	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1	-1
8	-1	+1	+1	+1
9	+1	-1	-1	-1
10	+1	-1	-1	+1
11	+1	-1	+1	-1
12	+1	-1	+1	+1
13	+1	+1	-1	-1
14	+1	+1	-1	+1
15	+1	+1	+1	-1
16	+1	+1	+1	+1

Paralelamente aos ensaios realizados no planeamento experimental foram produzidos pães com uma formulação padrão, com aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos incorporados em concentrações desconhecidas (presentes numa mistura comercial fornecida como agente tecnológico do pão) (Puratos, Portugal), para posterior comparação com as características de qualidade dos pães produzidos segundo o planeamento experimental.

## **2.6. Análises físico-químicas**

### **2.6.1. Medição do valor de pH**

Para a determinação do valor de pH utilizou-se o pH-Indikatorpapier Universalindikator pH 1-14. É um processo colorimétrico cujo princípio de funcionamento é o uso de certos indicadores que produzem ou alteram a coloração na presença de determinadas concentrações de iões de hidrogénio.

De acordo com a metodologia proposta por Zenebon, *et al.*, (2008), pesaram-se 10g de massa, retirada logo após a etapa de mistura, e diluíram-se com o auxílio de 100 mL de água. De seguida, agitou-se o conteúdo até que as porções ficassem uniformemente suspensas. Por fim, mergulhou-se uma tira de papel indicador durante alguns segundos na solução e procedeu-se à leitura dos resultados, por comparação entre a cor do papel indicador e a escala de cores.

Esta medição foi efectuada no laboratório de produção da empresa Panike (Água Longa, Portugal).

### **2.6.2. Análise instrumental da cor do miolo**

A quantificação objectiva da cor do miolo dos pães foi efectuada no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Escola Superior de Biotecnologia (ESB) da Universidade Católica Portuguesa (UCP), doze dias após a sua produção.

Foram utilizados 2 pães de cada formulação e realizadas 5 leituras a cada pão, o que faz um total de 10 repetições.

A análise instrumental de cor foi realizada recorrendo-se a um colorímetro Minolta, modelo CP-300 (Japão), segundo o sistema de cor CIE Lab. Determinaram-se os valores de L\* (luminosidade) que flutuam entre 0 (preto) e 100 (branco), e os valores a\* e b\* (coordenadas de cromaticidade), variam de -60 (verde) até +60 (vermelho), e -60 (azul) até +60 (amarelo), respectivamente (Minolta, 1988).

### **2.6.3. Análise instrumental da textura**

A análise instrumental de textura foi efectuada no Laboratório de Embalagem, da Escola Superior de Biotecnologia da UCP, doze dias após a produção dos pães. Para tal, utilizou-se o texturómetro TA.XT2.PLUS (Stable Micro Systems, EUA) através do software "Exponent". Para a obtenção dos resultados foram utilizados dois pães inteiros de cada formulação e feitas 3 leituras a cada pão, 2 nas extremidades e uma no meio, totalizando 6 repetições.

O texturómetro foi ajustado, e as condições para o teste foram as seguintes: medida da força em compressão, célula de carga: 5 Kg, probe cilíndrico: 36 mm de diâmetro, velocidade de pré-teste:

1,00 mm/s, velocidade do teste: 1,00 mm/s, velocidade de pós-teste: 10 mm/s e profundidade de compressão: 25%.

Os parâmetros analisados foram firmeza (gf) e elasticidade (%).

## **2.7. Avaliação da qualidade global dos pães**

De uma maneira geral, reconhece-se a qualidade de um pão quando este apresenta boa aparência e gosto agradável. Essa avaliação, no entanto, é subjectiva, estando condicionada à apreciação de cada pessoa (El-Dash, 1982).

A avaliação da qualidade global dos pães pré-cozidos congelados foi conduzida por quatro elementos da empresa (inclui 3 técnicos de panificação), no laboratório de produção da empresa Panike (Água Longa, Portugal), doze dias após a sua produção. Esta avaliação foi realizada em quadruplicado.

Para a avaliação da qualidade dos pães, utilizou-se o sistema de pontuação global<sup>3</sup> que foi empregado por El-Dash (1978). De acordo com este autor, o volume específico foi multiplicado por 3,33, resultando num valor máximo de 20 pontos. As demais características externas avaliadas foram cor da crosta (10 pontos), quebra (5 pontos) e simetria (5 pontos). Na avaliação das características internas (35 pontos) determinaram-se as características da crosta (5 pontos), cor do miolo (10 pontos), estrutura da célula do miolo (10 pontos) e textura do miolo (10 pontos). O aroma (10 pontos) e o sabor (15 pontos) foram avaliados de forma que fosse obtida uma contagem total de qualidade máxima de 100 pontos.

### **2.7.1. Avaliação das características externas dos pães**

O volume específico dos pães foi determinado de acordo com a **equação 2.4.1** conforme explicado na **secção 2.3.1**.

Compondo as características externas dos pães, além do volume específico, foram avaliadas a cor da crosta, a característica de quebra e simetria mediante a observação visual dos pães.

### **2.7.2. Avaliação das características internas dos pães**

Passada uma hora da cozedura final, os pães foram cortados e submetidos à avaliação das características internas. Para tal, efectuou-se uma observação visual e a percepção da textura foi feita pelo tacto.

### **2.7.3. Avaliação do aroma e sabor**

Os pães foram fatiados passada uma hora da cozedura final, para posterior avaliação do aroma e sabor pelos técnicos de panificação.

---

<sup>3</sup> **Apêndice B:** Formulário usado para a avaliação da qualidade global dos pães.

A avaliação da qualidade global dos pães foi baseada na classificação adoptada por Camargo e Camargo (1987), apresentada na **tabela 2.5**.

**Tabela 2.5:** Classificação da qualidade do pão de acordo com Camargo e Camargo (1987).

Total de pontos	Classificação da qualidade do pão
<70	Aceitável
70-80	Regular
80-90	Boa
>90	Muito boa

## 2.8. Análise estatística dos dados experimentais

A influência dos factores na qualidade das formulações nas diferentes vertentes seguindo as condições do planeamento factorial  $2^4$  foi analisada de acordo com procedimentos de análise de variância (ANOVA). Em todas as situações foi considerado um nível de significância de 5%. Toda a análise de resultados foi realizada com o programa Statistica 8 (Stat Soft.Inc, EUA).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Avaliação dos ensaios preliminares

Estes ensaios preliminares foram importantes no sentido de explorar o papel de alguns aditivos alimentares indicados como tendo um papel importante na qualidade final do pão pré-cozido congelado, bem como a possível gama de concentrações a testar. Os valores médios obtidos nos ensaios preliminares relativamente aos parâmetros volume específico (Ve), aparência e gosto dos pães, estão apresentados na **tabela 3.1**.

**Tabela 3.1:** Valores médios obtidos nos ensaios preliminares relativamente aos parâmetros volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ), aparência e gosto dos diferentes pães.

Ensaio preliminar	Volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	Aparência	Gosto
1	3,34 $\pm$ 0,78	2	7
2	3,42 $\pm$ 0,61	3	7
3	4,14 $\pm$ 0,51	5	7
4	4,33 $\pm$ 0,33	5	7
5	3,83 $\pm$ 0,72	5	7
6	3,97 $\pm$ 0,76	5	7
7	3,79 $\pm$ 0,57	4	7
8	3,89 $\pm$ 0,62	5	7
9	3,84 $\pm$ 0,41	5	7
10	4,23 $\pm$ 0,69	5	7
11	4,31 $\pm$ 0,32	5	7
12	4,13 $\pm$ 0,79	7	7
13	3,59 $\pm$ 0,65	4	7
14	3,81 $\pm$ 0,42	5	7
15	4,41 $\pm$ 0,53	7	7

Volume específico: média  $\pm$  Desvio padrão.

Aparência e gosto: classificação de 0 - 10, em que 0 – “mau” e 10 – “muito bom”.

Relativamente aos parâmetros estudados, especificamente ao Ve, os valores apresentaram alguma variabilidade oscilando entre 3,34  $\text{cm}^3/\text{g}$  (ensaio 1) e 4,41  $\text{cm}^3/\text{g}$  (ensaio 15). No que concerne ao parâmetro aparência nenhum dos ensaios obteve a pontuação máxima de 10, sendo o valor atribuído mais elevado de 7 (ensaios 12 e 15) e o mais baixo de 2 (ensaio 1). Verificou-se que o parâmetro gosto do pão não apresentou variabilidade sendo a sua classificação para todos os ensaios de 7.

Os ensaios 1 e 2, com a incorporação de 5 ppm e 10 ppm de ácido ascórbico, respectivamente, e 35 ppm de  $\alpha$ -amilase em ambos, não apresentaram resultados satisfatórios, quer para o Ve quer para a aparência do pão. Com a adição de 200 ppm e 20 ppm de ácido ascórbico, ensaios 3 e 4, respectivamente, e incorporação de igual concentração de  $\alpha$ -amilase, verificou-se que os resultados obtidos foram mais razoáveis. Deste modo, quando o ácido ascórbico foi testado com a  $\alpha$ -amilase, em concentrações de 20 ppm e 200 ppm, houve resultados mais promissores quer para o Ve quer para a aparência do pão. Quando o ácido ascórbico foi testado em combinação com a  $\alpha$ -amilase e um estabilizador (ensaio 10) ou com  $\alpha$ -amilase e um emulsionante (ensaios 12), o Ve manteve-se promissor, estando acima dos 4,10 ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ).

O carbonato de cálcio, independentemente da sua combinação (ensaios 5 a 9 e 15) parece não contribuir para o aumento do  $V_e$ , bem como, para melhores resultados de aparência e gosto do pão, com excepção do ensaio 15. No entanto, a presença deste composto é crucial uma vez que funciona como regulador de acidez, não permitindo grandes oscilações nos valores do pH.

A lecitina de soja, à semelhança do carbonato de cálcio, parece não ter um papel significativo na melhoria dos parâmetros em estudo, independentemente da sua combinação (ensaios 7 a 9 e 15), à excepção do ensaio 15. Apesar disso, parece ser mais vantajosa a incorporação de 2000 ppm de lecitina de soja (ensaios 8,9 e 15) ao invés da adição de 3000 ppm do referido composto (ensaio 7), uma vez que os resultados de  $V_e$  e aparência do pão são ligeiramente mais satisfatórios.

O emulsionante DATEM quando testado em combinação com a enzima  $\alpha$ -amilase e um estabilizador (ensaio 11) ou com a enzima  $\alpha$ -amilase e um agente oxidante (ensaio 12) apresentou resultados de  $V_e$  promissores, sendo estes valores de 4,32 ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) e 4,13 ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ), respectivamente.

A goma guar quando incorporada em conjunto com 35 ppm de  $\alpha$ -amilase (ensaios 13 e 14) parece não ter um papel significativo na melhoria dos parâmetros  $V_e$ , aparência e gosto do pão. No entanto, a adição de 5000 ppm do referido composto (ensaio 14) ao invés de 15000 ppm (ensaio 13) parece advir em resultados mais promissores.

No que concerne à adição de farinha de soja, esta em combinação com um agente oxidante e a enzima  $\alpha$ -amilase (ensaio 10) ou com um emulsionante e a referida enzima (ensaio 11) parece advir em resultados de  $V_e$  promissores. Deste modo, o uso de farinha de soja parece ser benéfico, independentemente da sua combinação.

Observou-se ainda que o ensaio 15 obteve a par do ensaio 12 a melhor classificação para o parâmetro aparência do pão e o melhor resultado de volume específico. Deste modo, o uso combinado do agente oxidante, do regulador de acidez, de um emulsionante e de um estabilizador parece advir num resultado bastante promissor. Com base nestes pressupostos, foi desenhado um plano experimental em que o agente oxidante (ácido ascórbico) e o agente regulador de acidez (carbonato de cálcio) eram pré-estabelecidos fazendo variar apenas as concentrações destes em 2 níveis, enquanto o emulsionante (lecitina de soja ou DATEM) e o estabilizador (farinha de soja ou goma guar) eram de natureza variável mas incorporados na mesma concentração. Os resultados obtidos estão descritos nas secções seguintes.

## **3.2. Análises físico-químicas**

### **3.2.1. Medição do pH**

Os valores de pH obtidos em função da adição dos diferentes componentes de acordo com o planeamento experimental foram muito semelhantes, tendo os seus valores oscilado entre 5,0 e 5,3 (apêndice C).

Apesar de não ter havido uma correlação estatística ( $p > 0,05$ ), constata-se que existe uma relação entre os valores de pH e as concentrações de carbonato de cálcio. Para concentrações mais baixas de carbonato de cálcio (6000 ppm) obtiveram-se valores de pH mais baixos (5,0) e para concentrações mais altas de carbonato de cálcio (12000 ppm) obtiveram-se valores de pH mais elevados (5,3). Tal pode ser explicado devido ao facto do referido composto apresentar

características alcalinas, ou seja, aumentar o pH de uma solução. Para o ensaio padrão registou-se um valor de pH de 5,3.

De acordo com Quaglia (1991) uma característica como o valor de pH é determinante na qualidade sensorial dos pães, sendo o valor de pH óptimo para o pão em análise (pão francês) de 5,6. Portanto, os valores de pH dos ensaios aqui desenvolvidos encontram-se próximos deste valor.

### 3.2.2. Análise instrumental da cor do miolo

Os valores médios obtidos na análise instrumental da cor do miolo dos pães estão apresentados na **tabela 3.2**. Todos os ensaios mostraram alta luminosidade ( $L^*$ ), croma  $a^*$  negativo (verde) e croma  $b^*$  positivo (amarelo).

**Tabela 3.2:** Valores médios para as coordenadas de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental 2<sup>4</sup> e ensaio padrão.

Ensaio	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1	74,92 ± 1,58	-0,33 ± 0,35	13,39 ± 0,52
2	74,44 ± 1,63	-0,78 ± 0,25	16,17 ± 0,82
3	76,59 ± 1,36	-0,22 ± 0,19	12,33 ± 0,64
4	76,98 ± 1,04	-0,34 ± 0,13	12,70 ± 0,78
5	73,20 ± 1,23	-0,37 ± 0,27	13,24 ± 1,51
6	75,98 ± 1,86	-0,38 ± 0,16	13,64 ± 0,28
7	76,98 ± 1,20	-0,75 ± 0,12	12,64 ± 0,37
8	77,89 ± 1,50	-0,40 ± 0,15	13,17 ± 0,31
9	72,53 ± 1,41	-1,11 ± 0,13	14,78 ± 0,62
10	72,71 ± 1,46	-1,23 ± 0,20	16,26 ± 0,84
11	73,57 ± 1,43	-0,80 ± 0,34	13,35 ± 0,57
12	72,88 ± 1,11	-0,59 ± 0,10	14,09 ± 0,55
13	74,80 ± 0,60	-1,18 ± 0,21	15,46 ± 0,73
14	73,56 ± 1,84	-1,15 ± 0,17	14,60 ± 0,44
15	73,24 ± 1,57	-1,01 ± 0,12	14,00 ± 0,57
16	73,98 ± 1,41	-1,22 ± 0,20	15,14 ± 0,69
Padrão	79,60 ± 2,40	-0,24 ± 0,12	13,29 ± 1,63

$L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ : Média ± Desvio padrão.

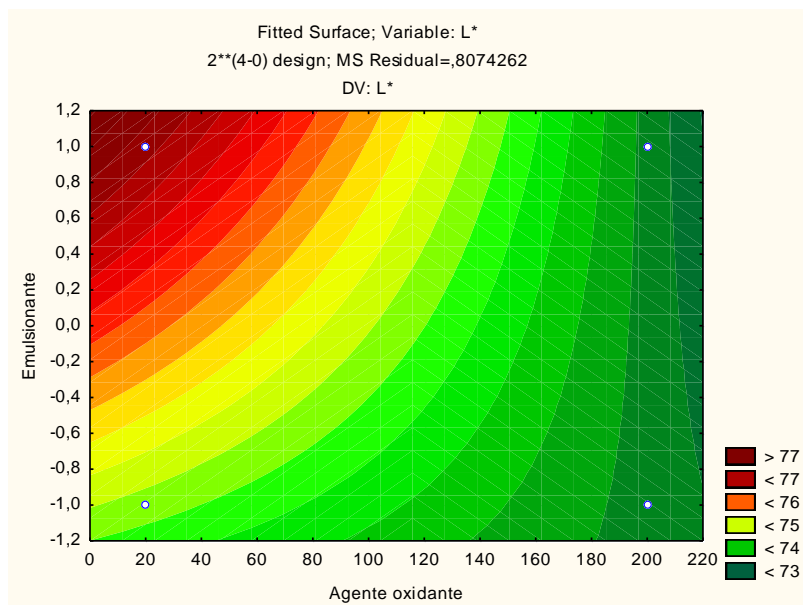
#### Luminosidade ( $L^*$ )

No que concerne ao parâmetro luminosidade ( $L^*$ ) do miolo os valores dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental foram todos mais baixos do que o obtido para o ensaio padrão (79,60), tendo-se verificado que os pães que continham 2000 ppm de DATEM (ensaio 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15 e 16) apresentaram valores de  $L^*$  superiores aos pães que continham 2000 ppm de lecitina de soja (ensaio 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13 e 14). Verificou-se também que os pães com 20 ppm de ácido ascórbico (ensaio 1 a 8) apresentaram maiores valores de luminosidade do que os pães com a incorporação de 200 ppm do referido composto (ensaio 9 a 16).

De acordo com Esteller e Lannes (2005) valores de  $L^*$  mais elevados indicam maior reflectância da luz traduzindo-se em pães com coloração clara e pobres em açúcares.

Nos pães produzidos segundo o planeamento experimental, o parâmetro luminosidade ( $L^*$ ) do miolo foi significativamente afectado ( $p < 0,05$ ) pelo agente oxidante utilizado, pelo emulsionante e combinações de ambos (resultados no apêndice D). Verificou-se que valores mais elevados de

luminosidade (objectivo a atingir) foram obtidos para as condições seguintes: ácido ascórbico a 20 ppm e DATEM 2000 ppm. Uma visualização gráfica destes resultados pode ser avaliada na **figura 3.1**.



**Figura 3.1:** Resposta de superfície do efeito combinado de agente oxidante e emulsionante na luminosidade (L\*).

Em estudo realizado por Moayedallaie, *et al.* (2010) os autores constataram que a incorporação de 4500 ppm de DATEM numa massa de pão de trigo resulta numa luminosidade do miolo média de  $65,8 \pm 1,62$  e  $63,5 \pm 0,95$  para tempos de fermentação de 60 e 150 minutos, respectivamente. Na presente pesquisa, para um tempo de fermentação de 90 minutos e com a adição de 2000 ppm de DATEM os valores obtidos no parâmetro são inferiores aos relatados por estes autores, apresentando portanto os pães uma coloração de miolo mais clara.

#### **Coordenada de cromaticidade (a\*)**

No presente estudo, alguns dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental aproximaram-se do pão padrão tendo-se registado valores na ordem -0,22 a -1,23, comparativamente ao pão padrão que foi de -0,24. Verifica-se de um modo geral que a adição de ácido ascórbico influenciou a coordenada de cromaticidade a\*, em que concentrações mais elevadas do composto (200 ppm) diminuiu os valores de a\* e, por sua vez, concentrações mais baixas de ácido ascórbico (20 ppm) aumentaram os seus valores.

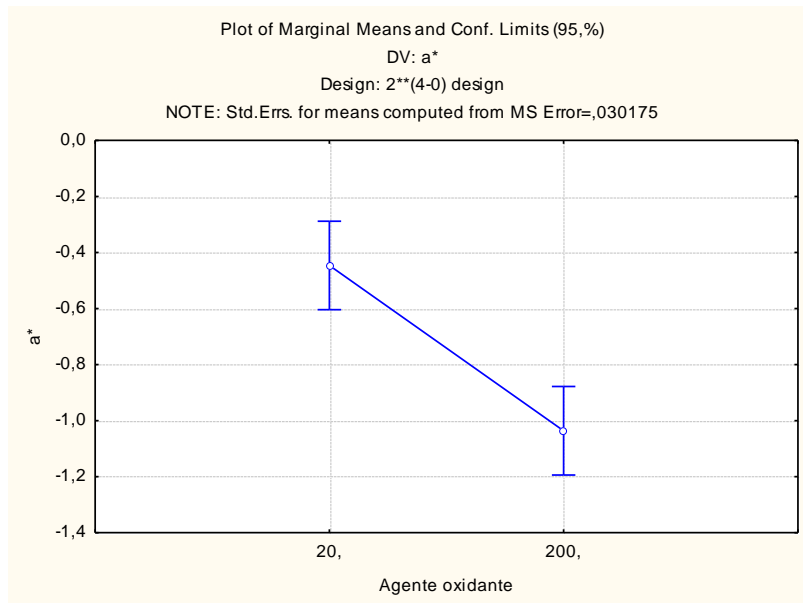
De acordo com Branco (2006) a coordenada de cromaticidade a\* para cores neutras (branco), aproxima-se do zero. Outros autores afirmam que maiores valores de a\* positivos (desvio para vermelho) indicam uma coloração mais escura do miolo. A coloração do miolo é dependente de algumas interações entre os ingredientes activados pelo calor (Esteller e Lannes 2005).

Os resultados estatísticos mostraram que, à semelhança do observado, a coordenada de cromaticidade a\* foi significativamente afectada ( $p < 0,05$ ) pelo agente oxidante utilizado. A análise



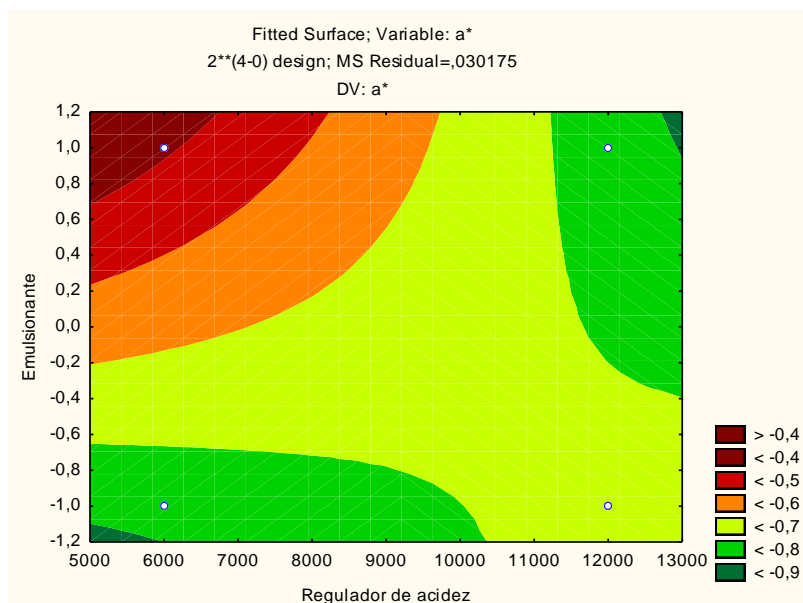
estatística indicou ainda que esta coordenada também foi influenciada pela combinação do regulador de acidez com o emulsionante, embora com menor relevância (resultados no apêndice D).

Constatou-se que maiores valores de  $a^*$  foram obtidos com a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico (**figura 3.2**).



**Figura 3.2:** Efeito da concentração de agente oxidante na coordenada de cromaticidade  $a^*$  (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média de  $a^*$ ).

Verificou-se também que valores mais elevados de  $a^*$  foram obtidos com a combinação de 6000 ppm de carbonato de cálcio com 2000 ppm de DATEM (**figura 3.3**).



**Figura 3.3:** Resposta de superfície do efeito de regulador de acidez e emulsionante na coordenada de cromaticidade  $a^*$ .

### Coordenada de cromaticidade ( $b^*$ )

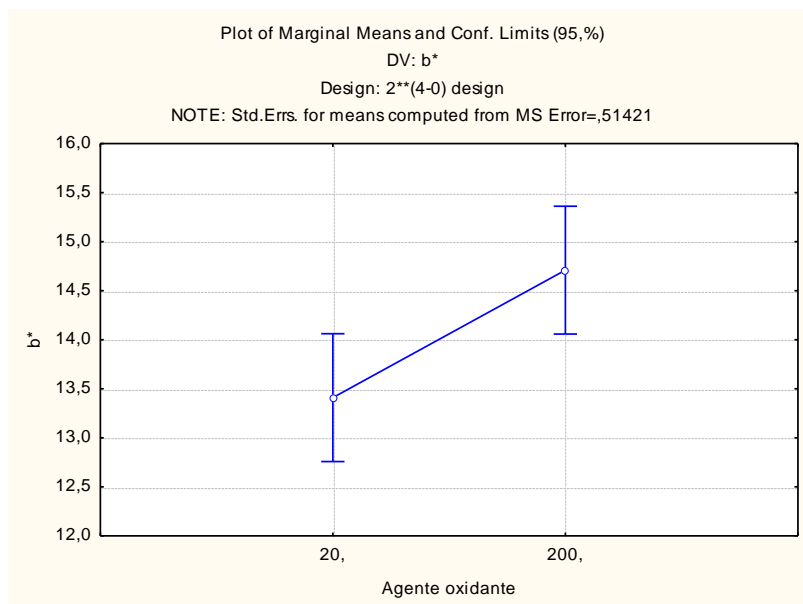
No que se refere à coordenada de cromaticidade  $b^*$  (eixo azul/amarelo) os valores dos pães produzidos segundo o planeamento experimental oscilaram entre 12,33 e 16,26 tendo alguns destes valores se aproximado do pão padrão, 13,29.

De acordo com Branco (2006) a coordenada de cromaticidade  $b^*$ , à semelhança da coordenada de cromaticidade  $a^*$ , para cores neutras (branco), aproxima-se do zero.

Segundo Esteller e Lannes (2005), valores elevados de  $b^*$  são traduzidos para amostras com forte coloração amarela ou dourada, que embora “diluída” na coloração castanha, característica de produtos que sofrem cozedura, pode ser “filtrada” e aparece em pães ricos em proteínas, açúcares redutores e ovos (carotenóides). No presente estudo todos os valores de  $b^*$  foram positivos (amarelo) embora não muito elevados.

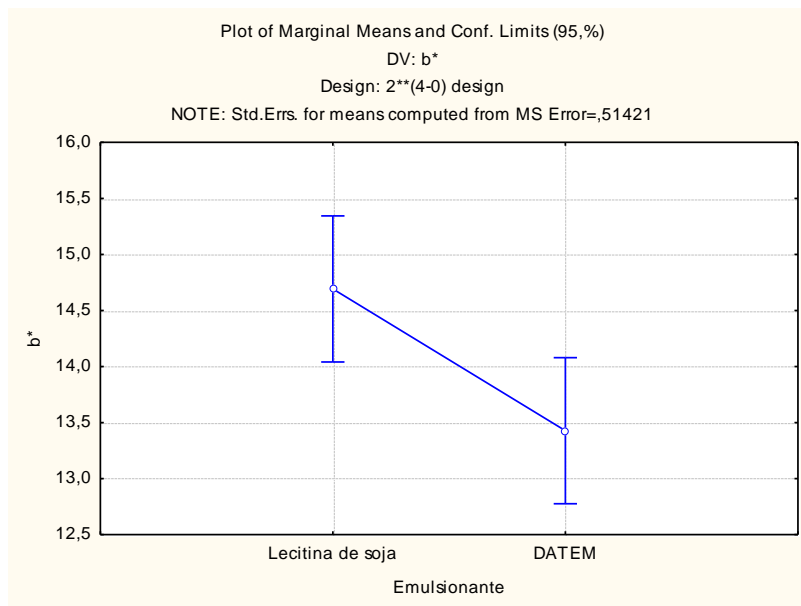
De uma forma global a incorporação do agente oxidante e do emulsionante influenciaram os valores de  $b^*$ . Verificou-se que a adição de 20 ppm de ácido ascórbico, bem como, a adição de 2000 ppm de DATEM, resultou em valores médios de  $b^*$  mais satisfatórios, isto é, mais baixos.

À semelhança do observado, do ponto de vista da análise estatística a coordenada de cromaticidade  $b^*$  foi significativamente afectada ( $p < 0,05$ ) pelo agente oxidante e pelo emulsionante utilizado (resultados no apêndice D). Verificou-se que valores mais baixos de  $b^*$  foram obtidos para ácido ascórbico a 20 ppm **figura 3.4**.



**Figura 3.4:** Efeito da concentração de agente oxidante na coordenada de cromaticidade  $b^*$  (as barras indicam intervalo de confiança de 95% para a média de  $b^*$ ).

De igual modo, valores mais baixos de  $b^*$  foram obtidos para DATEM a 2000 ppm **figura 3.5**.



**Figura 3.5:** Efeito da concentração de emulsionante na coordenada de cromaticidade  $b^*$  (as barras indicam intervalo de confiança de 95% para a média de  $b^*$ ).

Conjugando os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  destaca-se que a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM foram os resultados mais satisfatórios no que concerne à cor do miolo instrumental, estando mais próximos do ensaio padrão.

Esteller e Lannes (2005) estudaram parâmetros complementares para a fixação da identidade e qualidade de produtos de panificação e constataram que para o tipo de pão em estudo (pão francês, embora não pré-cozido congelado), os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do miolo foram de  $63,25 \pm 3,23$ ,  $0,40 \pm 0,09$  e  $6,36 \pm 0,68$ , respectivamente. Comparando o valor de luminosidade proposto por estes autores com os valores médios obtidos nos ensaios realizados verifica-se que estes últimos foram superiores, apresentando portanto uma cor de miolo mais clara. Relativamente à coordenada de cromaticidade  $a^*$  os valores obtidos nos ensaios efectuados foram menores (valores negativos – coloração verde) que o proposto por estes autores (valor positivo – coloração vermelha). No que respeita à coordenada de cromaticidade  $b^*$  o valor proposto por estes autores é inferior aos valores obtidos, indicando que estes últimos possuem uma coloração mais amarela.

Outros factores que podem provocar variações nos valores de  $a^*$  e  $b^*$ , conforme verificado pelos autores (Esteller e Lannes, 2005) podem estar, relacionados com o grau de aeração (porosidade da massa) e mudanças na luz que incide na superfície do material.

### 3.2.3. Análise instrumental da textura

Na **tabela 3.3**, encontra-se os valores médios para a análise de textura<sup>4</sup> (firmeza e elasticidade) dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental 2<sup>4</sup> e ensaio padrão.

<sup>4</sup> **Apêndice E:** Perfil de textura dos diferentes ensaios.

**Tabela 3.3:** Valores médios de firmeza e elasticidade dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental 2<sup>4</sup> e ensaio padrão.

Ensaio	Firmeza (gf)	Elasticidade (%)
1	1763,89 ± 403,07	48,13 ± 4,04
2	1644,35 ± 297,53	49,09 ± 2,51
3	1699,75 ± 199,83	47,42 ± 3,55
4	1930,29 ± 317,90	47,48 ± 3,34
5	1204,69 ± 168,39	53,03 ± 1,27
6	1321,31 ± 147,59	52,45 ± 2,57
7	1675,01 ± 508,22	46,44 ± 3,20
8	2056,99 ± 239,09	48,04 ± 3,70
9	1845,77 ± 127,56	49,07 ± 3,55
10	1386,22 ± 138,84	54,42 ± 2,05
11	1679,72 ± 360,96	43,39 ± 3,04
12	1549,85 ± 234,54	49,93 ± 2,54
13	1275,48 ± 182,63	53,78 ± 2,52
14	2451,71 ± 410,57	46,29 ± 3,69
15	1397,73 ± 125,11	52,03 ± 2,80
16	1441,35 ± 208,50	51,77 ± 3,45
Padrão	946,10 ± 155,33	45,12 ± 1,59

Firmeza e elasticidade: Média ± Desvio padrão.

A textura do pão representa um importante indicador de frescura e qualidade para o consumidor, sendo um factor imprescindível para a aceitabilidade do produto no mercado (Kowalski *et al.*, 2002). A textura do pão pode ser avaliada de acordo com parâmetros como firmeza e elasticidade. De acordo com Esteller e Lannes (2005) a dureza ou firmeza dos pães está relacionada com a força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, e pode ser correlacionada com a mastigação humana. A força máxima avaliada para produtos de panificação é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsionantes e enzimas) e humidade da massa. Ribotta *et al.*, (2008) afirmam que um maior valor de dureza está associado a pão de pior qualidade

No que concerne aos resultados de firmeza dos pães, os valores médios observados nos ensaios produzidos de acordo com o planeamento experimental foram todos mais elevados do que o valor obtido para o ensaio padrão (946,10gf), oscilando entre 1204,69 gf e 2451,71 gf.

De Noronha (2012) define elasticidade como sendo a percentagem de recuperação do material; como a razão entre duas deformações.

Neste estudo, alguns dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental aproximaram-se do pão padrão tendo-se registado valores na ordem dos 43,39% e 54,42%, comparativamente ao pão padrão que foi de 45,12%.

Não se verificou haver influência dos componentes incorporados na textura dos pães. Os resultados estatísticos mostraram que, à semelhança do observado, a textura instrumental não foi significativamente afectada ( $p > 0,05$ ) por nenhum dos factores estudados (agente oxidante, regulador de acidez, emulsionante e estabilizador).

Esteller e Lannes (2005) ao proporem alguns parâmetros complementares para a fixação da identidade e qualidade de produtos de panificação obtiveram valores médios de firmeza inferiores aos

encontrados neste estudo, para este tipo de pão (pão francês, embora não pré-cozido congelado). Segundo estes autores, os valores de firmeza foram de  $0,72 \pm 0,16$  N o que equivale a 73,42 gf.

Outros estudos foram realizados e Kowalski *et al.*, (2002) ao estudarem parâmetros físicos de textura de pão francês produzido na cidade de São Paulo, num total de 10 padarias, constataram que os valores de dureza ou firmeza dos pães variaram entre 389 gf e 757gf, valores inferiores aos obtidos no presente estudo.

Ribotta *et al.*, (2008) estudaram a otimização da combinação de aditivos para melhorar a qualidade do pão com uma mistura de farinha trigo-soja (90:10) e mostraram que os pães, apresentaram dureza elevada (1032gf). No presente estudo a incorporação de farinha de soja (5000ppm), apresentou valores médios de dureza mais elevados do que o proposto pelos autores.

Esta análise comparativa pode indicar a necessidade de um reajuste das concentrações de aditivos utilizados no sentido de diminuir os valores de firmeza registados.

### 3.3. Avaliação da qualidade global dos pães

Na **tabela 3.4** estão apresentados os valores médios da avaliação da qualidade global dos pães, designadamente as características externas e internas, aroma e sabor, em função da adição dos diferentes componentes segundo o planeamento experimental  $2^4$  e ensaio padrão.

**Tabela 3.4:** Valores médios da avaliação da qualidade global dos pães de acordo com o planeamento experimental  $2^4$  e ensaio padrão.

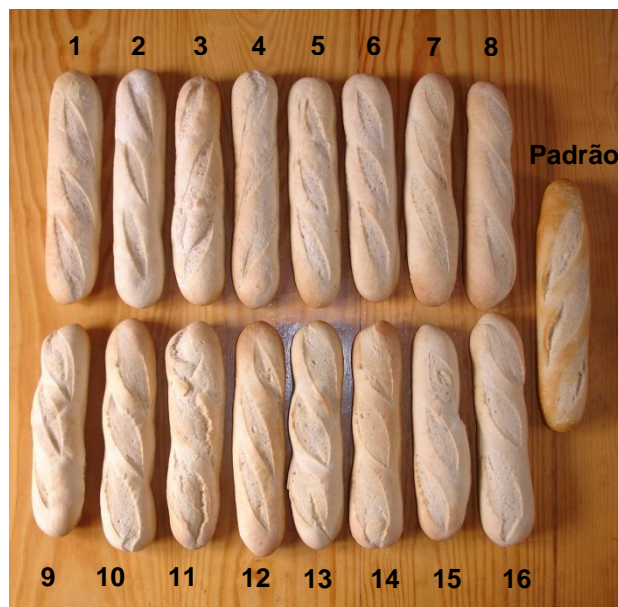
Ensaio	Características externas			Características internas				Aroma e Sabor		Pontuação Total	Classificação da qualidade do pão*	
	Volume específico (cm <sup>3</sup> /gx3,33)	Cor da crosta	Quebra	Simetria	Características da crosta	Cor do miolo	Estrutura da célula do miolo	Textura do miolo	Aroma			Sabor
1	15,97 ± 0,35	6	4	5	3	6	6	6	10	15	<b>76,97</b>	<b>Regular</b>
2	15,23 ± 0,42	7	4	5	3	6	6	7	10	15	<b>78,23</b>	<b>Regular</b>
3	15,00 ± 0,39	6	4	4	3	7	7	7	10	15	<b>78,00</b>	<b>Regular</b>
4	14,53 ± 0,45	6	4	5	3	7	7	8	10	15	<b>79,53</b>	<b>Regular</b>
5	15,00 ± 0,31	6	4	5	4	5	5	6	10	15	<b>75,00</b>	<b>Regular</b>
6	15,07 ± 0,28	7	4	5	3	7	6	8	10	15	<b>80,07</b>	<b>Boa</b>
7	17,07 ± 0,41	7	5	4	4	7	7	7	10	15	<b>83,07</b>	<b>Boa</b>
8	14,56 ± 0,22	6	4	5	3	8	7	8	10	15	<b>80,56</b>	<b>Boa</b>
9	14,35 ± 0,37	6	4	5	3	4	4	6	10	15	<b>71,35</b>	<b>Regular</b>
10	13,72 ± 0,42	6	4	5	3	5	4	7	10	15	<b>72,72</b>	<b>Regular</b>
11	15,95 ± 0,26	6	5	4	3	4	5	7	10	15	<b>74,95</b>	<b>Regular</b>
12	14,63 ± 0,33	6	4	5	3	4	5	8	10	15	<b>74,63</b>	<b>Regular</b>
13	13,69 ± 0,47	6	4	5	3	5	5	7	10	15	<b>73,69</b>	<b>Regular</b>
14	14,79 ± 0,23	6	4	5	3	4	4	6	10	15	<b>71,79</b>	<b>Regular</b>
15	13,53 ± 0,49	6	4	5	3	4	5	7	10	15	<b>72,53</b>	<b>Regular</b>
16	13,17 ± 0,43	6	4	4	3	4	5	8	10	15	<b>72,17</b>	<b>Regular</b>
Padrão	19,02 ± 0,38	10	5	5	4	9	10	10	10	15	<b>97,02</b>	<b>Muito boa</b>
Valor máximo	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	—

\*Classificação da qualidade do pão (total de pontos), de acordo com Camargo e Camargo (1987): Muito boa (>90), boa (80-90), regular (70-80), aceitável (<70).

Volume específico: Média ± Desvio padrão.

### 3.3.1. Avaliação das características externas

O aspecto exterior dos pães produzidos quer no âmbito do planeamento factorial  $2^4$  quer pela fórmula padrão está representado na **figura 3.6**. As características externas avaliadas nestes pães incluíram o Ve, a cor da crosta, a eventual presença de quebras e a simetria.



**Figura 3.6:** Aspecto exterior dos pães produzidos segundo o planeamento experimental  $2^4$  e do ensaio padrão.

#### Volume específico

O Ve é o elemento mais objectivo na avaliação da qualidade global dos pães, o qual pode influenciar as características da estrutura do miolo, quebra e simetria dos pães (El-Dash, 1978).

O Ve é um factor considerado importante no que se refere à aceitabilidade dos consumidores. A sua importância está relacionada com a qualidade do produto, uma vez que é afectado por vários factores ligados à qualidade dos ingredientes usados na formulação da massa, especialmente a farinha e os tratamentos usados durante o processamento (El-Dash, *et al.*, 1982). O Ve mostra claramente a relação entre o teor de sólidos e a fracção de ar existente na massa cozida (Esteller e Lannes, 2005). Um volume excessivamente alto não seria um factor negativo na aceitabilidade dos consumidores, mas, usualmente corresponde a um pão de fraca textura, característica que não é aceitável num pão de boa qualidade (El-Dash, *et al.*, 1982). Por sua vez, um pão com Ve baixo apresenta aspecto desagradável ao consumidor, associado a um alto teor de humidade, falhas no batimento e cocção, pouca aeração, difícil mastigação e sabor impróprio (Esteller; Lannes, 2005).

Neste estudo os valores médios de volume específico dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental oscilaram entre  $13,17 \text{ cm}^3/\text{g}$  (ensaio 16) e  $17,07 \text{ cm}^3/\text{g}$  (ensaio 7), sendo inferiores ao valor registado para o ensaio padrão  $19,02 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

Verificou-se que de um modo geral, os ensaios com a adição de 20 ppm de ácido ascórbico apresentaram Ve superiores aos ensaios com a incorporação de 200 ppm.

À semelhança do observado, Pereira, *et al.*, (2009), em estudo onde o objectivo foi avaliar a influência do uso de agentes oxidantes sobre o volume específico do tipo de pão em estudo (pão

francês, embora não pré-cozido congelado), e para um tempo de fermentação de 90 minutos, constataram que a adição de 40 ppm de ácido ascórbico resultou em pães com  $V_e$  superiores ( $6,26 \pm 0,04$  ml/g) quando comparado ao controlo, sem adição de ácido ascórbico ( $V_e$   $3,80 \pm 0,07$  ml/g). É de notar que a estes valores de  $V_e$  não se encontra associada a constante utilizada no presente estudo (3,33).

Constatou-se ainda que a adição do estabilizador teve influência no  $V_e$  dos pães em estudo. Os ensaios com a incorporação de 5000 ppm de farinha de soja apresentaram valores médios de  $V_e$  ligeiramente inferiores aos que continham a mesma concentração de goma guar.

Ribotta *et al.*, (2008) estudaram a optimização da combinação de aditivos para melhorar a qualidade do pão com uma mistura de farinha trigo-soja (90:10) e mostraram a incorporação de farinha de soja aumentara o conteúdo de proteína na mistura. No entanto, a incorporação de níveis elevados de proteína de soja diminui o volume do pão, diminuindo assim a aceitabilidade por parte dos consumidores. Outros autores relatam que a adição de soja diminui a capacidade de retenção de  $CO_2$  da massa e, conseqüentemente, o volume do pão (Ribotta *et al.*, 2005).

Embora os valores médios de volume específico tenham apresentado algumas diferenças, em termos estatísticos não foram significativamente afectados ( $p > 0,05$ ) por nenhum dos factores estudados (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador).

De forma semelhante, Gómez *et al.*, (2004) estudaram a funcionalidade de diferentes emulsionantes como lecitina e DATEM, na concentração de 3000 ppm, sobre o volume dos pães e constataram que para um tempo de fermentação de 90 minutos os emulsionantes não tiveram qualquer efeito positivo sobre este parâmetro.

### **Cor da crosta**

A cor da crosta deve ser dourada, brilhante e o mais homogênea possível. O ideal é uma coloração dourada intensa na parte superior e dourada pálida nas laterais (El-Dash, *et al.*, 1982).

No presente estudo não se verificou haver influência dos componentes incorporados no parâmetro cor da crosta dos pães, oscilando os valores médios entre 6 e 7. O ensaio padrão obteve o valor máximo 10.

A análise estatística corrobora o exposto acima, uma vez que os resultados de cor da crosta não foram significativamente afectados ( $p > 0,05$ ) por nenhum dos factores estudados (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador).

Ribotta *et al.*, (2008) constataram que a cor da crosta é um importante parâmetro da qualidade do pão, contribuindo para a preferência do consumidor. Ainda segundo estes autores, a incorporação de farinha de soja modifica a cor da crosta dos pães de branco creme para castanho baço, embora não tenham sido observadas diferenças significativas neste parâmetro como consequência da adição de 10 % de farinha de soja a 90% de farinha de trigo.

De acordo com Gómez *et al.* (2003), embora a cor original dos ingredientes possa ter alguma influência na cor da crosta do pão, esta está associada principalmente às reacções de *Maillard* e de caramelização.

A avaliação da cor é um parâmetro crítico em produtos que sofreram a etapa de cozedura. Pães com crosta muito clara ou muito escura estão associados a falhas no processamento (Nunes, 2008). Uma cor muito escura resulta da temperatura do forno muito alta ou excesso de cozimento, enquanto que uma coloração muito clara é o resultado de massas muito fermentadas ou forno com temperatura baixa, ou ainda, tempo de cozimento muito curto (El-Dash, *et al.*, 1982). A cor da crosta, segundo Pylar (1988) é marcadamente afectada pelo grau de açúcar residual presente na massa, resultante da fermentação e da actividade amilolítica.

### **Quebra e simetria**

Em relação às restantes características externas, quebra e simetria, os valores médios dos pães produzidos segundo o planeamento experimental não apresentaram grandes variações, oscilando entre 4 e 5. Para estes dois parâmetros o ensaio padrão obteve a classificação máxima 5.

De acordo com Bortolotti (2009) a característica de quebra é relativa à abertura das laterais do pão, devido ao crescimento repentino no forno, sendo desejável porque contribui para a sua aparência. Esta quebra ocorre durante os primeiros sete minutos no forno e consiste no momento em que o pão realmente alcança o seu volume definitivo. Uma quebra pequena pode dever-se a fermentação imprópria ou insuficiente.

No que concerne à avaliação da simetria esta pode ser feita dividindo-se imaginariamente o pão em duas partes, comparando-se as suas laterais. A simetria do pão é um atributo de aparência e depende das técnicas empregadas no manuseio e na formação da massa, além das condições óptimas da formulação e do processamento. Massas com baixo conteúdo de água (massa dura), com mistura e fermentação inadequadas ou actividade diastásica insuficiente provavelmente terão as laterais encolhidas e as extremidades pequenas (El-Dash, *et al.*, 1982). Segundo Pylar (1988) o pão deve possuir a parte superior da crosta arredondada, livre de rugosidades e com as extremidades bem definidas.

No que concerne aos resultados da análise estatística da quebra e simetria verificou-se que ambos os parâmetros não foram significativamente afectados ( $p > 0,05$ ) por nenhum dos factores estudados (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador).

Contrariamente ao observado, Pereira, *et al.*, (2009) constataram que a adição de 40 ppm de ácido ascórbico ao tipo de pão em estudo (pão francês, embora não pré-cozido congelado), melhorou a aparência do pão, resultando numa melhor abertura na zona de corte.

### **3.3.2. Avaliação das características internas**

O aspecto interior dos pães produzidos quer no âmbito do planeamento factorial  $2^4$  quer pela fórmula padrão está representado na **figura 3.7**. As características internas avaliadas nestes pães incluíram características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura do miolo.





**Figura 3.7:** Aspecto interior dos pães produzidos segundo o planeamento experimental  $2^4$  e do ensaio padrão.

### **Características da crosta**

O aspecto da camada da crosta é um factor importante para a qualidade do pão. A crosta ideal deve ser fina e não dura ou “borrachenta”. A presença de bolhas ou crosta grossa é atribuída a uma quantidade insuficiente de açúcar ou amilases, baixa humidade durante a fermentação ou baixa temperatura do forno (El-Dash, *et al.*, 1982).

Os valores médios obtidos nos diferentes ensaios para as características da crosta não obtiveram a pontuação máxima. No entanto, os ensaios 5, 7 e padrão obtiveram pontuação de 4. Aos restantes ensaios foi atribuída uma classificação de 3. Não se verificou haver influência dos componentes incorporados nas características da crosta.

A análise estatística referente a este parâmetro corroborou o observado, uma vez que a característica da crosta não foi significativamente afectado ( $p>0,05$ ) por nenhum dos factores estudados (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador).

### **Cor do miolo**

A cor do miolo deve ser branca levemente creme, livre de estrias e pontos mais escuros. A avaliação da cor do miolo deve ser realizada em superfícies recentemente cortadas, pois o miolo tende a escurecer após uma exposição prolongada (Pylar, 1988).

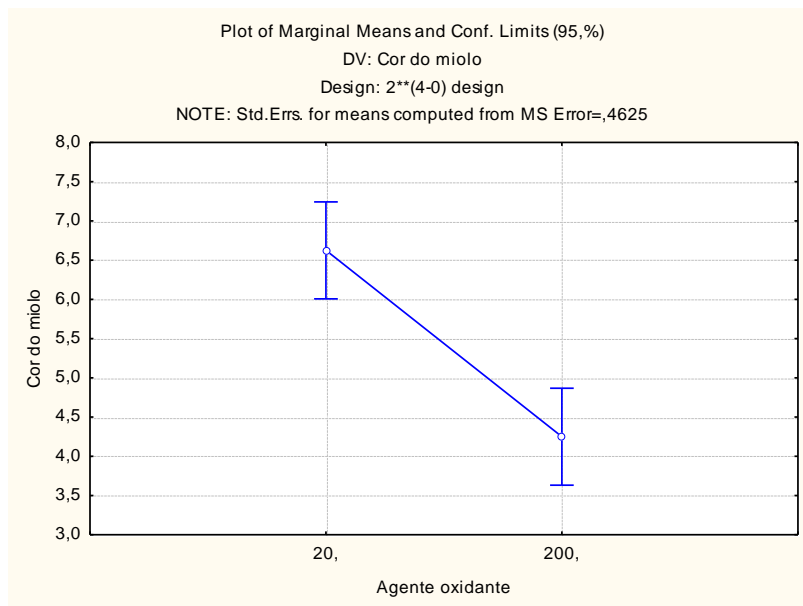
O valor médio obtido para a cor do miolo do ensaio padrão foi de 9. Os ensaios produzidos segundo o planeamento experimental obtiveram pontuações inferiores ao padrão, oscilando entre 4 e 8. Verificou-se que de um modo geral, com a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico (ensaios 1 a 8) se obtiveram resultados mais satisfatórios de cor do miolo (miolo mais claro).

À semelhança do observado no presente estudo, Pereira, *et al.* (2009) constataram que o pão com a adição de 40 ppm de ácido ascórbico apresentou melhor aparência do miolo, sendo este mais claro e homogéneo, para o tipo de pão em estudo (pão francês, embora não pré-cozido congelado).

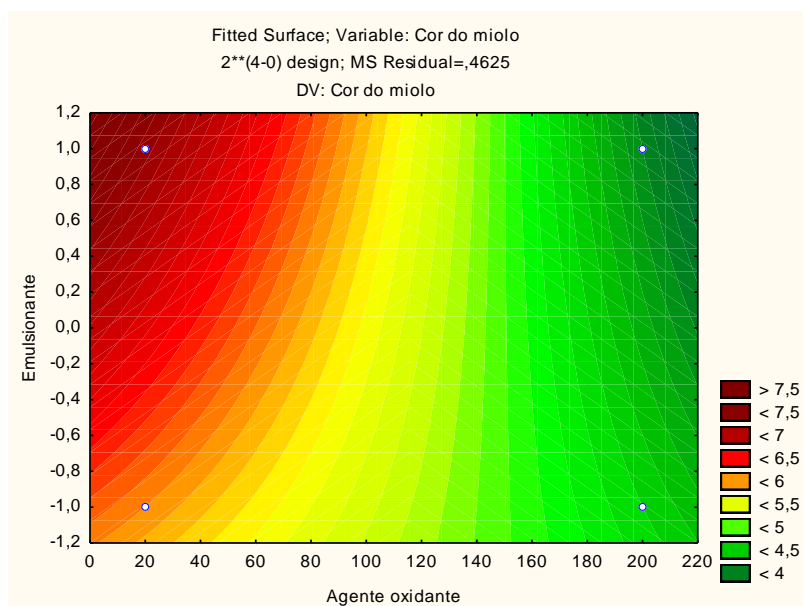
Segundo Pylar (1988) a cor do miolo é bastante influenciada pelos ingredientes usados na formulação, pela firmeza e pela uniformidade das células do miolo. Células mais finas resultarão num miolo mais claro, podendo ser detectado pelo olho humano. O tempo e a temperatura de fermentação, quando excessivamente elevados, também afectarão a cor. Outro autor, Pomeranz (1987) relata que a cor do miolo do pão é similar à cor dos ingredientes porque o miolo não está tão susceptível a mudanças de cor quanto a crosta, quando submetido a altas temperaturas.

Em termos estatísticos, a cor do miolo foi significativamente afectada ( $p < 0,05$ ) pelo agente oxidante utilizado e pela combinação do agente oxidante com o emulsionante (resultados no apêndice D). Verificou-se que pontuações mais altas para a cor do miolo (objectivo a atingir) foram obtidas com a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico. A combinação de 20 ppm de ácido ascórbico com 2000 ppm de DATEM resulta também numa melhor pontuação para o parâmetro cor do miolo, embora com menor relevância.

Uma visualização destes resultados pode ser avaliada nas **figuras 3.8 e 3.9**, respectivamente.



**Figura 3.8:** Efeito da concentração de agente oxidante na cor do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da cor).



**Figura 3.9:** Resposta de superfície do efeito combinado de emulsionante e agente oxidante na cor do miolo.

A cor do miolo da avaliação da qualidade global dos pães corrobora-se com a cor do miolo da análise instrumental, uma vez que em ambas as análises a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM produziram os efeitos mais satisfatórios, estando mais próximos do ensaio padrão. Os efeitos mais satisfatórios correspondem a uma cor de miolo mais clara, isto é, com uma maior luminosidade dos pães.

### **Estrutura da célula do miolo**

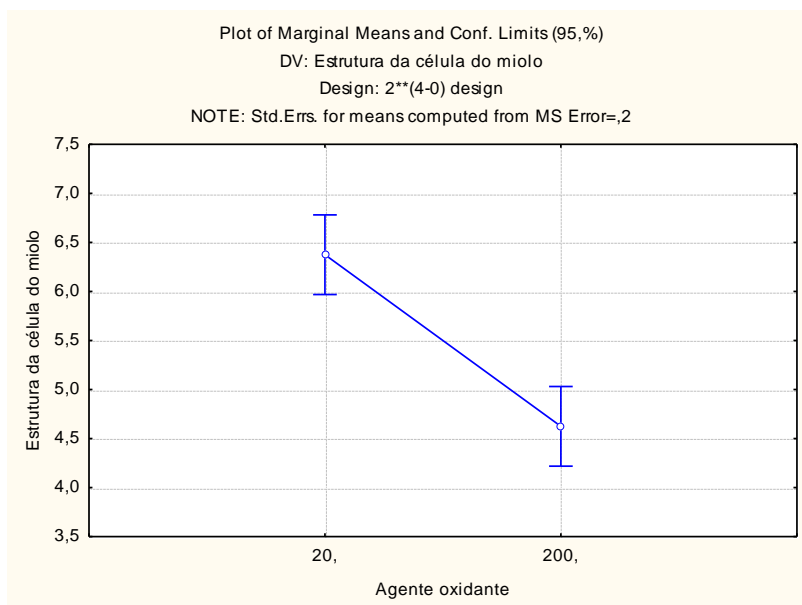
O miolo do pão pode apresentar granulidade aberta (células grandes), fechada (células pequenas) ou uma combinação de ambas. As células podem ser redondas ou alongadas, sendo esta última a mais preferível. Uma estrutura das células ideal deve ser bem homogênea, com células levemente alongadas, de paredes finas e sem buracos (El-Dash, *et al.*, 1982).

A estrutura da célula do miolo é afectada tanto pelos ingredientes como pela etapa de fermentação. As paredes grossas são características das células de granulidade fechada, enquanto que células de parede fina são encontradas em granulidade aberta. Buracos podem ser devido à fermentação e à formação inadequadas ou à falta de qualidade da levedura (El-Dash, *et al.*, 1982).

No que concerne ao parâmetro estrutura da célula do miolo os valores médios dos pães produzidos segundo o planeamento experimental em estudo foram mais baixos do que o valor médio obtido para o ensaio padrão de 10, oscilando entre 4 e 7. Verificou-se que, os ensaios com a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico, bem como, os ensaios com a adição de 2000 ppm de DATEM apresentaram pontuações mais elevadas no que concerne ao parâmetro estrutura da célula do miolo.

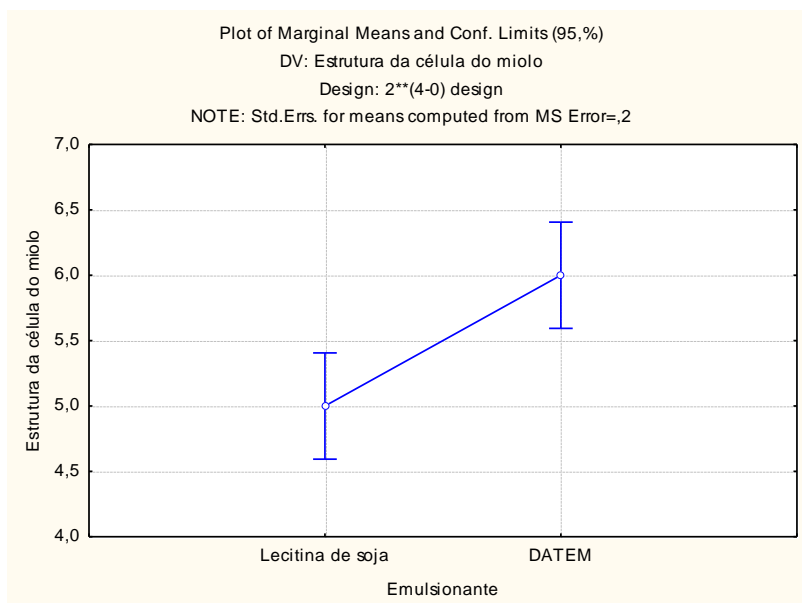
A análise estatística veio corroborar o referido acima uma vez que a estrutura da célula do miolo foi significativamente afectada ( $p < 0,05$ ) pelo agente oxidante e emulsionante utilizado (resultados no apêndice D).

Com a utilização de 20 ppm de ácido ascórbico verificou-se que os valores para a pontuação deste parâmetro foram superiores (objectivo a atingir). Este resultado pode ser avaliado na **figura 3.10**.



**Figura 3.10:** Efeito da concentração de agente oxidante utilizado na estrutura da célula do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da estrutura da célula do miolo).

Verificou-se também que a adição de 2000 ppm de DATEM aumenta a classificação da estrutura da célula do miolo. Por sua vez, a incorporação de 2000 ppm de lecitina de soja desencadeia um efeito contrário (**figura 3.11**).



**Figura 3.11:** Efeito da concentração de emulsionante utilizado na estrutura da célula do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da estrutura da célula do miolo).

Relativamente ao uso de farinha de soja os resultados obtidos no presente estudo estão em conformidade com aqueles descritos por Ribotta *et al.* (2008) já discutidos anteriormente. Estes autores demonstraram que a adição de farinha de soja aumentara o conteúdo de proteína na mistura. No entanto, a incorporação de níveis elevados de proteína de soja diminuiu o volume do pão,

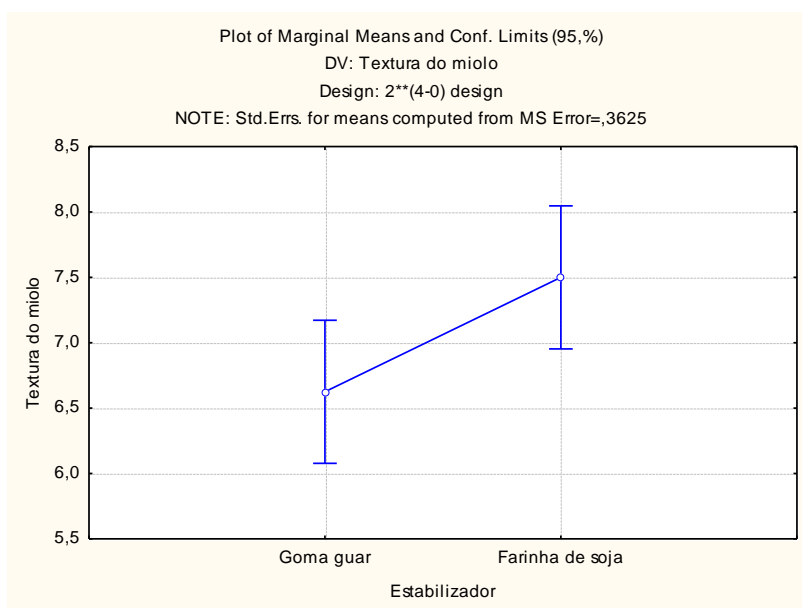
conferindo-lhe pobres características do miolo, diminuindo assim a aceitabilidade por parte dos consumidores.

### Textura do miolo

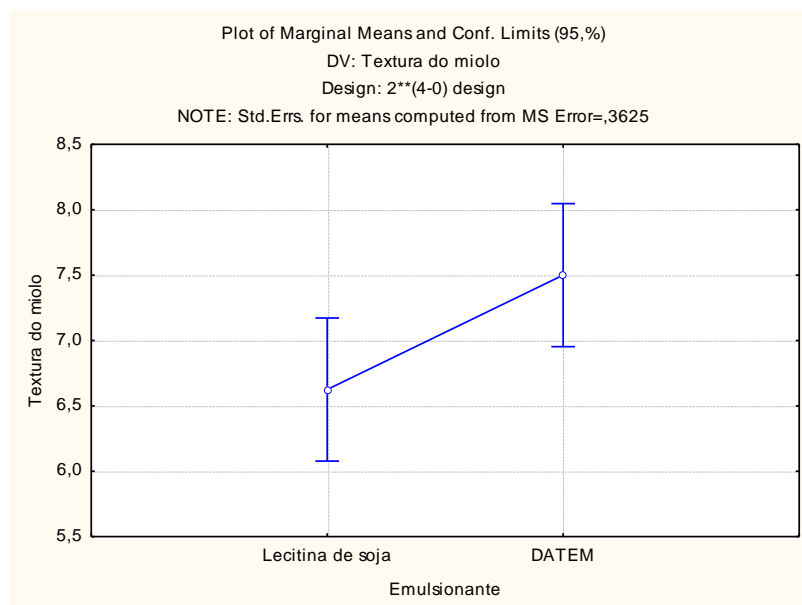
A textura do miolo é considerada segundo Pylar (1988) como um dos atributos mais importantes para a qualidade, por estar relacionada com a frescura do pão, sendo influenciada pela granulidade ou estrutura das paredes do miolo. As células de parede fina e uniformes proporcionam uma textura do miolo macia, suave e elástica.

No presente estudo os valores médios para a textura do miolo dos pães produzidos de acordo com o planeamento experimental  $2^4$  oscilaram entre 6 e 8, sendo estes valores inferiores ao registado para o ensaio padrão que registou um valor de 10 (pontuação máxima). Verificou-se que de um modo geral, a adição de 5000 ppm de farinha de soja apresentou resultados mais satisfatórios de textura do miolo. A adição de 2000 ppm de DATEM mostrou igualmente resultados mais satisfatórios.

Os resultados estatísticos corroboram o referido uma vez que este parâmetro foi significativamente afectado ( $p < 0,05$ ) pelo estabilizador e emulsionante utilizado (resultados no apêndice D). Verificou-se que pontuações mais elevadas para o parâmetro textura do miolo (objectivo a atingir) foram conseguidas para as condições seguintes: farinha de soja a 5000 ppm (**figura 3.12**) e DATEM a 2000 ppm (**figura 3.13**).



**Figura 3.12:** Efeito da concentração de estabilizador utilizado na textura do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da textura do miolo).



**Figura 3.13:** Efeito da concentração de emulsionante utilizado na textura do miolo (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da textura do miolo).

Os resultados de textura do miolo da avaliação da qualidade global dos pães não se correlacionaram com os resultados da análise de textura instrumental, uma vez que na primeira análise não se verificou efeito significativo decorrente da incorporação dos diferentes componentes e, por sua vez, na segunda análise a adição dos componentes afectou significativamente este parâmetro, sendo os melhores resultados obtidos com farinha de soja a 5000 ppm e DATEM a 2000 ppm. Tal facto pode ser explicado pelas condições das duas análises que foram diferentes. A análise de textura do miolo da avaliação da qualidade global dos pães foi apenas efectuada ao miolo do pão, enquanto que a análise de textura instrumental foi realizada ao pão no seu todo (miolo e crosta), podendo este facto resultar nas diferenças observadas para os dois testes.

### 3.3.3. Avaliação do aroma e sabor

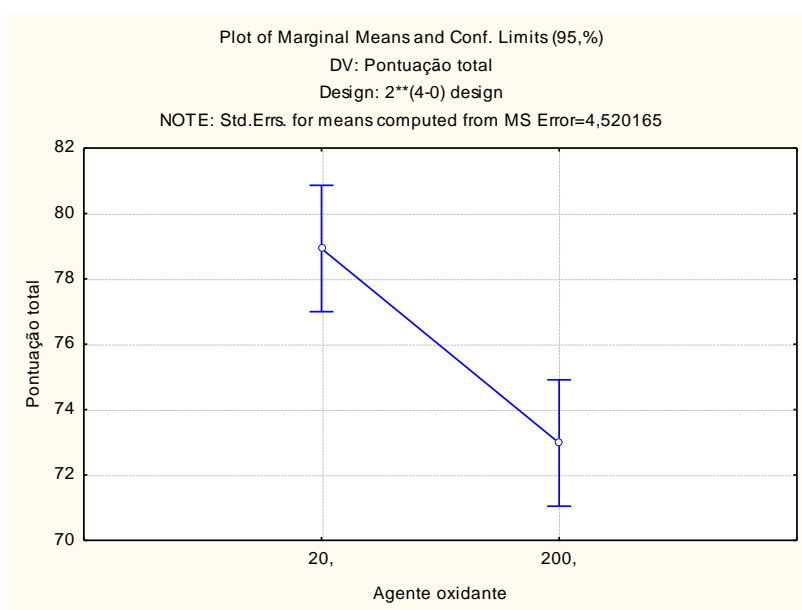
O aroma é o atributo de qualidade percebido através do olfacto e constitui um importante componente do “flavor” do pão. Torna-se de vital importância na determinação da preferência do consumidor (Pylar, 1988). O sabor é igualmente um grande componente, sendo impossível de ser avaliado pelos consumidores no momento da aquisição.

Quanto ao aroma e ao sabor, os técnicos não foram capazes de detectar diferenças entre os pães elaborados com as diferentes formulações integradas no planeamento experimental e o pão padrão. Estes dois parâmetros obtiveram as notas máximas de 10 e 15, respectivamente. Desta forma, os resultados de aroma e sabor não foram significativamente afectados ( $p > 0,05$ ) por nenhum dos factores estudados (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador).

### **Classificação da qualidade do pão**

No que concerne à classificação da qualidade do pão, baseado nos autores Camargo e Camargo (1987), apenas o ensaio padrão obteve a classificação máxima “muito bom”. A classificação dos demais ensaios oscilou entre “boa”, ensaios 6, 7 e 8, e “regular”, os restantes ensaios.

Verificou-se que do ponto de vista da análise estatística, a pontuação total foi significativamente afectada ( $p < 0,05$ ) pelo agente oxidante utilizado (resultados no apêndice D). Averiguou-se que o objectivo a atingir (valores mais elevados de pontuação total) fora alcançado com a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico, o que pode ser confirmado pela análise da **figura 3.14**.



**Figura 3.14:** Efeito da concentração de agente oxidante utilizado na pontuação total (as barras indicam intervalo de confiança a 95% para a média da pontuação total).

EI-Dash (1978) ao realizar um estudo sobre procedimentos padronizados de mistura e de fermentação para um teste experimental de panificação, relatou que a incorporação de 90 ppm de ácido ascórbico ao tipo de pão em estudo – pão francês, embora não pré-cozido congelado, melhorou ligeiramente a qualidade do pão, à semelhança do observado no presente trabalho.

Após esta análise detalhada por parâmetro, a **tabela 3.5** apresenta uma visão global das condições mais satisfatórias em termos de aditivos (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador) para cada uma das características analisadas (valor de pH, cor instrumental, textura instrumental e qualidade global dos pães).

**Tabela 3.5:** Características analisadas e factores que contribuíram mais significativamente para a obtenção de resultados mais satisfatórios.

	<b>Características analisadas</b>	<b>Agente oxidante</b>	<b>Regulador de acidez</b>	<b>Emulsionante</b>	<b>Estabilizador</b>
<b>Análises físico-químicas</b>	<i>pH</i>	-	-	-	-
	<i>Cor instrumental</i>	20 ppm ácido ascórbico	-	2000 ppm DATEM	-
	<i>Textura instrumental</i>	-	-	-	-
<b>Qualidade global dos pães</b>	<i>Volume específico</i>	20 ppm ácido ascórbico	-	-	5000 ppm goma guar-
	<i>Cor da crosta</i>	-	-	-	-
	<i>Quebra e simetria</i>	-	-	-	-
	<i>Características da crosta</i>	-	-	-	-
	<i>Cor do miolo</i>	20 ppm ácido ascórbico	-	2000 ppm DATEM	-
	<i>Estrutura da célula do miolo</i>	20 ppm ácido ascórbico	-	2000 ppm DATEM	-
	<i>Textura do miolo</i>	-	-	2000 ppm DATEM	5000 ppm farinha de soja
	<i>Aroma e sabor</i>	-	-	-	-
	<i>Pontuação total</i>	20 ppm ácido ascórbico	-	-	-

De acordo com a **tabela 3.5** e conjugando todos as características analisadas verifica-se que a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM foram os factores que mais contribuíram para a obtenção de resultados mais satisfatórios. É de salientar que no que concerne ao parâmetro  $V_e$ , a adição de 20 ppm de ácido ascórbico e de 5000 ppm de goma guar advém em resultados interessantes e, relativamente, à textura do miolo, a adição de 5000 ppm de farinha de soja e de 2000 ppm de DATEM foi a combinação com melhores resultados para o referido parâmetro.

Verifica-se ainda que apesar do papel do regulador de acidez (carbonato de cálcio) não ter sido muito destacado, uma vez que não influenciou nenhuma das características analisadas, não deixa de ser importante o seu uso, uma vez que este composto funciona como regulador de acidez, não permitindo grandes oscilações nos valores do pH.

Assim sendo, a combinação de aditivos alimentares, 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM, é então a formulação que mais se aproxima do ensaio padrão e a que apresenta resultados de características do pão mais interessantes, sendo portanto a formulação adequada à produção do mesmo dentro das condições testadas.

É ainda de salientar que é fundamental assegurar que as condições do processo de produção de pão pré-cozido congelado se mantêm constantes ao longo de toda a sua produção para evitar possíveis alterações nas características dos pães.



## 4. CONCLUSÕES GERAIS

Este trabalho teve como objectivo contribuir para o estudo da produção de pão pré-cozido congelado através da incorporação e optimização de aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos.

Inicialmente, realizaram-se ensaios preliminares onde se estudou a compatibilidade dos componentes e se identificaram as concentrações de aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos a testar.

Os resultados obtidos nos ensaios preliminares permitiram aferir que a adição de 20 ppm e 200 ppm de ácido ascórbico originaram resultados razoáveis de  $V_e$ , bem como, de aparência do pão. Pôde-se ainda averiguar que este composto quando testado com  $\alpha$ -amilase e um estabilizador ou com  $\alpha$ -amilase e um emulsionante apresentou valores de  $V_e$  promissores acima do valor mínimo de 4.

Os ensaios preliminares mostraram ainda que a adição de carbonato de cálcio, independentemente da sua combinação, pareceu não contribuir para o aumento do  $V_e$ , bem como, para melhores resultados de aparência e gosto do pão. Contudo, o seu papel como regulador de acidez não pode ser descorado e portanto foi considerado para o estudo final.

À incorporação de dois emulsionantes diferentes originou comportamentos diversos: (i) a lecitina de soja não pareceu ter um papel fundamental na melhoria  $V_e$  e aparência do pão, embora uma concentração de 2000 ppm apresentasse valores mais satisfatórios para estes parâmetros do que 3000 ppm; (ii) já o DATEM quando em combinação com a enzima  $\alpha$ -amilase e um estabilizador ou com a enzima e um agente oxidante apresentou resultados de  $V_e$  promissores.

Constatou-se ainda que a adição de 5000 ppm de goma guar foi preferível ao invés da adição de 15000 ppm do mesmo composto e que a farinha de soja, independentemente da sua combinação, parece ser benéfica para o  $V_e$  dos pães.

Com base nos resultados obtidos para as diferentes formulações experimentais em comparação ao ensaio padrão foi possível concluir que a incorporação de 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM resultou nos melhores pães (mais próximos do pão padrão) em termos das análises subjectiva e instrumental da cor do miolo (conjugando o valor de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e estrutura da célula do miolo.

Ligeiros desvios a esta tendência foram registados para a qualidade global dos pães, nomeadamente no parâmetro  $V_e$ , em que a adição de 20 ppm de ácido ascórbico e 5000 ppm de goma guar adveio nos melhores resultados, e para a textura do miolo em que a adição de 5000 ppm de farinha de soja e 2000 ppm de DATEM permitiram registar os resultados mais satisfatórios.

Parâmetros como textura instrumental (firmeza e elasticidade) cor da crosta, quebra e simetria e características da crosta, não foram afectados pela incorporação de nenhum dos factores (agente oxidante, regular de acidez, emulsionante e estabilizador).

À semelhança do verificado nos ensaios preliminares o regulador de acidez (carbonato de cálcio) não influenciou nenhuma das características analisadas. No entanto, a sua presença é crucial uma vez que funciona como regulador de acidez, não permitindo grandes oscilações nos valores do pH.

Globalmente, entendeu-se a combinação dos aditivos alimentares, 20 ppm de ácido ascórbico e de 2000 ppm de DATEM, como sendo a formulação que mais se aproxima do ensaio padrão e a que apresenta resultados de características do pão mais interessantes, sendo portanto a formulação adequada à produção do mesmo.

Por fim este trabalho permitiu constatar que é possível obter pães pré-cozidos congelados a partir da incorporação dos componentes básicos do pão (farinha de trigo, água, levedura e sal) e da adição de determinados aditivos alimentares (agente oxidante - ácido ascórbico, regulador de acidez - carbonato de cálcio, emulsionante – lecitina de soja ou DATEM e estabilizador – goma guar ou farinha de soja) e da presença de um auxiliar tecnológico ( $\alpha$ -amilase).

Este trabalho apresenta-se assim como um contributo fundamental para o esclarecimento das concentrações mais adequadas e respectivos efeitos dos aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos utilizados na produção de pão pré-cozido congelado.

## 5. TRABALHO FUTURO

No decorrer do trabalho experimental foram feitas opções que determinaram um rumo a seguir, outras opções poderiam ter sido tomadas e certamente outros resultados seriam encontrados e novas perspectivas se abririam. Assim, são feitas algumas sugestões para trabalho a desenvolver que visam não só complementar o trabalho realizado como abrir novos percursos de investigação.

- Com a informação recolhida, seria importante dar continuidade ao estudo da incorporação de aditivos alimentares em concentrações diferentes das utilizadas, a fim de verificar quais os efeitos na qualidade dos pães;
- A incorporação de aditivos alimentares diferentes dos testados nesta pesquisa, como sendo, emulsionantes (SSL, CSL), agentes oxidantes (ADA), entre outros, a fim de verificar a sua influência na qualidade dos pães;
- Torna-se interessante em trabalhos futuros serem estudadas a incorporação de enzimas como lípases, xilanases, hemicelulases, lipoxidases, entre outras;
- Será interessante efectuar a leitura dos resultados em diferentes fases do armazenamento de modo a averiguar quais as alterações ocorridas na qualidade dos pães decorrentes desse período, relacionando tal facto com o uso dos diferentes aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos.

## **APÊNDICES E ANEXOS**

## Apêndice A - Registo das temperaturas durante a produção dos pães

Ensaio	T <sub>ambiente</sub> (°C)	T <sub>farinha</sub> (°C)*	T <sub>água</sub> (°C)*	T <sub>massafinal</sub> (°C)**
1	21,1	16,8	5,2	25,2
2	21,1	16,8	4,9	24,9
3	17,1	16,2	5,1	25,4
4	17,1	16,2	5,3	24,3
5	21,1	16,8	5,1	25,3
6	21,1	16,8	5,3	25,1
7	17,1	16,2	4,4	25,5
8	17,1	16,2	5,9	24,4
9	18,2	16,5	5,3	24,1
10	18,2	16,5	5,0	24,9
11	18,1	16,5	5,2	24,5
12	18,1	16,5	5,1	24,3
13	18,2	16,5	5,1	25,1
14	18,2	16,5	5,3	25,0
15	18,2	16,5	5,2	25,2
16	18,2	16,5	5,0	25,3
Padrão	18,9	16,8	4,3	24,4

\*Temperaturas medidas antes da etapa de mistura; \*\*Temperaturas medidas após a etapa de mistura.

## Apêndice B - Formulário usado para a avaliação da qualidade global dos pães

Ensaio nº: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

	Parâmetros	Valor máximo	Valor atribuído
<b>Características externas</b>	<b>Volume específico X 3,33</b>	20	
	<b>Cor da crosta</b> (Factores indesejáveis: não uniforme, opaca, muito clara, muito escura)	10	
	<b>Quebra</b> (Factores indesejáveis: muito pequena, áspera, lados desiguais)	5	
	<b>Simetria</b> (Factores indesejáveis: laterais, pontas e parte superior desiguais)	5	
	<b>Total</b>	<b>40</b>	
<b>Características internas</b>	<b>Características da crosta</b> (Factores indesejáveis: "borrachenta", quebradiça, dura, muito grossa, muito fina)	5	
	<b>Cor do miolo</b> (Factores indesejáveis: miolo cinza, opaco, desigual, escuro)	10	
	<b>Estrutura da célula do miolo</b> (Factores indesejáveis: falta de uniformidade, buracos muito abertos ou compactos)	10	
	<b>Textura do miolo</b> (Factores indesejáveis: falta de uniformidade, miolo áspero, compacto, seco)	10	
	<b>Total</b>	<b>35</b>	
<b>Aroma e sabor</b>	<b>Aroma</b> (Factores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, "estranho", muito fraco ou forte)	10	
	<b>Sabor</b> (Factores indesejáveis: ácido, "estranho", sabor de goma ou massa, gosto residual)	15	
	<b>Total</b>	<b>25</b>	
<b>Contagem total</b>		<b>100</b>	

**Apêndice C – Resultados do pH dos ensaios produzidos segundo o planejamento experimental e ensaio padrão**

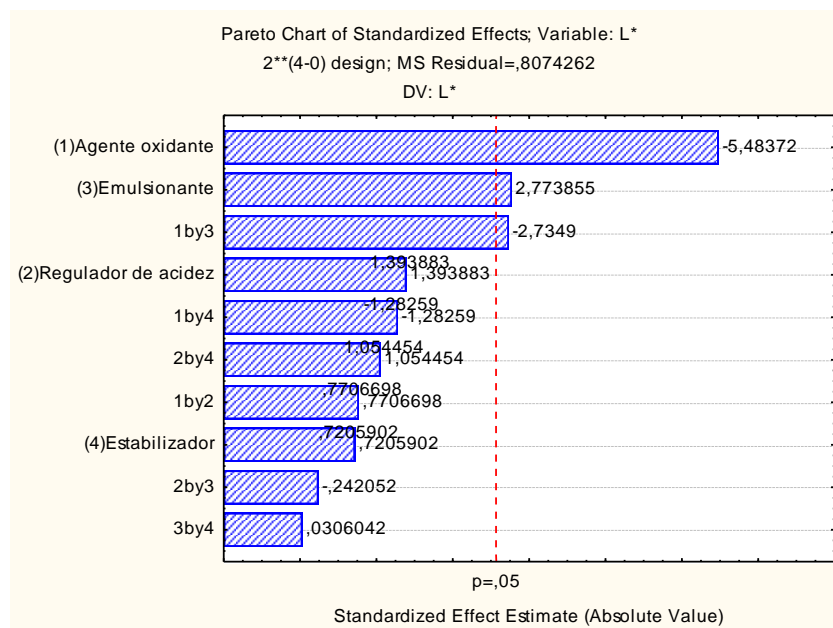
<b>Ensaio</b>	<b>pH*</b>
1	5,0
2	5,0
3	5,0
4	5,0
5	5,3
6	5,3
7	5,3
8	5,3
9	5,0
10	5,0
11	5,0
12	5,0
13	5,3
14	5,3
15	5,3
16	5,3
Padrão	5,3

\*Medido após a etapa de mistura

## Apêndice D – Análises estatísticas

### Luminosidade (L\*)

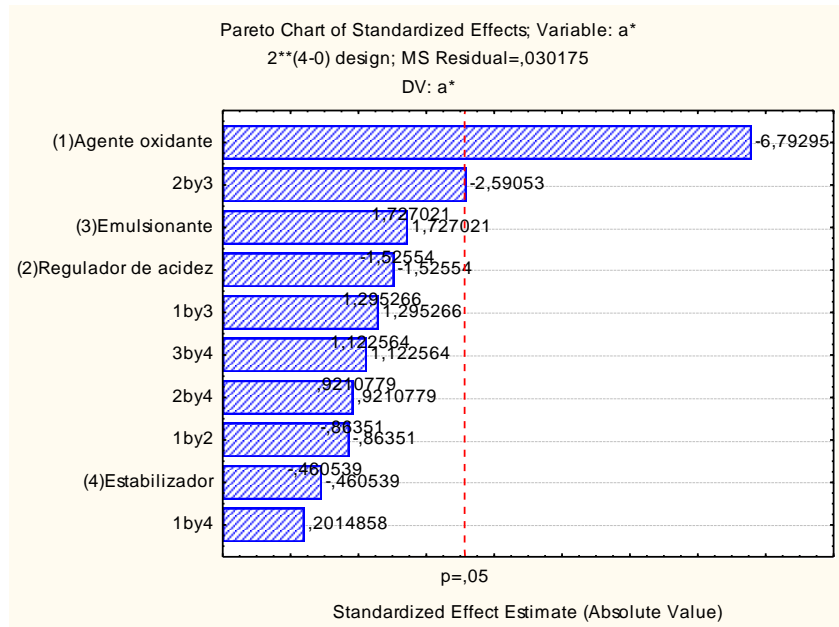
ANOVA; Var.:L*; R-sqr=,9109; Adj:,7327 (Dados totais. sta)					
2**(4-0) design; MS Residual=,8074262					
DV: L*					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	24,28026	1	24,28026	30,07118	0,002751
(2)Regulador de acidez	1,56876	1	1,56876	1,94291	0,222132
(3)Emulsionante	6,21256	1	6,21256	7,69427	0,039186
(4)Estabilizador	0,41926	1	0,41926	0,51925	0,503433
1 by 2	0,47956	1	0,47956	0,59393	0,475722
1 by 3	6,03931	1	6,03931	7,47970	0,041040
1 by 4	1,32826	1	1,32826	1,64505	0,255873
2 by 3	0,04731	1	0,04731	0,05859	0,818355
2 by 4	0,89776	1	0,89776	1,11187	0,339940
3 by 4	0,00076	1	0,00076	0,00094	0,976769
Error	4,03713	5	0,80743		
Total SS	45,31089	15			





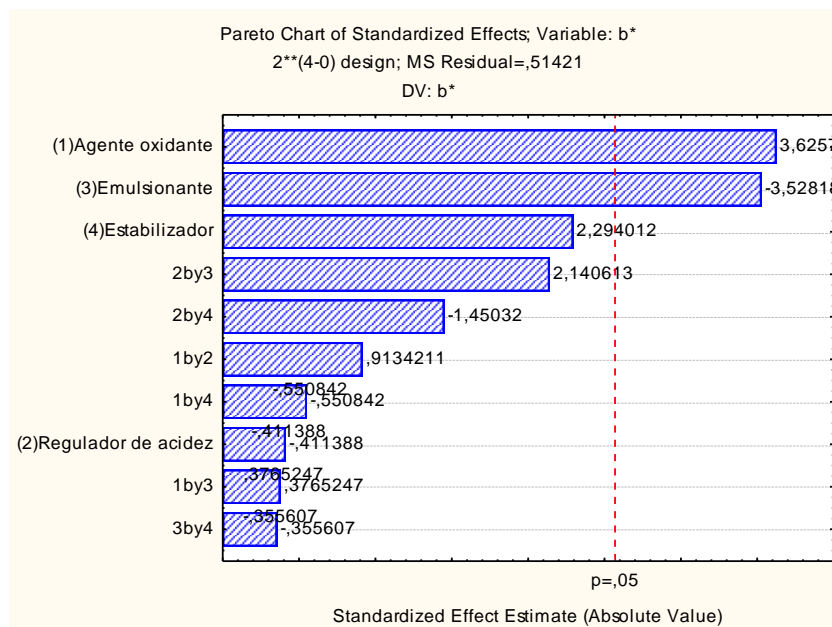
**Coordenada de cromaticidade (a\*)**

Factor	ANOVA; Var.:a*; R-sqr=,92642; Adj:,77925 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=,030175 DV: a*				
	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	1,392400	1	1,392400	46,14416	0,001052
(2)Regulador de acidez	0,070225	1	0,070225	2,32726	0,187644
(3)Emulsionante	0,090000	1	0,090000	2,98260	0,144746
(4)Estabilizador	0,006400	1	0,006400	0,2121	0,664466
1 by 2	0,022500	1	0,022500	0,74565	0,427328
1 by 3	0,050625	1	0,050625	1,67771	0,251805
1 by 4	0,001225	1	0,001225	0,04060	0,848259
2 by 3	0,202500	1	0,202500	6,71085	0,048805
2 by 4	0,025600	1	0,025600	0,84838	0,399272
3 by 4	0,038025	1	0,038025	1,26015	0,312616
Error	0,150875	5	0,030175		
Total SS	2,050375	15			



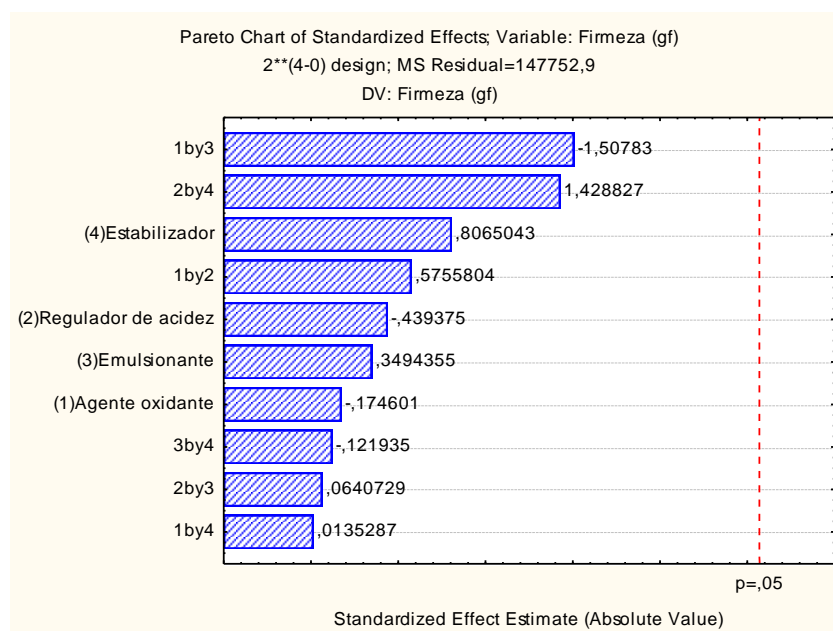
**Coordenada de cromaticidade (b\*)**

ANOVA; Var.:b*; R-sqr=,88667; Adj:,.66 (Dados totais. sta)					
2**(4-0) design; MS Residual=,51421					
DV: b*					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	6,760000	1	6,760000	13,14638	0,015127
(2)Regulador de acidez	0,08703	1	0,087025	0,16924	0,697828
(3)Emulsionante	6,40090	1	6,400900	12,44803	0,016772
(4)Estabilizador	2,70603	1	2,706025	5,26249	0,070296
1 by 2	0,42902	1	0,429025	0,83434	0,402917
1 by 3	0,07290	1	0,072900	0,14177	0,721976
1 by 4	0,15603	1	0,156025	0,30343	0,605449
2 by 3	2,35623	1	2,356225	4,58222	0,085251
2 by 4	1,08160	1	1,081600	2,10342	0,206664
3 by 4	0,06502	1	0,065025	0,12646	0,736646
Error	2,57105	5	0,514210		
Total SS	22,68580	15			



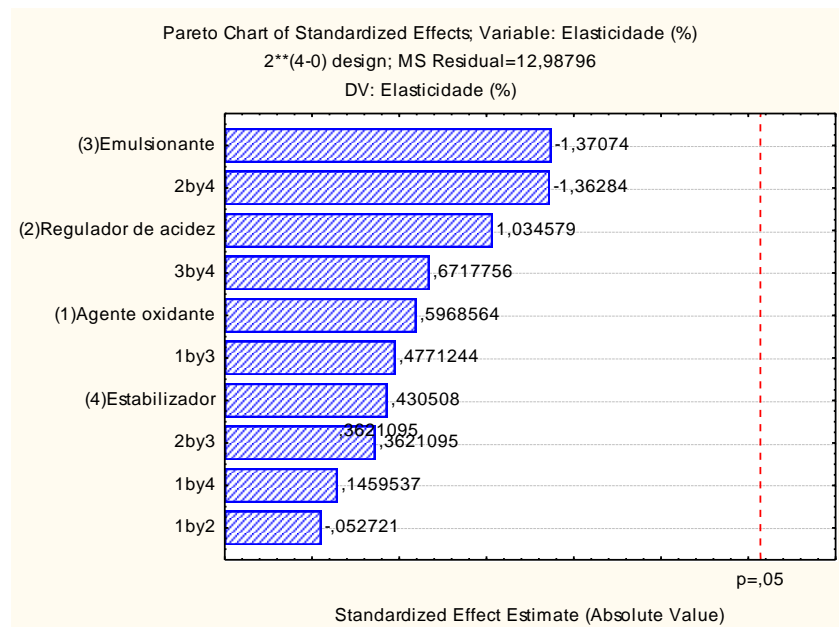
## Textura (Firmeza)

ANOVA; Var.:Firmeza; R-sqr=,53103; Adj:0 (Dados totais. sta)					
2**(4-0) design; MS Residual=147752,9					
DV: Firmeza (gf)					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	4504	1	4504,3	0,030486	0,868243
(2)Regulador de acidez	28524	1	28523,7	0,193050	0,678730
(3)Emulsionante	18041	1	18041,4	0,122105	0,740998
(4)Estabilizador	96106	1	96105,7	0,650449	0,456583
1 by 2	48949	1	48949,5	0,331293	0,589832
1 by 3	335923	1	335923,1	2,273547	0,191964
1 by 4	27	1	27,0	0,000183	0,989729
2 by 3	607	1	606,6	0,004105	0,951395
2 by 4	301645	1	301644,5	2,041548	0,212429
3 by 4	2197	1	2196,8	0,014868	0,907699
Error	738764	5	147752,9		
Total SS	1575287	15			



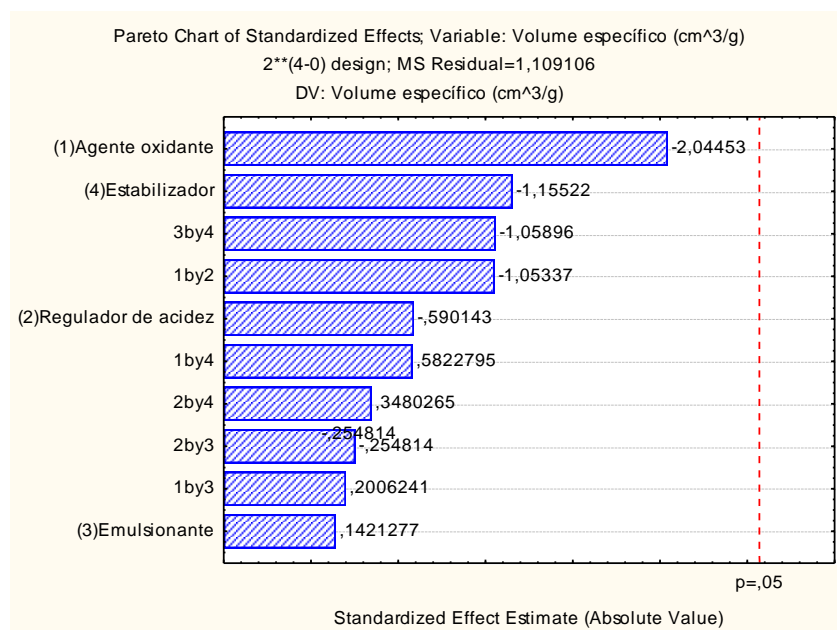
## Textura (Elasticidade)

Factor	ANOVA; Var.:Elasticidade (%); R-sqr=,55287; Adj:0 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=12,98796 DV: Elasticidade (%)				
	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	4,6268	1	4,62680	0,356238	0,576600
(2)Regulador de acidez	13,9017	1	13,90171	1,070353	0,348287
(3)Emulsionante	24,4036	1	24,40360	1,878940	0,228785
(4)Estabilizador	2,4072	1	2,40715	0,185337	0,684752
1 by 2	0,0361	1	0,03610	0,002779	0,959996
1 by 3	2,9567	1	2,95668	0,227648	0,653399
1 by 4	0,2767	1	0,27668	0,021302	0,889660
2 by 3	1,7030	1	1,70302	0,131123	0,732071
2 by 4	24,1228	1	24,12283	1,857322	0,231102
3 by 4	5,8612	1	5,86124	0,451282	0,531511
Error	64,9398	5	12,98796		
Total SS	145,2356	15			



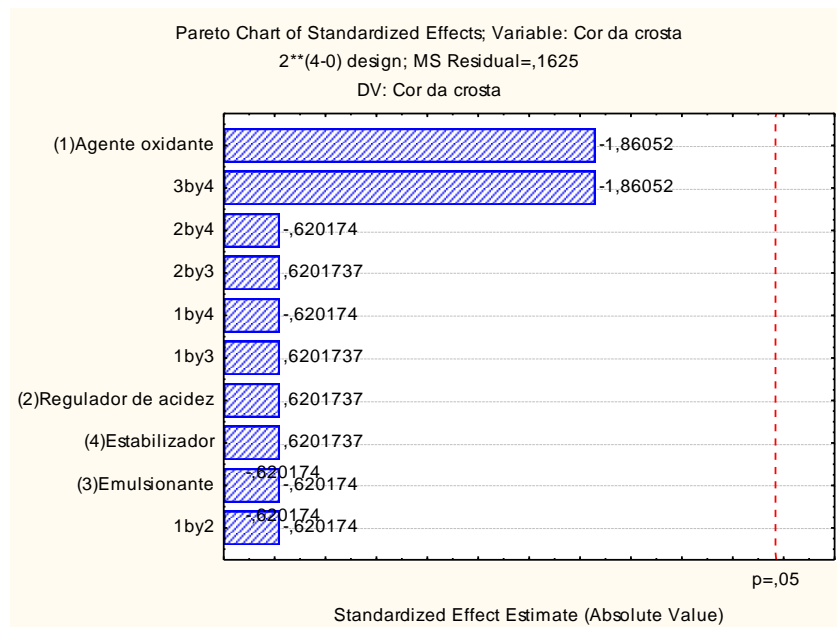
## Volume específico (Ve)

ANOVA; Var.:Volume específico (cm <sup>3</sup> /g); R-sqr=,63449; Adj:;0 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=1,109106 DV: Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	4,63620	1	4,636197	4,180120	0,096311
(2)Regulador de acidez	0,38627	1	0,386267	0,348268	0,580755
(3)Emulsionante	0,02240	1	0,022404	0,020200	0,892529
(4)Estabilizador	1,48015	1	1,480146	1,334539	0,300203
1 by 2	1,23065	1	1,230654	1,109591	0,340390
1 by 3	0,04464	1	0,044642	0,040250	0,848898
1 by 4	0,37604	1	0,376042	0,339049	0,585646
2 by 3	0,07201	1	0,072014	0,064930	0,809016
2 by 4	0,13434	1	0,134338	0,121122	0,741994
3 by 4	1,24374	1	1,243740	1,121390	0,338072
Error	5,54553	5	1,109106		
Total SS	15,17197	15			



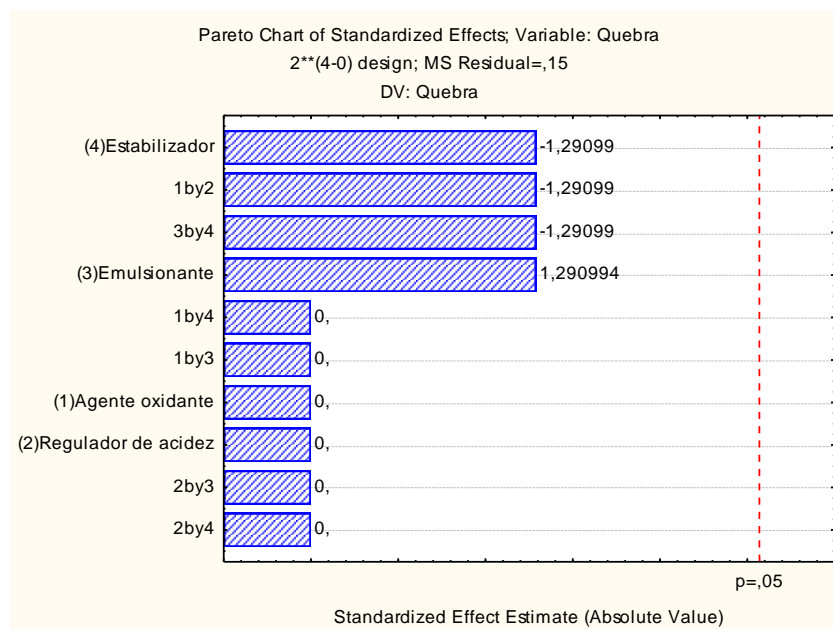
## Cor da crosta

ANOVA; Var.:Cor da crosta; R-sqr=,66667; Adj:0 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=,1625 DV: Cor da crosta					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	0,562500	1	0,562500	3,461538	0,121889
(2)Regulador de acidez	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
(3)Emulsionante	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
(4)Estabilizador	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
1 by 2	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
1 by 3	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
1 by 4	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
2 by 3	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
2 by 4	0,062500	1	0,062500	0,384615	0,562312
3 by 4	0,562500	1	0,562500	3,461538	0,12889
Error	0,812500	5	0,162500		
Total SS	2,437500	15			



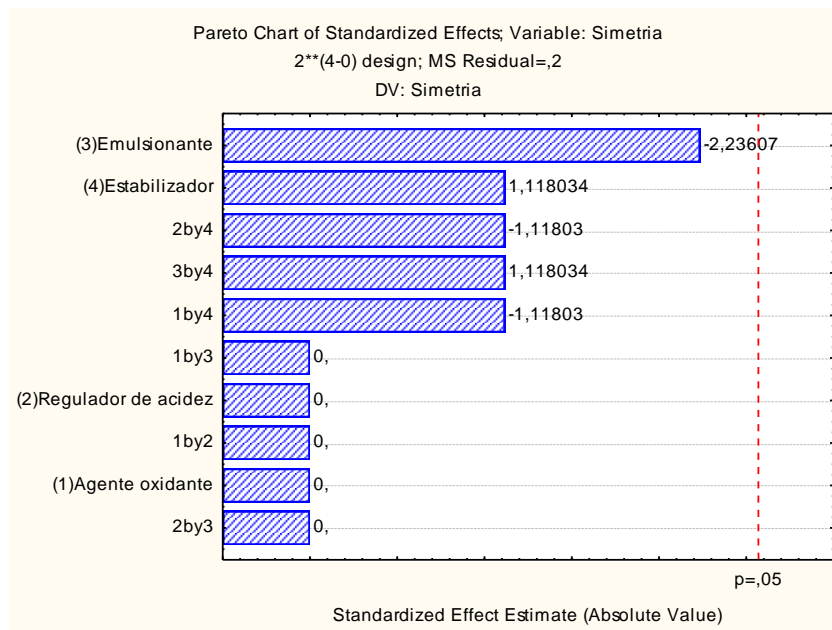
## Quebra

ANOVA; Var.:Quebra; R-sqr=,57143; Adj:,0 (Dados totais. sta)					
2**(4-0) design; MS Residual=,15					
DV: Quebra					
Factor	SS	Df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
(2)Regulador de acidez	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
(3)Emulsionante	0,250000	1	0,250000	1,666667	0,253170
(4)Estabilizador	0,250000	1	0,250000	1,666667	0,253170
1 by 2	0,250000	1	0,250000	1,666667	0,253170
1 by 3	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
1 by 4	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
2 by 3	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
2 by 4	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
3 by 4	0,250000	1	0,250000	1,666667	0,253170
Error	0,750000	5	0,150000		
Total SS	1,750000	15			



## Simetria

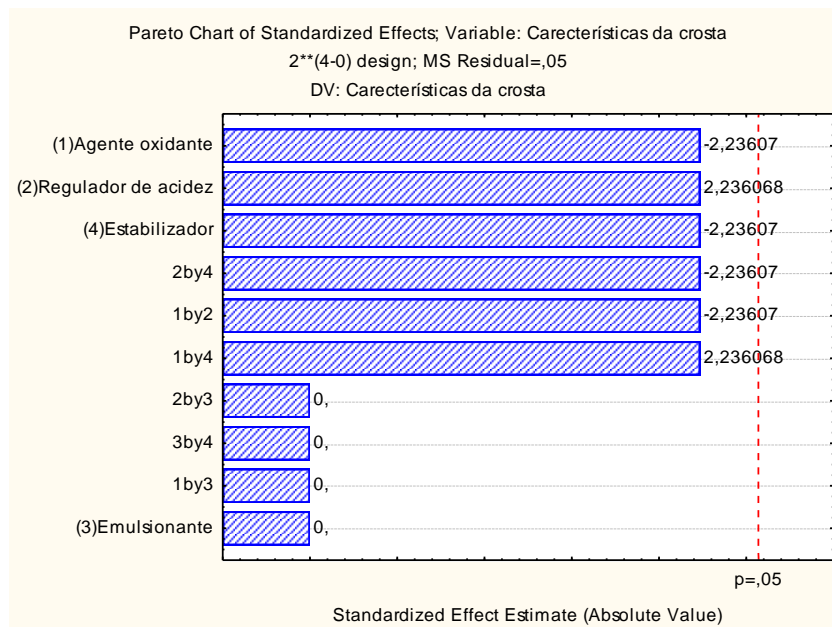
ANOVA; Var.:Simetria; R-sqr=,66667; Adj:,0 (Dados totais. sta)					
2**(4-0) design; MS Residual=,2					
DV: Simetria					
Factor	SS	Df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
(2)Regulador de acidez	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
(3)Emulsionante	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
(4)Estabilizador	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
1 by 2	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
1 by 3	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
1 by 4	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
2 by 3	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
2 by 4	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
3 by 4	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
Error	0,250000	5	0,050000		
Total SS	1,750000	15			





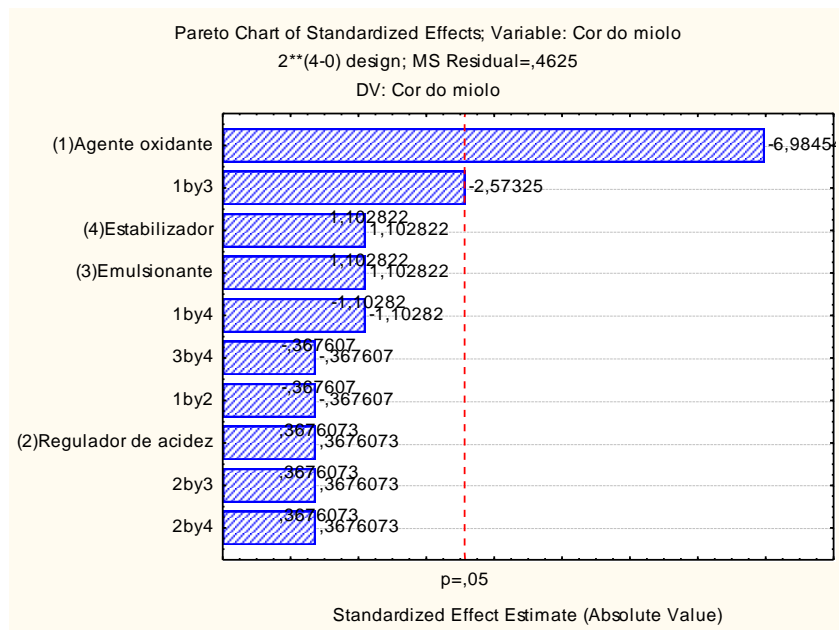
## Características da crosta

ANOVA; Var.:Características da crosta; R-sqr=,85714; Adj:,57143 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=,05 DV: Características da crosta					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
(2)Regulador de acidez	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
(3)Emulsionante	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
(4)Estabilizador	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
1 by 2	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
1 by 3	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
1 by 4	0,250000	1	0,250000	5,000000	0,075587
2 by 3	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
2 by 4	0,000000	1	0,000000	5,000000	0,075587
3 by 4	0,250000	1	0,250000	0,000000	1,000000
Error	0,250000	5	0,050000		
Total SS	1,750000	15			



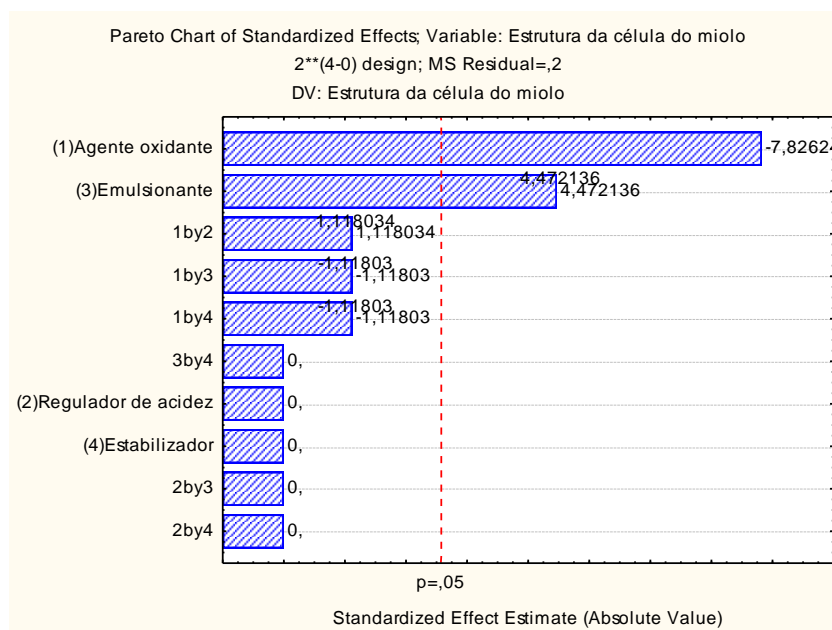
## Cor do miolo

ANOVA; Var.:Cor do miolo; R-sqr=,92276; Adj:.,76827 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=,4625 DV: Cor do miolo					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	22,56250	1	22,56250	48,78378	0,000926
(2)Regulador de acidez	0,06250	1	0,06250	0,13514	0,728214
(3)Emulsionante	0,56250	1	0,56250	1,21622	0,320334
(4)Estabilizador	0,56250	1	0,56250	1,21622	0,320334
1 by 2	0,06250	1	0,06250	0,13514	0,728214
1 by 3	3,06250	1	3,06250	6,62162	0,049838
1 by 4	0,56250	1	0,56250	1,21622	0,320334
2 by 3	0,06250	1	0,06250	0,13514	0,728214
2 by 4	0,06250	1	0,06250	0,13514	0,728214
3 by 4	0,06250	1	0,06250	0,13514	0,728214
Error	2,31250	5	0,46250		
Total SS	29,93750	15			



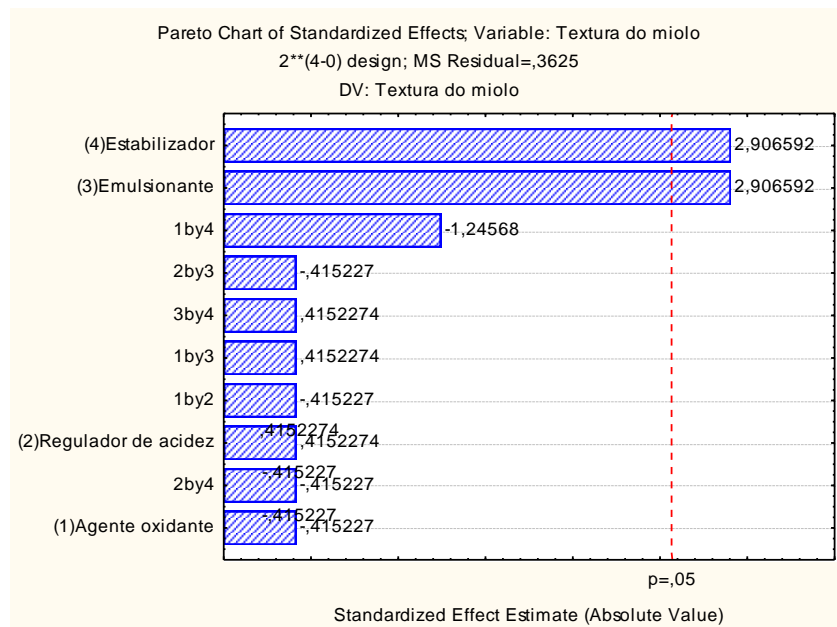
## Estrutura da célula do miolo

ANOVA; Var.:Estrutura da célula do miolo; R-sqr=,94444; Adj:,83333 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=,2 DV: Estrutura da célula do miolo					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	12,25000	1	12,25000	61,25000	0,000546
(2)Regulador de acidez	0,00000	1	0,00000	0,00000	1,000000
(3)Emulsionante	4,00000	1	4,00000	20,00000	0,006566
(4)Estabilizador	0,00000	1	0,00000	0,00000	1,000000
1 by 2	0,25000	1	0,25000	1,25000	0,314373
1 by 3	0,25000	1	0,25000	1,25000	0,314373
1 by 4	0,25000	1	0,25000	1,25000	0,314373
2 by 3	0,00000	1	0,00000	0,00000	1,000000
2 by 4	0,00000	1	0,00000	0,00000	1,000000
3 by 4	0,00000	1	0,00000	0,00000	1,000000
Error	1,00000	5	0,20000		
Total SS	18,000000	15			



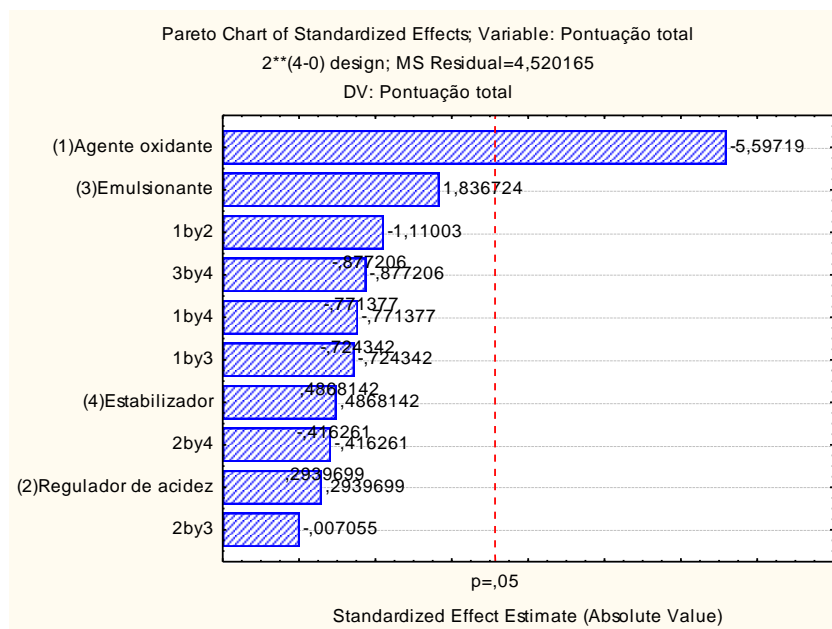
## Textura do miolo

ANOVA; Var.:Textura do miolo; R-sqr=,7972; Adj:,39161 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=,3625 DV: Textura do miolo					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Agente oxidante	0,062500	1	0,062500	0,172414	0,695192
(2)Regulador de acidez	0,062500	1	0,062500	0,172414	0,695192
(3)Emulsionante	3,032500	1	3,032500	8,448276	0,033532
(4)Estabilizador	3,032500	1	3,032500	8,448276	0,033532
1 by 2	0,062500	1	0,062500	0,172414	0,695192
1 by 3	0,062500	1	0,062500	0,172414	0,695192
1 by 4	0,562500	1	0,562500	0,155172	0,268070
2 by 3	0,062500	1	0,062500	0,172414	0,695192
2 by 4	0,062500	1	0,062500	0,172414	0,695192
3 by 4	0,062500	1	0,062500	0,172414	0,695192
Error	1,812500	5			
Total SS	8,937500	15			

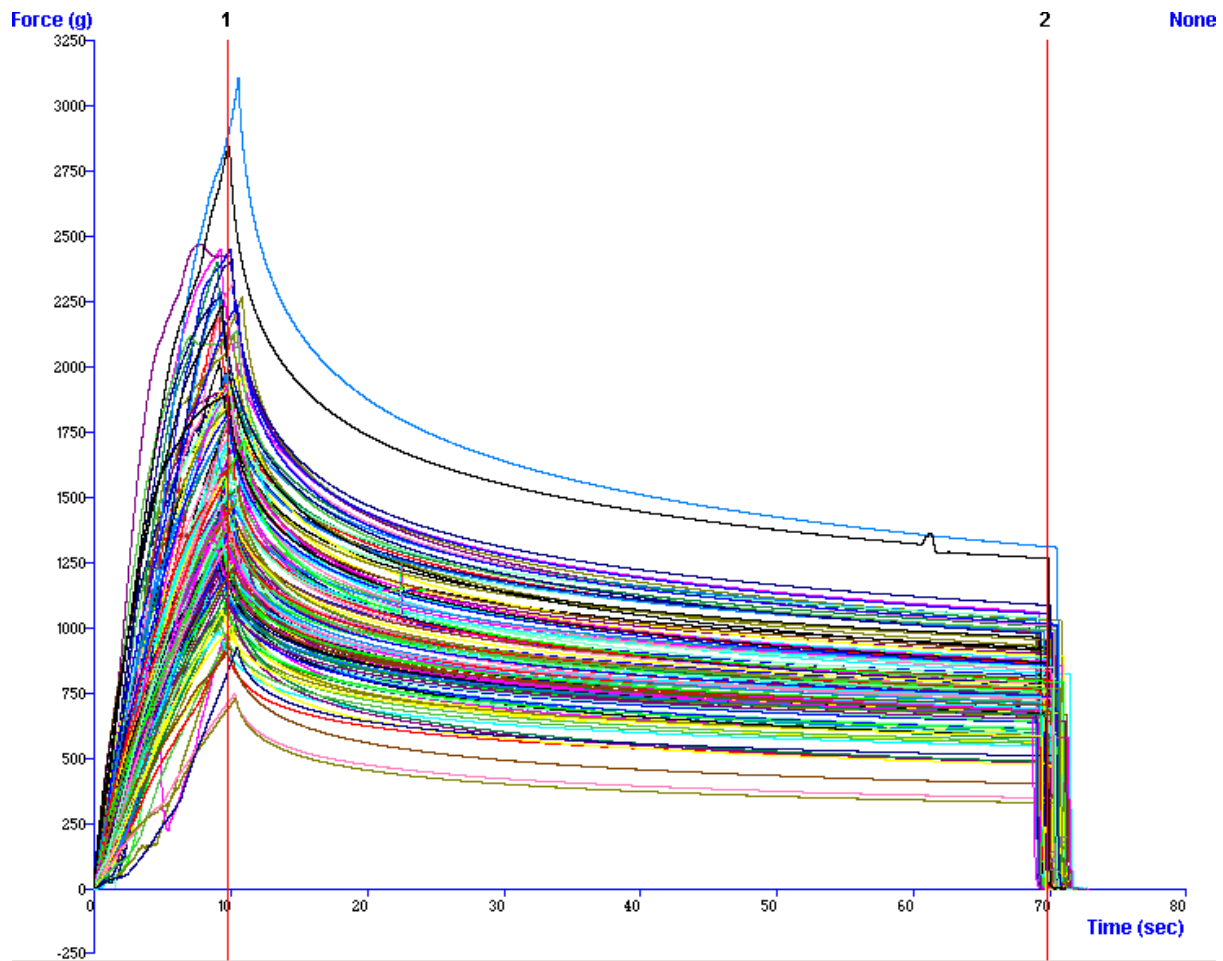


## Pontuação total

ANOVA; Var.:Pontuação total; R-sqr=,88458; Adj:,65374 (Dados totais. sta) 2**(4-0) design; MS Residual=4,520165 DV: Pontuação total					
Factor	SS	df	MS	F	P
(1)Agente oxidante	141,6100	1	141,6100	31,32850	0,002514
(2)Regulador de acidez	0,3906	1	0,3906	0,08642	0,780593
(3)Emulsionante	15,2490	1	15,2490	3,37355	0,125676
(4)Estabilizador	1,0712	1	1,0712	0,23699	0,646979
1 by 2	5,5696	1	5,5696	1,23217	0,317497
1 by 3	2,3716	1	2,3716	0,52467	0,501319
1 by 4	2,6896	1	2,6896	0,59502	0,475339
2 by 3	0,0002	1	0,0002	0,00005	0,994644
2 by 4	0,7832	1	0,7832	0,17327	0,694483
3 by 4	3,4782	1	3,4782	0,76949	0,420518
Error	22,6008	5	4,5202		
Total SS	195,8142	15			



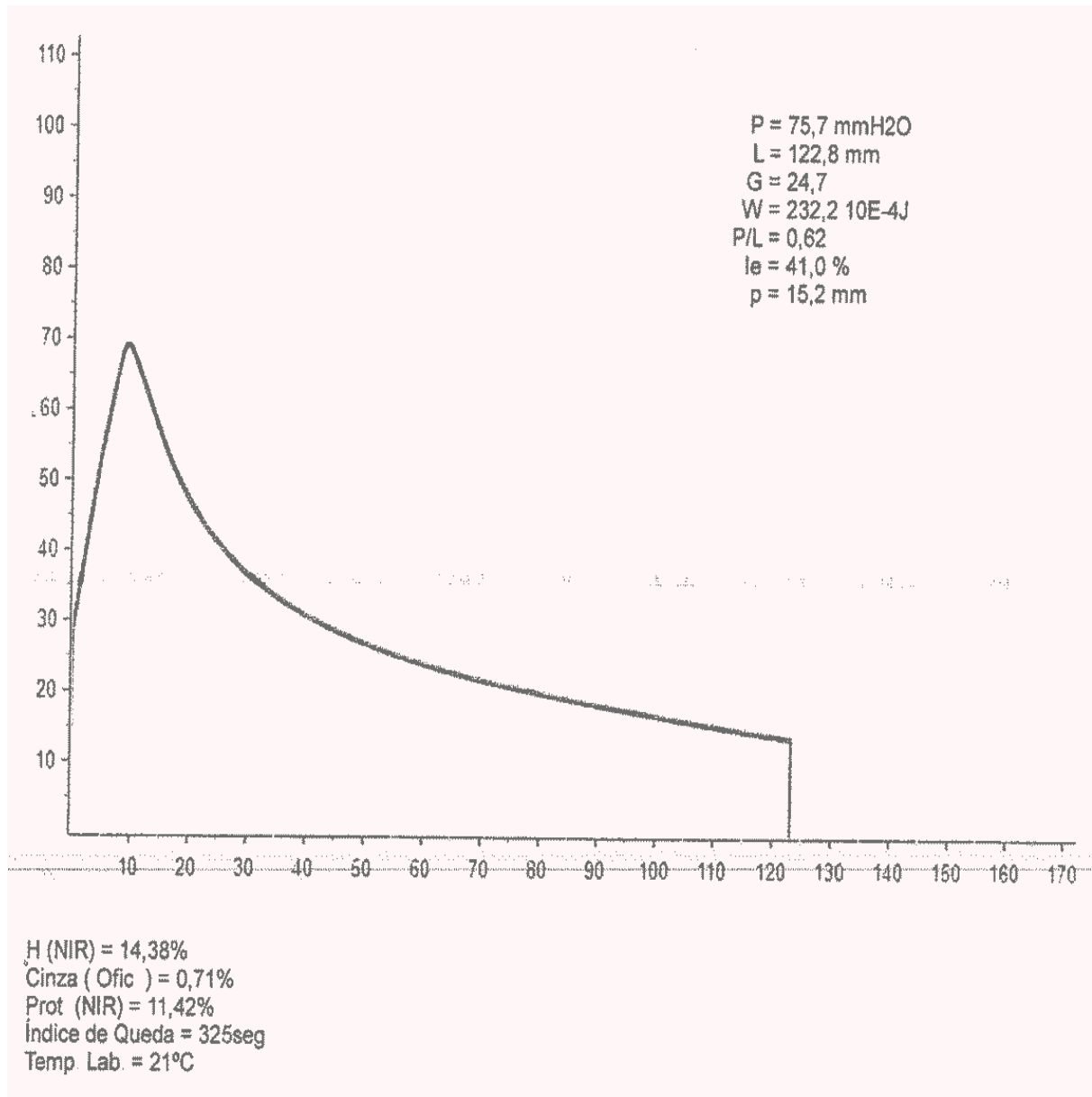
## Apêndice E – Perfil de textura dos ensaios produzidos segundo o planeamento experimental e ensaio padrão.



### Legenda das curvas de textura:

Ensaio_41 (ARC)*	Ensaio_15 (ARC)*	Ensaio_131 (ARC)*	Padrão1 (ARC)*
Ensaio_42 (ARC)*	Ensaio_16 (ARC)*	Ensaio_132 (ARC)*	Padrão2 (ARC)*
Ensaio_43 (ARC)*	Ensaio_21 (ARC)*	Ensaio_133 (ARC)*	Padrão3 (ARC)*
Ensaio_44 (ARC)*	Ensaio_22 (ARC)*	Ensaio_134 (ARC)*	Padrão4 (ARC)*
Ensaio_45 (ARC)*	Ensaio_23 (ARC)*	Ensaio_135 (ARC)*	Padrão5 (ARC)*
Ensaio_46 (ARC)*	Ensaio_24 (ARC)*	Ensaio_136 (ARC)*	Padrão6 (ARC)*
Ensaio_71 (ARC)*	Ensaio_25 (ARC)*	Ensaio_141 (ARC)*	Ensaio_51 (ARC)*
Ensaio_72 (ARC)*	Ensaio_26 (ARC)*	Ensaio_142 (ARC)*	Ensaio_52 (ARC)*
Ensaio_73 (ARC)*	Ensaio_91 (ARC)*	Ensaio_143 (ARC)*	Ensaio_53 (ARC)*
Ensaio_74 (ARC)*	Ensaio_92 (ARC)*	Ensaio_144 (ARC)*	Ensaio_54 (ARC)*
Ensaio_75 (ARC)*	Ensaio_93 (ARC)*	Ensaio_145 (ARC)*	Ensaio_55 (ARC)*
Ensaio_76 (ARC)*	Ensaio_94 (ARC)*	Ensaio_146 (ARC)*	Ensaio_56 (ARC)*
Ensaio_81 (ARC)*	Ensaio_95 (ARC)*	Ensaio_151 (ARC)*	Ensaio_81 (ARC)*
Ensaio_82 (ARC)*	Ensaio_96 (ARC)*	Ensaio_152 (ARC)*	Ensaio_82 (ARC)*
Ensaio_83 (ARC)*	Ensaio_111 (ARC)*	Ensaio_153 (ARC)*	Ensaio_83 (ARC)*
Ensaio_84 (ARC)*	Ensaio_112 (ARC)*	Ensaio_154 (ARC)*	Ensaio_84 (ARC)*
Ensaio_85 (ARC)*	Ensaio_113 (ARC)*	Ensaio_155 (ARC)*	Ensaio_85 (ARC)*
Ensaio_86 (ARC)*	Ensaio_114 (ARC)*	Ensaio_156 (ARC)*	Ensaio_86 (ARC)*
Ensaio_31 (ARC)*	Ensaio_115 (ARC)*	Ensaio_161 (ARC)*	Ensaio_101 (ARC)*
Ensaio_32 (ARC)*	Ensaio_116 (ARC)*	Ensaio_162 (ARC)*	Ensaio_102 (ARC)*
Ensaio_33 (ARC)*	Ensaio_121 (ARC)*	Ensaio_163 (ARC)*	Ensaio_103 (ARC)*
Ensaio_34 (ARC)*	Ensaio_122 (ARC)*	Ensaio_164 (ARC)*	Ensaio_104 (ARC)*
Ensaio_35 (ARC)*	Ensaio_123 (ARC)*	Ensaio_165 (ARC)*	Ensaio_105 (ARC)*
Ensaio_36 (ARC)*	Ensaio_124 (ARC)*	Ensaio_166 (ARC)*	Ensaio_106 (ARC)*
Ensaio_11 (ARC)*	Ensaio_125 (ARC)*		
Ensaio_12 (ARC)*	Ensaio_126 (ARC)*		
Ensaio_13 (ARC)*			
Ensaio_14 (ARC)*			
Ensaio_15 (ARC)*			
Ensaio_16 (ARC)*			
Ensaio_21 (ARC)*			
Ensaio_22 (ARC)*			
Ensaio_23 (ARC)*			

## Anexo A – Alveograma da farinha utilizada nos diferentes ensaios



## Referências bibliográficas

- Anônimo. 2008<sup>a</sup>. Farinhas: de trigo, de outros cereais e de outras origens. Aditivos & Ingredientes. Insumos. 42-57p;
- Anônimo. 2008<sup>b</sup>. Tecnologia para pães congelados. FIB – Food Ingredients Brasil. n.5. 46-46p;
- Anônimo. 2009<sup>a</sup>. Enzimas em Panificação. Aditivos & Ingredientes. Insumos. 42-53p;
- Anônimo. 2009<sup>b</sup>. Panificação - Os ingredientes enriquecedores. FIB - Food Ingredients Brasil. n.10. 22-27p;
- Anônimo. 2011<sup>a</sup>. As grandes gomas. Aditivos & Ingredientes. Insumos. 25-38p;
- Anônimo. 2011<sup>b</sup>. Emulsificantes em Sorvetes. Sorvetes & Casquinhas. Insumos. 32-40p;
- Araújo, W.M.C. *et al.* 2008. Alquimia dos Alimentos. Editora: Senac. Brasília. v.2. 561p;
- Bárcenas, M.E. *et al.* 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. Food Hydrocolloids. v.18. 769-774p;
- Bárcenas, M.E.; Rossel, C.M. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the part-baked bread: low temp and HPMC addition. Journal of Food Science. v.72. 92-99p;
- Baruffaldi, R.; De Oliveira, M.N. 1998. Fundamentos de Tecnologia de Alimentos. São Paulo: Atheneu. 317p;
- Bobbio, F.O.; Bobbio, P.A. 1992. Química do Processamento de Alimentos. São Paulo: Livraria Varela. 222p;
- Borght, A.V.S. *et al.* 2005. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview on the main processes and the factors involved. Journal of Cereal Science. v.41. 221-237p;
- Bortolotti, C.M. 2009. Caracterização de farinhas de cevada e o efeito da sua incorporação sobre a qualidade do pão de forma. Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais. 138p;
- Box, G.E.P. *et al.* 1978. Statistics for experiments: An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building. John Wiley and Sons. INA. New York, USA;
- Branco, E.P. 2006. Estudo comparativo da cor dental, *in vivo*, entre clareamentos sem aceleração, acelerado por led e por laser, com análise dos resultados imediatos e a longo prazo. Universidade de São Paulo – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). 68p;
- Camargo, C.R.O.; Camargo, C.E.O. 1987. Trigo: Avaliação Tecnológica de Novas Linhagens. Bragantia. Campinas. v.46. n.2. 169-181p;
- Canella-Rawls, S. 2003. Pão: arte e ciência. Editora: Senac, São Paulo-SP. 323p;
- Carr, L.G. *et al.* 2006. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. LWT – Food Science and Technology. v.39. 540-547p;
- Carr, L.G.; Tadini, C.C. 2003. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread. LWT – Food Science and Technology. v.36. 609-614p;
- Cauvain, S. P. 2003. Bread making: improving quality. Cambridge. Woodhead publishing Limited. 589p;



- Cauvain, S.; Young, L. 2001. Baking Problems Solved. CRC Press LLC, New York, USA. 280p;
- Cauvain, S.P.; Young, L.S. 2007. Technology of Breadmaking. 2<sup>nd</sup> Edition. Springer. 371p;
- Cavel, R. 1987. O pão francês e os produtos correlatos – Tecnologia e prática da panificação. J.Macêdo S.A. 287p;
- Cubero, N. *et al.* 2002 - Aditivos alimentarios. Colección Tecnología de alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 241p;
- De Bona, S. 2002. Estudos da viabilidade da produção de pão francês a partir de massa congelada. Florianópolis – SC. 130p. Disponível: Universidade Federal de Santa Catarina;
- De Noronha, J.F. 2012. "Textura". Disponível: [http://www.esac.pt/noronha/A.S/07\\_08/textura.pdf](http://www.esac.pt/noronha/A.S/07_08/textura.pdf). [data da consulta:22/02/2011];
- Dos Santos, H.F.M. 2006. Livro de panificação. 134p;
- El-Dash, A.A, *et al.* 1982. Fundamentos da tecnologia de panificação – Série Tecnologia Agroindustrial. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. 350p;
- El-Dash, A.A. 1978. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. Cereal Chemistry. Saint Paul. v.55, n.4. 436-446p;
- El-Dash, A.A. *et al.* 1994. Tecnologia de farinhas mista: Uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães. Embrapa – SPI. Brasília. v.3. 89p;
- Esteller, M.S.; Lannes, S.C.S. 2005. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas v.25, n.4. 802-806p;
- Every, D. *et al.* 1998. Staling in starch bread: The effect of gluten additions on specific loaf volume and firming rate. Starch/Stärke, v.50. n.10. 443-446p;
- Ferreira, P.B.M. *et al.* 1999. Estudo do Processo de Produção de Pão Francês Pré-assado. Brazilian Journal of Food Technology. v.2. 91-95p;
- Fik, M.; Surówka, 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. v.82. 1268-1275p;
- Fung, D.Y.C. 1995. Microbiological considerations in freezing and refrigeration of bakery foods. In: Kulp, K. *et al.* Frozen and refrigerated doughs and batters. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry. Capítulo 6. 119-133p;
- Giannou, V. *et al.* 2003. Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. Trends in Food Science and Technology. v.14. n.1. 99-108p;
- Goesaert, H. *et al.* 2005. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. Trends in Food Science & Technology. v.16. 12-30p;
- Golitz, H; Funke, A.. 2009. Emulsifiers in bread improvers and bakery ingredients. Wissensforum Backwaren. 2<sup>nd</sup> edition. Germany 1-20p;
- Gómez, M. *et al.* .2003. Effect of dietary on dough rheology and bread quality. European Food Research and Technology, v. 216. 51-56 p;
- Gómez, M. *et al.* 2004. Functionality of different emulsifiers on the performance of breadmaking and wheat bread quality. European Food Research & Technology. v.219.n.2.145–150p;
- Grant, L.A., *et al.* 2004. Spaghetti cooking quality of waxy and non-waxy durum wheats and blends, Journal of Cereal Science. v.31. 1-13p;

- Guerreiro, L. 2006. Dossiê Técnico – Panificação. REDETEC – Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. 34p;
- Hamdami, N. *et al.* 2004. Thermophysical properties evolution of french partly baked bread during freezing. *Food Research International*. v.37. 703-713p;
- Hosney, C.R. 1991. *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Zaragoza. 321p;
- Hosney, R.C. 1994. *Principles of cereal science and technology*. 2<sup>nd</sup> St. Paul: American Association of Cereal Chemistry – AACC;
- Instituto Nacional de Estatística, I.P. 2012. *Estatísticas Agrícolas 2011*. 168p;
- Kajishima, S. *et al.* 2003. Efeito da adição de diferentes sais de cálcio nas características da massa e na elaboração de pão francês. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*. v.23. n.3. 222-225p;
- Kohajdová, Z. *et al.* (2009). Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry. *Acta Chimica Slovaca*.v.2,. n.1. 46-61p;
- Kohajdová, Z.; Karovicová, J. 2009. Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*. v.63. n.1. 26-38p;
- Kowalski, M. B. *et al.* 2002. Parâmetros físicos e de textura de pão francês produzido na cidade de São Paulo. In: XVIII Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos. Porto Alegre: SBCTA. 3133-3136p;
- Krog, N. 1977. Functions of Emulsifiers in Food Systems. *Journal of The American Oil Chemists' Society*. Denmark. v.54. 124-131p;
- Laaksonen, T.J. 2001. Effects of ingredients on phase and state transitions of frozen wheat doughs. EKT series 1242. University of Helsinki, Department of Food Technology. 69 p;
- Le Bail, A. *et al.* 2005. Impact of selected process parameters on crust flaking of frozen partly baked bread. *Journal of Food Engineering*. v.69. 503-509p;
- Lei n.º75/2009. Diário da República. 1.ª série – N.º155. 12 de Agosto de 2009;
- Levine, M. *et al.* 1999. Criteria and Recommendations for Vitamin C Intake. *JAMA*, v.281. n.15. 1415-1423p;
- Lopes, A.S. *et al.* 2007. Influência do uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês. *Ciência Tecnologia Alimentar, Campinas*, v.27. n.2. 307-312p;
- Lu, W.; Grant, L.A. 1999. Effects of Prolonged Storage at Freezing Temperatures on Starch and Baking Quality of Frozen Doughs. *Cereal Chemistry*. v.76. n.5. 656-662p;
- Marsh, D. *Mixing and Dough Processing*.1998. In Cauvain, S.P. Young, L.S. *Technology of Breadmaking*, London: Blackie Academic & Professional. 81-119p;
- Matsuda, L.Y. 2007. Concentração de amido resistente em pão francês pré-assado congelado: aspectos tecnológicos. São Paulo. 112p. Disponível: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;
- Matuda, T.G. 2008. Estudo do Congelamento da Massa de Pão: Determinação Experimental das Propriedades Termofísicas e Desempenho de Panificação. 155p. Disponível: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;
- McNamee, R.G. 1994. Pre-baked foods and their method of manufacture. European Patent Application, Paris. EP 0648422A2. 5p;

- Minolta. (1988). Precise color communication – Color control from feeling to instrumentation. Japan. 21p;
- Moayedallaie, S. *et al.*, 2010. Bread improvers: Comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier. Food chemistry. v.122. 495-499p;
- Nakamura, M.; Kurata, T. 1997. Effect of L-Ascorbic Acid on the Rheological Properties of Wheat Flour-Water Dough. Cereal Chemistry. v.74. n.5. 647–650p;
- Neoringredientes. 2011. Ficha técnica do carbonato de cálcio. 2p;
- Nilufer-Erdil, *et al.*, 2012. Effect of soy milk powder addition on staling of soy bread. Food Chemistry. v.131. 1132-1139p;
- Nunes, A.G., *et al.* 2006. Processos enzimáticos e biológicos na panificação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 18p;
- Nunes, J.C. 2008. Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras: impactos na qualidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 103p;
- Palma, E. J. *et al.* 2004. Emulsificantes em Panificação. Oxiteno S/A Indústria e Comércio. ART AL001 – 06/04. 1-7p;
- Panike. 2011<sup>a</sup>. “História”. Disponível: <http://www.panike.pt/pt/panike/historia> [data da consulta:25/1/2011];
- Panike. 2011<sup>b</sup>. “Investigação e Desenvolvimento”. Disponível: <http://www.panike.pt/pt/panike/inovacao> [data da consulta:22/12/2011];
- Panike. 2011<sup>c</sup>. “Sobre a Panike”. Disponível: <http://www.panike.pt/pt/panike/sobre> [data da consulta:25/11/2011];
- Pavanelli, A.P. 2000. “Aditivos para Panificação: Conceitos e Funcionabilidade”. Oxiteno S/A Indústria e Comércio. ABIAM- Associação Brasileira da Indústria de Aditivos e Melhoradores para Alimentos e Bebidas. [online]. ART AL002-06/00. 1-6p. <http://www.oxiteno.com.br/aplicacoes/mercados/doc/documento.asp?artigotecnico=2&segmento=0100&idioma=PO&r=.pdf> [19/10/2011];
- Penfield, M.P.; Campbell, A.M. 1990. Experimental Food Science, San Diego: Academic Press. 541p;
- Pereira, E.P.R. *et al.* 2009. Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês. Brazilian Journal of Food Technology. v.12, n.3, 161-171p;
- Pham, Q.T. 1984. Extension to Plank’s equation for predicting freezing times of foodstuffs of simple shapes. International Journal of Refrigeration. v.7. 377-383p;
- Pomeranz, Y. 1987. Modern Cereal Science and Technology. Pullman: VCH Publishers Inc;
- Pomeranz, Y.; Shellenberger, J.A. 1971. Bread Science and Technology. Westpor: Avi Publishing Company. 262p;
- Pylar, E. J. 1988. Baking science and technology. 3<sup>rd</sup> edition. Kansas City: Sosland Publishing Company. 588p;
- Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. Zaragoza - Espanha. 485p;

- Qualfood - Base de dados de Qualidade e Segurança Alimentar. 2011. “Aditivos Alimentares – Função”. Disponível: [http://qualfood.biostrument.com/center/conteudos/ver\\_conteudo.php?id\\_conteudo=13](http://qualfood.biostrument.com/center/conteudos/ver_conteudo.php?id_conteudo=13) [data da consulta:30/11/2011];
- Quiminet.com. 2006. “El carbonato de cálcio en los alimentos”. Disponível: <http://www.quiminet.com/articulos/el-carbonato-de-calcio-en-los-alimentos-8219.htm> [data da consulta:09/12/2011];
- Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos aditivos alimentares. Jornal Oficial da União Europeia. 16 de Dezembro de 2008;
- Reis, F.M. 1980. A utilização do frio alimentar. Livraria Clássica Editora. 259p;
- Ribotta, P. D. *et al.* 2005. Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.85. n.11. 1889-1896p;
- Ribotta, P. D. *et al.* 2008. Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality. *Springer. Food Bioprocess Technol.* v.3. 395-405p;
- Ribotta, P.D.; Le Bail, A. 2007. Thermo.physical and thermo-mechanical assessment of partially baked bread during chilling and freezing process: Impact of selected enzymes on crumb contraction to prevent crust flaking. *Journal of Food Engineering*. v.78. 913-921p;
- Santos, L.V. 2008. Emulsificantes – modo de ação e utilização nos alimentos. Pelotas. 39p. Disponível: Universidade Federal de Pelotas;
- Schunemann, C.; Treu, G. 1988. Baking – The Art and Science. Baker Tech Inc, Alberta, Canada. 1<sup>st</sup> edition. 336p;
- Sebess, P. 2010. Técnicas de Padaria Profissional. Editora Senac, Rio de Janeiro - R J. 320p;
- Selomulyo, V.O.; Zhou, W. 2007. Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science*. v.45. 1-17p;
- Stampfli, L.; Nersten, B. 1995. Emulsifiers in bread making. Review. *Food Chemistry*. v.52, n.14. 353-360p;
- Stauffer, C.E. 1998. Principles of Dough Formation In Cauvain, S.P.; Young, L.S. *Technology of Breadmaking*. London: Blackie Academic & Professional. 262-295p;
- Tedrus, G.A.S. 2001. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. *Revista Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos*. v.21. n.1. 20-25p;
- Tester, R.F. 2004. Starch – composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*. v.39. 153-165p;
- Valentine, P.J.; Salyers, A.A. 1992. Analysis of Proteins Associated with Growth of *Bacteroides ovatus* on the Branched Galactomannan Guar Gum. *Applied and Environmental Microbiology*. v.58. n.5. 1534-1540p;
- Vulicevic, I.R. *et al.* 2004. Quality and storage life of par-baked frozen breads. *Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie*. v.37. 205-213p;
- Wassermann, L. 2009. Bread improvers – action and application. *Wissensforum Backwaren*. 5<sup>o</sup>edition. Neu-Ulm- Germany. 1-20p;

- Zenebon, O. *et al.* 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. IV edição - 1º edição digital. São Paulo. 1000p.