



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

ALESSANDRA AFONSO TEIXEIRA PENTEADO

**APLICAÇÃO DE GORDURAS “LOW TRANS”
À BASE DE SOJA, FORMULADAS UTILIZANDO
REDE NEURAL ARTIFICIAL, EM BISCOITOS LAMINADOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Prof^ª. Dr^ª. Caroline Joy Steel

ORIENTADORA

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida por Alessandra Afonso Teixeira Penteado, aprovada pela comissão julgadora em __/__/__ e orientada pela Prof^ª Dr^ª Caroline Joy Steel.

Campinas, 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
LUCIANA P. MILLA – CRB8/8129- BIBLIOTECA DA FACULDADE DE
ENGENHARIA DE ALIMENTOS – UNICAMP

P387a Penteadó, Alessandra Afonso Teixeira
Aplicação de gorduras “low *trans*” à base de soja,
formuladas utilizando rede neural artificial, em biscoitos
laminados / Alessandra Afonso Teixeira Penteadó. --
Campinas, SP: [s.n], 2012.

Orientador: Caroline Joy Steel.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Gorduras low *trans*. 2. Redes neurais artificiais.
3. Biscoitos. 4. Gorduras interesterificadas. 5. Gordura.
I. Steel, Caroline Joy II. Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.
Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Application of low *trans* fat soy-based fats, developed on an
artificial neural network in semi-sweet biscuits

Palavras-chave em inglês (Keywords):

Low *trans* fat

Neural network

Biscuits

Interesterified fat

Fat

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora:

Caroline Joy Steel [Orientador]

Daniel Barrera-Arellano

Luiz Antônio Gioielli

Elizabeth Harumi Nabeshima

Yoon Kil Chang

Data da defesa: 15/02/2012

Programa de Pós Graduação: Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Caroline Joy Steel
(Orientadora)

Prof. Dr. Daniel Barrera-Arellano
(Membro)

Prof. Dr. Luiz Antonio Gioielli
(Membro)

Dra. Elizabeth Harumi Nabeshima
(Membro)

Prof. Dr. Yoon Kil Chang
(Membro)

Dedico ao meu filho Matheus por ser minha razão de viver,
por ser tudo para mim. Aos meus pais Caco e Isabel pelo
apoio/ajuda, incentivo e amor. À minha prima Lygia pela
amizade e apoio.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Caroline Joy Steel,
pela confiança em meus esforços;
Ao Dr. Daniel Barrera-Arellano, pelos ensinamentos
e atenção desprendida;
e ao Prof. Dr. Yoon Kil Chang por todos estes anos
de ensinamentos e convivência, minha imensa gratidão.

Agradecimentos

Ao meu filho Matheus por sua existência e por ser a razão de todas as minhas conquistas;

Aos meus pais Caco e Isabel pelo amor, apoio e incentivo em todos os momentos de minha vida;

À minha prima Lyggia e à amiga Rachel pelo apoio e amizade, e por estarem sempre ao meu lado;

À minha orientadora Profa. Dra. Caroline Joy Steel pela orientação, dedicação e amizade;

Ao Prof.Dr.Yoon Kil Chang pelos ensinamentos, convivência e apoio;

Ao Prof.Dr. Daniel Barrera pela imensa ajuda e ensinamentos;

Aos membros da banca, Prof. Dr. Yoon Chang, Prof. Dr. Daniel Barrera, Dra Elizabeth Nabeshima e Prof.Dr.Luiz Antonio Gioielli pelas correções e sugestões feitas no trabalho;

A todos os amigos dos Laboratórios de Cereais e de Óleos e Gordura pelo carinho e amizade;

À Renata e Diogo, do Laboratório de Instrumentação e à Joice do Laboratório de Processos, pela ajuda nas análises;

Ao Laboratório de Ciências dos Alimentos pela disponibilidade do equipamento de medição de cor instrumental;

A todas as técnicas do Laboratório de Óleos e Gordura pela paciência, ensinamento e ajuda nas análises lá realizadas;

Ao grande amigo Chiu pelo apoio, ensinamento, ajuda e amizade nestes anos de estudo;

Aos amigos André Marangoni, Kelly Granda e Jennyfer Yoshida pela parceria, ajuda, e apoio neste projeto, e pela amizade;

Ao amigo André Marangoni pela ajuda na formatação do boneco desta dissertação;

Aos queridos e excelentes funcionários da padaria da FEA, pela paciência, ajuda, apoio, ensinamento e constante carinho;

Ao meu querido amigo comandante Thiago Forti pela grande ajuda adquirindo biscoitos de todas as regiões do Brasil;

À minha funcionária Luciana pela ajuda e por cuidar com grande carinho de meu filho para que eu pudesse desenvolver este trabalho;

À Andréia Aide da empresa Arcor pelo tempo desprendido e enorme ensinamento;

Ao meu queridíssimo amigo e ex-colega de trabalho David Nogueira da empresa Selmi por me conceder visita ao processamento de biscoitos, pelos ensinamentos, pelo apoio, pelo carinho, pela amizade e pela constante transmissão de alegria;

Ao excelente profissional e atual amigo Valmir da empresa Selmi pela ajuda e disponibilidade do material de embalagem para realização deste projeto;

Ao colega Gustavo da empresa Triângulo Alimentos pelos enormes ensinamentos, pela ajuda, pelo fornecimento das matérias primas utilizadas neste trabalho e principalmente pela educação, dedicação e carinho sempre desprendidos por sua pessoa;

Às empresas Bunge, Graver, Triângulo Alimentos, Cargill e Cepalco pelo fornecimento de matérias-primas e recursos para realização deste trabalho;

À CNPQ pela concessão da bolsa para a realização deste mestrado;

À minha terapeuta Cristina pela enorme ajuda, sem a qual eu não teria conseguido concluir este projeto de vida;

Ao Prof. Dr. Marcelo Cristianini e Profa. Dra Isabel pelo sempre apoio, incentivo e verdadeira amizade;

Ao Jonas do “xerox da FEA” pela ajuda na impressão dos bonecos desta dissertação;

À Luciana da biblioteca da FEA pela ajuda e ensinamentos com as referências bibliográficas;

Ao meu amigo Maurício pela ajuda na formatação do índice deste trabalho;

À todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho;

Muito Obrigada!!!

“Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades. Lembrai-vos de que as grandes proezas da história foram conquistadas do que parecia impossível.”

CHARLIE CHAPLIN

RESUMO

Após as crescentes divulgações na mídia dos malefícios à saúde causados pela ingestão de gorduras *trans* e a Resolução RDC 360, de 23 de dezembro de 2003, que estabelece a obrigatoriedade de declaração dos níveis de gordura *trans* nos rótulos dos alimentos industrializados, nota-se uma crescente demanda por produtos sem ácidos graxos *trans* (“*low trans*”). O objetivo principal deste projeto foi aplicar a tecnologia de Redes Neurais Artificiais (RNAs) para a obtenção de *blends* de gorduras “*low trans*” derivadas de soja e avaliar seu desempenho quando aplicados no processamento de biscoitos laminados tipo Maria. Para tal, foram utilizadas duas bases de gorduras interesterificadas de soja (B1 e B2) e óleo de soja e, como características para definição do *blend* final foram utilizados os parâmetros de ponto de fusão e curva de sólidos das gorduras comerciais *low trans* e hidrogenada. Para a produção dos biscoitos, foram selecionados quatro *blends* de acordo com o menor erro apresentado pela RNA. Óleo de soja, gorduras comerciais *low trans* e hidrogenada de soja, foram utilizadas para comparação, bem como uma formulação sem adição de gordura. Todas as gorduras foram caracterizadas quanto aos índices de acidez, peróxido e iodo, composição em ácidos graxos e triacilgliceróis, ponto de fusão e curva de sólidos. Os *blends* foram caracterizados quanto ao ponto de fusão e curva de sólidos. Os biscoitos tiveram condições de processamento idênticas e diferenças de maquinabilidade da massa foram avaliadas. Após a produção dos biscoitos em escala laboratorial, os mesmos foram analisados quanto às suas características tecnológicas e físico-químicas (massa, dimensões, expansão, crescimento horizontal e vertical, cor instrumental, textura instrumental, atividade de água, gradiente de umidade, teor de umidade, teor de lipídios). Também foi realizado um acompanhamento mensal dos biscoitos por um período de quatro meses, analisando cor instrumental, textura instrumental, atividade de água, umidade e porcentagem de quebra/fissura. Os resultados mostraram que a gordura é fundamental para boa maquinabilidade, textura e umidade final dos biscoitos e ao longo do *shelf- life* estudado. Os biscoitos produzidos com os *blends* elaborados através da RNA, quando comparados com biscoitos produzidos com gorduras comerciais *low trans* e hidrogenada, não apresentaram alterações significativas nos parâmetros de processo/maquinabilidade e análises físico-químicas do produto final e ao longo de quatro meses de estocagem, sendo que o *blend* composto por 46% da base interesterificada de soja (B2) e 54% de óleo de soja, apresentou melhor performance. Assim, este estudo permite afirmar que através da RNA foi possível desenvolver gorduras para aplicação em biscoitos laminados que sejam *low trans*, derivadas de soja e com menor teor de saturados que as atuais gorduras comerciais. Portanto, representando uma vantagem para saúde do consumidor, otimizando tempo de formulação de gorduras, e possibilitando a obtenção de uma matéria prima para produção de biscoitos com maior disponibilidade no mercado brasileiro e a custos mais acessíveis.

Palavras-chave: Gordura *trans*, biscoito laminado, rede neural, gordura interesterificada

ABSTRACT

After growing media disclosures of the health hazards caused by *trans* fats intake, and the RDC 360, 23 December 2003, establishing the mandatory declaration of *trans* fat levels on the labels of processed foods, a growing demand for products without *trans* fatty acids ("low *trans*") has been noted. But the big challenge is getting "low *trans*" with the same functional and sensory properties of hydrogenated fats. The main objective of this project was to applied the technology of Artificial Neural Networks (ANN) to obtain fat *blends* derived from soy (low *trans*) and evaluate this performance when applied in the processing of rolled biscuits. To this end, was used two sets of soy interesterified fats (B1 e B2) and soybean oil and, as characteristics to define the *blend*, the parameters used were the melting point and the solid fat curve of the commercial fats low *trans* and hydrogenated. For the production of biscuits, four *blends* were selected according to the smallest ANN error. Soybean oil, commercial fats low *trans* and hydrogenated, were used for comparison as well as a fat-free formulation. All fats were characterized by acid value, peroxide and iodine index, fatty acid and triacylglycerols composition, melting point and solid fat curve. The biscuits had identical processing conditions and differences in machinability of the dough were evaluated. After biscuits production on a laboratory scale, they were analyzed in their technological and physicochemical characteristics (mass, size, expansion, horizontal and vertical growth, instrumental color, instrumental texture, water activity, moisture gradient, moisture and lipids value). Also, was carried out a monthly monitoring on the biscuits in a period of four months analyzing instrumental color, instrumental texture, water activity, moisture value and percentage of breakage/cracking biscuits. The results showed that fat is essential for a machinability, texture and moisture content in final biscuits and along the storage studied. The biscuits produced with the low *trans* *blends* prepared by the ANN, compared with the biscuits made with the commercial fatty low *trans* and hydrogenated, showed no significant changes in process/machinability parameters and physical-chemical analysis of the final products and over the four moth storage, and that the *blend* composed of 46% of the interesterified soybean (B2) and 54% soybean oil, had a better performance. Thus this study do suggest that through Artificial Neural Network was possible to develop low *trans* fats derived from soybean and less saturated fat than current commercial fats, for use in biscuits, representing a benefit for the consumer health, an operational and financial advantage, optimizing time of fats formulation, while enabling the obtains a raw material for biscuits production with Brazilian greater market availability and so, more affordable costs.

Key words: *Trans* fat, biscuits, neural network, interesterified fat

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	5
2.1. Objetivo geral	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. Revisão Bibliográfica	7
3.1. Lipídios e ácidos graxos <i>trans</i> (AGT).....	7
3.1.1. Descrição	7
3.1.2. Aspectos nutricionais negativos.....	10
3.1.3. Consumo, recomendação e legislação	12
3.2. Substituição de gorduras	13
3.2.1. Gorduras interesterificadas.....	14
3.2.2. <i>Blends</i>	16
3.3. Redes Neurais Artificiais (RNA).....	16
3.4. Biscoitos laminados.....	19
3.4.1. Definição, legislação e mercado brasileiro.....	19
3.4.2. Ingredientes.....	23
3.4.2.1. Farinha de trigo	23
3.4.2.2. Açúcar	25
3.4.2.3. Gordura	27
3.4.2.4. Sal (NaCl).....	27
3.4.2.5. Agentes químicos de aeração (fermento químico)	27
3.4.2.6. Emulsificantes	28
3.4.2.7. Aromas	29
3.4.2.8. Agentes redutores e proteases.....	29
3.4.3. Processo	29

3.4.3.1. Mistura.....	30
3.4.3.2. Descanso da massa	31
3.4.3.3. Laminação.....	32
3.4.3.4. Corte e estampo	32
3.4.3.5. Cozimento	33
3.4.3.6. Resfriamento e empacotamento	34
3.4.4. Controle de qualidade de biscoitos laminados.....	35
3.5. Importância das gorduras e características para a produção de biscoitos ..	35
3.5.1. Função das gorduras nos biscoitos	36
3.5.2. Qualidade das gorduras para biscoitos.....	38
4. Material e métodos	41
4.1. Material	41
4.1.1. Matérias-primas.....	41
4.1.2. Embalagens	42
4.1.3. Equipamentos.....	42
4.1.4. Rede Neural	43
4.2. Métodos	43
4.2.1. Caracterização das matérias-primas	43
4.2.1.1. Bases gordurosas, óleo de soja e gorduras padrão (comerciais) ...	43
4.2.1.1.1. Acidez	43
4.2.1.1.2. Índice de peróxido	43
4.2.1.1.3. Composição em ácidos graxos	44
4.2.1.1.4. Índice de iodo calculado.....	44
4.2.1.1.5. Composição em triglicerídeos	44
4.2.1.1.6. Ponto de fusão	44
4.2.1.1.7. Conteúdo de gordura sólida	45

4.2.1.2. Farinha de trigo	45
4.2.1.2.1. Composição centesimal	45
4.2.1.2.2. Teores e índice de glúten	46
4.2.1.2.3 Atividade diastática (Falling Number)	46
4.2.1.2.4 Absorção de água e propriedades de mistura	46
4.2.1.2.5 Propriedades de extensão	47
4.2.1.2.6 Propriedades alveográficas	47
4.2.2. Maquinabilidade da massa para biscoito	47
4.2.3. Avaliação da qualidade dos biscoitos	48
4.2.3.1. Diâmetro	48
4.2.3.2. Espessura	48
4.2.3.3. Expansão	48
4.2.3.4. Crescimento horizontal e vertical	49
4.2.3.5. Massa	49
4.2.3.6. Volume calculado	49
4.2.3.7. Densidade calculada	49
4.2.3.8. Quebras / Fissuras	49
4.2.3.9. Cor instrumental	49
4.2.3.10. Textura instrumental	50
4.2.3.11. Atividade de água (<i>A_w</i>)	50
4.2.3.12. Umidade	50
4.2.3.13. Lipídios totais	51
4.2.3.14. Gradiente de umidade	51
4.2.3.15. Composição em ácidos graxos	51
4.3. Procedimento experimental	51
4.3.1. Produção dos <i>blends</i> utilizando a rede neural	51

4.3.2. Caracterização dos <i>blends</i>	52
4.3.3. Produção dos biscoitos laminados.....	52
4.3.3.1. Formulação	52
4.3.3.2. Procedimento de produção.....	54
4.3.3.2.1. Estocagem das matérias-primas	54
4.3.3.2.2. Pesagem dos ingredientes	54
4.3.3.2.3. Mistura	55
4.3.3.2.4. Descanso da massa.....	55
4.3.3.2.5. Laminação	55
4.3.3.2.6. Corte e estampo.....	55
4.3.3.2.7. Forneamento.....	56
4.3.3.2.8. Resfriamento.....	56
4.3.3.2.9. Empacotamento	56
4.3.3.2.10. Estocagem	57
4.3.3.3. Avaliação da maquinabilidade da massa	57
4.3.3.4. Avaliação da qualidade dos biscoitos laminados	57
4.3.3.5. Avaliação da qualidade durante a estocagem.....	57
4.3.3.6. Tratamento dos dados.....	58
5. Resultados e discussão	59
5.1. Caracterização das Matérias-primas	59
5.1.1. Bases gordurosas e óleo de soja.....	59
5.1.2. Farinha de trigo	65
5.2. Produção dos <i>blends</i> utilizando a rede neural	69
5.3. Caracterização dos <i>blends</i>	72
5.4. Processamento dos biscoitos	78
5.4.1. Condições de processamento	78

5.4.2. Avaliação de maquinabilidade	80
5.5. Avaliação da qualidade dos biscoitos laminados	83
5.5.1. Análises físicas.....	83
5.5.2. Análises químicas.....	87
5.5.3. Características dos biscoitos	89
5.6. Avaliação da qualidade do biscoito durante a estocagem.....	93
6. Conclusão.....	105
7. Referências bibliográficas	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura de um Triglicerídeo.	7
Figura 2. Representação dos ácidos oléico, elaídico e esteárico, destacando-se as configurações <i>cis</i> e <i>trans</i> . Fonte: VALENZUELA; KING; NIETO, 1995.	8
Figura 3. Modelo básico do Neurônio Artificial (x = dados de entrada; w = pesos sinápticos; F = função de ativação; y = dados de saída). FONTE: CARDOSO (1999).	18
Figura 4. Segmentação do mercado brasileiro de biscoitos por tipo. Fonte: SIMABESP, 2011.*Crackers e Água e Sal incluem integrais, gergelim, centeio, etc.; **Salgados incluem salgadinhos, aperitivos, snacks e “tipo club”.	22
Figura 5. Fluxograma do processo produtivo de biscoitos laminados.....	30
Figura 6. Curva de sólidos típica de gorduras para biscoitos laminados (Fonte: MANLEY, 1996)	39
Figura 7. Fluxograma de produção dos biscoitos laminados tipo Maria.....	54
Figura 8. Molde para biscoito tipo Maria.....	56
Figura 9. Curva de sólidos das gorduras padrão: gordura vegetal hidrogenada de soja (GHS) e gordura low <i>trans</i> (GLT); do óleo de soja (OLS); e das bases interesterificadas de soja (B1 e B2).	59
Figura 10a. Curva de sólidos das gorduras interesterificadas (B1 e B2), óleo de soja, gordura padrão low <i>trans</i> , e da solução mais próxima encontrada.....	70
Figura 10b. Curva de sólidos das gorduras interesterificadas (B1 e B2), óleo de soja, gordura padrão hidrogenada de soja, e da solução mais próxima encontrada.....	71
Figura 11: Perfil de sólidos dos <i>blends</i> formulados (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4) e das gorduras comerciais (GHS e GLT).	73
Figura 12. Correlação entre os valores experimentais e os preditos pela rede.....	75
Figura 13. Dureza dos biscoitos formulados com os <i>blends</i> (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.....	94
Figura 14. Umidade dos biscoitos formulados com os <i>blends</i> (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.	96
Figura 15. Atividade de água dos biscoitos formulados com os <i>blends</i> (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.	98
Figura 16. Quebra/fissura dos biscoitos formulados com os <i>blends</i> (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.	99

Figura 17. Cor instrumental (L, a e b) dos biscoitos formulados com os *blends* (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses. 102

Figura 18. Biscoitos produzidos com as diferentes gorduras..... 104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mercado brasileiro de biscoitos.....	21
Tabela 2. Escala de pontuação para avaliação da qualidade do processo de laminação da massa.....	47
Tabela 3. Sistemática de pontuação para avaliação da qualidade da massa no processo de moldagem e corte.	48
Tabela 4. Formulação para a produção dos biscoitos laminados tipo Maria.	53
Tabela 5. Gorduras utilizadas nos diferentes testes	53
Tabela 6. Características físico-químicas das gorduras.....	59
Tabela 7. Composição em ácidos graxos das gorduras.....	61
Tabela 8. Composição em triacilgliceróis (TAG) do óleo de soja (OLS); e das bases interesterificadas de soja (B1 e B2)*.....	63
Tabela 9. Teores de SSS, SSU, SUU e UUU do óleo de soja (OLS); e das bases interesterificadas de soja (B1 e B2)*.....	63
Tabela 10. Composição em triacilgliceróis (%) das gorduras*	65
Tabela 11. Composição centesimal da farinha de trigo Bunge Pró-Bisc 75	65
Tabela 12. Análises reológicas da farinha de trigo.....	67
Tabela 13. Respostas da Rede Neural para soluções da gordura padrão <i>low trans</i> , utilizando óleo de soja (OLS) e as bases interesterificadas de soja (B1 e B2).	72
Tabela 14. Composição dos <i>blends</i> (BLD) formulados pela Rede Neural Artificial (RNA) 72	
Tabela 16. Condições de processamento dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.	78
Tabela 17. Avaliação de qualidade de laminação das massas de biscoitos formuladas com as diferentes gorduras.....	81
Tabela 18. Avaliação de qualidade de moldagem das massas de biscoitos formuladas com as diferentes gorduras.....	82
Tabela 19. Diâmetro médio (mm), espessura média (mm) e expansão dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.	83
Tabela 20. Volume (cm ³), massa (g) e densidade (g/cm ³) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.	84
Tabela 21. Crescimento horizontal e vertical dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.	86
Tabela 22. Gorduras totais e umidade dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.	88

Tabela 23. Dureza, atividade de água (Aw) e cor dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.....	89
Tabela 24. Quebra/fissura dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.	91
Tabela 25. Dureza (N) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).	94
Tabela 26. Umidade (%) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).	95
Tabela 27. Atividade de água dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).	97
Tabela 28. Porcentagem de quebra/fissura dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).....	99
Tabela 29. Cor instrumental (L*, a*, b*) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4)....	101

1.Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor de biscoitos do mundo, com 1,206 milhões toneladas produzidas em 2009, representando um crescimento de 2,5% de 2008 para 2009. O consumo anual de biscoitos per capita do brasileiro tem se situado em torno dos 6 quilos nos últimos cinco anos (SIMABESP/ANIB, 2010). A expectativa é de que esta marca chegue a 8 quilos nos próximos 10 anos. No entanto, após resultados de pesquisas que comprovaram que o consumo de gordura *trans*, presente em diversos produtos industrializados, incluindo os biscoitos, está relacionado com o aumento de doenças cardiovasculares, os fabricantes estão buscando alternativas para se manter no mercado sem afetar a saúde do consumidor e a qualidade dos biscoitos (SIMABESP/ANIB, 2010).

Os ácidos graxos *trans* (AGT) estão presentes naturalmente nas gorduras provenientes de animais ruminantes, podem ser originados em pequenas quantidades na etapa de desodorização de óleos, e no processo de fritura de alimentos, mas a principal fonte de AGT na alimentação são os óleos e gorduras vegetais parcialmente hidrogenados, que contribuem com cerca de 80 a 90% de todos os isômeros *trans* provenientes da dieta (MARANGONI; ROUSSEAU, 1995) e que são usados no processamento de biscoitos.

A gordura *trans* é responsável pelo aumento do colesterol total e ainda do colesterol maléfico à saúde (LDL-colesterol), ao mesmo tempo em que provoca a redução dos níveis do colesterol benéfico à saúde (HDL-colesterol), ou seja, é de alto risco para doenças cardiovasculares (AUED-PIMENTEL *et al.*, 2003). O Guia Alimentar para População Brasileira recomenda que o total de gordura *trans* consumida deva ser menor que 1% do valor energético total diário (no máximo 2g/dia para uma dieta de 2.000 kcal) (RADIOCOLMEIA, 2010). A associação Americana de Cardiologia preconiza que adultos saudáveis minimizem a ingestão de alimentos que contenham altos níveis de gorduras saturadas e reduzam substancialmente a ingestão de gordura *trans* (FDA, 2004).

A Resolução RDC nº360, de 23 de Dezembro de 2003 estipulou um prazo para que até 31 de Julho de 2006 as empresas incluíssem nas suas embalagens os percentuais de gordura *trans* (BRASIL, 2003b). Com isso, a Associação Nacional das Indústrias de Biscoitos (ANIB) realizou, em setembro de 2008, um levantamento que mostrou que 65% dos biscoitos disponíveis no mercado brasileiro estavam livres de

gordura *trans*, verificando uma reação rápida dos fabricantes, porém um volume grande de produtos que ainda precisavam ser adequados à exigência do consumidor por saudabilidade. Pesquisa mais recente, realizada em 2010, da Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA) em parceria com o Governo Federal mostra que 94,6% da indústria alimentícia conseguiram diminuir o índice de gordura *trans* nos alimentos industrializados para números que estão dentro das recomendações da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), ou seja, 5% de gordura *trans* no total de gorduras em alimentos processados. No entanto, nas categorias de bolos e biscoitos, o Ministério da Saúde afirmou que os resultados foram "menos expressivos" (SIMABESP/ANIB, 2010)

Analisando as formulações dos biscoitos hoje no mercado, nota-se que a substituição da gordura *trans* se dá principalmente por gordura de palma ou *blend* de gordura interesterificada de soja/algodão com gordura de palma, o que encarece demasiadamente o produto final devido ao alto valor econômico da palma que além de sua produção nacional não suprir a necessidade interna, obriga sua importação. Hoje mundialmente ela vem sendo amplamente utilizada também no mercado de biodiesel, diminuindo sua disponibilidade para alimentos e aumentando o custo. Sendo assim, a utilização de gordura derivada unicamente da soja viria trazer não só uma vantagem econômica como também maior disponibilidade desta matéria-prima abundante em nosso país.

Notamos ainda que na etapa de formulação das gorduras, onde várias gorduras modificadas e/ou óleos precisam ser misturadas para que a gordura final alcance as características técnicas adequadas, é uma dificuldade enfrentada pelos formuladores. Informações a respeito do comportamento térmico das gorduras, como ponto de fusão, perfil de sólidos e curvas de fusão, utilizadas na formulação, e que determinam seu desempenho no produto final, são muito escassas para as gorduras interesterificadas (substitutas *low trans* das gorduras parcialmente hidrogenadas). Além disto, os processos convencionais de formulação são demorados e trabalhosos, sendo necessários muitos cálculos e procedimentos de tentativa e erro (SMALLWOOD, 1989; ERICKSON, 1995). Este processo pode ser otimizado através da utilização das Redes Neurais Artificiais (RNA), capazes de resolver problemas não lineares, como a formulação de gorduras, melhorando o desempenho das gorduras interesterificadas no produto final (BLOCK *et al.*, 1999). Biscoitos tipo Maria, que hoje representam 10% do mercado nacional de biscoitos (SIMABESP/ANIB, 2010), possuem características dimensionais, como diâmetro,

espessura e textura altamente específicas, exigindo uma substituição perfeita da gordura *trans*.

É neste cenário que o estudo de alternativas tecnológicas relacionadas aos processos de obtenção e formulação de gorduras torna-se muito importante para que seja possível substituir o processo de hidrogenação e diminuir de forma significativa a presença de isômeros *trans* em alimentos, sem que haja prejuízo tanto econômico como da qualidade do produto final, principalmente em biscoitos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é formular gorduras 100% de soja e “low *trans*” utilizando a tecnologia de Redes Neurais Artificiais (RNA) e avaliar sua aplicação em biscoitos laminados tipo Maria.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi formular e avaliar o desempenho de gorduras “low *trans*” derivadas de soja em biscoitos laminados tipo Maria.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- a) Caracterizar as matérias-primas e gorduras comerciais (padrão);
- b) Avaliar a performance da rede neural na formulação de gorduras low *trans* para biscoitos tipo Maria;
- c) Seleção, aplicação e avaliação de quatro *blends* de gorduras na fabricação de biscoitos tipo Maria

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Lipídios e ácidos graxos *trans* (AGT)

3.1.1. Descrição

Óleos e gorduras comestíveis são nutrientes essenciais da dieta humana, apresentando papel vital mediante o fornecimento de ácidos graxos essenciais e energia. Em adição às qualidades nutricionais, os óleos e gorduras provêm consistência e características de fusão específicas aos produtos que os contêm, atuam como meio de transferência de calor durante o processo de fritura e como carreadores de vitaminas lipossolúveis e aromas (CHIU *et al.*, 2008). Além disso, os lipídios afetam a estrutura, a estabilidade, o sabor, o aroma, a qualidade de estocagem, e as características sensoriais e visuais dos alimentos (NORIZZAH *et al.*, 2004). Os principais lipídios são os triglicerídeos, compostos por uma molécula de glicerol com três ácidos graxos (**Figura 1**).

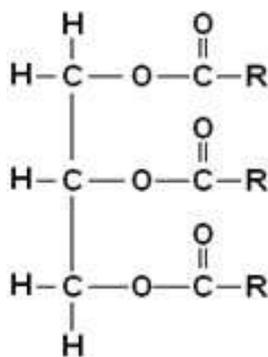


Figura 1. Estrutura de um Triglicerídeo.

Ácidos graxos são compostos que conferem aos lipídios as principais propriedades nutricionais, diferindo basicamente entre si pelo comprimento de sua cadeia de carbonos (4-24) e pelo número (0-6) e posição de suas duplas ligações. Estas características são responsáveis pelas diferentes propriedades físicas e químicas destes compostos (AZEVEDO, 1999).

Quando os átomos de hidrogênio estão no mesmo lado da cadeia de carbono, a dupla ligação é parte de uma estrutura rígida em forma de “arco” constituída ao longo do ácido graxo. Este arranjo é denominado configuração *cis* (a mais usual). Já quando os átomos de hidrogênio se encontram em lados opostos da cadeia, a dupla ligação é dita na configuração *trans*, e o ácido graxo apresenta-se como uma cadeia praticamente linear (MARTIN *et al.*, 2005), tais configurações podem ser observadas na **Figura 2**.

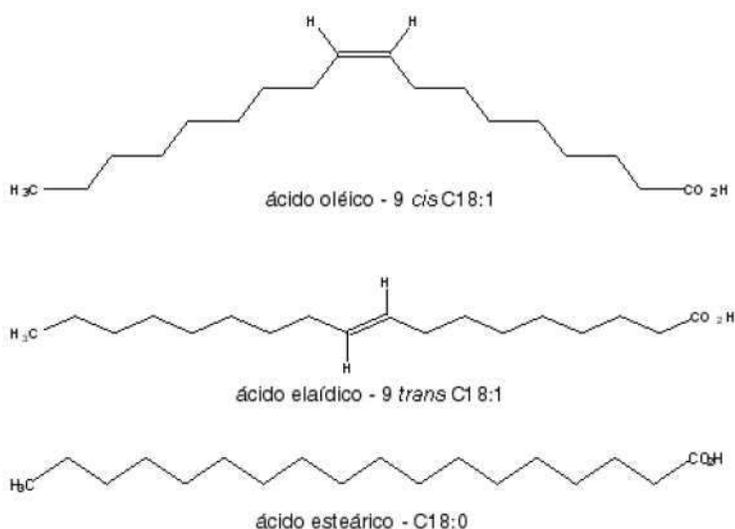


Figura 2. Representação dos ácidos oléico, eláidico e esteárico, destacando-se as configurações *cis* e *trans*. Fonte: VALENZUELA; KING; NIETO, 1995.

O ácido graxo *trans* tem seu ponto de fusão mais elevado quando comparado a seu isômero *cis* correspondente, e próximo ao do ácido graxo saturado com o mesmo número de átomos de carbono, podendo ser considerado um intermediário entre eles (VALENZUELA; MORGADO, 1999). Os isômeros *cis* estão associados à forma líquida, e esta é a forma predominante em óleos e gorduras naturais. Eles normalmente se oxidam mais rapidamente que a forma *trans* correspondente (PATTERSON, 1989).

Os ácidos graxos *trans* podem estar presentes naturalmente em gorduras originadas de animais ruminantes, como resultado do processo de bio-hidrogenação pela flora microbiana do rúmen. Larqué, Zamora e Gil (2001) estimam que 2 a 8% dos isômeros *trans* da dieta sejam provenientes desta fonte e ingeridos principalmente nos laticínios. Os AGT também podem ser originados no processo de desodorização de óleos

vegetais ($\pm 2\%$) e em operações de fritura de alimentos. Porém, o processo de hidrogenação de óleos vegetais constitui a principal fonte de ácidos graxos *trans* na dieta, contribuindo com cerca de 80 a 90% de todos os isômeros *trans* provenientes da dieta (MARANGONI; ROUSSEAU, 1995; MARTIN; MATSHUSHITA, 2004).

O processo de hidrogenação de óleos, gorduras e derivados consiste na modificação da composição, estrutura, consistência, reatividade frente à oxidação, decomposição térmica e outras reações químicas dos lipídios. Este processo também pode alterar o comportamento físico da matéria-prima, como as propriedades de fusão e tensão superficial (ARIAANSZ; ENGELHARD, 2005).

No Brasil, a hidrogenação comercial de óleos vegetais data da década de 50, visando à produção de gorduras para fins específicos (shortenings), margarinas e gorduras para frituras. A hidrogenação é realizada em tanques herméticos, onde o gás hidrogênio é misturado com o óleo na presença de 0,05 a 0,20% de catalisador níquel finamente dividido, a temperaturas superiores a 180°C, com pressões entre 0,5 a 4 atm. No decorrer do processo, algumas das duplas ligações dos ácidos graxos são eliminadas, enquanto uma proporção significativa de duplas ligações *cis* são isomerizadas através de conversão *cis-trans* e de mudança posicional ao longo da cadeia (RIBEIRO *et al.*, 2007). Óleo totalmente hidrogenado é obtido quando todas as duplas ligações são saturadas no processo. Do contrário, tem-se a hidrogenação parcial, usualmente empregada (GIOIELLI; BARUFFALDI, 1988). As características de gorduras parcialmente hidrogenadas são controladas pelas condições de hidrogenação. Os fatores envolvidos são: temperatura, pressão, agitação, e concentração do catalisador. O aumento na temperatura e/ou decréscimo na pressão acarreta o aumento da seletividade da reação e aumentam a velocidade de formação dos AGT (GRIMALDI; GONÇALVES; ANDO, 2005). No passado, a formação de isômeros *trans* foi considerada uma vantagem tecnológica, uma vez que, devido a seu maior ponto de fusão em relação aos correspondentes isômeros *cis*, os AGT favorecem a obtenção dos níveis de sólidos desejados em determinadas gorduras (O'BRIEN, 2004; MARANGONI; ROUSSEAU, 1995).

3.1.2. Aspectos nutricionais negativos

O conhecimento da quantidade de AGT na dieta é de fundamental importância devido aos efeitos adversos que esses isômeros provocam no organismo. A preocupação com os efeitos dos AGT na saúde têm aumentado nos últimos anos.

A maioria dos ácidos graxos insaturados ocorre na natureza na configuração *cis*. A alteração da estrutura para a forma *trans* pode afetar vários processos fisiológicos, influenciando na função e metabolismo dos mesmos, como por exemplo, na sua incorporação nos fosfolipídios e sua transformação em prostaglandinas e outros eicosanóides. Além disto, os ácidos graxos *trans* têm sido correlacionados com a etiologia de várias disfunções metabólicas, como a inibição do metabolismo de ácidos graxos essenciais (AUED-PIMENTEL *et al.*, 2003).

Os ácidos graxos essenciais, linoléico (C18:2 n-6) e linolênico (C18:3 n-3), são importantes para a formação de membranas celulares e são precursores para a síntese de eicosanóides. Para tal, esses ácidos graxos devem sofrer um aumento de sua cadeia carbônica, sob a ação de enzimas elongases, e inserção de duplas ligações, pelas enzimas D5 e D6 dessaturase. Isômeros *trans* do ácido α -linolênico competem com o ácido α -linolênico (C18:3 n-3) pela D6-dessaturase. O AGT C18:3 n-3 também é capaz de inibir a D5-dessaturase e, conseqüentemente, a formação de ácido araquidônico (SCRIMGEOUR *et al.*, 2001). Portanto, os isômeros *trans* podem inibir a biossíntese de compostos importantes para o organismo humano.

Entretanto, o principal efeito negativo à saúde está relacionado ao aumento do risco das doenças cardiovasculares. Há evidências de que a ingestão de ácidos graxos *trans* pode aumentar a lipoproteína de baixa densidade (LDL) e a lipoproteína a (Lpa) e diminuir a lipoproteína de alta densidade (HDL). A ingestão de altos níveis de ácidos graxos *trans* promove um aumento mais significativo da razão LDL/HDL-colesterol do que a ingestão de ácidos graxos saturados (AGS), e, conseqüentemente, um efeito adverso à saúde mais acentuado (AUED-PIMENTEL *et al.*, 2003; SANIBAL; MANCINI FILHO, 2004).

Os efeitos dos AGS e dos AGT sobre a LDL são similares, porém, segundo Roos *et al.* (2002), os AGT promovem uma redução nos níveis de HDL, diferentemente dos AGS. Além disso, segundo os autores, estes isômeros promovem a inibição da atividade

da paraoxonase, uma enzima que está envolvida na prevenção da oxidação lipídica e, conseqüentemente, na redução do risco de doenças cardiovasculares (DCV).

Em um estudo, Colandré *et al.* (2003) investigaram o impacto nutricional e metabólico de dietas contendo ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos cis (AG cis) ou ácidos graxos *trans* (AG *trans*) em ratos. Os resultados mostraram que os níveis de triacilgliceróis no plasma e no fígado foram maiores para AG *trans* e AGS em relação aos AG cis, porém o aumento no plasma deve-se aos AGS e no fígado aos AG *trans*. Os autores ainda relatam que a absorção aparente entre os ácidos graxos seguiu a seguinte ordem: AG cis > AG *trans* > AGS. Além disso, a excreção fecal dos AGS e dos isômeros *trans* foi maior que a dos isômeros cis. Os resultados sugerem um potencial risco da ingestão de *trans* e aumento da incidência de hipertrigliceridemia, derrames cardiovasculares e aterosclerose.

Segundo Mann (1994), os países do norte europeu apresentam maiores incidências de doenças cardiovasculares que os países mediterrâneos. Da mesma forma, o consumo de ácidos graxos *trans* é maior naqueles países em relação a estes últimos. Tal associação foi demonstrada em um estudo prospectivo realizado com mulheres americanas, o "Nurses' Health Study", no qual se detectou uma relação positiva entre o consumo de AG *trans* e o risco de doenças coronarianas (ALLISON *et al.*, 1995).

Em 1990, na Holanda, um estudo observou que uma dieta enriquecida com ácido eláidico (C18:1 *trans*), comparada com outra enriquecida com ácido oléico (C18:1 cis), aumentou o colesterol total e o LDL, diminuindo a concentração do HDL (ASCHERIO, 2006). Segundo Katz (2006), os AGT podem modificar a função celular através da interação com regiões hidrofóbicas. Evidências mostraram que a configuração dos AGT influencia na interação entre membranas lipídicas e membranas protéicas, modificando o seu funcionamento, podendo acarretar arritmias cardíacas.

Uma vez que estes podem interferir nas funções das membranas celulares, há razões para se acreditar que também afetem a sensibilidade da insulina e, conseqüentemente, o risco de diabetes. É possível que pequenas quantidades de AGT consumidas por um longo período de tempo, possam ser clinicamente relevantes. Dados apontam que os efeitos dos AGT em indivíduos saudáveis são insignificantes no que diz respeito à insulina, mas podem agravar a saúde de pacientes portadores de diabetes ou insulino-resistentes (RISÉRUS, 2006).

Sobre a saúde materno infantil, as concentrações de ácidos graxos *trans* ingeridos pela mãe estão associadas às concentrações encontradas no leite materno. Além do leite, os isômeros podem ser transferidos ao feto pela via placentária. Os estudos sugerem que os AGT afetariam o crescimento intrauterino devido à inibição do metabolismo dos ácidos graxos essenciais, pelas enzimas dessaturases (COSTA; BRESSAN; CÉPHORA, 2006).

3.1.3. Consumo, recomendação e legislação

Os AGT geralmente são consumidos em maiores quantidades em países industrializados, com valores médios, em 2001, entre 2 e 8 g/dia, o que correspondia a 2,5% do total energético ou a 6-8% da ingestão diária total (LARQUÉ; ZAMORA; GIL; 2001).

No Brasil, o consumo médio desse tipo de gordura chega a 3% do total calórico diário (RADIOCOLMEIA, 2010). Entretanto, em 2010, o Ministério da Saúde anunciou que 94,6% das indústrias alimentícias conseguiram diminuir o índice de gordura *trans* nos alimentos industrializados para números que estão dentro das recomendações da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), que estabelece o limite de 5% de presença de gordura *trans* sobre o total de gorduras em alimentos processados e 2% do total de gorduras *trans* em óleos e margarinas. Os dados são de estudo realizado pela Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA) em parceria com o Governo Federal. Nas categorias de margarinas, cremes vegetais, bolos e biscoitos, no entanto, o Ministério afirmou que os resultados foram “menos expressivos”. A iniciativa de estabelecer metas de redução do teor de gordura *trans* nos alimentos se originou com a criação do Fórum da Alimentação Saudável pelo Ministério da Saúde e a ABIA, em 2007, acordo que foi renovado para os próximos três anos. A associação calculou que, com a redução verificada, cerca de 230 mil toneladas de gordura *trans* deixaram de ir para os alimentos no ano de 2009, em comparação com 2008 (ABIA, 2010).

Segundo a IV Diretriz Sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia, não há consenso em relação à quantidade máxima de AGT permitida na dieta (SBC, 2007), no entanto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece que a ingestão diária máxima de gordura *trans* não deve ser superior a 1% das calorias ingeridas, ou 2g por dia em uma dieta de 2.000 kcal (RADIOCOLMEIA, 2010).

Em 1999, a Food and Drug Organization (FDA) estabeleceu a data de 1º de janeiro de 2006 para a implantação da nova rotulagem de alimentos nos EUA, exigindo que o teor de *trans* e a porcentagem do Valor Diário de Referência (VDR), juntamente com a dos ácidos graxos saturados, sejam mencionados no rótulo do produto (FDA, 2003).

No Brasil, entrou em vigor, em 23 de dezembro de 2003, a Resolução RDC nº 360, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), harmonizada no Mercosul, que obriga todos os fabricantes de alimentos industrializados a informar no rótulo de seus produtos a quantidade de gordura *trans* contida neles para orientar o consumidor. As empresas tiveram um prazo até 31 de julho de 2006 para adequação, devendo o teor de gordura *trans* ser declarado em relação à porção harmonizada para um determinado alimento, em conjunto as declarações para gorduras totais e saturadas. Ainda segundo a mesma RDC, a informação nutricional pode conter a expressão “zero” ou “0” ou “não contém” gorduras *trans*, quando o alimento contiver quantidades menores ou iguais a 0,2 g/porção, sendo admitida uma tolerância de + 20% com relação aos valores de nutrientes declarados no rótulo. Quando for realizada uma declaração de propriedades nutricionais sobre a quantidade de gordura *trans*, devem também ser indicadas na tabela nutricional as quantidades de gorduras monoinsaturadas, poliinsaturadas e colesterol (BRASIL, 2003b).

A regulamentação da rotulagem nutricional impulsionou a reformulação de produtos, com o objetivo de encontrar substitutos para as gorduras parcialmente hidrogenadas, principal fonte de ácidos graxos *trans* na dieta. Órgãos de defesa do consumidor e ONGs em todo o mundo se mobilizam para que a indústria alimentícia reduza a quantidade de *trans* nos produtos que fabrica. O mais complicado, porém, é encontrar substitutos para as gorduras *trans* que sejam saudáveis e mantenham as características tecnológicas e de estabilidade dos alimentos (SIMABESP, 2008).

3.2. Substituição de gorduras

Óleos e gorduras obtidos diretamente de fontes animais ou vegetais apresentam limitadas aplicações na indústria alimentícia, principalmente em função das suas propriedades físicas e químicas intrínsecas. Os métodos de modificação permitem o

desenvolvimento de gorduras e “shortenings” com diferentes perfis de fusão, perfeitamente adequados para usos específicos em diferentes produtos (LUCCAS, 2001).

Devido à polêmica sobre os efeitos do consumo de ácidos graxos *trans* na saúde humana, as empresas que produzem gorduras e “shortenings” vem trabalhando no desenvolvimento de processamentos tecnológicos adequados visando reduzir a formação dos ácidos graxos *trans* (AZEVEDO, 1999).

O desafio da indústria de alimentos na substituição da gordura *trans* está em desenvolver formulações que apresentem funcionalidade equivalente e viabilidade econômica, não acarretando também em aumento substancial do teor de ácidos graxos saturados nos alimentos. Assim, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para reduzir ou eliminar a presença de AGT nos alimentos, como a modificação do processo de hidrogenação química para a produção de gorduras parcialmente hidrogenadas com baixos teores de AGT, produção de sementes de oleaginosas com a composição em ácidos graxos modificada por técnicas de engenharia genética, uso de óleos tropicais (por exemplo, óleos de palma, palmiste e babaçu) e óleos fracionados, mistura de óleos totalmente hidrogenados (ausência de isômeros *trans*) com óleos líquidos não hidrogenados (que não apresentam isômeros *trans* em sua composição) e interesterificação de óleos e gorduras (VALENZUELA; KING; NIETO, 1995).

3.2.1. Gorduras interesterificadas

A interesterificação é o principal método para a preparação de gorduras plásticas com baixos teores de isômeros *trans* ou mesmo ausência destes (NORIZZAH *et al.*, 2004). Considerada como uma alternativa tecnológica, a interesterificação pode ser utilizada para conferir aos óleos e gorduras a funcionalidade desejada. A interesterificação altera propriedades físicas, como ponto de fusão, curva de sólidos, espalhabilidade e estrutura cristalina (DE-GREYT; KELLENS, 2001).

Assim, a interesterificação é um método empregado para modificar as características físicas e propriedades de óleos e gorduras, por meio de troca e redistribuição dos ácidos graxos entre os triacilgliceróis (RODRIGUES *et al.*, 2003).

Em particular, a interesterificação de óleos líquidos com óleos totalmente hidrogenados (ou hard fats) consiste na alternativa de maior versatilidade para a produção

de gorduras zero *trans*, produzindo bases gordurosas com propriedades diferentes para a aplicação em alimentos (RIBEIRO, 2009).

Na reação de interesterificação, os ácidos graxos permanecem inalterados, mas ocorre a redistribuição dos mesmos nas moléculas dos triacilgliceróis, resultando na modificação da composição triacilglicerólica (ROZENAAL,1992). Assim, ao contrário do processo de hidrogenação, a interesterificação não promove a isomerização dos ácidos graxos *cis* para *trans*, pois os ácidos graxos não são modificados. Desta forma, a interesterificação representa uma ferramenta importante para o desenvolvimento de gorduras de alta plasticidade e livres de ácidos graxos *trans* (GRIMALDI *et al.*, 2005).

Existem dois tipos de interesterificação: a química e a enzimática. Na interesterificação química, o rearranjo na molécula de glicerol ocorre ao acaso e os ácidos graxos são redistribuídos estatisticamente de acordo com a lei da probabilidade até a obtenção do equilíbrio. O processo de interesterificação química é realizado através do aquecimento de misturas de óleos e gorduras na presença de catalisadores como sódio metálico, metilato ou etilato de sódio e outros alquilatos de metais alcalinos (Na, K e suas ligas) (ROZENAAL, 1992). Durante este processo, a mistura é aquecida e os ácidos graxos trocam de posição na molécula do triglicerídeo. O processo de interesterificação química possui a vantagem de ser um processo fácil de aumentar a escala. Contudo, a reação não tem especificidade e como oferece pouco ou nenhum controle sobre a distribuição posicional dos ácidos graxos, cerca de 30% do produto pode não estar na posição desejada (HAUMANN, 1994)

Na interesterificação enzimática são utilizadas lipases imobilizadas, as quais induzem a substituição de ácidos graxos esterificados em posições específicas na molécula de glicerol. A interesterificação enzimática tem a vantagem de permitir grande controle sobre a distribuição posicional dos ácidos graxos no produto final, devido à seletividade e regioespecificidade das lipases. Contudo, as dificuldades associadas com o controle e com o aumento de escala, bem como o alto custo das lipases, têm diminuído seu largo uso industrial como catalisador de modificação de alimentos lipídicos. Além disso, os processos disponíveis apresentam baixa eficiência (WILLIS; MARANGONI, 1999).

De acordo com Barrera-Arellano (2007), o sucesso da redução ou eliminação de ácidos graxos *trans* pode incluir a interesterificação de gorduras soja-soja, abundantes em

nosso país. Enquanto isso não é alcançado, têm-se falta de matérias-primas e altos custos quando se utilizam outras alternativas.

3.2.2. Blends

As gorduras são amplamente utilizadas na indústria de alimentos e, nos últimos anos, o desenvolvimento desta indústria tem demandado uma especialização cada vez maior dirigida à produção de gorduras com características físico-químicas definidas de acordo com sua aplicação. Estas gorduras geralmente se obtêm através da utilização de diferentes matérias-primas, que se misturam em proporções definidas, processo este denominado blending (SMALLWOOD, 1989). A produção de gorduras formuladas por blending ainda depende de formuladores que utilizam um grande número de ensaios de tentativa e erro (SMALLWOOD, 1989; ERICKSON, 1995). Estes formuladores, geralmente baseados no ponto de fusão e perfil de sólidos das matérias-primas disponíveis e do produto a ser formulado, determinam a proporção de cada uma das matérias-primas no *blend*, com o auxílio, em alguns casos, de métodos como equivalentes estatísticos, programação linear ou bancos de dados. Em geral, pode-se afirmar que estes métodos são pouco precisos, trabalham sem otimização de custos e, em grande parte, continuam dependendo da experiência do formulador.

3.3. Redes Neurais Artificiais (RNA)

As características finais de produtos como margarinas, cremes vegetais e gorduras especiais dependem das características físicas e químicas dos óleos e gorduras que participam da sua formulação. Para se obter as especificações adequadas para cada produto são produzidas diferentes bases gordurosas que são misturadas em proporções adequadas (processo de blending) (BLOCK *et al.*, 1995).

De acordo com GHOTRA *et al.* (2002), os sistemas de bases utilizados na formulação de gorduras resultam de respostas práticas obtidas ao longo do tempo, ou seja, são baseados na experiência do formulador. Para o desenvolvimento de novos produtos são realizados cálculos para determinar as características resultantes de várias combinações de bases, e, posteriormente, desenvolve-se a formulação em escala laboratorial, onde se confirmam os dados das misturas calculadas determinando-se principalmente, entre outras características, o teor de gordura sólida. O procedimento

convencional de formulação de gorduras envolve um processo demorado e trabalhoso. Se o procedimento não for realizado de maneira adequada, situações como reprocessamento, perdas econômicas ou perda de clientes causada pela rejeição do produto podem ocorrer. Também estão envolvidas questões econômicas relacionadas à disponibilidade de matérias-primas que, de acordo com as flutuações dos preços, podem ocasionar um impacto financeiro significativo (SMALLWOOD, 1989).

Redes Neurais Artificiais (RNAs) são técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático baseado no conceito da estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. A RNA consiste em uma técnica de processamento computacional muito útil quando não se dispõe de informações matemáticas exatas, além de ser capaz de resolver problemas lineares e não lineares. A rede é composta de camadas simuladas de elementos de processamento, denominados de neurônios artificiais (CERQUEIRA *et al.*, 2001). Os neurônios artificiais recebem os sinais e os passam às camadas intermediárias do programa, por meio de conexões matemáticas. Cada neurônio processa uma parte das informações, o que ocorre em paralelo, e automaticamente as distribui através das diferentes unidades que compõem a rede. As unidades de processamento transferem as somas ponderadas de informações por uma função de ativação, usualmente uma função sigmoide, que contém um grande número de sinais informativos, os quais são convertidos para valores definidos durante a operação de treinamento e teste (SOUSA *et al.*, 2003). Nesse modelo, a saída do neurônio é ativada por uma função do somatório de suas entradas ponderadas (**Figura 3**).

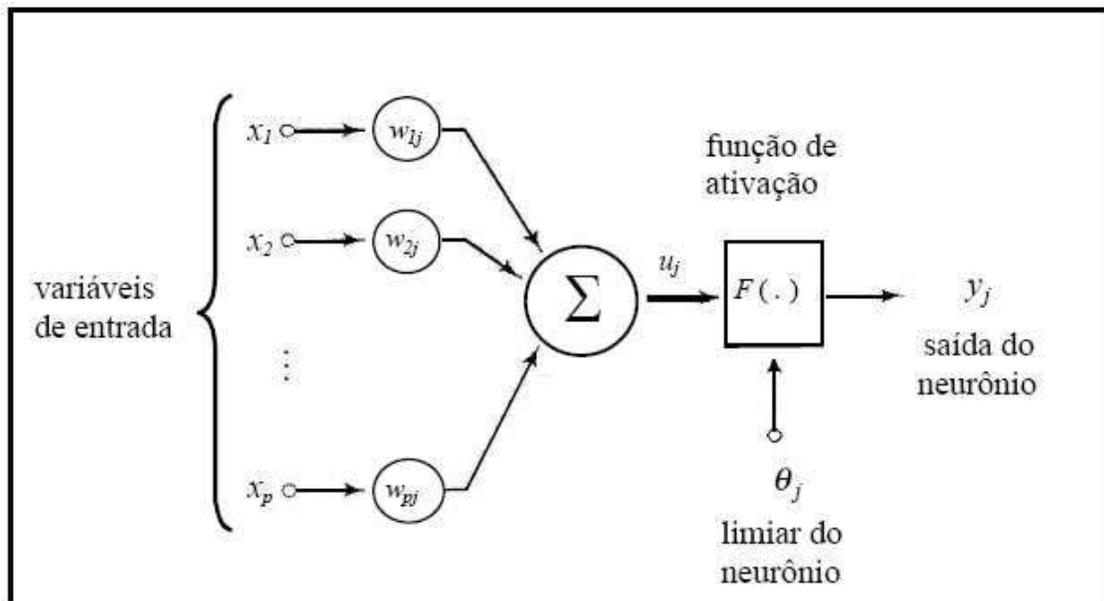


Figura 3. Modelo básico do Neurônio Artificial (x = dados de entrada; w = pesos sinápticos; F = função de ativação; y = dados de saída). FONTE: CARDOSO (1999).

A capacidade de uma rede neural depende, principalmente, da sua estrutura paralela distribuída e de sua habilidade de aprender e, como consequência, generalizar. Segundo Haykin (2001) e Barbosa (2005), algumas das características importantes das redes neurais são: (1) Tolerância a falhas, que permite que a rede continue a apresentar resultados aceitáveis, no caso de falha de algum neurônio. A informação contida na rede está distribuída por todos os seus elementos, possibilitando que, mesmo que parte da rede seja destruída, a informação esteja contida nos elementos restantes e possa ser recuperada; (2) Generalização, que possibilita à rede obter saídas adequadas como resposta a dados de entrada desconhecidos, ou seja, não pertencentes ao conjunto de treinamento; (3) Capacidade de aprendizagem, processo que envolve a modificação dos pesos sinápticos de uma rede através da aplicação de um conjunto de pares de treinamento, para os quais se conhece, previamente, a saída que se deseja obter; (4) O treinamento é repetido até que a rede atinja um nível em que não haja mudanças significativas nos pesos; (5) Habilidade de aproximação. Dada a capacidade de aprendizado, a rede tem a possibilidade de encontrar qualquer mapeamento entrada/saída, e, desde que os dados sejam representativos do processo de que se esteja tratando, e desde que sejam adequadamente escolhidos a arquitetura de rede e o seu algoritmo de treinamento, as redes são capazes de aproximar funções contínuas de qualquer ordem.

Durante a fase de treinamento, os valores previstos são subsequentemente comparados com o valor real e as conexões entre as unidades de processamento, com seus devidos pesos, são modificadas para minimizar o desvio entre os valores. Isto é possível devido à estrutura da rede, onde cada unidade de uma dada camada é conectada a cada unidade integrante da camada vizinha. A rede mede o erro entre o valor obtido e o valor desejado, usando o algoritmo para ajustar os pesos das interconexões, reduzindo o erro nas determinações subsequentes. Pela utilização desta estrutura de rede, o programa continua a fazer alterações nas conexões internas, através do processo de tentativa e erro, até atingir um determinado nível de certeza (HAYKIN, 2001).

Embora as redes neurais artificiais demonstrem uma grande capacidade de previsão, apresentam também algumas limitações, dentre as quais destaca-se que todos os processos de interconexões entre neurônios e camadas, correção do erro e previsão do valor desejado, são efetuados de maneira que não há uma inferência direta. Além disso, deve-se ter cuidado para evitar a saturação da rede ou overtraining, o que faz com que, se o treinamento se estender por períodos muito longos, a rede tome decisões arbitrárias, especializando-se no grupo de variáveis utilizado no treinamento e perdendo sua capacidade de generalização (MEHROTRA *et al.*, 1997).

Segundo Block *et al.* (1999), a incorporação das redes neurais no processo industrial proporciona maior automação e reduz o trabalho laboratorial necessário para a formulação por métodos convencionais. Além disso, as redes neurais, por oferecerem múltiplas soluções para cada produto, podem ser de grande utilidade para pesquisa e desenvolvimento.

Na área de óleos e gorduras, Block (1997) demonstrou ser possível a utilização das redes neurais como alternativa aos procedimentos convencionais de formulação de gorduras especiais. A alta capacidade de previsão das redes neurais foi relatada por Block *et al.* (2003), que demonstrou através de testes de produção de margarinas em planta-piloto que as redes neurais são capazes de formular produtos com características idênticas às apresentadas pelos formulados por métodos convencionais.

3.4. Biscoitos laminados

3.4.1. Definição, legislação e mercado brasileiro

Biscoito, a princípio, foi um termo usado para descrever um pão endurecido de dimensões reduzidas, que quando guardado durante muito tempo, se conservava sem

danificar. Seu nome deriva do latim “bis coctus”, que significa duas vezes cozido, uma referência à prática de inicialmente assar o produto em forno quente e então transferi-lo a um forno mais frio (SMITH, 1972; WADE, 1988).

São produtos que têm como características principais: (1) baixa atividade de água: 0,1 a 0,3; (2) baixo conteúdo de umidade: 2 a 8%; e (3) crocância elevada (WADE, 1988).

Os produtos conhecidos como “biscuits” na Inglaterra são chamados de “cookies” e “crackers” nos Estados Unidos. A palavra “cookie” deriva do holandês “koekje” e significa bolo pequeno (WADE, 1988). “Crackers” foram assim chamados provavelmente devido ao som de quebra produzido quando os mesmos são mordidos (WADE, 1988). Normalmente, a palavra biscoito é usada como um termo genérico, incluindo “biscuits”, “cookies” e “crackers”.

Atualmente, no Brasil, não existe legislação que regulamente especificamente este produto, apenas a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que aprova o “Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos” e, segundo a qual, biscoitos ou bolachas são os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e/ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005c).

O setor deve também atender às Resoluções RDC nº 360 e 359, de 23 de dezembro de 2003, que aprovam o “Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados”, tornando obrigatória a rotulagem nutricional (BRASIL, 2003b), e o “Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional” (BRASIL, 2003a).

Através de pesquisa de Orçamento Familiar realizada no Brasil e publicada em 2003, é possível identificar que o consumo de biscoitos é uma realidade da população brasileira e vem aumentando. Segundo esta pesquisa houve uma evolução significativa da participação de biscoitos na dieta dos brasileiros, passando de 1,13% de calorias provenientes de biscoitos em relação ao total de energia consumida por dia em 1974, para 3,47% das calorias no ano de 2003 (GRIMALDI; GONÇALVES, 2009).

O Brasil é hoje o segundo maior produtor mundial de biscoitos, com uma produção de 1,2 mil toneladas em 2009, e possui 585 fabricantes em seu território. O biscoito é um produto de altíssima penetração, presente hoje em 98% dos lares brasileiros,

independente da classe social. O consumo per capita no Brasil tem girado em torno de 6,0 kg/pessoa/ano nos últimos 5 anos (em 2009 foi de 6,3 kg), porém a expectativa é de que, com novos lançamentos e adequação dos produtos ao mercado, esta marca chegue a 8 quilos nos próximos 5 anos e a produção total seja de 1,6 mil toneladas. Os maiores consumos per capita no mundo são: Inglaterra, 9,6 kg; Dinamarca, 9,5 kg; Portugal, 9,3 kg e Itália 9,2 kg (ANIB/SIMABESP, 2010).

Na **Tabela 1**, encontram-se os dados do mercado brasileiro de biscoitos nos últimos anos.

Tabela 1. Mercado brasileiro de biscoitos.

Indicadores	2007	2008	2009
Produção (mil ton)	1.131	1.177	1.206
Taxa de crescimento (%)	1,70	4,1	2,5
Consumo per capita (ano)	6,0	6,1	6,3
Faturamento setor (bilhões R\$)	5,19	5,65	---
População Brasil (milhões de pessoas)	190	191	---

Fonte: SIMABESP (2011).

Os biscoitos podem ser classificados de duas maneiras:

- Pelo grau de enriquecimento e processamento, em:

(i) Biscoitos de massas duras: similares a massas de pão, apresentando propriedades viscoelásticas e, portanto, um glúten bem desenvolvido (WADE, 1988). Neste tipo de biscoito, níveis de gordura e açúcar são de 11 a 20% e 2 a 30%, respectivamente, sobre o peso da farinha.

(ii) Biscoitos de massas moles: similares a massas de bolo, mas com menos água. Nessas massas, pouca ou nenhuma rede de glúten é desenvolvida durante a mistura (WADE, 1988). Este tipo de biscoito é rico em gordura (27 a 55% sobre o peso da farinha) e açúcar (30 a 50% sobre o peso da farinha). As massas perdem muito a sua coesividade e não tem elasticidade (WADE, 1970).

- De acordo com o método de moldagem, em:

(i) Cortados por prensa ou estampados: neste tipo, a massa laminada é transportada de forma contínua e é cortada por moldes que podem ter movimento de sobe e desce perpendicular à mesma ou oscilante, similar ao de um pêndulo.

(ii) Cortados rotativos: a moldagem é feita por um conjunto de rolos. A massa é colocada entre o rolo moldador e o rolo alimentador. O rolo moldador corta e estampa a massa através de cavidades ou crivos impressos de desenhos. Outro tipo de moldagem utiliza dois rolos consecutivos, onde o primeiro está gravado e é o que estampa (é o cilindro marcador), e o segundo é o rolo cortante.

(iii) Moldados rotativos: a massa é colocada em um cilindro alimentador, que a empurra para o cilindro gravado, também chamado rolo moldador. Das cavidades existentes no cilindro, as peças de massa são removidas através de uma lona extratora que, por sua vez, é comprimida por um cilindro especial de borracha.

(iv) Cortados por arame: a massa, antes de ser cortada, é formada por dois rolos corrugados, que giram no mesmo sentido e velocidade, empurrando-a contra uma matriz. A massa, saindo da matriz de forma contínua, é cortada por arame em unidades, que são depositadas sobre a esteira do forno que passa logo abaixo.

(v) Depositados: a massa, muito mole, é colocada em um depósito com controlador de fluxo, sendo normalmente depositada em esteira não perfurada de aço (VITTI *et al.*, 1988).

Na **Figura 4**, estão apresentados dados da segmentação do mercado brasileiro de biscoitos de acordo com seu tipo.

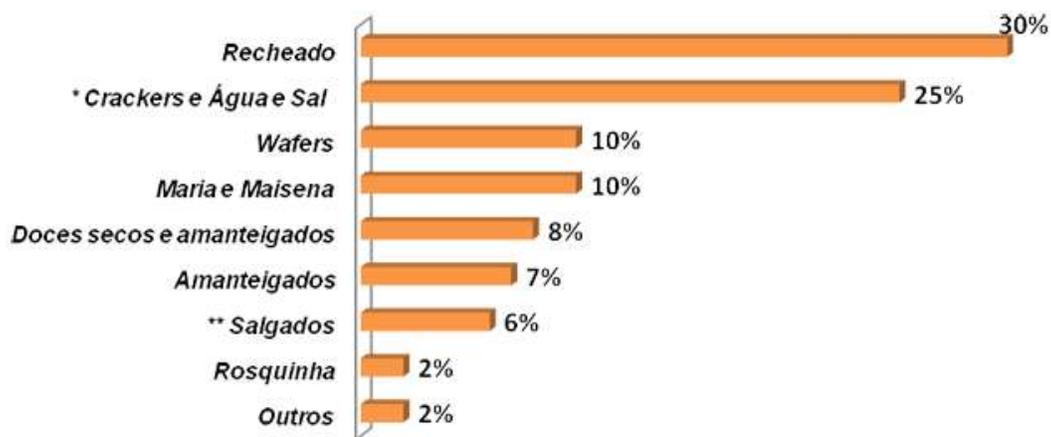


Figura 4. Segmentação do mercado brasileiro de biscoitos por tipo. Fonte: SIMABESP, 2011. *Crackers e Água e Sal incluem integrais, gergelim, centeio, etc.; **Salgados incluem salgadinhos, aperitivos, snacks e “tipo club”.

Os biscoitos semi-doces duros laminados do tipo Maria, que designamos Laminado Tipo Maria, fazem parte do grupo de massa dura e são laminados e cortados por rolos rotativos.

Este tipo de biscoito normalmente é consumido com chá e café e sem coberturas ou adição de manteiga ou geléias. Teve origem na Inglaterra e lá tem um consumo considerável, porém nos Estados Unidos não é muito consumido, uma vez que a população americana tem preferência por biscoitos com mais gordura na formulação (MANLEY, 1996). Já no Brasil, conforme demonstrado na Figura 4, o seu consumo representa 10% do total do mercado nacional (ANIB/SIMABESP, 2011).

Todos os biscoitos deste grupo são caracterizados por possuírem uma massa que tenha uma rede de glúten bem desenvolvida, porém as quantidades de açúcar e gordura tornam o glúten menos elástico e mais extensível (MANLEY, 2001).

A característica mais relevante destes produtos é um “flavor” relativamente sutil, que depende da adição de leite, xarope e baunilha, ou outros aromas de fundo. Um baixo conteúdo de gordura na faixa de 15 a 22% sobre o peso da farinha, combinado com também baixas proporções de açúcar, resultam em um produto tenro e quebradiço, embora a dureza de sua textura seja maior que a maioria dos outros biscoitos doces (SOMERS, 1974).

3.4.2. Ingredientes

As formulações de biscoitos Laminados Tipo Maria são relativamente simples e incluem: (1) farinha de trigo; (2) açúcar, melaço ou xaropes; (3) gordura ou manteiga (esta última é raramente empregada); (4) sal; (5) agentes químicos de aeração (fermento químico); (6) água; (7) emulsificantes (lecitinas); (8) aromas artificiais de manteiga ou de baunilha (não há necessidade, porém tem-se observado sua utilização nas formulações) e (9) agentes redutores e proteases (MORETTO; FETT, 1999; EL-DASH *et al.*, 1982).

3.4.2.1. Farinha de trigo

A farinha é o principal ingrediente de todos os biscoitos e é obtida pela moagem do trigo. Para a produção de biscoitos são empregadas as farinhas de trigos moles, as quais apresentam glúten fraco, baixo conteúdo de proteína, baixa absorção de água,

granulometria fina e menos amido danificado, em relação às farinhas de trigo duro (BERNUSSI, 1996).

No Brasil, as variedades moles são as basicamente cultivadas. O conteúdo de proteína destes trigos é relativamente baixo (8,0 – 11,0%), quando comparado aos trigos duros (11,0 a 14,0%) (ZELENY, 1978).

A principal propriedade da farinha é sua força, que está relacionada com a quantidade e a qualidade de suas proteínas, as quais, por sua vez, são responsáveis pela formação de uma rede protéica (rede de glúten) que fornece as características viscoelásticas das massas dos biscoitos.

LABUSCHANE, CLAASSEN E DEVENTER (1997), estudando a produção de biscoitos a partir de trigos de diferentes durezas de grãos, verificaram que a presença do gene mole teve um efeito significativo nas características analisadas. Os autores constataram uma diminuição na força geral do glúten, tenacidade, e teor de proteína e aumento na extensibilidade e no diâmetro dos biscoitos. O principal critério de avaliação funcional de biscoitos é o aumento da expansão, que está associado com textura mole do grão e baixo teor de proteínas.

Biscoitos Laminados Tipo Maria requerem uma farinha média ou fraca, extensível e pouco elástica, sendo que altos teores de proteínas podem resultar em produtos duros e dificuldade na laminação, e uma alta elasticidade trará problemas de laminação (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009).

Geralmente, algumas estratégias são utilizadas, objetivando o enfraquecimento das farinhas destinadas à produção de biscoitos: (1) emprego do amido, seja de milho ou de batata; (2) adição de metabissulfito de sódio (SMS) (agente redutor); e (3) uso de proteases.

As reações físico-químicas das proteínas em massas de biscoitos são afetadas não somente pelos parâmetros de qualidade inerentes às proteínas da farinha, mas também pelos fatores que afetam a formação da matriz protéica, que são o pH da massa, o grau de hidratação e a presença de gordura e açúcar (HOSENEY, 1986).

A absorção de água é outra característica importante da farinha para a produção de biscoitos laminados, e deve ser baixa (MORGAN; WILLIAMS, 1995; MORRISON; TESTER, 1994). Na massa, o amido absorve água, e é provavelmente o principal ingrediente que controla a quantidade de água requerida para produzir uma massa de

consistência adequada (FLINT *et al.*, 1970; BURT; WADE, 1988). Flint *et al.*, examinando a microestrutura de biscoitos semi-doces mostrou que ela é baseada em uma rede contínua de proteína, onde estão envolvidos os grânulos de amido e gorduras. Não é todo o amido que está gelatinizado, devido a pouca água presente para hidratar o amido (MANLEY, 1996). Objetivando uma absorção de água baixa, uma menor quantidade de amido danificado é desejável na farinha. Os danos nos grânulos de amido se correlacionam com as variáveis absorção de água, cor, volume e vida de prateleira (LABUSCHAGNE; CLAASSEN; DEVENTER, 1997; MORRISON; TESTER, 1994).

Yamamoto *et al.* (1996) verificaram que a diminuição do tamanho de partículas da farinha foi o parâmetro mais importante relacionado com a qualidade dos biscoitos, juntamente com o baixo teor de amido danificado. O diâmetro dos biscoitos tipo semi-duros se correlacionou positivamente com a extensibilidade alveográfica e negativamente com o tamanho de partículas, amido danificado, relação P/L e absorção de água. Na produção de biscoitos, o desejável é um produto final seco, necessitando que a farinha utilizada apresente baixo teor de amido danificado, pois a quantidade de água utilizada para o preparo da massa deve ser mínima (MORRISON; TESTER, 1994).

Seguem algumas características químicas e reológicas adequadas para uma farinha para a produção de biscoitos laminados: (1) teor de proteínas: médio a baixo (7 a 8%); teor de glúten úmido: 26 a 28% e extensível; energia (W): baixa (menor que 200) e índice de configuração da curva do alveógrafo (P/L): baixo (0,3 a 0,5) (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009).

3.4.2.2. Açúcar

O açúcar é um componente importante na formulação de biscoitos. Smith (1972), Manley (1996) e Moretto e Fett (1999) listaram as contribuições do açúcar para os biscoitos: fornece doçura e sabor; possui efeito na cor, textura, expansão e aparência geral; aumenta a maciez, contribui para o volume, desenvolve cor agradável na crosta; cria balanço adequado entre líquidos e sólidos; é responsável pelo contorno; age como veículo para outros aromas; ajuda na retenção de umidade e propicia um produto final atrativo.

Existem praticamente duas formas disponíveis de açúcar para a indústria de biscoitos: granulados (sacarose – açúcar refinado, cristal e de confeitaria; dextrose) e

xaropes (glicose, frutose, açúcar invertido e açúcar líquido), sendo que a sacarose é o mais utilizado (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009). A sacarose pode ser derivada da cana-de-açúcar ou da beterraba e usada em diversos tamanhos de cristais, de granulado (650 a 1000 µm) até pulverizado (175 µm) ou açúcar de glacê (25 µm). No entanto, a sacarose é raramente usada como o único açúcar em formulações de biscoitos. Quantidades relativamente pequenas de açúcares reduzidos, usualmente xaropes, são adicionados na maioria das formulações (WADE, 1988).

O excesso de açúcar pode provocar o endurecimento dos biscoitos, assim como sua falta pode resultar em biscoitos claros, poucos crocantes e de pouca espessura (MANLEY, 1996).

As características de qualidade de biscoitos dependem dos resultados da competição entre o açúcar e os componentes da farinha pela água disponível (ZABIK; FIERKE; BRISTOL, 1979). Condições que favorecem a dissolução do açúcar e, conseqüentemente, sua capacidade de retenção de água no início do período de assamento, permitem maior expansão dos biscoitos antes da fixação da estrutura da massa. Assim, granulometrias mais finas de açúcares permitem uma maior expansão que granulometrias mais grosseiras (MANLEY, 1998).

Quanto maior a quantidade de sacarose, mais dura será a textura do produto final. Isso porque a solução concentrada de açúcar, que é formada quando a massa é aquecida no forno, posteriormente tende a resfriar-se (MANLEY, 1998). Nota-se que é vantajoso para a qualidade do biscoito se o açúcar é usado líquido (67% sólidos na solução), principalmente pela sua capacidade de reter umidade e melhorar a textura e a cor do produto. Porém, o principal problema, quando usado em excesso, é a produção de massas moles, devido à presença de água em sua composição, o que prejudicará a etapa de moldagem e forneamento desses biscoitos (MANLEY, 1996; GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009).

A cor e o “flavor” básico de biscoitos são produzidos por reações que acontecem durante os últimos estágios do assamento. Algumas destas reações são do tipo Maillard, que requerem a presença de aminoácidos e açúcares redutores (WADE, 1988). Os açúcares redutores podem ser, por exemplo, o açúcar invertido ou xarope de glicose. Alguns biscoitos usam bicarbonato de sódio para criar o meio alcalino e favorecer a reação de Maillard do açúcar com as proteínas da farinha (MORETTO; FETT, 1999).

3.4.2.3. Gordura

Detalhada no item 3.5.

3.4.2.4. Sal (NaCl)

As principais funções do sal na tecnologia de fabricação de biscoitos são: (i) propiciar sabor ao produto (porém quantidades acima de 2,5%, base farinha, podem ser desagradáveis); (ii) fortalecer a rede de glúten, deixando a massa menos pegajosa; (iii) diminuir a absorção de água; (iv) melhorar a retenção de gás; e (v) contribuir com uma melhor textura e volume do produto final (MANLEY, 1996; MANLEY, 1998).

3.4.2.5. Agentes químicos de aeração (fermento químico)

Os agentes químicos de aeração são sais inorgânicos, que, quando adicionados à massa reagem produzindo gases responsáveis pela textura final do produto, afetando também seu pH e sabor. São usados em biscoitos como agentes de crescimento. Os sais mais usados são o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e o bicarbonato de amônia (NH_4HCO_3).

O bicarbonato de sódio em presença de água reagirá com qualquer material ácido liberando gás dióxido de carbono (CO_2), se decompondo em sal básico e água. Como um dos ingredientes para produção de biscoitos é a farinha, com quem o bicarbonato de sódio tem reação ácida ele é usado, além de agente de crescimento, para ajuste do pH da massa e do produto final. Quanto menor sua granulometria, melhor sua dissolução. Se não estiverem bem homogeneizados na mistura, podem resultar em pontos pretos no biscoito final e se em excesso proporcionar alcalinidade ao biscoito interferindo na coloração final do produto e ainda apresentando um sabor desagradável (MANLEY, 1996).

Ao utilizar o bicarbonato de sódio, para favorecer a liberação de CO_2 é necessária a utilização de um agente ácido, para acidificar o meio. Os ácidos mais usualmente utilizados eram os o ácido láctico e tartárico, porém com o desenvolvimento da tecnologia surgiram acidulantes economicamente mais viáveis, além de apresentarem uma reação mais lenta, o que é extremamente desejável para que a reação com o bicarbonato de sódio aconteça em maior intensidade na etapa de forneamento e não na etapa de

mistura. Assim a velocidade de reação é um fator importante a ser considerada na escolha do ácido a ser usado (MANLEY, 1996). O ácido mais utilizado atualmente na indústria de biscoitos é o pirofosfato ácido de sódio (SAPP), que apresenta uma velocidade de reação mais lenta que os ácidos láctico e tartárico e ainda mais lenta que o monofosfato de cálcio (ACP) (PENTEADO; STEEL, 2009; MANLEY, 1996).

É necessário haver um equilíbrio de ácido-base no sistema de agentes de crescimento, pois o pH é responsável pela cor e sabor adequado do produto final (pH mais alto fornece sabor de sabão, cor escura, textura grosseira e pesada, pH muito baixo fornece produto com coloração mais clara e sabor de ácido) (MANLEY, 1998). O cálculo para estabelecer a proporção de bicarbonato de sódio e o ácido é dependente da formulação e principalmente da especificação do sal ácido, pois estes são vendidos geralmente como uma mistura com um veículo, como exemplo o amido, para tornar mais fácil sua incorporação na massa (MANLEY, 1998). Segundo Manley (1996) e Moretto e Fett (1999) para neutralizar 1 parte de NaHCO_3 são requeridos 1,33 partes de SAPP.

O bicarbonato de amônia é um agente de crescimento que se dissocia completamente quando aquecido fornecendo CO_2 , gás de amônia e água. É prontamente solúvel, mas é muito alcalino, tornando a massa com consistência macia, que então vai requerer uma quantidade menor de água para conseguir a consistência desejada. Sua dissociação é particularmente mais rápida a temperatura ao redor de 60°C , ou seja, na temperatura de forneamento. Sendo um carbonato irá reagir rapidamente com outros ingredientes ácidos, mas a alcalinidade que propicia à massa não é permanente no biscoito e então bicarbonato de sódio é necessário se o pH do biscoito tiver que ser controlado. É importante que toda a amônia tenha durante o forneamento, se não, um sabor indesejável pode acontecer (MANLEY, 1996).

3.4.2.6. Emulsificantes

A função básica dos emulsificantes é estabilizar a mistura de dois líquidos imiscíveis (óleo e água). São efetivos em pequenas quantidades (menos de 2% do peso da receita). Normalmente, se usa como emulsificante em biscoitos a lecitina, que é uma substância natural encontrada em grãos de soja. O componente principal é o fosfolípideo, que tem uma afinidade polar grande. É insolúvel em acetona e água, mas é solúvel em óleo ou gordura quente. É conveniente dissolver a lecitina na gordura antes do uso. A porcentagem de uso é normalmente 0,5 – 1,0% da gordura e, se usada em excesso,

causa sabor desagradável. Ela possui ação de estabilizante de emulsões água em óleo, modifica a cristalização da gordura e muda a consistência da massa, e o inchamento e a gelatinização do amido, por complexar-se com o amido, proteínas e açúcar. Seu efeito de amaciador em biscoito e de redução do nível de gordura levam a uma redução do custo da formulação (MANLEY, 1999).

3.4.2.7. Aromas

A adição de aromas é prejudicada pela perda que ocorre no processamento, mas mesmo assim observamos nos biscoitos semi doces duros a adição de aromas de baunilha e/ou de caramelo (MANLEY, 1996).

3.4.2.8. Agentes redutores e proteases

Proteases são usadas em biscoitos por reduzirem a força e a tenacidade do glúten pela quebra da rede protéica. Agem tanto na gliadina (proteína do glúten responsável pelas características de extensibilidade) como na glutenina (proteína do glúten responsável pela elasticidade), não favorecendo a característica de extensibilidade desejável para biscoitos laminados (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009).

O metabissulfito de sódio (SMS) é um agente redutor que atua também enfraquecendo a rede de glúten, porém sua atuação se dá em maior intensidade na glutenina, diminuindo então esta característica (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009). O uso de SMS auxilia o desenvolvimento de um glúten extensível utilizando menos trabalho mecânico e menos água e, assim, facilitando o processo de laminação. Além disso, quando a massa não for extensível o suficiente, pode causar uma superfície áspera no produto final (MANLEY, 1996).

Algumas empresas optam por utilizar uma combinação de SMS e proteases (ANIB/SIMABESP, 2010).

3.4.3. Processo

Na **Figura 5**, encontra-se apresentado o fluxograma do processo produtivo de biscoitos laminados e, nos itens seguintes, o detalhamento de cada etapa.

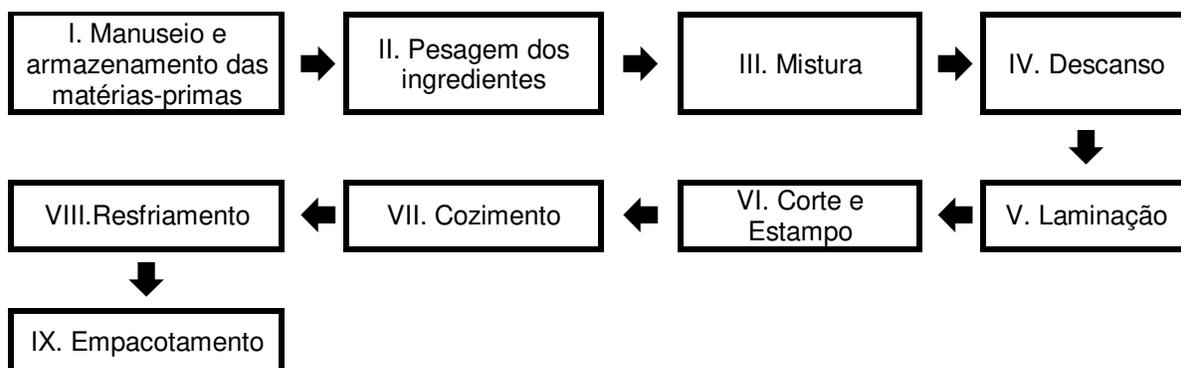


Figura 5. Fluxograma do processo produtivo de biscoitos laminados

3.4.3.1. Mistura

Apesar de muitos métodos diferentes de mistura serem usados, o mais comum para biscoitos laminados é o método direto, onde todos os ingredientes são adicionados de uma só vez, exceto os agentes de crescimento, que são dissolvidos em água e adicionados à massa no final (MORETTO; FETT, 1999).

No processo de mistura, a proteína absorve água e incha (efeito tempo/temperatura) até o ponto onde a ação da mistura possibilita a conversão da proteína hidratada em uma rede de glúten tridimensional que confere à massa suas propriedades reológicas características (WADE, 1988). No entanto, o desenvolvimento do glúten não é a única mudança que ocorre durante a mistura de massas doces duras (WADE, 1988). Cada ingrediente contribui com algum atributo e tem um efeito no desenvolvimento e na estrutura final da massa, a qual, naturalmente, afeta a estrutura do produto (SMITH, 1972). Assim, nesta etapa podem-se observar as seguintes funções: (1) Homogeneização dos ingredientes, formando uma massa uniforme; (2) Dispersão de sólido em líquidos ou de líquido em líquido; (3) Formação de soluções de sólidos em líquidos; (4) Desenvolvimento do glúten através da hidratação da proteína do trigo; (5) Aeração da massa deixando-a menos densa; (6) Acréscimo da temperatura da massa até a temperatura requerida para o final da mistura (MANLEY, 1996).

Nos biscoitos laminados, deve-se dar um tempo de mistura mais longo para um bom desenvolvimento do glúten. A temperatura da massa na fase final é importante, quanto mais alta ela for, mais macia e manuseável se torna a massa. Pouco tempo de mistura resultará em insuficiente desenvolvimento do glúten, originando em uma massa

muito elástica e não suficientemente extensível, causando trincas no produto final, além de deformações. Já o excesso de mistura propiciará a elevação de temperatura e a tendência da massa amolecer, dificultando o manuseio (a temperatura não deve ultrapassar 44°C). Também pode ocorrer liberação antecipada do agente de aeração (amônia, gás carbônico, etc.) (MANLEY, 1996).

Os resultados obtidos por Axford e Greenwood (1973) sugerem que, na mistura de massas de biscoitos semi-doces, a temperatura final da massa é mais importante do que a quantidade de trabalho realizada na mesma, desde que este não flutue excessivamente ou fique abaixo de determinado nível mínimo.

Enfim, os seguintes controles do processo de mistura são necessários para garantir a qualidade do produto final: (1) Mínimo tempo de mistura; (2) Máximo desenvolvimento da rede de glúten; (3) Temperatura final constante (e desejada); (4) Consistência final da massa constante (e desejada) (MANLEY, 1996).

O primeiro requerimento para uma boa qualidade de mistura é a constância da qualidade dos ingredientes e a certeza de que o misturador está funcionando perfeitamente e igualmente ao longo das diferentes bateladas (EI-DASH; DIAZ; CAMARGO, 1982).

3.4.3.2. Descanso da massa

As massas doces duras não tratadas com sulfitos, agentes condicionadores de massa, devem descansar por um período de 30 a 45 minutos (SMITH, 1972; WADE, 1988), para permitir o relaxamento do “stress” produzido na massa durante o processamento de mistura, e torná-la mais extensível. Caso haja adição de sulfito ou metabissulfito de sódio, ou ainda de enzima na massa, a mesma não deve descansar por muito tempo, pois a reação destes agentes é progressiva e a massa pode deteriorar rapidamente (SOMERS, 1974).

Durante o período de descanso, a massa deve ser protegida de variações de temperatura, através da cobertura da mesma, para evitar ressecamento da superfície. Uma distribuição de temperatura desuniforme dentro da massa irá contribuir para variações nas propriedades da mesma (SOMERS, 1974; WADE, 1988).

3.4.3.3. Laminação

A massa de biscoitos semi-doces duros é modelada a partir da formação de uma lâmina inicial, reduzida até a espessura desejada através da passagem por pares de rolos redutores (SMITH, 1972; SOMERS, 1974; WADE, 1988). Assim, normalmente, um laminador é formado por 3 ou 4 pares de rolos, cujas aberturas entre cada par são reduzidas gradativamente à medida que a massa atinge o estampador (EI-DASH; DIAZ; CAMARGO, 1982). No terceiro/quarto rolo, a abertura não deve ser maior do que ½ polegada e a espessura da massa que sai do rolo deve ser quatro vezes menor que a espessura da massa original (EI-DASH; DIAZ; CAMARGO, 1982). Para biscoitos semi-doces duros a espessura final da massa é usualmente de 1 a 3 mm (BERNUSSI, 1996).

A alimentação contínua de massa em cada estágio da laminação, a velocidade da esteira transportadora e o sincronismo da velocidade dos rolos, devem ser cuidadosamente controlados (MORETTO; FETT, 1999).

3.4.3.4. Corte e estampo

Para este tipo de biscoito, é mais utilizado o sistema de corte por prensa, pois a massa tem elasticidade suficiente para ser laminada até atingir espessura adequada para receber o corte (MORETTO; FETT, 1999).

Os cortadores deste tipo de corte por prensa devem sempre funcionar bem regulados, a fim de que se obtenham biscoitos de peso e aparência uniforme. O cortador pode ser do tipo tradicional, com movimentos de sobe e desce, pressionando a lâmina de massa e formando as unidades. Ou pode ser do tipo mais moderno, que utiliza cortador rotativo, onde a lâmina de massa passa entre o estampo e um rolo de borracha que dá pressão suficiente para o corte. Há ainda a possibilidade de se utilizar um tipo de equipamento onde um rolo imprime o desenho e os pinos fazem os orifícios na massa, enquanto outro rolo somente corta as unidades (MORETTO; FETT, 1999).

O cortador deve ser ajustado tanto em altura quanto em pressão, de modo que a matriz corte a massa e os pinos penetrem levemente deixando uma leve marca na lona. Para obter cortes uniformes, a matriz deverá estar sempre bem limpa (EI-DASH; DIAZ; CAMARGO, 1982).

Após o corte, as unidades de biscoitos separadas do retalho são conduzidas ao forno. O retalho é recolhido por meio de uma esteira de lona e conduzido ao par de rolos

iniciais, onde é misturado com nova massa, continuando então o processo normal (MORETTO; FETT, 1999).

3.4.3.5. Cozimento

A operação de cozimento ou assamento dos biscoitos é a fase executada com o objetivo de: (1) Remover a umidade, onde são retirados 28 kg de água para 100 kg de massa que entra no forno (está é a função de remoção da água) (MORETTO; FETT, 1999). O conteúdo inicial de umidade da massa é de 11 a 30% e, após assado e resfriado, o biscoito apresenta usualmente conteúdo de umidade de 1 a 5% (WADE, 1988). O conteúdo de umidade controla a estabilidade durante o armazenamento, a integridade mecânica de alguns produtos (tendência à quebra) e o desenvolvimento de “flavors” (MORETH, 1987); (2) Fornecer cor, conseguida graças à caramelização dos açúcares, principalmente na superfície do produto. A cor da crosta constitui um indicativo muito bom da quantidade de açúcar da superfície que foi caramelizada (MORETH, 1987). A reação de Maillard, entre açúcares redutores e aminoácidos, também ocorre no assamento de biscoitos. Os produtos destas reações são compostos voláteis que contribuem para o aroma e o sabor de produtos assados; (3) Propiciar uma série de reações químicas e físicas. Neste processo, ocorre formação de gás, desnaturação e coagulação das proteínas, hidratação e gelatinização parcial do amido da farinha, formação da crosta e reação de escurecimento (SMITH,1966). As maiores mudanças físicas compreendem a evaporação da água, a expansão do volume, e o desenvolvimento da estrutura porosa. As mudanças estruturais afetam a migração da água no produto, logo o comportamento de secagem depende das variações de temperatura no assamento (WADE, 1988).

O processo de forneamento é basicamente dividido em três zonas. A primeira zona tem por objetivo a expansão do biscoito, na segunda zona temos a retirada máxima da água e na terceira zona a formação da cor (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009).

O aumento de volume da massa durante o assamento é causado pela ação dos agentes aeradores e pelo vapor produzido pela umidade da massa. Os reagentes químicos mais comumente usados são os bicarbonatos de sódio e de amônia. A espessura final dos biscoitos depende não somente da ação de agentes aeradores, mas também das condições existentes no forno, tanto a temperatura quanto as condições de

umidade do mesmo. A espessura de biscoitos de massa dura resulta do balanço entre o ponto de fixação da estrutura da massa dentro do forno, pela desnaturação térmica da rede de glúten, e a expansão da massa pela ação dos agentes aeradores e do vapor d'água (BERNUSSI, 1996). A espessura do biscoito na saída do forno pode ser aumentada de 4 a 5 vezes a espessura de entrada (MANLEY, 1996)

Em relação à temperatura e tempo de assamento para biscoitos semi-doces duros, é bastante difícil citar números, pois isso depende das condições de processamento (equipamentos).

Em geral, as temperaturas variarão de 170°C a 270°C, dependendo da zona e de seu número. É importante que o gradiente de umidade entre o centro do biscoito e suas extremidades seja o menor possível (0,5-1,0%). Gradientes superiores a isso podem possivelmente dar origem ao "checking" ou quebras. Em geral, o tempo de cozimento para este tipo de biscoito é de 4 a 6 minutos (MORETTO; FETT, 1999; SMITH, 1972).

3.4.3.6. Resfriamento e empacotamento

O produto que sai do forno se apresenta ainda mole, e com umidade não uniformemente distribuída. Desta forma, não pode ser embalado imediatamente, devendo passar pelo processo de resfriamento.

Durante o resfriamento, pode ocorrer alguma troca de umidade entre o produto e a atmosfera que o envolve, dependendo da umidade relativa do ar. Entretanto, a mudança mais importante é o início da redistribuição de umidade dentro do produto (WADE, 1988).

Este tipo de biscoito apresenta muitos problemas de quebra se o resfriamento não é bem feito. Portanto, o resfriamento não deve ser muito rápido e devem-se evitar as correntes de ar frio (MORETTO; FETT, 1999). O tempo de resfriamento é de 1 ½ a 2 vezes o tempo de assamento, usualmente através do transporte dos biscoitos em camadas simples, numa esteira de lona. O ambiente de resfriamento não deve ter circulação de ar frio ou ar com baixa umidade relativa. Ainda, pode-se utilizar esteira coberta, para que o vapor eliminado do biscoito crie sobre a superfície do mesmo uma umidade relativa alta, o que impede trocas rápidas de umidade e, conseqüentemente, o trincamento (SMITH, 1972).

Além da perda de umidade e diminuição da temperatura, outros fenômenos acontecem durante o resfriamento, como a mudança de estado dos principais

componentes da formulação, o que pode afetar as dimensões dos biscoitos, como acontecem, às vezes, alterações na altura dos biscoitos. Todas estas mudanças podem acarretar problemas de trincas ou quebras (EI-DASH; DIAZ; CAMARGO, 1982) e também problemas na hora do empacotamento.

Os biscoitos por serem frágeis e altamente higroscópicos requerem um acondicionamento em embalagem adequada e com uma boa selagem, com as seguintes características: proteção contra danos mecânicos; barreira ao vapor d'água e contaminação externa; barreira à luz (raios ultravioleta podem deteriorar a fração lipídica, cor, aroma e gosto); proteção contra ataque dos insetos, bactérias, fungos, poeiras, etc...; e ainda oferecer segurança e praticidade, além de ser atrativa para o consumidor (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009).

3.4.4. Controle de qualidade de biscoitos laminados

Os principais parâmetros de controle de qualidade para biscoitos podem ser assim agrupados:

(1) Qualidade dos ingredientes e aditivos utilizados na formulação.

(2) Condições de processamento: tempo e velocidade de mistura, temperatura da massa e tempo de descanso, operação de laminação, controle de tempo, temperatura e umidade ao longo do forno, controle de resfriamento e empacotamento adequado.

(3) Produto final: dimensões (altura, largura, diâmetro e peso), textura, umidade, sensorial (aparência da superfície, cor, aroma/sabor, estrutura do biscoito), porcentagem de produto quebrado (GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009; MANLEY, 1996).

3.5. Importância das gorduras e características para a produção de biscoitos

A gordura é considerada um dos ingredientes mais importantes no processamento de biscoitos (MANLEY, 1996; MORETTO; FETT, 1999). Em biscoitos laminados, e na maioria dos biscoitos, ela é o terceiro componente na formulação, após a farinha e o açúcar.

Na formulação de biscoitos, a gordura possui funções conhecidas como multifaces, sendo responsável pelas propriedades de suavidade, manutenção da qualidade, granulosidade e textura. As propriedades mecânicas dos biscoitos são amplamente dependentes da gordura presente na formulação (GRIMALDI; GONÇALVES, 2009).

Hoje, a tecnologia permite a elaboração de *blends* de gordura específicas, objetivando certas propriedades para determinado fim ou produto (MANLEY, 1996). As gorduras utilizadas em massas são selecionadas de acordo com características físicas similares às da manteiga, podendo-se citar, entre elas, ampla faixa de fusão, estado semi-sólido à temperatura ambiente e quase totalmente fundida na temperatura da boca (GRIMALDI; GONÇALVES, 2009).

Inovações na área de gorduras para massas de biscoitos passam pelo desenvolvimento de gorduras que apresentem a tendência de redução de gorduras saturadas e *trans*, mantendo a mesma performance na aplicação de massas de biscoitos (GRIMALDI; GONÇALVES, 2009).

O valor calórico das gorduras é mais que o dobro dos carboidratos e proteínas, sendo também fornecedoras de ácidos graxos essenciais para o ser humano (MANLEY, 1996).

3.5.1. Função das gorduras nos biscoitos

Na fabricação de biscoitos, a gordura pode ser usada: diretamente na massa; como “spray” sobre a superfície do produto; nos recheios e coberturas e, ainda, como colaborador para soltar o produto da esteira (MANLEY, 1996).

As gorduras nas massas de biscoitos têm quatro funções principais:

a) Atuam como lubrificantes, recobrando os grânulos de açúcar e farinha, enfraquecendo a rede de glúten e fornecendo um produto final mais macio, além de reduzir o tempo e a energia no processo de mistura. Durante a mistura da massa, há uma competição pela superfície da farinha entre a água e a gordura. A água ou a solução de açúcar interagem com a proteína da farinha para criar uma rede coesiva e extensível (o glúten). Quando a gordura recobre a farinha, esta rede é interrompida e as propriedades de mastigabilidade após o cozimento se tornam mais macias, mais curtas e com derretimento na boca (MANLEY, 1996);

b) Atuam como agentes aeradores ou melhoradores da expansão, com a formação, no batimento, de núcleos de retenção de gases de crescimento e vapor d'água liberados na mistura e no assamento. São, assim, responsáveis pela expansão e textura da massa durante o cozimento (aumento de volume e textura uniforme e macia) (MORETTO; FETT, 1999). A adição da gordura é realizada com o objetivo de estabilizar o ar incorporado durante o batimento da massa. O ar incorporado tem influência sobre a maquinabilidade das massas durante o processamento, o esfarelamento da massa após o corte, e as propriedades texturais e gustativas do biscoito após o forneamento. Além disso, a presença da gordura contribui para a redução da natureza elástica e o encolhimento da massa durante o processo de moldagem e laminação.

A aeração dependerá dos cristais de gordura presentes, os quais são formados durante a plastificação. Os cristais preferidos para o caso são os do tipo beta prima (MORETTO; FETT, 1999).

Grimaldi *et al.* (2005) relatam que é essencial que a gordura a ser usada seja capaz de cristalizar na forma β' (beta-prima) para promover as propriedades ótimas de cremosidade.

c) Atuam fornecendo qualidade de mastigação, onde se nota que quanto maior a quantidade de gordura na massa, mais macio será o produto final. Se a quantidade de gordura é muito elevada, a função lubrificação é tão acentuada que muito pouca ou nenhuma água é requerida para alcançar determinada consistência, pouco glúten é formado e a gelatinização do amido é reduzida fornecendo uma textura muito macia. Nota-se ainda que, quando o nível de açúcar é grande, a gordura combina-se com o xarope no forno, prevenindo a formação de uma massa vítrea e dura ao resfriar (MANLEY, 1996);

d) Fornecem sabor e aroma (MORETTO; FETT, 1999; EL-DASH *et al.*, 1982). O sabor atribuído à presença das gorduras deve-se à formação de muitos produtos resultantes da reação dos triglicerídeos com açúcares, proteínas e sal (GRIMALDI; GONÇALVES, 2009).

Assim, as características dos biscoitos relacionadas à ação das gorduras podem ser elencadas como: (1) Suavidade: uma formulação básica, sem adição de gordura, torna o produto mais difícil de ser mordido. A adição da gordura na fórmula torna o produto mais macio e de melhor mastigabilidade; (2) Sensação na boca: o uso de gorduras no preparo de biscoitos faz com que o produto tenha uma sensação de umidade

na boca; (3) Lubricidade: características desejáveis semelhantes a um deslizamento, o qual é ocasionado pela presença da gordura; (4) Sabor: o sabor atribuído à presença das gorduras deve-se à formação de muitos produtos resultantes da reação dos triglicerídeos com açúcares, proteínas e sal; (5) Estrutural: a porção sólida das gorduras com alta plasticidade exerce função estrutural em alguns produtos (GRIMALDI; GOLÇALVES, 2009).

3.5.2. Qualidade das gorduras para biscoitos

No processamento de biscoitos, tanto o tipo como a quantidade de gordura afetam diretamente a qualidade do produto final. As gorduras podem ser classificadas em animais, como a manteiga e a banha, e vegetais, como os óleos e margarinas (MANLEY, 1996; MORETTO; FETT, 1999).

A manteiga (emulsão de gordura de leite com 16% de água e proteínas), apesar de ter um bom efeito no sabor e encurtamento da massa, é raramente usada na produção de biscoitos, da mesma forma que a margarina. Normalmente, as gorduras mais empregadas são as do tipo hidrogenadas ou plásticas (MANLEY, 1998; MORETTO; FETT, 1999).

Gorduras como óleo de palma e algumas manteigas com conteúdo de gordura sólida (Solid Fat Content, SFC) de 24% a 20°C são propícias a ter um incremento de fat bloom (filme de gordura que se forma na superfície do biscoito durante o armazenamento, devido à migração da gordura) (MORETTO; FETT, 1999).

Objetivando selecionar a melhor gordura para os vários tipos de biscoitos, muitos fatores são levados em consideração, tais como: (i) resistência à rancificação; (ii) sabor e aroma; (iii) poder de creme; (iv) plasticidade (ponto de fusão e curva de sólidos); (v) textura; (vi) cor; e (vii) preço (MORETTO; FETT, 1999).

Há muitos estudos a respeito da otimização do tipo de gordura para massas de biscoitos. O problema reside na competição da superfície da farinha pela água e a gordura. É notado que gorduras semi-sólidas produzem um filme melhor que as líquidas e, conseqüentemente, são melhores lubrificantes e enfraquecedoras de glúten (MANLEY, 1998). Assim, nota-se que gorduras semi-sólidas fazem melhor a função de enfraquecimento do glúten do que óleos, dando então produtos finais mais macios (MORETTO & FETT, 1999).

A curva de sólidos da gordura para biscoitos deve ser similar à apresentada na **Figura 6**, onde nota-se que o ponto de fusão para esta gordura é de 37,5°C (MANLEY,1996).

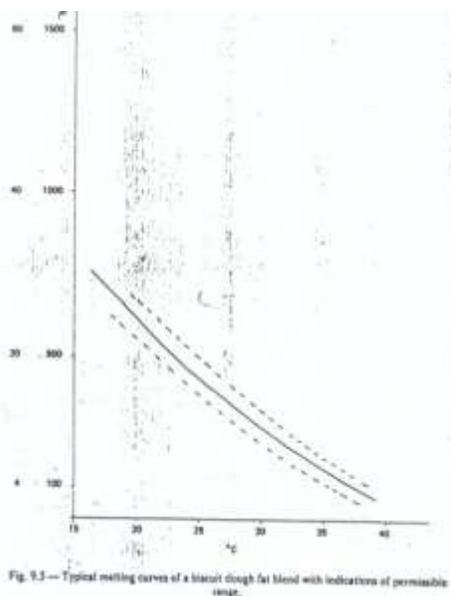


Figura 6. Curva de sólidos típica de gorduras para biscoitos laminados (Fonte: MANLEY, 1996)

As gorduras devem passar por um processo de refino onde são retirados os ácidos e sabores indesejáveis e a cor é ajustada.

Os principais fatores a serem considerados na escolha da qualificação da gordura são: (1) Índice de iodo; (2) Curva de sólidos; (3) Ponto de solidificação; (3) Ponto de fusão (fundamental para biscoitos laminados); (4) Índice de acidez; (5) Índice de peróxido; (6) Sabor e estabilidade (MANLEY, 1996).

Assim, a especificação química deve garantir que o óleo foi bem refinado e está fresco e a especificação física deve, no mínimo, limitar a variação do *blend*, estabelecer o ponto de fusão e a curva de sólidos e a plasticidade da gordura (MANLEY, 1996).

Reações químicas nas gorduras podem ocorrer, desenvolvendo produtos que são responsáveis por odor e sabor indesejáveis. Estas reações são conhecidas como rancidez e aumentam devido à oxidação, hidrólise, saponificação ou reversão de sabor. Precauções devem ser tomadas para retardar o aparecimento destes problemas, mas o desenvolvimento de sabores indesejáveis nos biscoitos, devido à deterioração de gorduras, é a principal causa de envelhecimento, afetando o tempo de prateleira dos

biscoitos. Rancidez de gorduras demanda que o transporte e a estocagem das mesmas sejam cuidadosos, em menor prazo possível (GRIMALDI; GONÇALVES, 2009).

4. Material e métodos

4.1. Material

4.1.1. Matérias-primas

Foram utilizadas as seguintes gorduras:

- a) Gordura interesterificada de soja - Base 1 (B1), produzida especificamente e gentilmente cedida para este projeto pela empresa Triângulo Alimentos (Itápolis/SP);
- b) Gordura interesterificada de soja - Base 2 (B2), produzida especificamente e gentilmente cedida para este projeto pela empresa Triângulo Alimentos (Itápolis/SP);

A diferença entre as 2 bases gordurosas é a porcentagem de gordura totalmente hidrogenada de soja e óleo de soja utilizadas na reação de interesterificação, resultando, conseqüentemente, em diferenças nos seus pontos de fusão, sendo a B1 mais dura (40% de óleo de soja + 60% de óleo de soja totalmente hidrogenado) e a B2 mais mole (70% de óleo de soja + 30% de óleo de soja totalmente hidrogenado).

- c) Óleo de soja Liza (OLS) (Cargill Agrícola S/A, Mairinque/SP).
- d) Gordura Padrão 1: gordura interesterificada low *trans* (GLT) TRI HS-LT (Triângulo Alimentos Ltda., Itápolis/SP); e
- e) Gordura Padrão 2: gordura vegetal parcialmente hidrogenada (GHS) TRI ICE PLUS (Triângulo Alimentos Ltda., Itápolis/SP).

Foram utilizados os seguintes ingredientes para produção dos biscoitos:

- a) Farinha de trigo específica para aplicação em biscoito Probisc 75 (Bunge Alimentos S.A., Tatuí/SP);
- b) Açúcar de confeito (Harald Indústria e Comércio de Alimentos Ltda., Santana de Parnaíba/SP);
- c) Amido de milho (Corn Products, Mogi Guaçu/SP);
- d) Açúcar líquido invertido União Pró (Indústria Nova América S.A., Tarumã/SP);
- e) Lecitina de soja SOLEC SG IP (Solae do Brasil Ind. Com. Alim. Ltda., Barueri/SP);
- f) Sal iodado Lebre (Norte Salineira AS Ind. e Com., Areia Branca/RN);

- g) Bicarbonato de amônia, distribuído pela empresa Docepan Dist. de Prod. Alimentícios Ltda.;
- h) Pirofosfato ácido de sódio (SAPP) (ICL Brasil Ltda., São José dos Campos/SP);
- i) Bicarbonato de sódio, distribuído pela empresa Docepan Dist. de Prod. Alimentícios Ltda.;
- j) Aroma de baunilha Prata (Iceberg Ind. e Com. Ltda., Jandira/SP);
- k) Metabissulfito de sódio Alfa (Plury Química Ltda., Diadema/SP).

4.1.2. Embalagens

Para a embalagem dos biscoitos laminados tipo Maria foram utilizadas:

- a) Embalagem primária: papel alumínio;
- b) Embalagem secundária: filme plástico de BOPP (polipropileno biorientado) metalizado termosselável + BOPP termosselável (gramatura 41 g/m² com tinta) da empresa Cepalgo Embalagens Flexíveis Ltda. (Aparecida de Goiânia/GO).

4.1.3. Equipamentos

A caracterização das matérias-primas, dos *blends* de gorduras e avaliação dos biscoitos laminados tipo Maria foram realizadas nos Laboratórios de Óleos e Gorduras; de Cereais, Raízes e Tubérculos do Departamento de Tecnologia de Alimentos; no Laboratório de Processos do Departamento de Engenharia de Alimentos e no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Ciências dos Alimentos, todos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Os equipamentos utilizados encontram-se descritos juntamente com as metodologias de análise, nos itens 4.2.1, 4.2.3 e 4.3.2.

Para a produção dos *blends* de gorduras utilizou-se as dependências e equipamentos do Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), descritos juntamente com a metodologia de produção dos *blends*, no item 4.3.1.

Os biscoitos laminados tipo Maria foram produzidos na Planta-Piloto de Panificação do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Os equipamentos encontram-se descritos juntamente com a metodologia de produção dos biscoitos, no item 4.3.3.

4.1.4. Rede Neural

Foi utilizada uma rede neural já construída e treinada com as bases gordurosas descritas em 4.1.1, para a formulação de *blends* de gorduras para diferentes aplicações (recheios de biscoitos, margarinas, massas folhadas, bolos, pães, biscoitos laminados e cookies). Foi utilizado como referência a tese de doutorado da aluna Kelly Gandra (GANDRA, 2011). O programa utilizado para a construção da rede neural foi o Programa MIX – Programa para formulação de gorduras com redes neurais (BARRERA-ARELLANO *et al.*, 2005).

4.2. Métodos

4.2.1. Caracterização das matérias-primas

4.2.1.1. Bases gordurosas, óleo de soja e gorduras padrão (comerciais)

As gorduras interesterificadas de soja (B1 e B2), óleo de soja, gordura comercial interesterificada low *trans* (padrão 1) e gordura comercial vegetal parcialmente hidrogenada (padrão 2) foram caracterizados através das seguintes análises, realizadas em duplicata:

4.2.1.1.1. Acidez

Determinou-se o teor de ácidos graxos livres das bases gordurosas e do óleo de soja através do Método AOCS Ca 5a-40 (2004).

4.2.1.1.2. Índice de peróxido

O índice de peróxido foi medido através do Método AOCS Cd 8b-90 (2004).

4.2.1.1.3. Composição em ácidos graxos

A composição em ácidos graxos das gorduras e do óleo de soja foi determinada utilizando um cromatógrafo em fase gasosa com coluna capilar, através do Método AOCS Ce 1f-96 (2004). O preparo dos ésteres metílicos foi de acordo com o método de Hartman e Lago (1973). As condições de operação do cromatógrafo gasoso capilar CGC Agilent 6850 Series GC System (Agilent, China), dotado de coluna capilar DB-23 Agilent (50% cyanopropyl-methylpoysiloxane, dimensões: comprimento = 60 m; ϕ int = 0,25 mm; filme = 0,25 μ m) foram: temperatura do forno: 110°C por 5 min; 110 a 215°C (5°C/min); 214°C por 34 min; temperatura do detector: 280°C; temperatura do injetor: 250°C; gás de arraste: hélio; split: 1:50; volume injetado: 1,0 μ L.

4.2.1.1.4. Índice de iodo calculado

Para a determinação do índice de iodo calculado foi utilizado o Método AOCS Cd 1c-85 (2004).

4.2.1.1.5. Composição em triglicerídeos

A composição em triglicerídeos das gorduras e do Óleo de soja foi determinada utilizando um cromatógrafo em fase gasosa com coluna capilar, através do Método AOCS Ce 5-86 (2004). As condições de operação do cromatógrafo gasoso capilar CGC Agilent 6850 Series GC System (Agilent, China), dotado de coluna capilar DB-17HT Agilent Catalog 122 - 1811 (50% cyanopropyl-methylpoysiloxane, dimensões: comprimento = 10 m; ϕ int = 0,25 mm; filme = 0,15 μ m) foram: vazão = 1,0 mL/min.; velocidade linear = 40 cm/s; temperatura do detector: 375°C; temperatura do injetor: 360°C; temperatura do forno: 250 a 350°C (5°C/min), 350°C – 20 minutos; gás de arraste: hélio; volume injetado: 1,0 μ L; split: 1:100; concentração da amostra: 10 mg/mL tetrahydrofurano.

4.2.1.1.6. Ponto de fusão

Para a determinação do ponto de fusão das gorduras foi utilizada a metodologia citada por Karabut *et al.* (2004) e Ribeiro *et al.* (2009a), que estabelece como o ponto de

fusão a temperatura em que a gordura apresenta 4% de sólidos na determinação do conteúdo de gordura sólida (item 4.2.1.1.7).

4.2.1.1.7. Conteúdo de gordura sólida

O conteúdo de gordura sólida das bases gordurosas foi determinado através do espectrômetro de ressonância magnética nuclear Bruker NMR Analyzer Mq 20 (Bruker, EUA), com utilização de banho seco Duratech TCON, segundo o Método AOCS Cb 16b-93 (2004). Método direto, temperagem para gorduras não estabilizadas, leituras das amostras em série, nas temperaturas de 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 e 55°C, com temperagem inicial (105°C por 15 min, 2 h a 0°C) e 60 min em cada temperatura de leitura.

4.2.1.2. Farinha de trigo

A farinha de trigo foi analisada em triplicata e caracterizada quanto aos seguintes parâmetros:

4.2.1.2.1. Composição centesimal

a) Umidade

Determinou-se a umidade da farinha em estufa com circulação e renovação de ar modelo TE-394/2 (Tecnal, Piracicaba/SP), por 1 hora a 130°C, segundo o Método AACC 44-15A (2000).

b) Proteínas

O teor de nitrogênio total da farinha foi determinado pela técnica de micro-Kjeldahl, segundo o Método AACC 46-13 da AACC (2000), utilizando o digestor de proteína modelo TE036/1 (Tecnal, Piracicaba/SP), e um fator de 5,7 para a conversão de nitrogênio em proteína.

c) Lipídios

O teor de lipídios da farinha foi determinado segundo o Método AACC 30-10 (2000) e utilizando o conjunto para extração de gordura Soxhlet, constituído de balão, extrator, condensador tipo Ahlin e bateria de aquecedores (por

resistência elétrica protegida por placa), modelo 308.526 (Quimis, Diadema/SP).

d) Cinzas

A porcentagem de cinzas da farinha foi determinada segundo o Método AACC 08-01 (2000), através da calcinação das amostras, em mufla modelo 2031 (Fornitec), a 550°C até massa constante.

e) Carboidratos

Os carboidratos totais foram determinados por um cálculo de diferença (100% – somatória dos valores de umidade, proteína, lipídios e cinzas). O teor de carboidratos totais inclui a fração de fibra alimentar.

4.2.1.2.2. Teores e índice de glúten

Para determinação dos teores de glúten úmido e seco e o índice de glúten utilizou-se o sistema Glutomatic (Perten, Suíça), de acordo com o Método AACC 38-12 (2000).

4.2.1.2.3 Atividade diastática (Falling Number)

A atividade diastática, também chamada de Número de Queda (seg.), foi determinado no equipamento Falling Number 1800 (Perten, Suíça), de acordo com o Método AACC 56-81B (2000).

4.2.1.2.4 Absorção de água e propriedades de mistura

A absorção de água e as propriedades de mistura foram determinadas utilizando-se o farinógrafo Brabender (Alemanha), de acordo com o Método AACC 54-21 (2000). Os parâmetros obtidos a partir do farinograma foram: absorção de água (%), tempo de chegada (min.), tempo de desenvolvimento da massa (min.), estabilidade (min.), tempo de saída (min.) e índice de tolerância à mistura - ITM (UF).

4.2.1.2.5 Propriedades de extensão

As propriedades de extensão foram determinadas utilizando-se o extensógrafo Brabender (Alemanha), de acordo com o Método AACC 54-10 (2000). Os parâmetros avaliados nos extensogramas foram: extensibilidade - E (mm), resistência à extensão - R (UE), resistência máxima - Rm (UE) e número proporcional – (R/E).

4.2.1.2.6 Propriedades alveográficas

As propriedades de alveografia foram determinadas utilizando-se o alveógrafo Chopin (França), segundo o Método AACC 54-30A (2000). Os parâmetros avaliados no alveógrafo foram: pressão máxima – P (mm), abscissa média de ruptura - L (mm), índice de configuração da curva - P/L e força do glúten – W (J).

4.2.2. Maquinabilidade da massa para biscoito

A maquinabilidade de duas etapas do processo foram avaliadas para a massa produzida com os diferentes tipos de gordura: processo de laminação e processo de moldagem e corte.

Através de observações feitas nos testes preliminares estabeleceu-se uma escala de pontuação para laminação e uma para moldagem e corte conforme **Tabelas 2 e 3**, respectivamente. Para o processo de moldagem e corte três características da massa foram avaliadas individualmente: pegajosidade, elasticidade e massa seca (quebradiça).

Tabela 2. Escala de pontuação para avaliação da qualidade do processo de laminação da massa.

NOTA	CLASSIFICAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1	PÉSSIMA	Massa não passa pelos cilindros
2	RUIM	Massa passa pelos cilindros com muita dificuldade e perdendo massa
3	REGULAR	Massa passa pelos cilindros com dificuldade
4	BOA	Massa passa pelos cilindros sem dificuldade
5	ÓTIMA	Massa passa perfeitamente pelos cilindros

Tabela 3. Sistemática de pontuação para avaliação da qualidade da massa no processo de moldagem e corte.

NOTA	CLASSIFICAÇÃO
+	Pouco
++	Regular
+++	Muito

4.2.3. Avaliação da qualidade dos biscoitos

Para a avaliação da qualidade final dos biscoitos formulados com as diferentes gorduras, as seguintes análises foram realizadas:

4.2.3.1. Diâmetro

Com o auxílio de um paquímetro (marca Jomanca, modelo: Digital Capiper com leitura de 0 a 150 mm/0,01 mm), o diâmetro de 10 biscoitos foi medido transversal e longitudinalmente e a média dos dois considerado como o diâmetro médio. Tomou-se o cuidado de medir o diâmetro de biscoitos produzidos com diferentes gorduras em igual posição nas bandejas e no forno. A medida do diâmetro foi realizada antes e após o forneamento (mm) (BERNUSSI, 1996).

4.2.3.2. Espessura

Dos mesmos 10 biscoitos foi determinada a espessura com o mesmo paquímetro e também com medição na posição horizontal e transversal, antes e após o forneamento. A espessura média foi considerada como a média das duas espessuras medidas em cada biscoito (mm) (BERNUSSI, 1996).

4.2.3.3. Expansão

Foi expressa como a relação entre o diâmetro médio e a espessura média (BERNUSSI, 1996). Amostragem de 10 biscoitos de cada teste.

4.2.3.4. Crescimento horizontal e vertical

O crescimento horizontal foi calculado pela diferença (em %) dos diâmetros médios dos 10 biscoitos antes e após forneamento (% de espalhamento ou encurtamento) dos biscoitos. O crescimento vertical pela diferença (em %) entre a espessura média antes e após o forneamento, (% de crescimento) dos biscoitos.

4.2.3.5. Massa

Dez biscoitos assados e resfriados foram pesados em balança semi-analítica, (Mettler Toledo, modelo: PB3002), e suas massas registradas em (g) e calculada a média.

4.2.3.6. Volume calculado

O volume foi calculado teoricamente, também média dos dez biscoitos, utilizando a equação de volume para uma circunferência:

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \text{Espessura} \cdot \pi \cdot (\text{Diâmetro}/2)^2$$

4.2.3.7. Densidade calculada

Foi calculada como a razão entre a massa do biscoito assado e resfriado (g) e o seu volume (cm³). Amostragem de 10 biscoitos (BERNUSSI, 1996).

4.2.3.8. Quebras / Fissuras

Foi realizada através da observação visual de cada unidade de biscoito (BERNUSSI, 1996). Amostragem de 10 biscoitos e cálculo da % de biscoitos com quebras e/ou fissuras.

4.2.3.9. Cor instrumental

Foi determinada em colorímetro Hunter Lab modelo Color Quest XE (HunterLab, EUA) utilizando-se o sistema CIELab, com luminante D65, ângulo de observação de 10º,

com área de observação de diâmetro = 250 mm (BERNUSSI, 1996). Amostragem de 10 biscoitos.

4.2.3.10. Textura instrumental

A dureza dos biscoitos foi determinada em Newtons (N) através do texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Inglaterra), utilizando-se plataforma com abertura circular, componente acessório do aparelho e a probe Waner Bletzer. O teste foi de força de compressão, com velocidade de pré-teste: 1,5 mm/s, velocidade teste de 2,0 mm/s, velocidade pós-teste de 10,0 mm/s e distância de penetração de 15,0 mm e distância de ruptura de 4,0 mm. Método foi adaptado da tese de mestrado de Brenussi (1996), que utilizou velocidade de 3,0 mm/s e distância de ruptura de 3,0 mm. Amostragem de 10 biscoitos (BERNUSSI, 1996).

4.2.3.11. Atividade de água (Aw)

Foi determinada a quantidade de água livre dos biscoitos, utilizando o equipamento Acqualab modelo 3TE (Decagon, Waghighton, USA). A amostra foi moída para análise em moinho com refrigeração TECNAL, modelo TE-361/2 (Piracicaba/SP). As análises foram realizadas em quadruplicata.

4.2.3.12. Umidade

Foi determinada a perda de massa da amostra submetida ao aquecimento em estufa com circulação e renovação de ar TECNAL, modelo TE-394/2 (Piracicaba/SP), em condições determinadas, segundo o Método 44-15A da AACC (2000). As amostras foram moídas e peneiradas para análise. Para moagem das amostras foi utilizado moinho com refrigeração TECNAL, modelo TE-361/2 (Piracicaba/SP) e para pesagem foi utilizada balança analítica Denver Instrumentes, modelo TP-214 com pesagem máx. de 210g e d=0,1mg (EUA). As análises foram realizadas em quadruplicata.

4.2.3.13. *Lipídios totais*

Os lipídios dos biscoitos foram extraídos com éter de petróleo em extrator Soxhlet, sendo o solvente removido por evaporação e o extrato pesado, segundo o Método 30-10 da AACC (2000). A amostra foi moída para análise. Para moagem das amostras foi utilizado moinho com refrigeração TECNAL, modelo TE-361/2 (Piracicaba/SP) e para pesagem foi utilizada balança analítica Adventurer OHAUS AR2/40 (USA) com pesagem máx. de 210g. As análises foram realizadas em quadruplicata.

4.2.3.14. *Gradiente de umidade*

Os biscoitos assados e resfriados foram submetidos a cortes circulares concêntricos, com o auxílio de uma cubeta de 2,0 cm de diâmetro e as análises de umidade da parte central e do anel externo realizadas segundo item 4.2.3.12. O gradiente de umidade foi determinado pela diferença de umidade entre as duas partes. Esta determinação foi realizada em quadruplicata 24 horas após a produção (BERNUSSI, 1996).

4.2.3.15. *Composição em ácidos graxos*

A composição de ácidos graxos das gorduras e óleo foi determinada conforme já descrito no item 4.2.1.1.3.

4.3. Procedimento experimental

4.3.1. Produção dos *blends* utilizando a rede neural

Com o objetivo de produzir um *blend* de gordura utilizando as matérias-primas óleo de soja (OLS) e as bases interesterificadas de soja (B1 e B2), que se aproximasse do comportamento de perfil de sólidos das gorduras comerciais low *trans* (GLT) e hidrogenada de soja (GHS), utilizou-se uma Rede Neural Artificial (RNA) previamente treinada. O treinamento da rede foi realizado com 62 amostras – exemplos, elaboradas com as bases interesterificadas (B1 e B2) e óleo de soja (OLS), tendo como dados de entrada a porcentagem de cada matéria - prima utilizada nas formulações das amostras –

exemplos e dados de saída o conteúdo de gordura sólida e ponto de fusão destas amostras-exemplos (GANDRA, 2011).

Para a definição da formulação dos *blends* de gorduras para aplicação em biscoitos laminados, foram realizadas buscas por soluções aproximadas na rede neural objetivando obter formulações de *blends* com ponto de fusão e perfil de sólidos o mais próximo possível das gorduras comerciais para aplicação em biscoitos utilizadas como padrões (hidrogenada e low *trans*). Das 10 respostas fornecidas pela rede, foram selecionadas 4 formulações, de acordo com o critério técnico de menor erro total com respeito ao perfil indicado. Assim, obteve-se:

- *Blend* 1 (BLD1): Formulação: 6% B1 + 34% B2 + 60% OLS;
- *Blend* 2 (BLD2): Formulação: 13% B1 + 19% B2 + 68% OLS;
- *Blend* 3 (BLD3): Formulação: 24% B1 + 9% B2 + 67% OLS;
- *Blend* 4 (BLD4): Formulação: 46% B2 + 54% OLS.

Estas formulações foram preparadas em escala laboratorial e foram caracterizadas para posterior aplicação em biscoitos laminados. Para o preparo dos *blends* tomou-se todo o cuidado de garantir a homogeneidade das gorduras antes de pesá-las e misturá-las. Para tal, o processo de pesagem e mistura ocorreu com as gorduras fundidas.

4.3.2. Caracterização dos *blends*

Nos *blends* produzidos foram determinados seu ponto de fusão, conteúdo de gordura sólida e composição em ácidos graxos teórica, utilizando como cálculo a porcentagem de cada matéria prima que compõe os *blends* e os seus resultados de ácidos graxos conforme item 4.2.1.1.3.

4.3.3. Produção dos biscoitos laminados

4.3.3.1. Formulação

Testes preliminares foram realizados para a definição da formulação de biscoitos laminados tipo Maria apresentada na **Tabela 4**, em base farinha. Foi utilizada como

referência a formulação descrita no trabalho de Bernussi (1996) e adequada, considerando-se as práticas atuais da indústria de biscoitos, com relação aos seguintes aspectos: (i) troca do ácido láctico pelo pirofosfato ácido de sódio; (ii) açúcar de confeitiro no lugar de açúcar refinado; (iii) retirada do leite em pó.

Utilizando a formulação definida, a gordura foi substituída em igual proporção pelas gorduras apresentadas na **Tabela 5**.

Tabela 4. Formulação para a produção dos biscoitos laminados tipo Maria.

INGREDIENTES	%
Farinha de trigo	100,00
Amido de milho	20,00
Açúcar	32,50
Açúcar invertido	10,00
Gordura*	11,00
Sal	1,25
Bicarbonato de sódio	0,55
Lecitina de soja	1,50
Bicarbonato de amônia	0,75
Aroma	0,50
Pirofosfato ácido de sódio	0,74
Metabissulfito de sódio	0,09
Água adicionada	30,00

* Serão alteradas de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5. Gorduras utilizadas nos diferentes testes

Teste	
1	Padrão 1: Gordura hidrogenada de soja
2	Padrão 2: Gordura low <i>trans</i>
3	Óleo de soja
4	Sem gordura
5	<i>Blend 1*</i> : 6% B1 + 34% B2 + 60% OLS
6	<i>Blend 2*</i> : 13% B1 + 19% B2 + 68% OLS
7	<i>Blend 3*</i> : 24% B1 + 9% B2 + 67% OLS
8	<i>Blend 4*</i> : 46% B2 + 54% OLS

4.3.3.2. Procedimento de produção

Testes preliminares foram realizados para definir o processo de produção dos biscoitos laminados tipo Maria, segundo o fluxograma apresentado na **Figura 7** e os detalhes descritos a seguir (BERNUSSI, 1996).

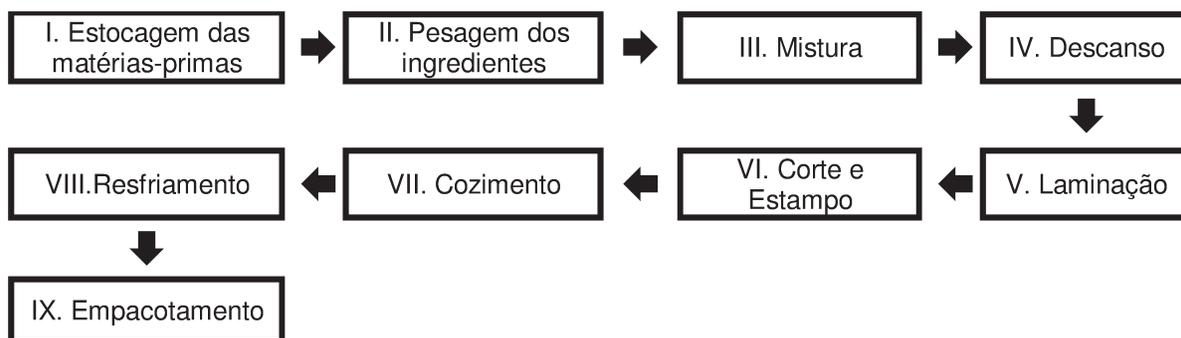


Figura 7. Fluxograma de produção dos biscoitos laminados tipo Maria

4.3.3.2.1. Estocagem das matérias-primas

As matérias-primas foram armazenadas em locais adequados seguindo as Boas Práticas de Fabricação (BPF) na Planta-Piloto de Panificação e no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos do DTA-FEA-UNICAMP. O lote de 25 kg da farinha de trigo foi separado em porções de 1 kg em balança modelo C5-15 (Filizola), armazenados em câmara refrigerada à temperatura de 5°C.

4.3.3.2.2. Pesagem dos ingredientes

Foram preparados dois lotes de 300g (base farinha) em cada teste. Os ingredientes foram pesados manualmente em balança semi-analítica previamente calibrada modelo PB3002 (Mettler Toledo). Tomou-se o cuidado para que os bicarbonatos, gorduras e líquidos fossem armazenados individualmente após pesagem. O bicarbonato de amônio foi previamente dissolvido em 10g de água à temperatura ambiente. Assim a quantidade total de água adicionada foi reduzida em 10g e aquecida a temperatura de $43 \pm 2^{\circ}\text{C}$ em forno de microondas modelo Facilite/Máster (Consul), em potência 1, até a temperatura de 45°C. A gordura foi aquecida no mesmo forno

microondas utilizado para aquecimento da água, homogeneizada e então pesada, sendo adicionada a uma temperatura de $31 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

4.3.3.2.3. Mistura

Para a mistura dos ingredientes utilizou-se uma batedeira KitchenAid modelo BEA52ABAIN (Whirlpool Co., São Paulo/SP), de 525 watts, com pá de 1 haste. A mistura dos ingredientes foi realizada de forma direta, ou seja, foram adicionados todos os ingredientes de uma só vez, tomando apenas o cuidado de adicionar os bicarbonatos por último. O tempo de mistura foi fixado em 9 min, sendo que de 1 em 1 min, a batedeira era parada para retirada da massa das laterais do vasilhame. A velocidade de mistura foi progressiva: iniciou-se no ajuste 1 da batedeira e com 1 min de mistura passou-se para o ajuste 4; com 3 min, para o ajuste 5; com 5 min, para o ajuste 7 e com 8 min, para o ajuste final 9.

4.3.3.2.4. Descanso da massa

A temperatura e o pH da massa foram determinados após o processo de mistura, utilizando-se termômetro TBAR modelo ST-9265N – A/B/C (CE), com probe de aço, sensor de 133 mm, leituras entre -30°C e $+150^{\circ}\text{C}$, e pH-metro Digimed DM-20, respectivamente. A massa foi deixada em repouso em bancada de mármore, coberta com saco de polietileno, por 35 minutos.

4.3.3.2.5. Laminação

A massa foi laminada, passando-se primeiramente por um cilindro automático modelo CLA-600 (Progresso, Paraná/SP), utilizando o ajuste 1 e, posteriormente, por um cilindro manual modelo Atlas 180 (Marcato, Itália), utilizando os ajustes 2 e 3, até a espessura final de $1,7 \pm 0,3$ mm.

4.3.3.2.6. Corte e estampo

A massa laminada foi estendida em uma mesa de aço inox e, com o auxílio do molde tipo Maria da marca Graver (São Paulo/SP), com diâmetro de 5,5 cm (**Figura 8**),

cortou-se a massa. As sobras do corte foram passadas novamente nos cilindros. As massas de biscoitos formatadas foram transportadas para bandejas de aço inox perfuradas, com o auxílio de uma espátula, tomando-se o cuidado para evitar ao máximo qualquer deformação. As bandejas foram preenchidas por quatro colunas de 6 biscoitos cada, totalizando 24 biscoitos por bandeja.



Figura 8. Molde para biscoito tipo Maria.

4.3.3.2.7. Forneamento

Para o forneamento dos biscoitos utilizou-se forno elétrico modelo EC3 (Prática Technicook, Pouso Alegre/MG), provido de 4 bandejas perfuradas de aço inox (96 biscoitos). O forno foi pré-aquecido à temperatura de 150°C e o tempo de forneamento foi de 13 minutos.

4.3.3.2.8. Resfriamento

O resfriamento dos biscoitos foi por 15 min. em condições ambiente, evitando-se correntes de ar.

4.3.3.2.9. Empacotamento

Os biscoitos foram empacotados levando-se em conta a quantidade necessária para as análises posteriores, a serem realizadas após 24 horas e ao longo do período de estocagem. Assim, os mesmos foram embalados manualmente, primeiramente em papel

alumínio e, posteriormente em sacolas de filme plástico especificadas no item 4.1.2 e fechadas com o auxílio da seladora de embalagens modelo P60I (Proels, Marília/SP).

4.3.3.2.10. Estocagem

A estocagem foi realizada em condições ambiente, sendo a média da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) dos biscoitos produzidos com as gorduras padrão (GHS e GLT), OLS e os sem gordura foi de 21°C e 58% respectivamente e dos biscoitos produzidos com os diferentes *blends* foi de 23°C e 55% respectivamente, segundo dados registrados pelo MAPA/Agritempo (AGRITEMPO, 2011)

4.3.3.3. Avaliação da maquinabilidade da massa

A maquinabilidade da massa na etapa do processo de laminação e na etapa de moldagem e corte foi avaliada para as massas produzidas com os diferentes tipos de gordura seguindo o método descrito em 4.2.2.

4.3.3.4. Avaliação da qualidade dos biscoitos laminados

A qualidade final dos biscoitos formulados com as diferentes gorduras foi avaliada quanto às seguintes características: diâmetro, espessura, expansão, crescimento horizontal e vertical, massa, volume calculado, densidade calculada, quebras/fissuras, cor instrumental, textura instrumental, atividade de água, umidade, lipídios totais, gradiente de umidade e composição de ácidos graxos conforme descrito no item 4.2.3.

4.3.3.5. Avaliação da qualidade durante a estocagem

As amostras de biscoitos formulados com as diferentes gorduras foram embaladas e estocados como indicado no item 4.3.3.2.9 e 4.3.3.2.10, respectivamente, durante 4 meses. Vinte e quatro horas após a produção dos biscoitos (T0) e depois a cada mês (T1: 1º mês; T2: 2º mês; T3: 3º mês e T4: 4º mês) foram realizadas análises de: porcentagem de quebra/fissura, cor instrumental, textura instrumental, atividade de água (Aw) e umidade (segundo itens 4.2.3.8, 4.2.3.9, 4.2.3.10, 4.2.3.11 e 4.2.3.12, respectivamente).

4.3.3.6. Tratamento dos dados

Foram aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias, utilizando-se o programa SAS 9,2 -TS 2MO (English) SAS Institute Inc. NC, USA.

5. Resultados e discussão

5.1. Caracterização das Matérias-primas

5.1.1. Bases gordurosas e óleo de soja

Na **Tabela 6** encontram-se os resultados das determinações físico-químicas das gorduras padrão: GHS, GLT; do OLS; e das bases interesterificadas (B1 e B2).

Tabela 6. Características físico-químicas das gorduras

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS										
ANÁLISES	GHS	DP	GLT	DP	OLS	DP	B1	DP	B2	DP
Acidez – Ácido Oléico (%)	0,150	0,010	0,050	0,010	0,034	0,005	0,064	0,004	0,053	0,002
Índice de Peróxido (MeqO ₂ /kg)	1,37	0,01	2,52	0,02	1,08	0,06	0,77	0,02	0,63	0,06

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; B1 e B2: bases interesterificadas de soja; DP: desvio padrão

Concluí-se que todas as gorduras analisadas estão de acordo com a Portaria 145, de 7 de junho de 2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2006) e RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2005b) e, portanto, adequadas para consumo.

Na **Figura 9** mostra-se o perfil de sólidos das gorduras utilizadas, cujos pontos de fusão foram: GHS: 39,5°C; GLT: 38,3°C; B1: 56,8°C e B2: 50,4°C.

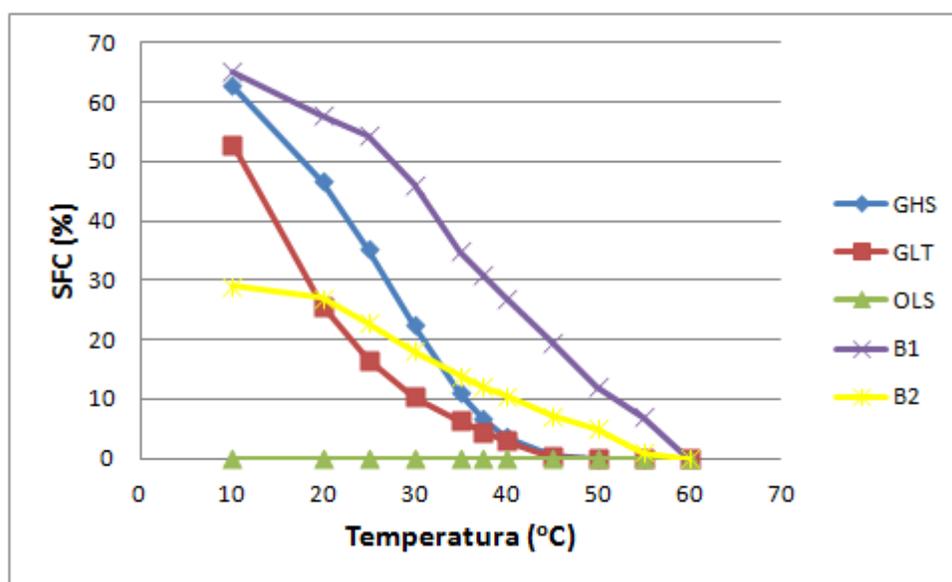


Figura 9. Curva de sólidos das gorduras padrão: gordura vegetal hidrogenada de soja (GHS) e gordura low *trans* (GLT); do óleo de soja (OLS); e das bases interesterificadas de soja (B1 e B2).

Os resultados das curvas de sólidos demonstram que as bases interesterificadas apresentam perfis distintos das gorduras comerciais e também entre si, possibilitando obter misturas com o óleo de soja que cobrem faixas variadas de conteúdo de gordura sólida em função da temperatura. Pode-se verificar que o teor de sólidos da B1 é bem mais elevado em relação as demais gorduras em todas as temperaturas analisadas e que a B2 neste requisito se aproxima mais das gorduras comerciais, principalmente nas temperaturas compreendidas entre as temperatura ambiente (25°C) e de fusão na boca (37,5°C).

Nota-se que a queda da curva das gorduras comerciais é bem mais acentuada que a observada na curva das bases interesterificadas. No comportamento das curvas das gorduras comerciais tem-se uma redução de 80% de sólidos quando a temperatura é elevada a 30°C e 35°C, o que também é apresentado por Manley (1996) na curva de sólidos da gordura ideal para massas de biscoitos (**figura 6**). Para obter esta mesma redução nas bases interesterificadas é necessário elevar a temperatura a 50°C. As curvas das gorduras comerciais possuem perfis similares, sendo que a GHS se apresenta mais dura que a GLT a temperaturas inferiores a 35°C, se assemelhando posteriormente a esta temperatura.

Petrauskaite *et al.* (1998) relataram a interesterificação de óleo de soja (OLS) e óleo de soja totalmente hidrogenado (OSTH), em proporções variáveis entre 90:10 a 50:50 (%m/m), com o intuito de obter gorduras low *trans* com características funcionais similares às gorduras comerciais disponíveis. Misturas interesterificadas com 70% de OLS e 30% de OSTH revelaram-se semelhantes aos shortenings comerciais, apresentando teor de sólidos de 22,4% (10°C), 20,9% (20°C) e 9,9% (30°C). Valores estes próximos ao encontrado em B2 que apresenta também proporção de 70% OLS / 30% OSTH.

Observando os resultados de ponto de fusão das gorduras observa-se que as bases interesterificadas apresentam um valor mais elevado que as gorduras comerciais. Este resultado relaciona-se com o fato das bases interesterificadas apresentarem um maior teor de ácidos graxos saturados. Comparando-se as bases interesterificadas entre si nota-se que a B1, que apresenta menor porcentagem de óleo de soja (40% contra 70% da B2) e maior porcentagem de óleo de soja totalmente hidrogenado (60% contra 30% da B2), apresentou um ponto de fusão mais elevado. Resultado este coerente com as composições em ácidos graxos e triacilgliceróica encontrados (**Tabelas 7 e 8**), visto que a B1 apresentou maiores teores de ácidos graxos saturados e de triacilgliceróis

trissaturados (SSS). Segundo Dian *et al.* (2007), a interesterificação de óleos totalmente hidrogenados com óleos líquidos promove a redução do ponto de fusão em relação à mistura original, devido principalmente ao decréscimo do teor de triacilgliceróis trissaturados.

A **Tabela 7** apresenta-se a composição em ácidos graxos e índice de iodo das gorduras e óleo.

Tabela 7. Composição em ácidos graxos das gorduras.

	GHS	GLT	OLS	B1	B2
C8:0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C10:0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C12:0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1
C14:0	0,1	0,8	0,1	0,2	0,1
C16:0	11,4	39,2	10,7	11,3	11,1
C16:1 <i>trans</i>	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
C17:0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
C18:0	15,5	6,3	2,9	51,9	27,6
C18:1 <i>trans</i>	24,7	0,4	0,0	0,0	0,0
C18:1	30,6	41,9	29,9	10,5	17,9
C18:2 <i>trans</i>	2,5	0,5	0,4	0,0	0,2
C18:2	12,2	9,2	48,6	22,2	37,2
C18:3 <i>trans</i>	0,1	0,1	1,2	0,0	0,4
C18:3	1,3	0,2	4,9	2,5	4,0
C20:0	0,5	0,4	0,3	0,6	0,5
C20:1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2
C22:0	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5
C24:0	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
SATURADOS	28,4	47,3	14,7	64,9	40,2
MONOINSATURADOS	55,5	42,5	30,0	10,6	18,1
POLINSATURADOS	16,0	9,9	55,0	24,7	41,7
TRANS TOTAIS	27,4	1,0	1,6	0,1	0,6
Índice de iodo (g I ₂ /100g)	70,1	53,3	134,0	54,0	90,0

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; B1 e B2: bases interesterificadas de soja.

* Os resultados exprimem a média de duas determinações

Os resultados obtidos confirmam que o óleo de soja apresenta em sua composição principalmente os ácidos linoléico (48,6%), oléico (29,9%) e palmítico (10,7%), que está de acordo com a portaria nº 145 do MAPA, que dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos vegetais (BRASIL, 2006). Verificou-se também uma baixa porcentagem de ácidos graxos saturados (14,7%) característico de óleos vegetais. O valor de índice de iodo do óleo de soja encontrado (134 g I₂/100g) apresenta-se também de acordo com a portaria nº 145 do MAPA (BRASIL, 2006).

Observando-se os resultados das bases interesterificadas, nota-se que as mesmas também se encontram conforme esperado, ou seja, a base que apresentou maior ponto de fusão (56,8°C) e menor índice de iodo (54) (B1), foi a que apresentou maior teor do ácido esteárico (C18:0), saturado, e menores teores dos ácidos oléico (C18:1) e linoléico (C18:2), insaturados, quando comparada à B2 (PF = 50,4°C e II = 90).

Ribeiro *et al.* (2009) estudaram a interesterificação química de misturas de óleo de soja (OLS) e óleo de soja totalmente hidrogenado (OSTH). A mistura de 70% OLS / 30% de OSTH apresentou 38,55% de ácido linoléico, 28,82% de ácido esteárico e 16,03% de ácido oléico, entre outros, muito próxima da B2 (70% OLS / 30% OSTH).

Conforme esperado, apenas a gordura comercial GHS, apresentou níveis elevados de gordura *trans*, oriundas do processo de hidrogenação parcial. Comparando os níveis de ácidos graxos saturados nota-se que das gorduras, a GHS foi que apresentou menor quantidade. Das gorduras com baixo *trans* analisadas (GLT, B1 e B2), nota-se que a que apresentou menor quantidade de saturados foi a B2. A GLT apresentou alta porcentagem de ácidos graxos oléico (42%), e palmítico (40%) o que indica que possui em sua composição óleo de palma.

Sob o ponto de vista tecnológico, o perfil triacilglicerídico representa a chave para o entendimento de várias propriedades físicas de um óleo ou gordura (BUCHGRABER *et al.*, 2004). A **Tabela 8** mostra os principais triacilgliceróis (TAG) que compõem os diversos grupos classificados segundo o número de carbonos, para as bases interesterificadas gordurosas e o óleo de soja e a **Tabela 9** segundo os teores de triacilgliceróis dos tipos trissaturados (SSS), monoinsaturados (SSU), diinsaturados (SUU) e triinsaturados (UUU).

Tabela 8. Composição em triacilgliceróis (TAG) do óleo de soja (OLS); e das bases interesterificadas de soja (B1 e B2)*.

NC	TAG (%)	OLS	B1	B2
C50	PPSt	-	3,1	1,7
	POP	0,9	1,1	1,1
	PLP	2,8	1,5	2,4
C52	PStSt	-	11,4	5,9
	POSt	0,7	5,0	3,2
	POO	3,4	0,5	2,2
	PLSt	1,7	9,4	6,3
	PLO	10,6	2,2	6,4
	PLL	15,2	3,0	8,3
	PLnL	3,2	-	-
C54	StStSt	-	14,3	7,9
	StOSt	-	8,9	4,6
	StOO	0,8	-	1,0
	StLSt	-	18,7	11,5
	OOO	3,3	-	-
	StLO	2,7	6,7	5,4
	OLO	12,2	-	4,8
	StLL	-	8,9	6,4
	OLL	17,6	1,7	8,9
	LLL	20,0	2,9	9,9
	LLnL	5,0	0,7	2,5

NC: número de carbono; P: ácido palmítico, St: ácido esteárico; O: ácido oléico; L: ácido linoléico; Ln: ácido linolênico; -: não detectado. * Média de duas determinações.

Tabela 9. Teores de SSS, SSU, SUU e UUU do óleo de soja (OLS); e das bases interesterificadas de soja (B1 e B2)*.

TAG (%)	OLS	B1	B2
SSS	-	28,8	15,5
SSU	6,1	44,6	28,9
SUU	35,8	21,3	29,6
UUU	58,1	5,3	26,1

TAG: triacilgliceróis; SSS: trissaturados; SSU: monoinsaturados; SUU: diinsaturados, UUU: triinsaturados; -: não detectado. * Média de duas determinações.

Para o óleo de soja, os triacilgliceróis encontrados em maior quantidade estão de acordo com os encontrados por Ribeiro *et al.* (2009): PLO 10,38%; PLL 15,62%; OLO 10,25%; OLL 18,99%; LLL 21,06%.

A presença dos triacilgliceróis PLSt (6,3% a 9,4%), StOSt (4,6% a 8,9%) e StLSt (11,5% a 18,7%) assegura às gorduras propriedades de aeração, lubrificação e barreira de umidade; as espécies StLO (5,4% a 8,9%) e StLL (6,4% a 8,9%) também contribuem para boa lubrificação e para as características de brilho. PPSt e PStSt conferem importantes qualidades como estrutura e barreira de umidade, contribuindo para a funcionalidade tecnológica das bases interesterificadas (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002; O'BRIEN, 2004). Gorduras com baixo teor de StStSt são desejáveis para aplicação alimentícia, já que esse triacilglicerol proporciona sensação de arenosidade e cerosidade na boca (O'BRIEN, 2004).

Se compararmos as duas bases interesterificadas em relação aos triacilgliceróis adequados para aplicação em alimentos, citados acima, notamos que a B1 possui uma maior quantidade deles, sendo que somam mais de 50% de seus triacilgliceróis, o que não acontece com a B2, porém a B1 possui o dobro de StStSt do que a Base 2 (14,34% contra 7,94%), o que a torna não tão qualificada.

De acordo com Silva e Gioelli (2006), as propriedades funcionais dos alimentos gordurosos podem ser relacionadas à composição triacilglicerólica da gordura que os compõe. Os triacilgliceróis SSU, com pontos de fusão entre 27°C e 42°C, são responsáveis pela estrutura destes produtos. Os triacilgliceróis SUU são importantes no que se refere às propriedades de fusão à temperatura corporal e plasticidades dos mesmos à temperatura ambiente (O'BRIEN, 2004; HOFFMANN, 1989). Os triacilgliceróis UUU, com pontos de fusão entre -14°C e 1°C, contribuem para a maciez dos alimentos (WIEDERMANN, 1978). Logo, o acréscimo nos teores de SSU e SUU das misturas de óleo de soja/óleo de soja totalmente hidrogenado, promovido pela interesterificação química, está associado ao aumento da funcionalidade tecnológica, melhoria das características sensoriais e, portanto, maior potencial de aplicação destas bases interesterificadas em alimentos (RIBEIRO *et al.*, 2009b). A base interesterificada B2 apresentou teores de SSU (28,87%), SUU (29,63%) e UUU (26,03%) similares. A B1 apresentou SSS e SSU como classes triacilglicerólicas predominantes, o que é coerente uma vez que B1 foi produzida com 60% de soja totalmente hidrogenada e B2 com 30%.

Na **Tabela 10** mostram-se os resultados da composição de triacilgliceróis das gorduras padrão, do OLS e das bases interesterificadas, quanto ao número de carbono.

Tabela 10. Composição em triacilgliceróis (%) das gorduras*.

NC	GHS	GLT	OLS	B1	B2
C48		8,4			
C50	5,1	40,0	3,8	5,7	5,1
C52	34,5	41,3	34,7	31,5	32,1
C54	60,4	10,3	61,5	62,8	62,8
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

NC: número de carbono; GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; B1 e B2: bases interesterificadas de soja. * Média de duas determinações.

No óleo de soja, bem como nas gorduras interesterificadas de soja (B1 e B2) e na gordura hidrogenada de soja observa-se uma predominância do grupo de triacilgliceróis com 54 carbonos. Este mesmo grupo não foi expressivo na gordura low *trans*, que apresentou os grupos C50 e C52 como predominantes, sendo que o grupo C52 em um nível mais elevado (41%) comparado com as demais gorduras. Segundo Grimaldi (1999), os TAG com 50 e 52 carbonos são os mais abundantes em óleo de palma não interesterificado, reforçando a observação de que a gordura low *trans* possui óleo de palma.

5.1.2. Farinha de trigo

A farinha de trigo utilizada na produção dos biscoitos foi caracterizada através de análises físico-químicas e reológicas. A composição centesimal da farinha pode ser visualizada na **Tabela 11**.

Tabela 11. Composição centesimal da farinha de trigo Bunge Pró-Bisc 75

ANÁLISE	%
Umidade	12,65 ± 0,14
Proteína	7,86 ± 0,54
Lipídios	1,06 ± 0,10
Cinzas	0,73 ± 0,02
Carboidrato	77,89

Os valores encontrados de umidade estão de acordo com a RDC nº 263, de 22 de Setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2005c), (regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos), que demonstra que a farinha de trigo deve ter no máximo 15% de umidade para manutenção de suas características e sua utilização. Este valor (umidade) e os valores de cinzas e proteínas encontrados, também estão de acordo com a instrução normativa nº8 de 2 de Junho de 2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005a) (regulamento técnico de identidade e qualidade de farinha de trigo), que estabelece que a farinha em questão (Tipo 1) deve ter no máx. 0,8% de cinzas, 15% de umidade e proteína min. de 7,5%.

O teor de umidade da amostra encontra-se na faixa de farinha de trigo para biscoitos (de 12,5 a 14%). A umidade é um parâmetro que determina a condição de estocagem da farinha e não devem exceder 13% (B&CMA , 2002). O armazenamento da farinha a umidades maiores pode proporcionar o crescimento de bolores e leveduras e conteúdos menores que 12% aumenta o risco de rancidez oxidativa da gordura (WADE, 1988).

O conteúdo de cinzas é um parâmetro importante para identificar o grau de extração e refinamento da farinha (B&CMA , 2002). Segundo Manley (1996), uma farinha adequada para biscoitos deve possuir teor de cinzas entre 0,5 e 0,78%. Um valor mais baixo indica apenas uma farinha mais clara. Como o valor de cinzas encontrado na farinha foi de 0,73% conclui-se que a mesma é adequada para biscoito, quanto a este requisito.

A quantidade de proteína da farinha é o fator mais importante para indicar sua força e então determinar seu potencial de uso (B&CMA , 2002). Para utilização em biscoitos, as farinhas de trigo, devem apresentar um baixo conteúdo de proteína, na faixa de 7 a 9% (SOMERS, 1974; WADE 1988; GOMES-RUFFI; NABESHIMA; MONTENEGRO, 2009). Assim nota-se que a farinha utilizada está de acordo com o parâmetro de quantidade de proteína (7,86%) adequado para sua utilização em biscoitos.

A **Tabela 12** mostra os parâmetros reológicos da farinha analisada, apresentando os valores encontrados para suas características farinográficas, extensográficas, alveográficas e ainda seu valor de atividade diastática.

Tabela 12. Análises reológicas da farinha de trigo.

FARINOGRAFIA			
ANÁLISE	RESULTADO		
Absorção (%)	58,8		
Tempo de chegada (min.)	1,25 ± 0,00		
Tempo de saída (min.)	6,75 ± 0,66		
Tempo de desenvolvimento (min.)	4,34 ± 0,29		
Estabilidade (min.)	5,50 ± 0,66		
Índice de tolerância à mistura - ITM (UF)	80 ± 0		

EXTENSOGRAFIA			
ANÁLISE	RESULTADO		
	45 Minutos	90 Minutos	135 Minutos
Resistência à extensão - R (UE)	295,00 ± 37,95	273,34 ± 23,09	403,34 ± 57,74
Resistência máxima - Rm (UE)	386,67 ± 31,75	518,34 ± 20,21	538,34 ± 62,52
Extensibilidade - E (mm)	138,34 ± 10,10	136,67 ± 5,77	130,67 ± 3,22
Número proporcional - D (R/E)	2,01 ± 0,39	2,00 ± 0,29	3,09 ± 0,52

ALVEOGRAFIA	
ANÁLISE	RESULTADO
Pressão máxima (P) (mm)	34,00 ± 2,64
Abcissa média de ruptura (L) (mm)	58,54 ± 8,03
Índice de configuração da curva (P/L)	0,58 ± 0,25
Força do glúten (W) ($\times 10^{-4}$ J)	84,20 ± 13,13

ATIVIDADE DIASTÁTICA	
ANÁLISE	RESULTADO
Falling Number (seg.)	190,75 ± 2,22

OBS: Não são reportados os valores de teores e índice de glúten, não foi observada a formação de glúten.

Não somente a quantidade de proteína é um importante parâmetro a ser analisada nas farinhas destinadas a produção de biscoito, bem como sua qualidade (B&CMA, 2002). Smith (1972), coloca ainda que, a qualidade da proteína, ou mais coerente, as características inerentes ao glúten (elasticidade e extensibilidade), são muito mais importantes do que a quantidade presente na farinha.

A absorção de água da farinha utilizada (58,8%) classifica a farinha, segundo Biondi (2003), como de força média, e portanto, adequada para produção de biscoitos, uma vez que Manley (1998) definiu que biscoitos laminados requerem uma farinha média ou fraca.

O tempo de desenvolvimento encontrado (4,34 min.) e a estabilidade (5,5 min.) estão um pouco acima da faixa ideal citada por Mailhot & Patton (1988), que é de 2 a 3 min. para tempo de desenvolvimento e 1 a 3 minutos, para estabilidade. Porém segundo Sandri (2009), os parâmetros adequados de farinografia para uma farinha destinada à produção de biscoitos seriam: tempo de desenvolvimento abaixo de 4 minutos, estabilidade abaixo de 6 minutos e assim, de acordo com os valores encontrados. Ainda segundo Sandri (2009) o ITM de uma farinha para biscoitos deve ser menor de 100 UF. O valor de ITM encontrado foi de 80 UF, demonstrando não ser farinha forte.

Assim, segundo os valores encontrados de farinografia observa-se que a farinha utilizada possui as características adequadas para produção de biscoito. Para classificação de sua força, segundo Biondi (2003), pelos parâmetros do farinograma, a farinha pode ser considerada de força média, pois a absorção está entre 54 e 60%, o tempo de desenvolvimento próximo à faixa de 2,5 a 4,0 minutos, a estabilidade entre 3 e 8 minutos e o ITM entre 60 e 100 UF.

Também pelos valores de extensibilidade e resistência à extensão (45,90 e 135 minutos) da farinha caracterizam uma farinha de força média. De acordo com Sluimer (2005), pelo extensograma, a farinha adequada para biscoitos, possui gráficos baixos e longos. De acordo com Biondi (2003), uma farinha fraca possui (aos 135 minutos), $R = 130$ UF, $R_m = 130$ UF, $E = 180$ mm e $D = 0,7$.

Gomes-Ruffi, Nabeshima e Montenegro (2009), estabelecem como parâmetro ideal de alveografia de farinha destinada para produção de biscoitos uma energia (W) baixa (menor que 200×10^{-4} J e índice de configuração da curva do alveógrafo (P/L) também baixo (0,3 a 0,5). Sandri (2009) indica que a farinha para biscoitos deve ter $P < 60$ mm, $L > 100$ mm, $P/L < 0,6$ e $W < 180 \times 10^{-4}$ J. Os valores encontrados de $P=34$ mm, $W=84,20$

$\times 10^{-4}J$ e $P/L = 0,58$ demonstram que a farinha analisada é passível de ser utilizada para produção de biscoitos.

Por fim, os níveis de alfa amilase e a quantidade de amido danificado presentes na farinha podem afetar a qualidade de biscoitos. Através dos resultados da atividade diastática da farinha analisada (*Falling number*) verifica-se que o teor de alfa amilase encontra-se dentro dos níveis aceitáveis para farinha. As farinhas com *Falling number* inferiores a 150 seg. são geralmente derivadas de trigo germinado, que contém alto teor de alfa amilase (PIZZINATO, 1995).

Assim os resultados reológicos da farinha analisada, mostram que trata-se de farinha média, com alta extensibilidade e baixa elasticidade, e com baixa atividade de alfa amilase, ou seja, com as principais características inerentes á farinha para produção de biscoitos.

5.2. Produção dos *blends* utilizando a rede neural

Na rede neural previamente treinada, foram utilizados como dados de entrada, os valores da curva de sólidos das gorduras padrão low *trans* (GLT) e hidrogenada de soja (GHS), e das matérias -prima bases interesterificadas (B1 e B2) e óleo de soja (OLS). Solicitou-se uma busca por respostas da proporção de cada uma das gorduras (B1, B2 e OLS) para formular uma gordura com perfil de sólidos mais próximo das gorduras padrão. Através deste estudo notou-se que as soluções apresentavam menor erro e perfil mais próximo da gordura low *trans* do que da gordura hidrogenada de soja, como se pode observar nas **Figuras 10a e 10b**.

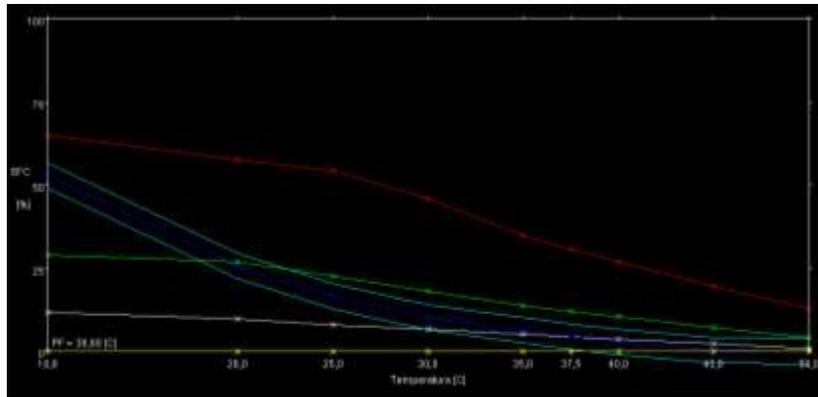


Figura 10a. Curva de sólidos das gorduras interesterificadas (B1 e B2), óleo de soja, gordura padrão low *trans*, e da solução mais próxima encontrada.

Erro = 9,22

Vermelho: Curva de sólidos da gordura interesterificada (B1).

Verde: Curva de sólidos da gordura interesterificada (B2).

Azul escuro: Curva de sólidos da gordura padrão low *trans* (GLT).

Amarelo: Curva de sólidos do óleo de soja (OLS).

Branco: Solução mais aproximada da gordura padrão low *trans*.

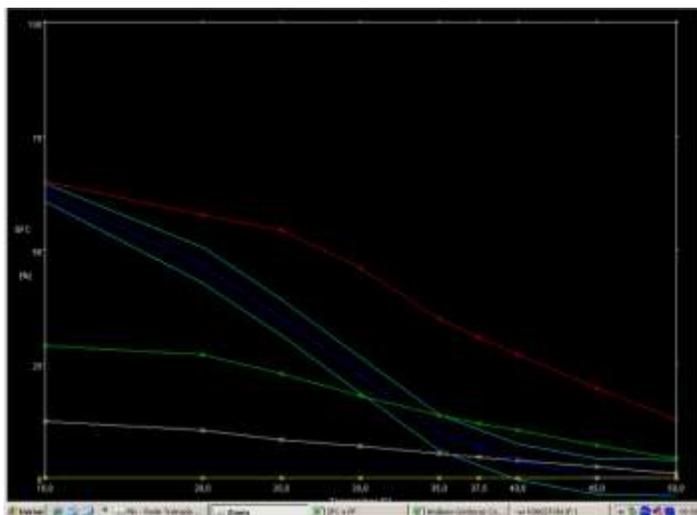


Figura 10b. Curva de sólidos das gorduras interesterificadas (B1 e B2), óleo de soja, gordura padrão hidrogenada de soja, e da solução mais próxima encontrada

Erro = 17,16

Vermelho: Curva de sólidos da gordura interesterificada (B1).

Verde: Curva de sólidos da gordura interesterificada (B2).

Azul escuro: Curva de sólidos da gordura padrão hidrogenada de soja (GHS).

Amarelo: Curva de sólidos do óleo de soja (OLS).

Branco: Solução mais aproximada da gordura padrão hidrogenada de soja.

Assim, solicitou-se uma nova busca por soluções aproximadas tendo como base a gordura low *trans* e obtiveram-se 10 respostas, apresentadas na **Tabela 13**.

Tabela 13. Respostas da Rede Neural para soluções da gordura padrão low trans, utilizando óleo de soja (OLS) e as bases interesterificadas de soja (B1 e B2).

Temperaturas (°C)	10	20	25	30	35	37,5	40	45	50	PF	Erro	%		
												B1	B2	OLS
GLT (padrão)	52,90	25,71	16,61	10,36	6,40	4,53	2,93	0,31		38,30				
GHS (padrão)	62,71	46,71	35,24	22,52	11,07	6,73	3,58	0,45		39,50				
Resposta 1	11,82	9,86	7,99	6,72	5,14	4,31	3,71	2,34	0,94	38,59	9,19	1,00	42,63	56,37
Resposta 2	11,55	9,62	7,77	6,51	5,03	4,21	3,58	2,3	0,87	38,10	9,30	15,79	12,29	71,92
Resposta 3	11,86	9,9	7,99	6,68	5,18	4,33	3,66	2,38	0,91	38,60	9,17	22,26	0,42	77,32
Resposta 4	11,89	10,02	8,1	6,78	5,22	4,38	3,73	2,4	0,94	38,80	9,12	13,02	19,25	67,73
Resposta 5	11,47	9,54	7,71	6,47	5	4,17	3,55	2,28	0,86	38,00	9,33	15,06	13,48	71,46
Resposta 6	11,52	9,58	7,75	6,51	5,01	4,19	3,59	2,28	0,88	38,06	9,31	8,49	26,70	64,8
Resposta 7	12,21	10,22	8,26	6,92	5,32	4,47	3,81	2,45	0,98	39,14	9,03	11,91	22,19	65,90
Resposta 8	12,43	10,43	8,44	7,06	5,41	4,56	3,91	2,5	1,02	39,48	8,94	6,37	33,95	59,68
Resposta 9	15,55	13,37	10,81	8,88	6,84	5,84	4,95	3,3	1,50	43,11	8,05	23,87	9,10	67,03
Resposta 10	12,2	10,21	8,27	6,95	5,3	4,46	3,85	2,43	1,00	39,2	9,03	0,00	45,87	54,13

PF: ponto de fusão; GLT: gordura low trans; GHS: gordura hidrogenada de soja

Observando que algumas soluções representavam a mesma resposta ou respostas muito próximas, agrupou-se em 4 diferentes grupos (*blends*), apresentados na **Tabela 14**. Os *blends* foram designados como BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4.

Tabela 14. Composição dos *blends* (BLD) formulados pela Rede Neural Artificial (RNA)

COMPOSIÇÃO DOS BLENDS				
Componentes	BLD1	BLD2	BLD3	BLD4
B1 (%)	6	13	24	0
B2 (%)	34	19	9	46
OLS (%)	60	68	67	54

B1 e B2: base interesterificadas; OLS: óleo de soja

5.3. Caracterização dos *blends*

Os *blends* formulados foram caracterizados quanto ao seu teor de sólidos, ponto de fusão e composição de ácido graxos.

A **Figura 11** apresenta o perfil de sólidos dos *blends*, cujo os pontos de fusão foram: BLD1: 38,5°C; BLD2: 38,0°C; BLD3: 42,8°C e BLD4: 38,0°C

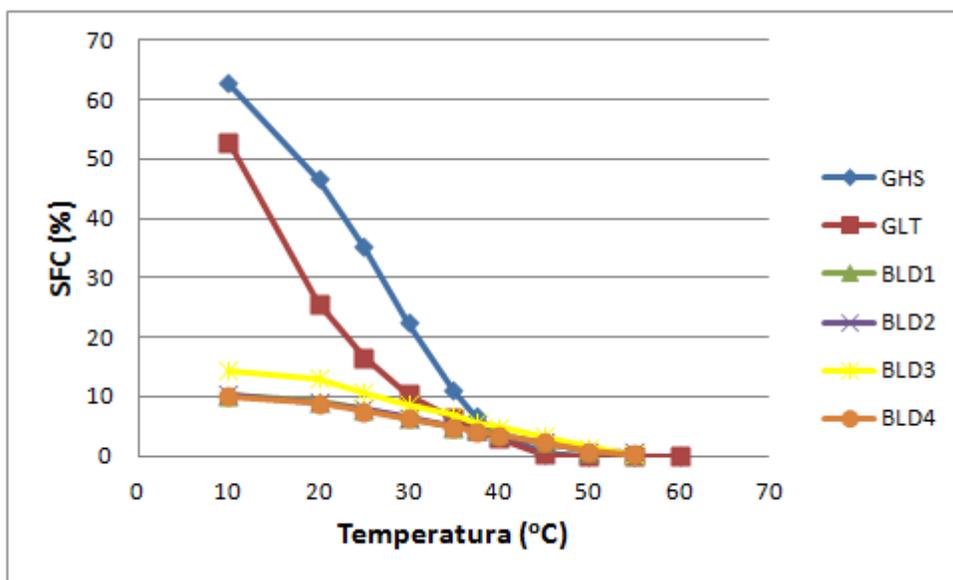


Figura 11: Perfil de sólidos dos *blends* formulados (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4) e das gorduras comerciais (GHS e GLT).

Conforme esperado, os resultados das curvas de sólidos demonstram que os *blends* formulados apresentaram perfil de sólidos muito próximo uns dos outros, sendo que apenas o BLD3 apresentou uma porcentagem mais elevada de sólidos em todas as temperaturas, diferença esta mais acentuada nas temperaturas menores (diferença de 4% à temperaturas de 10° e 20°C, diferença de 2% às temperaturas de 25°C até 37,5°C, e diferença de 1% à temperaturas de 40 a 50°C). Porém pode-se observar que o comportamento das curvas dos *blends* são iguais.

Se compararmos as curvas dos *blends* com as curvas das gorduras comerciais é notório que a queda da curva das gorduras comerciais é bem mais acentuada que a observada na curva dos *blends*, principalmente nas temperaturas de 10°C até 35°C. No comportamento das curvas das gorduras comerciais tem-se uma redução de sólidos de aproximadamente 85% do total de sólidos quando a temperatura é elevada de 10°C à 35°C, enquanto que para os *blends* a redução de sólidos totais nesta faixa de temperatura foi em torno de 50%. Porém, de 35 a 45°C, o comportamento das curvas das gorduras comerciais são mais similares à dos *blends*, sendo que a gordura *low trans* apresenta comportamento mais próximo dos *blends* que a gordura hidrogenada, conforme já mencionado no item 5.2. Focando em temperatura de derretimento da boca (37,5°C)

observa-se que os *blends* apresentam uma porcentagem de sólidos bem próximos entre si e da gordura comercial low *trans* (BLD1= 4,23%; BLD2=4,24%; BLD3=5,73%; BLD4=4,15%; GLT=4,5% e GHS=6,73%). Porém à temperatura ambiente, os *blends* não possuem porcentagem de sólidos próximos nem da gordura comercial low *trans* e nem da hidrogenada de soja, apresentando estas últimas uma porcentagem bem mais elevada de sólidos (BLD1=7,83%; BLD2=7,97%; BLD3=10,65%; BLD4=7,50%; GLT=35,24% e GHS=16,61%).

Observando os resultados de ponto de fusão dos *blends* nota-se que, os BLD1, BLD2 e BLD4 apresentaram pontos de fusão praticamente idênticos, o que é facilmente justificável pelo fato destes *blends* apresentarem um teor de ácidos graxos saturados bem próximos, como apresentado na **Tabela 15**. O BLD3, que apresentou um valor mais elevado de ácidos graxos saturados, apresentou também um valor mais elevado do ponto de fusão em relação aos demais *blends*. Se compararmos os pontos de fusão dos *blends* com os das gorduras comerciais analisadas, novamente observa-se uma maior semelhança com a gordura low *trans* do que com a gordura hidrogenada, apresentando esta última um valor mais elevado, porém intermediário entre os BLD1, BLD2, BLD4 com o BLD3.

Fazendo uma correlação entre os valores experimentais da curva de sólidos dos *blends* formulados encontrado experimentalmente, com os valores preditos pela rede neural (**Figura 12**), concluí-se que a rede foi capaz de prever o conteúdo de gordura sólida e o ponto de fusão, já que os valores dos coeficientes de determinação (R^2) dos gráficos de dispersão (saída calculada versus saída real) aproximam-se de 1. Também, Gandra (2011) em seus estudos demonstrou que as redes neurais possuem alta eficiência em prever o conteúdo de gordura sólida e o ponto de fusão de misturas (*blends*) elaboradas com gorduras interesterificadas soja-soja.

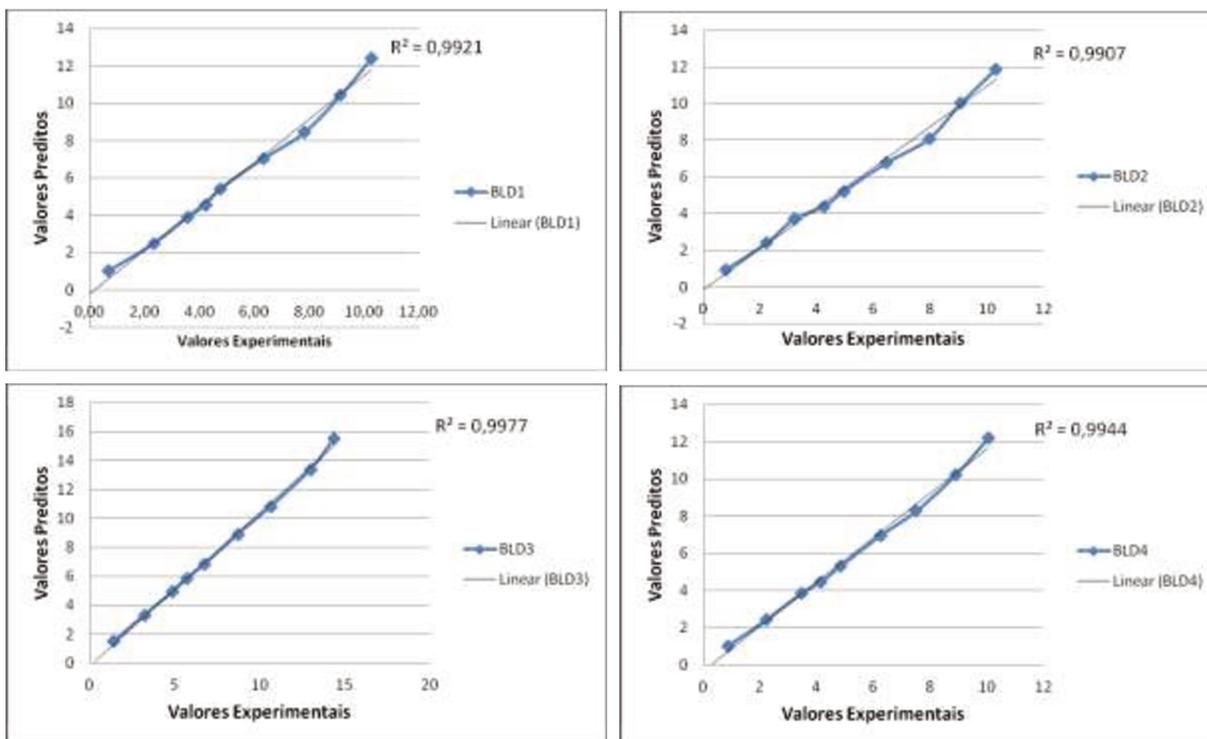


Figura 12. Correlação entre os valores experimentais e os preditos pela rede

A **Tabela 15** apresenta a composição dos ácidos graxos dos *blends* formulados, bem como as quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, polinsaturados e *trans*. Esta composição foi calculada para cada *blend*, a partir das porcentagens de cada matéria-prima utilizada nas formulações dos *blends*.

Tabela 15. Composição em ácidos graxos, teores de ácidos graxos saturados, insaturados e *trans* dos *blends* (BLD) formulados.

	BLD 1	BLD 2	BLD 3	BLD 4
C8:0	0	0,00	0,00	0,00
C10:0	0	0,00	0,00	0,00
C12:0	0,03	0,03	0,04	0,03
C14:0	0,10	0,10	0,10	0,10
C16:0	10,87	10,85	10,88	10,88
C16:1 <i>trans</i>	0,09	0,09	0,09	0,09
C17:0	0,10	0,10	0,11	0,10
C18:0	14,22	13,94	16,86	14,25
C18:1 <i>trans</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
C18:1	24,61	25,06	24,13	24,34
C18:2 <i>trans</i>	0,29	0,29	0,27	0,28
C18:2	43,11	42,97	41,21	43,33
C18:3 <i>trans</i>	0,82	0,85	0,80	0,79
C18:3	4,47	4,43	4,25	4,51
C20:0	0,39	0,38	0,40	0,40
C20:1	0,06	0,04	0,04	0,07
C22:0	0,48	0,47	0,47	0,48
C24:0	0,19	0,19	0,19	0,19
SATURADOS	26,38	26,07	29,04	26,43
MONOINSATURADOS	24,76	25,19	24,25	24,50
POLINSATURADOS	48,68	48,55	46,54	48,90
TRANS TOTAIS	1,19	1,23	1,16	1,16

Os BLD1, BLD2 e BLD4 apresentaram composições de ácidos graxos, bem como teores de ácidos graxos saturados, insaturados e *trans* praticamente idênticos. O BLD3 apresentou um valor mais elevado de ácidos graxos saturados, oriundo basicamente de uma maior porcentagem de C18:0 em sua composição, quando comparado com os demais *blends*. Isso é facilmente entendível, uma vez que este *blend* possui maior porcentagem da base interesterificada B1 em sua composição, que por sua vez apresentou maior teor do ácido esteárico (C18:0), saturado, e menores teores do ácido oléico (C18:1) quando comparado com as demais bases e óleo de soja.

Todos os *blends* apresentaram maior porcentagem dos mesmos ácidos graxos em sua composição, ou seja, todos os *blends* apresentaram praticamente 42% do ácido graxo linoléico, 24,5% do ácido oléico e 11% do ácido graxo palmítico, somando 77,5% dos ácidos graxos de suas composições. Comparando-se estes dados com os apresentados pelas gorduras comerciais GLT e GHS (**Tabela 7**), nota-se uma maior proximidade dos *blends* com a GLT, a qual apresentou os mesmos três ácidos graxos dos *blends* com maior porcentagem dos ácidos graxos de sua composição (linoléico, oléico e palmítico), somando 90% da mesma, porém diferindo nas porcentagens dos mesmos: 42% do ácido graxo oléico, 39,0% do ácido palmítico e 9% do ácido graxo linoléico. A gordura hidrogenada de soja apresenta uma composição de ácidos graxos distinta, tendo em sua maior composição os ácidos graxos oléico (30,5%), C18:1 *trans* (25%) e esteárico (15,5%), totalizando 71% da composição de ácidos graxos. Comparando a quantidade de ácidos graxos saturados dos *blends* com as gorduras comerciais, apenas o BLD3 apresentou uma porcentagem mais elevada que as gorduras comerciais, sendo que todos os demais *blends* apresentaram porcentagem menores. Ainda, através dos resultados, nota-se que a gordura comercial com baixo *trans* (GLT) possui quase o dobro da quantidade de gorduras saturadas dos *blends* produzidos. Conclui-se que os *blends* 1, 2 e 4 além de baixo *trans* apresentam também baixo índice de gordura saturada quando comparados com as gorduras comerciais e que todos os *blends* produzidos pela rede apresentam uma quantidade significativamente menor de gordura saturada quando comparada com a alternativa low *trans* atualmente no mercado (GLT).

5.4. Processamento dos biscoitos

5.4.1. Condições de processamento

Os parâmetros inerentes ao processamento dos biscoitos podem ser visualizados na Tabela 16.

Tabela 16. Condições de processamento dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.

	GHS		OLS		SG			GLT	
	Batch 1	Batch 2	Batch 1	Batch 2	Batch 1	Batch 2	Batch 3	Batch 1	Batch 2
ETAPA DE MISTURA									
Temperatura ambiente (°C)	22	22	22	26	26	25	25	25	26
Umidade relativa (%)	51	48	50	44	55	48	48	48	46
Temperatura final da massa (°C)	23	23	26	24	25	22	22	22	28
pH da massa	6,6	7	7,8	7,9	7,9	7,8	7,7	7,7	7,6
ETAPA DE FORMAÇÃO									
Espessura da massa (mm)	1,6 - 1,8	1,6 - 1,8	1,4 - 1,8	1,5 - 1,8	1,6 - 1,8	1,6 - 1,8	1,6 - 1,8	1,6 - 1,8	1,5 - 2,0
Rendimento de biscoito	96	96	96	96	56	77	82	82	96
Sobra de massa (g)	40	22	36	35	0	18	24	24	39
Temperatura ambiente (°C)	23	23	23	26	26	26	26	26	26
Umidade relativa (%)	51	48	50	44	53	48	48	48	46
	BLD1		BLD2		BLD3			BLD4	
	Batch 1	Batch 2	Batch 1	Batch 2	Batch 1	Batch 2		Batch 1	Batch 2
ETAPA DE MISTURA									
Temperatura ambiente (°C)	25	25	24	26	25	29		24	26
Umidade relativa (%)	54	49	53	48	45	37		37	36
Temperatura final da massa (°C)	27	26	27	27	25	26		22	24
pH da massa	7,4	7	7,1	7,1	7,7	7,6		7,5	7,4
ETAPA DE FORMAÇÃO									
Espessura da massa (mm)	1,6 - 1,8	1,6 - 1,8	1,5 - 1,7	1,4 - 1,6	1,6 - 1,8	1,5 - 1,7		1,5 - 1,7	1,6 - 1,8
Rendimento de biscoito	96	96	96	96	96	101		96	96
Sobra de massa (g)	15	41	0	33	17	24		20	54
Temperatura ambiente (°C)	25	26	26	27	26	28		25	26
Umidade relativa (%)	48	48	48	49	44	37		37	36

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural.

A temperatura da massa para todas as gorduras utilizadas manteve-se na faixa de 22 – 29°C com um tempo de mistura fixo. O controle da temperatura da massa é importante por afetar as características da mesma, influenciando seu comportamento nas etapas posteriores e nas propriedades do produto final (BERNUSSI, 1996)

No caso de biscoito estampado, pouco tempo de mistura resultará em insuficiente desenvolvimento do glúten, originando massa muito elástica e não suficientemente extensa, causando trincas no produto final, além de deformações (MORETTO & FETT, 1999).

Excesso de mistura propiciará elevação de temperatura e a tendência da massa amolecer, dificultando o manuseio. Também pode ocorrer liberação antecipada de agente de aeração (amônia, gás carbônico, etc.) (MORETTO & FETT, 1999).

O tempo total de mistura é normalmente o parâmetro utilizado para controlar o processo. No entanto, Wade (1971) ressalta uma tendência em substituir o controle do tempo de mistura pelo controle da temperatura final da massa (MANLEY, 1996).

Os resultados de temperatura da massa nos biscoitos formulados sem gordura se encontram no limite mínimo da faixa encontrada, citada acima, demonstrando a função da gordura como condutora de calor (TRIANGULO ALIMENTOS, 2004).

Assim, através dos resultados obtidos conclui-se que a utilização dos *blends* formulados não afetou a temperatura da massa após mistura, parâmetro este tão importante no processo.

Segundo Hosney (1986) o pH da massa é um dos principais fatores que afetam a formação da matriz protéica no sistema de massa, e o pH ideal para biscoito encontra-se próximo de 8,3. Apesar dos resultados encontrados estarem na faixa de $7,5 \pm 0,4$, nota-se que os resultados das massas produzidos com as diferentes gorduras foram todas próximas (dentro da faixa de $7,5 \pm 0,4$). Apenas a massa produzida com a GHS apresentou um faixa um pouco menor (6,6 a 7,0). Assim nota-se que a utilização dos *blends* produzidos pela Rede Neural, também não afetará este parâmetro.

Para biscoitos laminados, a espessura final da massa após o último rolo laminador é usualmente de 1 a 3 mm (BERNUSSI, 1996). Nota-se que o mínimo valor encontrado para espessura da massa foi de 1,4 mm (BLD2 e OLS) e o máximo de 2,0 mm (GLT), portanto dentro da faixa citada. Com exceção da massa dos biscoitos formulados com GLT e OLS todos os demais apresentaram uma variação de apenas 0,2 mm de

espessura nas medidas tomadas. Portanto os *blends* podem substituir perfeitamente as gorduras comerciais sem alterar a espessura da massa após laminação. Os *blends* apresentaram valores de espessura muito próximos uns dos outros ($1,6 \pm 0,2$ mm).

Nota-se para todas as gorduras estudadas que o rendimento de biscoitos produzidos mais a sobra de massa foram praticamente iguais, não sendo este um parâmetro diferencial entre as gorduras comerciais e os *blends* formulados pela rede. Porém se observarmos o rendimento de biscoitos produzidos sem gorduras notamos um decréscimo significativo o que gerou até a necessidade da produção de um *batch* a mais para obtermos a quantidade de biscoito necessária para as análises. Além disso os biscoitos produzidos com as diferentes gorduras apresentaram uma constância de rendimento com os dois *batch*s produzidos, e o rendimento de biscoitos produzidos sem gordura foi variável em cada um dos três *batch*s produzidos. Destas observações concluiu-se que a gordura tem um papel importante na mistura e no rendimento de produtos atuando como agente aerador. Segundo El-Dash *et al.* (1982) a gordura atua como agente aerador ou melhorador da expansão, com a formação, no batimento, de núcleos de retenção de gases de crescimento e vapor d'água liberados na mistura e no assamento. São, assim, responsáveis pela expansão e textura da massa durante o cozimento (aumento de volume e textura uniforme e macia).

5.4.2. Avaliação de maquinabilidade

As massas produzidas com as diferentes gorduras foram analisadas quanto às diferenças apresentadas no processo de laminação seguindo a pontuação citada no item 4.2.2. A **Tabela 17** apresenta o resultado desta avaliação.

Tabela 17. Avaliação de qualidade de laminação das massas de biscoitos formuladas com as diferentes gorduras.

TIPO DE GORDURA	NOTA*
GHS	5
GLT	4
OLS	3
SG	2
BLD 1	3
BLD2	3,5
BLD3	3,5
BLD4	4

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; B1 e B2: bases interesterificadas de soja; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural. * Valores de 1 a 5 estão entre péssima (1) e ótima (5).

Segundo Grimaldi e Gonçalves (2009), uma das características dos biscoitos relacionadas à ação das gorduras pode ser elencada como: lubricidade, características desejáveis semelhantes a um deslizamento, o qual é ocasionado pela presença da gordura. Assim, comparando a pontuação obtida de cada gordura quanto à qualidade de laminação das massas nota-se que a que apresentou melhor função de “lubrificante” atuando como desmoldante no rolo laminador foi a gordura padrão GHS seguida da GLT e BLD4. As massas formuladas com os BLD2 e BLD3 tiveram dificuldade maior de passagem pelos rolos quando comparadas com as já citadas, e as formuladas com OLS e BLD1 foram as que apresentaram a pior maquinabilidade, demonstrando dificuldade de passagem pelo rolo laminador quanto ao parâmetro deslizamento.

A função de lubrificante das gorduras no processo de laminação pode ser comprovada pelos resultados apresentados na qualidade de laminação das massas formuladas sem gorduras, que apresentaram pontuação nota 2, caracterizada pela passagem da massa pelos rolos laminadores com dificuldade, perdendo massa.

Portanto conclui-se que a gordura utilizada na formulação interfere no processo de laminação, sendo que dos *blends* analisados, aquele que apresentou melhor qualidade de laminação e se aproximou mais das características apresentadas pelas gorduras comerciais foi o BLD4, seguido do BLD3 e BLD2.

As massas também foram analisadas quanto às diferenças apresentadas no processo de moldagem seguindo a pontuação apresentada no item 4.2.2. A **Tabela 18** apresenta o resultado desta avaliação.

Tabela 18. Avaliação de qualidade de moldagem das massas de biscoitos formuladas com as diferentes gorduras.

CARACTERÍSTICA DA MASSA	TIPO DE GORDURA							
	GHS	GLT	OLS	SG	BLD1	BLD2	BLD3	BLD4
Pegajosidade	-	+	++	-	++	+++	+	+
Elasticidade	-	++	+++	-	+++	++	+++	-
Seca (quebradiça)	-	-	-	+++	-	-	-	+

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; B1 e B2: bases interesterificadas de soja; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural. * - = não apresentou; + = pouco; ++ = regular; +++ = muito.

Nota-se pelas características apresentadas no processo de moldagem que, das massas formuladas com as diferentes gorduras, as que se apresentaram mais elásticas, se deformando na moldagem e transporte para a bandeja de forno, foram as massas formuladas com o OLS, BLD1 e BLD3; as que não demonstraram este defeito foram as formuladas com a gordura comercial GHS e BLD4. Em relação à pegajosidade da massa, observada pelo fato da mesma grudar na bancada e na pá de transporte da bancada para a bandeja de forno, a única que não apresentou este comportamento indesejável foi a massa formulada com a GHS, sendo que a formulada com BLD2 apresentou pegajosidade em maior intensidade e as formuladas com BLD3 e BLD4 em menor intensidade. Portanto para o processo de moldagem, das massas formuladas com os diferentes *blends*, aquela que apresentou melhor desempenho foi a com o BLD4 (que também apresentou melhor comportamento de laminação).

As massas formuladas sem gordura se apresentaram bem secas e quebradiças, com dificuldade não só na laminação como apresentado, mas também na moldagem.

Segundo Manley (1996), as gorduras atuam como agentes aeradores, sendo que o ar incorporado tem influência sobre a maquinabilidade das massas durante o processamento e o esfarelamento da massa após o corte. Além disso, a presença da gordura contribui para a redução da natureza elástica e o encolhimento da massa durante o processo de moldagem e laminação.

5.5. Avaliação da qualidade dos biscoitos laminados

5.5.1. Análises físicas

Nas Tabelas 19 e 20 encontram-se os resultados dimensionais de diâmetro, espessura, expansão, volume, massa, densidade, obtidos nos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras. Os resultados são uma média de 10 amostras analisadas e para comparação das médias, foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 19. Diâmetro médio (mm), espessura média (mm) e expansão dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.

	DIÂMETRO MÉDIO (mm)		ESPESSURA MÉDIA (mm)		Expansão (Diâmetro/Espessura)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GLT	57,1 ^b	0,6	4,30 ^a	0,29	13,3 ^{ab}	0,7
GHS	57,6 ^a	0,4	4,10 ^c	0,32	14,1 ^{ab}	0,8
OLS	56,8 ^c	0,6	4,17 ^{abc}	0,51	13,7 ^{ab}	1,4
SG	56,0 ^e	0,5	4,28 ^{ab}	0,30	13,1 ^b	0,6
BLD1	56,8 ^c	0,6	4,11 ^c	0,34	13,8 ^{ab}	0,7
BLD2	56,7 ^c	0,5	4,16 ^{abc}	0,57	13,7 ^{ab}	1,3
BLD3	56,3 ^d	0,4	4,20 ^{b^c}	0,42	13,5 ^{ab}	1,0
BLD4	56,8 ^{bc}	0,4	3,94 ^d	0,32	14,5 ^a	0,9

GHS: gordura hydrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. * Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Tabela 20. Volume (cm³), massa (g) e densidade (g/cm³) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.

	VOLUME (cm ³)		MASSA (g)		DENSIDADE (g/cm ³)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GLT	10,8 ^a	0,8	4,7 ^a	0,3	0,42 ^a	0,02
GHS	10,7 ^a	0,7	4,7 ^a	0,3	0,44 ^a	0,03
OLS	10,5 ^a	1,2	4,8 ^a	0,4	0,45 ^a	0,04
SG	10,5 ^a	0,8	4,8 ^a	0,3	0,46 ^a	0,02
BLD1	10,4 ^a	0,8	4,8 ^a	0,4	0,46 ^a	0,03
BLD2	10,5 ^a	1,0	4,7 ^a	0,6	0,45 ^a	0,04
BLD3	10,5 ^a	0,9	4,7 ^a	0,4	0,45 ^a	0,02
BLD4	10,3 ^a	0,8	4,6 ^a	0,4	0,45 ^a	0,03

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. * Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Comparando os resultados de diâmetro final dos biscoitos produzidos com os diferentes *blends* de gordura, nota-se que o único que se diferiu ao nível de significância de 5% foi o BLD3, apresentando um diâmetro menor que os biscoitos produzidos com os demais *blends*. Se compararmos os resultados dos biscoitos produzidos com os diferentes *blends* com os produzidos com as gorduras comerciais (GLT e GHS), apenas o BLD4 não apresentou diferença significativa ao nível de 5% da gordura comercial low *trans*, os biscoitos produzidos com os demais *blends* diferiram tanto da gordura low *trans* como da gordura hidrogenada de soja. Comparando todos os biscoitos produzidos com as diferentes gorduras entre si, e também o produzido sem gordura, observa-se que o diâmetro variou de mínimo 56,0 mm (SG) à 57,6 mm (GHS), ou seja, uma diferença de 1,6 mm ou 2,9%. Nota-se que os biscoitos produzidos com óleo de soja e com os *blends* que possuem maior porcentagem de óleo de soja foram os que apresentaram valores inferiores de diâmetro. Ainda observa-se que, pelo fato do biscoito sem gordura ter apresentado o menor diâmetro, diferindo significativamente dos produzidos com as demais gorduras, que a gordura é importante para este parâmetro (diâmetro) no produto final.

Quanto à espessura dos biscoitos finais, nota-se que entre os biscoitos produzidos com os diferentes *blends*, o único que se diferiu ao nível de significância de 5% foi o BLD4, que também diferiu das gorduras comerciais ao mesmo nível de significância. Comparando os biscoitos produzidos com os diferentes *blends*, com os produzidos com as gorduras comerciais nota-se que os biscoitos produzidos com os *Blends* 1, 2 e 3 não apresentaram diferença significativa do biscoito produzido com a GHS, porém se comparamos com a GLT o único que não apresentou diferença significativa foi o BLD2 (a 5% de significância). A espessura variou de 3,94 mm no biscoito produzido com o BLD4 à 4,3 mm no biscoito produzido com a gordura padrão low *trans* (9,1%). Nota-se que a gordura não apresentou uma influência significativa neste parâmetro, uma vez que os biscoitos produzidos sem gordura não se diferiram dos biscoitos produzidos com a GLT, OLS e BLD2.

As diferenças entre mínimos valores e máximos valores apresentadas, tanto de diâmetro quanto de espessura, apesar de serem significativa entre si ao nível de significância de 5%, são aceitáveis dentro dos padrões de qualidade de biscoito. Segundo dados analisados em 6 marcas de biscoitos tipo semi-doces duro, do mercado brasileiro, uma variação de 9,14% nas dimensões de diâmetro e de 15,5% de espessura foram constatadas, demonstrando que estas variações são aceitas pelo consumidor final (PENTEADO; STELL, 2008).

A maior consequência de variação de diâmetro e espessura de biscoito é em termos de maquinabilidade de empacotamento, por afetarem o volume e peso do produto final (MANLEY,1996). Porém nota-se que as diferenças apresentadas nas dimensões de diâmetro e espessuras dos diferentes biscoitos em nada interferiu nos valores encontrados de volume, densidade e expansão, uma vez que nestes não foram observados diferença significativa (a 5% de significância) entre os biscoitos produzidos com os diferentes *blends* entre si e também com as gorduras padrão. A única diferença significativa encontrada nestes parâmetros foi entre os biscoitos produzidos sem gordura e os produzidos com BLD4 quanto à expansão, apresentando o BLD4 uma maior expansão, o que é explicado pelo fato do mesmo ter apresentado a menor espessura final.

O volume e a densidade dos biscoitos são parâmetros importantes para as indústrias, pois são responsáveis pela padronização da pesagem dos pacotes e também

das dimensões dos mesmos, afetando a questão da selagem e conseqüentemente a textura final e vida de prateleira do produto (MANLEY, 1996).

Sendo assim, conclui-se que não houve um impacto dimensional nos biscoitos produzidos com os *blends* formulados com a Rede Neural e nos biscoitos produzidos com as gorduras padrão low *trans* e hidrogenada de soja. A gordura demonstrou ter uma importância quanto ao parâmetro diâmetro final dos biscoitos.

Ainda em relação aos resultados de análises físicas, a **Tabela 21** apresenta os resultados de crescimento (horizontal e vertical) dos biscoitos após forneamento. Também para estes dados foi realizada uma média de 10 amostras analisadas e para comparação das médias, foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 21. Crescimento horizontal e vertical dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.

	CRESCIMENTO (%)			
	VERTICAL		HORIZONTAL	
	Média	DP	Média	DP
GLT	134 ^{ab}	10	1,15 ^b	0,76
GHS	116 ^c	9	0,58 ^b	0,27
OLS	128 ^{abc}	12	0,97 ^b	0,53
SG	136 ^{ab}	11	3,03 ^a	0,82
BLD1	127 ^{abc}	11	0,54 ^b	0,44
BLD2	140 ^a	9	0,54 ^b	0,33
BLD3	136 ^{ab}	9	1,08 ^b	0,63
BLD4	124 ^{bc}	11	0,95 ^b	0,85

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. * Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Através dos resultados de crescimento vertical, apresentados na Tabela 21, nota-se que dos biscoitos produzidos com os diferentes *blends*, os únicos que diferem entre si ao nível de significância de 5% foram os BLD2 e BLD4, sendo que o BLD2 foi que apresentou o desejável maior crescimento vertical (%) antes e após o forneamento (140%). Comparando os resultados dos biscoitos produzidos com os *blends*, com os

produzidos com as gorduras comerciais observa-se que todos os *blends* não diferem da GLT ao nível de significância de 5%, e os BLD1 e BLD4 não se diferem da GHS.

Porém, em todos os biscoitos produzidos com as diferentes gorduras, e também os produzidos sem gordura, o que apresentou o indesejável menor crescimento vertical foi o produzido com a gordura padrão hidrogenada (116%), diferindo da gordura padrão low *trans*, e o que apresentou maior crescimento vertical foi o produzido com o BLD2 (140%).

Portanto, pode-se afirmar que não houve diferença significativa nos resultados de crescimento vertical nos biscoitos produzidos com os diferentes *blends* de gordura e os produzidos com as gorduras padrão. Ainda, nota-se que a gordura não tem um impacto significativo neste parâmetro, uma vez que os biscoitos produzidos sem gorduras não se diferiram do padrão low *trans* e nem dos BLD1, BLD2 e BLD3.

Na análise dos valores de crescimento horizontal nota-se um impacto significativo da gordura no resultado final, apresentando o biscoito produzido sem gordura um valor significativamente diferente (a 5% de significância) e superior aos demais biscoitos, sendo que os demais biscoitos não se diferiram entre si. O valor encontrado no crescimento horizontal do biscoito produzido sem gordura foi de 3,03% contra o menor valor encontrado de 0,54% nos biscoitos produzidos com o BLD1 e BLD2. Este resultado reforça a importância da gordura na estrutura do produto final.

Assim, conclui-se que a gordura tem um impacto maior nos resultados de crescimento horizontal, sendo responsável pela estrutura do produto evitando a espalhabilidade indesejável do biscoito quando do forneamento. Os biscoitos produzidos com as diferentes gorduras, bem como as gorduras padrões, não se diferiram entre si quanto às características de crescimento vertical e horizontal.

5.5.2. Análises químicas

Na **Tabela 22** encontra-se o resultado das determinações de gordura e umidade realizadas nos biscoitos produzidos com os diferentes tipos de gordura. As análises foram feitas em quadruplicatas e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 22. Gorduras totais e umidade dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.

	GORDURAS TOTAIS (%)		UMIDADE (%)	
	Média	DP	Média	DP
GLT	7,43 ^b	0,10	4,04 ^b	0,04
GHS	8,42 ^a	0,10	3,65 ^b	0,05
OLS	7,75 ^{ab}	0,17	4,89 ^a	0,14
SG	0,98	0,07	5,40 ^a	0,02
BLD1	7,45 ^b	0,12	3,64 ^b	0,07
BLD2	7,58 ^b	0,43	3,64 ^b	0,19
BLD3	7,42 ^b	0,29	3,70 ^b	0,22
BLD4	7,21 ^b	0,43	4,07 ^b	0,59

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. * Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Em relação a gordura, nota-se que os biscoitos produzidos com a gordura padrão hidrogenada apresentaram diferença significativa (ao nível de 5%) dos demais biscoitos, com exceção apenas do biscoito produzido com o óleo de soja. Os demais biscoitos não apresentaram diferença significativa entre si. O menor valor encontrado foi de 7,21% de gordura nos biscoitos produzidos com o BLD4 e 8,42% nos biscoitos produzidos com a gordura padrão hidrogenada.

Em relação á umidade, os biscoitos produzidos com os diferentes *blends* e as gorduras padrão GHS e GLT não apresentaram diferença significativa entre si. Os biscoitos produzidos com óleo de soja e sem gordura apresentaram um valor mais elevado, que não se diferem entre si, mas diferem dos demais biscoitos produzidos com os diferentes *blends* e dos biscoitos produzidos com as gorduras padrão.

Assim, concluí-se que os *blends* formulados pela Rede Neural podem substituir as gorduras padrão sem alterar a porcentagem de gordura e umidade final dos biscoitos. Porém, a gordura tem papel importante no resultado da umidade final do produto, atuando como condutora de calor no forneamento.

Ainda em relação às análises químicas, após a extração da gordura dos biscoitos, foi realizada a análise de composição de ácidos graxos das gorduras (GHS, GLT, OLS,

BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), e posteriormente calculada a porcentagem de gorduras saturadas, monoinsaturadas, poliinsaturadas e *trans*. Como esperado, os resultados foram praticamente idênticos aos apresentados nas Tabelas 8 e 17, mostrando que o 1% de gordura natural da farinha de trigo e o processamento não interferem nestes parâmetros e comprovando que os *blends* podem ser declarados como zero *trans*, com base na resolução RDC nº 360 da ANVISA, que declara que a informação nutricional pode ser expressa como “zero” ou “0” ou “não contém” gorduras *trans* quando o alimento contiver quantidades menores ou igual 0,2g de gordura *trans* por porção.

5.5.3. Características dos biscoitos

Os biscoitos foram avaliados quanto as suas características de textura, atividade de água (*Aw*), cor instrumental, porcentagem de quebra/fissura e gradiente de umidade. Os resultados seguem apresentados nas **Tabelas 23 e 24** e representam uma média de 10 amostras, com exceção de atividade de água (*Aw*) e gradiente de umidade, que foram realizadas em quadruplicata. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 23. Dureza, atividade de água (*Aw*) e cor dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.

	DUREZA (N)		Aw		COR					
					L		a		b	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GLT	48,90 ^b	12,85	0,30 ^{ab}	0,02	75,9 ^a	1,8	6,4 ^{ab}	1,2	29,2 ^{ab}	1,6
GHS	49,84 ^b	5,75	0,26 ^{bc}	0,01	75,6 ^a	3,6	4,1 ^c	2,0	25,4 ^c	3,4
OLS	37,42 ^b	5,85	0,31 ^a	0,00	74,5 ^a	2,6	5,9 ^{bc}	1,3	28,1 ^{bc}	1,7
SG	88,23 ^a	13,90	0,33 ^a	0,00	75,6 ^a	2,3	6,7 ^{ab}	1,1	29,0 ^{ab}	1,5
BLD1	40,13 ^b	8,87	0,24 ^{cd}	0,01	76,0 ^a	3,0	5,9 ^{bc}	1,9	28,4 ^b	2,2
BLD2	50,94 ^b	14,08	0,23 ^{cd}	0,01	75,5 ^a	3,1	6,7 ^{ab}	2,0	29,4 ^{ab}	2,4
BLD3	49,68 ^b	12,36	0,20 ^d	0,02	76,7 ^a	3,0	8,0 ^a	1,1	31,7 ^a	1,5
BLD4	48,37 ^b	9,70	0,24 ^{cd}	0,01	75,7 ^a	3,0	6,3 ^{ab}	1,9	29,0 ^{ab}	2,2

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. * Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Os valores de textura comprovam os dados da literatura, de que a gordura tem função primordial quanto à textura nos biscoitos, uma vez que os biscoitos produzidos sem gordura foram os únicos que diferiram dos demais ao nível de significância de 5%, apresentando um valor bem superior, comprovando, conforme colocado por Grimaldi e Gonçalves (2009), que a gordura atua no desenvolvimento de uma maciez e crocância desejáveis.

O biscoito que apresentou a menor valor para textura foi o produzido com óleo de soja (37,42N) e o que apresentou a maior textura foi o sem gordura (88,23 N), chegando a uma diferença de 136%. Os biscoitos produzidos com os diferentes *blends*, com as gorduras padrão GHS e GLT, bem como os produzidos com óleo de soja não apresentaram diferença significativa entre si, ao nível de 5% de significância, assim concluí-se que, apesar da comprovação da grande influência da gordura na textura final do produto, os *blends* formulados poderiam substituir as gorduras comerciais em relação aos parâmetros de textura no produto final.

Através dos dados obtidos não foi notada uma interferência significativa das gorduras nos resultados de atividade de água, uma vez que os biscoitos produzidos sem gordura não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% dos biscoitos produzidos com a gordura padrão *low trans* e óleo de soja. As gorduras padrão GHS e GLT não apresentaram diferença significativa entre si, porém os *blends* apesar de não apresentarem diferença significativa entre si, todos apresentaram diferença quanto a gordura padrão *low trans*, porém os BLD1, BLD2 e BLD4 não diferiram da gordura padrão hidrogenada de soja. Assim o BLD3 apresentou diferença significativa das gorduras comerciais quanto ao parâmetro A_w .

Em relação a cor final dos biscoitos, nenhuma diferença significativa entre os biscoitos produzidos com as diferentes gorduras foi encontrado no parâmetro L (que mede a luminosidade). Porém, nos demais parâmetros (a e b), que medem respectivamente a intensidade da cor vermelho - verde e amarelo - azul, nota-se uma diferença significativa entre os biscoitos produzidos com o BLD3 e BLD1. Como os biscoitos produzidos sem gordura diferem significativamente apenas dos biscoitos produzidos com a gordura padrão GHS, não pode-se afirmar que a cor é uma característica afetada pela gordura nos biscoitos. Todos os biscoitos produzidos com os diferentes *blends* não diferiram da gordura padrão *low trans*, onde conclui-se que a cor não seria uma parâmetro diferencial na utilização dos *blends* formulados.

A **Tabela 24** apresenta os resultados de quebra/fissura e gradiente de umidade dos biscoitos após 24 horas. Os resultados de gradiente de umidade representam uma média de quatro amostras e de quebra/fissura uma porcentagem de 10 biscoitos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 24. Quebra/fissura dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras.

	GRADIENTE DE UMIDADE (%)		QUEBRA/FISSURA (%)
	Média	DP	Média
GLT	0,19 ^b	0,02	8
GHS	0,46 ^a	0,12	25
OLS	0,14 ^b	0,01	42
SG	0,16 ^b	0,02	0
BLD1	0,45 ^a	0,06	42
BLD2	0,31 ^{ab}	0,02	25
BLD3	0,40 ^a	0,01	17
BLD4	0,31 ^{ab}	0,01	17

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. * Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Quanto ao gradiente de umidade notamos através dos dados obtidos que os biscoitos produzidos sem gordura, com óleo de soja e com a GLT foram os que apresentaram a menor porcentagem deste índice, diferindo significativamente dos que apresentaram maiores gradientes de umidade, que foram os biscoitos produzidos com a gordura padrão GHS, BLD1 e BLD 3. O menor valor encontrado de gradiente de umidade foi de 0,14% com OLS e o maior valor encontrado foi de 0,46% com GHS. Para um assamento de biscoito eficiente, Smith (1972) recomenda gradientes de umidade da ordem de 0,5%, sendo tolerável no máximo valores até 1%, quanto maior o valor, maior o risco de ocasionar quebra dos biscoitos. Os biscoitos produzidos com os diferentes *blends* não apresentaram diferença significativa entre si e nem entre os produzidos com a GHS e somente os BLD1 e BLD3 se diferem da GLT, portanto pelos resultados obtidos, os *blends* poderiam substituir as gorduras comerciais sem influenciar na característica de gradiente de umidade.

Os biscoitos que apresentaram maior porcentagem de quebras e fissuras 24 horas após a produção foram os biscoitos produzidos com o óleo de soja e *Blend 1* (42%) e os que apresentaram menor porcentagem foram os produzidos sem gordura (0%), demonstrando uma relação deste parâmetro com a textura, uma vez que os biscoitos com maior porcentagem de quebra/fissura foram os que apresentaram a menor textura e os com menor porcentagem foram os que apresentaram a maior textura. Portanto, a gordura também é fundamental para este parâmetro de qualidade. Os demais biscoitos apresentaram uma porcentagem similar (17 e 25%), enquanto que o biscoito produzido com a gordura padrão *low trans* apresentou porcentagem menor de quebra (8%). A relação dos resultados de gradiente de umidade com o parâmetro de quebra/fissura será analisado após os quatro meses de estocagem e estão apresentados no item 5.6.

Portanto fazendo-se uma análise geral dos resultados obtidos nas análises físico-químicas e características finais dos biscoitos produzidos com os quatro *blends* de gorduras formulados pela Rede Neural, com as gorduras comerciais *low trans* e hidrogenada de soja, sem gordura e com óleo de soja observa-se que:

(i) Os biscoitos produzidos sem gordura diferem significativamente (5% de significância) dos biscoitos produzidos com as gorduras comerciais, demonstrando que a gordura tem uma influência fundamental nos seguintes parâmetros:

- Diâmetro (SG: 56 mm(e) ≠ GLT: 57,1 mm(b) ≠ GHS: 57,6 mm(a));
- Crescimento horizontal (SG: 3,03%(a) ≠ GLT: 1,15%(b) = GHS: 0,58%(b));
- Umidade (SG: 5,40%(a) ≠ GLT: 4,04%(b) = GHS: 3,65%(b));
- Dureza (SG: 88,23N(a) ≠ GLT: 48,9N(b) = GHS: 49,84N(b));
- Quebra/fissura após 24 horas de produção: (SG: 0% ≠ GLT: 8% ≈ GHS: 25%);

(ii) Os biscoitos produzidos com os quatro *blends* diferem significativamente entre si ao nível de significância de 5% nos seguintes parâmetros:

- Diâmetro (BLD3: 56,3 mm(d) ≠ BLD1: 56,8 mm(c) = BLD2: 56,7 mm(c) = BLD4: 56,8 mm (bc));
- Espessura (BLD4: 3,94 mm(d) ≠ BLD1: 4,11 mm(c) = BLD2: 4,16 mm(abc) = BLD3: 4,20 mm(bc));
- Crescimento vertical (BLD4: 124%(bc) ≠ BLD2: 140%(a));
- Cor a (BLD3: 8,0(a) ≠ BLD1: 5,9(b));
- Cor b (BLD3: 31,7(a) ≠ BLD1: 28,4(b));

(iii) Analisando-se os parâmetros que segundo o item (i) a gordura tem influência, e comparando os biscoitos produzidos com os *blends* formulados, com os produzidos com as gorduras comerciais, nota-se

- Diâmetro: apenas o BLD4 = GLT, os demais *blends* diferem-se das gorduras comerciais GHS e GLT;
- Crescimento Horizontal: BLD1 = BLD2 = BLD3 = BLD4 = GHS = GLT
- Umidade: BLD1 = BLD2 = BLD3 = BLD4 = GHS = GLT
- Textura: BLD1 = BLD2 = BLD3 = BLD4 = GHS = GLT
- Quebra e fissura: BLD1 = BLD2 = BLD3 = BLD4 = GHS ≈ GLT

(iv) Os biscoitos produzidos com óleo de soja diferiram significativamente (5% de significância) dos biscoitos produzidos com as gorduras comerciais nos seguintes parâmetros:

- Diâmetro (OLS: 56,8 mm(c) ≠ GLT: 57,1 mm(a) ≠ GHS: 57,6 mm(b));
- Umidade (OLS: 4,89%(a) ≠ GLT: 4,04%(b) = GHS: 3,65%(b));
- Quebra/fissura após 24 horas de produção: (OLS: 42%; GLT: 8%; GHS: 25%);

5.6. Avaliação da qualidade do biscoito durante a estocagem

A **Tabela 25** apresenta os resultados de textura ao longo dos quatro meses e um comparativo ao longo do tempo e entre os biscoitos produzidos com as diferentes gorduras no mesmo tempo. Os resultados representam uma média de 10 amostras e para o comparativo das médias foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). Na **Figura 13** podemos visualizar os resultados apresentados na Tabela 25.

Tabela 25. Dureza (N) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).

	T0		T1		T2		T3		T4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GHS	49,84 ^{b A}	5,75	47,13 ^{cb A}	10,07	42,78 ^{b A}	14,23	41,00 ^{b A}	11,24	49,09 ^{c A}	14,64
OLS	37,42 ^{b A}	5,85	42,37 ^{c A}	11,85	50,46 ^{ab A}	8,33	45,67 ^{b A}	16,56	46,29 ^{c A}	11,66
SG	88,23 ^{b A}	13,90	72,43 ^{a A}	13,03	60,64 ^{a B}	13,68	74,70 ^{a AB}	16,09	89,10 ^{a A}	12,07
GLT	48,90 ^{a A}	12,85	45,63 ^{cb AB}	11,59	44,99 ^{ab A}	13,26	51,38 ^{b A}	8,98	46,62 ^{c A}	6,82
BLD1	40,13 ^{b A}	8,87	ND		50,62 ^{ab A}	11,98	47,12 ^{b A}	11,93	43,53 ^{c A}	8,62
BLD2	50,94 ^{b A}	14,08	46,69 ^{cb A}	14,56	50,62 ^{ab A}	13,83	49,00 ^{b A}	13,89	49,80 ^{c A}	49,80
BLD3	49,68 ^{b B}	12,36	61,92 ^{ab AB}	13,20	46,25 ^{ab B}	10,92	55,71 ^{b AB}	12,15	68,58 ^{b A}	9,04
BLD4	48,37 ^{b A}	9,70	47,96 ^{cb A}	7,61	50,41 ^{ab A}	14,89	49,68 ^{b A}	10,76	47,40 ^{c A}	15,86

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão; ND: não determinado. *Médias seguidas por letras minúsculas idênticas nas mesmas colunas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). E médias seguidas por letras maiúsculas idênticas na mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

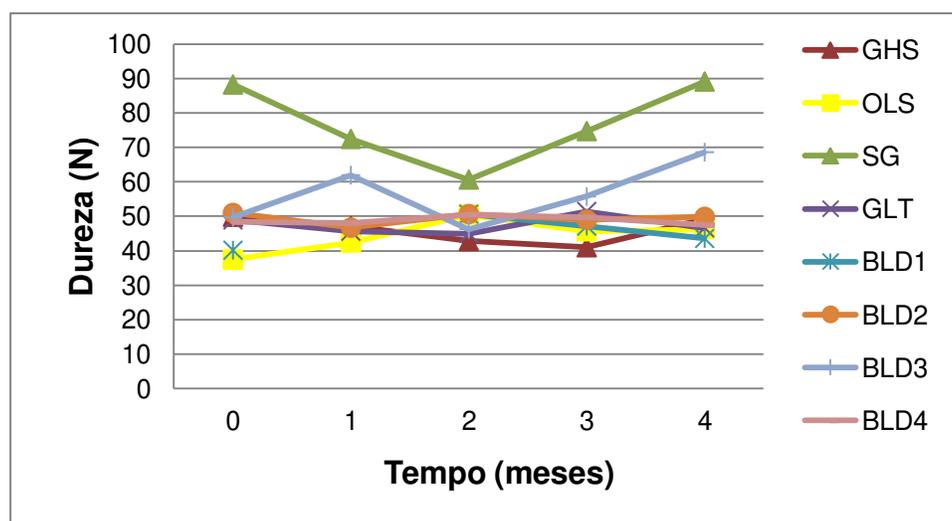


Figura 13. Dureza dos biscoitos formulados com os *blends* (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.

Analisando os dados de textura ao longo da estocagem nota-se que para os biscoitos produzidos com os diferentes *blends*, bem como para os biscoitos produzidos com as gorduras comerciais GHS e GLT, com exceção apenas dos biscoitos produzidos com o BLD3, não houve alteração significativa (a 5% de significância) nos resultados de textura nos quatro meses estudados. Para os biscoitos produzidos com o BLD3 foi

observado um aumento de textura em T4 (38% quando comparado com T0), onde os biscoitos produzidos com o BLD3 se diferiram dos demais biscoitos.

Os biscoitos produzidos sem gordura em todos os tempos (T0, T1, T2, T3 e T4) apresentaram uma textura mais elevada que os demais biscoitos apresentando diferença significativa ao nível de 5% dos demais biscoitos, com exceção apenas de T2, onde esta diferença desaparece pelo fato de uma redução na textura dos biscoitos sem gordura. Esta redução também demonstra que os biscoitos sem gorduras apresentaram uma instabilidade grande ao longo dos quatro meses, tendo uma perda de textura elevada, passando de 88,23N em T0 para 60,64N em T2, e posteriormente um ganho de textura elevado, passando de 60,64N em T2 para 89,10N em T4.

Assim, conclui-se que o BLD1, BLD2 e BLD4 podem substituir as gorduras comerciais GHS e GLT sem alterações significativas no comportamento da textura do biscoito na estocagem. E ainda, que a gordura atua estabilizando a variação de textura ao longo da vida de prateleira estudada.

Os resultados de umidade ao longo dos 4 meses estudados se encontram apresentados na **Tabela 26** e **Figura 14**. As médias foram realizadas em quadruplicatas e comparadas pelo teste de Tukey.

Tabela 26. Umidade (%) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).

	T0		T1		T2		T3		T4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GHS	3,65 ^{bC}	0,05	4,04 ^{dB}	0,02	3,95 ^{deB}	0,21	4,38 ^{cA}	0,07	3,95 ^{eB}	0,13
OLS	4,89 ^{aB}	0,14	4,75 ^{abB}	0,02	6,86 ^{aA}	0,02	6,58 ^{aA}	0,09	4,78 ^{cbB}	0,05
SG	5,40 ^{aC}	0,02	4,95 ^{aD}	0,04	5,58 ^{bB}	0,04	4,74 ^{bE}	0,01	7,96 ^{aA}	0,09
GLT	4,04 ^{bC}	0,04	4,47 ^{bcB}	0,08	5,05 ^{cbA}	0,08	4,67 ^{bB}	0,08	4,49 ^{cdB}	0,15
BLD1	3,64 ^{bC}	0,07	4,32 ^{cdA}	0,20	4,36 ^{cdA}	0,20	4,01 ^{dB}	0,01	4,53 ^{cdA}	0,04
BLD2	3,64 ^{bC}	0,19	4,99 ^{aAB}	0,13	5,41 ^{bA}	0,13	4,37 ^{cBC}	0,11	5,19 ^{bAB}	0,44
BLD3	3,70 ^{bAB}	0,22	3,67 ^{eB}	0,06	2,92 ^{fC}	0,06	3,73 ^{eAB}	0,11	4,03 ^{deA}	0,01
BLD4	4,07 ^{bAB}	0,59	3,06 ^{fC}	0,21	3,64 ^{eBC}	0,21	4,74 ^{bA}	0,11	4,40 ^{cdeA}	0,08

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. *Médias seguidas por letras minúsculas idênticas nas mesmas colunas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). E médias seguidas por letras maiúsculas idênticas na mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

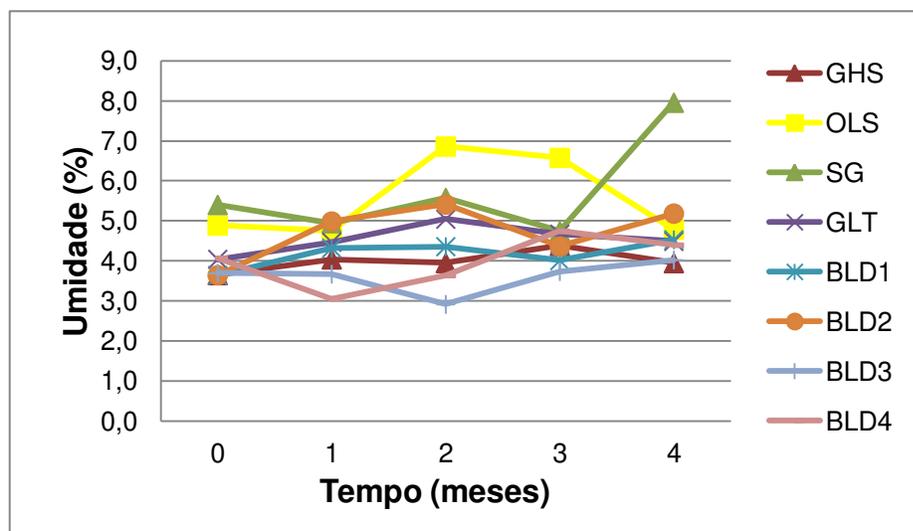


Figura 14. Umidade dos biscoitos formulados com os *blends* (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.

Observando-se os valores de umidade dos biscoitos produzidos com os diferentes *blends* ao longo dos quatro meses estudados, nota-se maior semelhança de comportamento da curva entre os *blends* 1 e 2, que também se assemelham em comportamento da curva de umidade da gordura comercial low *trans*. Porém, observando a variação de umidade de T0 à T4, estes *blends* foram os que apresentaram maior variação em ganho de umidade (BLD1 = 0,89% e BLD2 = 1,54%), os *blends* 3 e 4 apresentaram uma variação bem menor (BLD3 = 0,33% e BLD4 = 0,33%). Se comparamos este ganho de umidade com o ganho encontrado nas gorduras comerciais (GHS = 0,30% e GLT = 0,45%), notamos que os BLD3 e BLD4 se aproximam mais da gorduras comerciais do que os BLD1 e BLD2. Analisando qual dos *blends* não teve diferença significativa das gorduras comerciais ao longo de cada mês foi observado que com o BLD1 apenas em T3 observou-se diferença das gorduras comerciais ao nível de significância de 5% e com o BLD4 apenas em T1 teve diferença das gorduras comerciais.

Assim, conclui-se que tanto o BLD1 como o BLD4 podem substituir as gorduras comerciais, sem grande impacto no comportamento de umidade dos biscoitos ao longo do período de quatro meses. Sendo o desejável para uma melhor qualidade de biscoito o uma menor absorção de umidade ao longo do tempo, então o BLD4 seria mais indicado.

Se observarmos o comportamento da umidade dos biscoitos produzidos sem gordura, nota-se que além destes em T0 diferem dos demais (não apenas dos biscoitos

produzidos com OLS) por apresentarem uma umidade bem mais elevada, também foram os que apresentaram o maior ganho de umidade ao longo da estocagem, e um ganho bem significativo (2,55%). Os biscoitos produzidos com o óleo de soja, que também diferem em T0 por apresentar um valor mais elevado de umidade, não diferindo somente dos biscoitos produzidos sem gordura, não apresentaram um ganho de umidade ao longo da estocagem, e até perdem um pouco de umidade (0,1%). Assim, concluí-se que a gordura tem grande importância, não somente na umidade do produto final, como na absorção de umidade ao longo da estocagem, no sentido de minimizá-la.

A **Tabela 27** e **Figura 15** apresentam os resultados de Aw ao longo dos quatro meses estudados, sendo uma média de 4 amostras. As médias foram comparadas através do teste de Tukey.

Tabela 27. Atividade de água dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).

	T0		T1		T2		T3		T4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GHS	0,262 ^{bD}	0,009	0,335 ^{bcdB}	0,003	0,271 ^{eD}	0,008	0,318 ^{cC}	0,003	0,368 ^{dA}	0,01
OLS	0,314 ^{aD}	0,003	0,362 ^{abcC}	0,002	0,446 ^{abA}	0,003	0,448 ^{aA}	0,003	0,415 ^{cB}	0,01
SG	0,333 ^{aC}	0,002	0,291 ^{eD}	0,002	0,346 ^{dC}	0,011	0,389 ^{bB}	0,006	0,676 ^{aA}	0,00
GLT	0,296 ^{abC}	0,024	0,315 ^{deC}	0,005	0,325 ^{dC}	0,005	0,431 ^{aB}	0,002	0,467 ^{bA}	0,02
BLD1	0,242 ^{cdC}	0,012	0,333 ^{dcB}	0,020	0,393 ^{cA}	0,002	0,270 ^{dC}	0,003	0,253 ^{gC}	0,00
BLD2	0,233 ^{cdC}	0,014	0,369 ^{baB}	0,005	0,462 ^{aA}	0,041	0,286 ^{dC}	0,013	0,288 ^{eC}	0,03
BLD3	0,203 ^{dD}	0,016	0,380 ^{aA}	0,002	0,326 ^{dB}	0,004	0,247 ^{eC}	0,005	0,255 ^{fgC}	0,00
BLD4	0,237 ^{cdB}	0,008	0,250 ^{fB}	0,000	0,403 ^{cbA}	0,009	0,284 ^{dB}	0,000	0,282 ^{efB}	0,00

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; DP: desvio padrão. *Médias seguidas por letras minúsculas idênticas nas mesmas colunas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). E médias seguidas por letras maiúsculas idênticas na mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

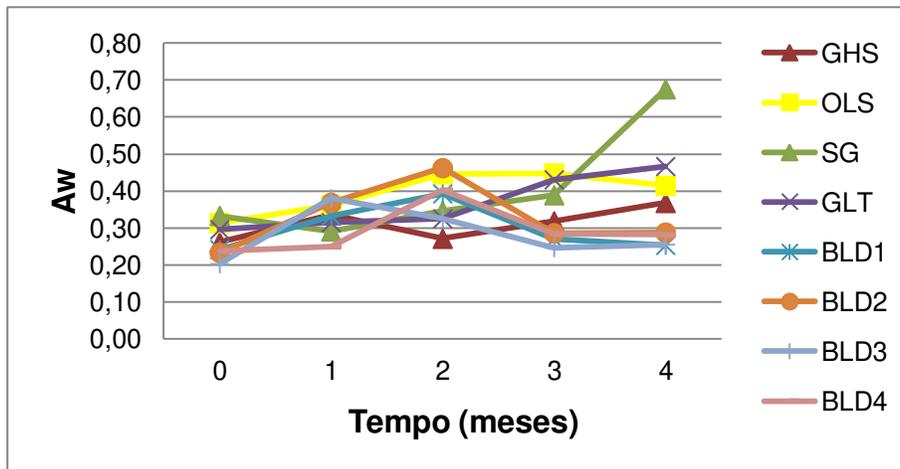


Figura 15. Atividade de água dos biscoitos formulados com os *blends* (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.

Em relação aos dados obtidos de A_w ao longo dos quatro meses de estudo e comparativo dos biscoitos produzidos com os diferentes *blends* com os produzidos com as gorduras comerciais não foi encontrada nenhuma relação. O comportamento das curvas foi bem distinto, bem como os resultados em cada mês. Porém se observarmos a variação de A_w ao longo do tempo é evidente que os biscoitos formulados com os *blends* apresentaram uma menor variação (aumento de A_w) que os demais (GHS: 41%, GLT: 58%, BLD1: 5%, BLD2: 23%, BLD3: 26%, BLD4: 19%, SG: 103%, OLS: 32%) e que entre eles, aqueles que apresentaram menor variação foram os BLD1 e BLD4. Assim, levando em consideração que uma menor variação de A_w é desejada para qualidade dos biscoitos ao longo da vida de prateleira, os *blends* mais indicados para substituição das gorduras comerciais seriam os BLD1 e BLD4.

Assim como com a umidade, também para o parâmetro A_w foi observado, nos biscoitos produzidos sem gordura, um aumento significativo ao longo dos quatro meses estudados (aumento de 103%), sugerindo que a gordura, apesar de não ter apresentado efeito na característica de A_w dos biscoitos logo após a produção, é importante para manutenção deste parâmetro ao longo da estocagem.

A porcentagem de quebra/fissura dos biscoitos foi analisada mensalmente durante quatro meses tomando-se o cuidado de ser realizada sempre com a mesma amostra, que era desembalada e embalada novamente conforme item 4.3.3.2.9. Assim a porcentagem

foi calculada em base a 10 biscoitos produzidos com cada tipo de gordura estudada. Os resultados são apresentados na **Tabela 28** e **Figura 16**.

Tabela 28. Porcentagem de quebra/fissura dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).

	T0	T1	T2	T3	T4
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
GHS	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
OLS	41,67	41,67	58,33	58,33	58,33
SG	0,00	16,67	16,67	33,33	33,33
GLT	8,33	33,33	33,33	33,33	33,33
BLD1	41,67	50,00	50,00	50,00	50,00
BLD2	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
BLD3	16,67	33,33	33,33	33,33	33,33
BLD4	16,67	16,67	16,67	25,00	25,00

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural. *Médias seguidas por letras minúsculas idênticas nas mesmas colunas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). E médias seguidas por letras maiúsculas idênticas na mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

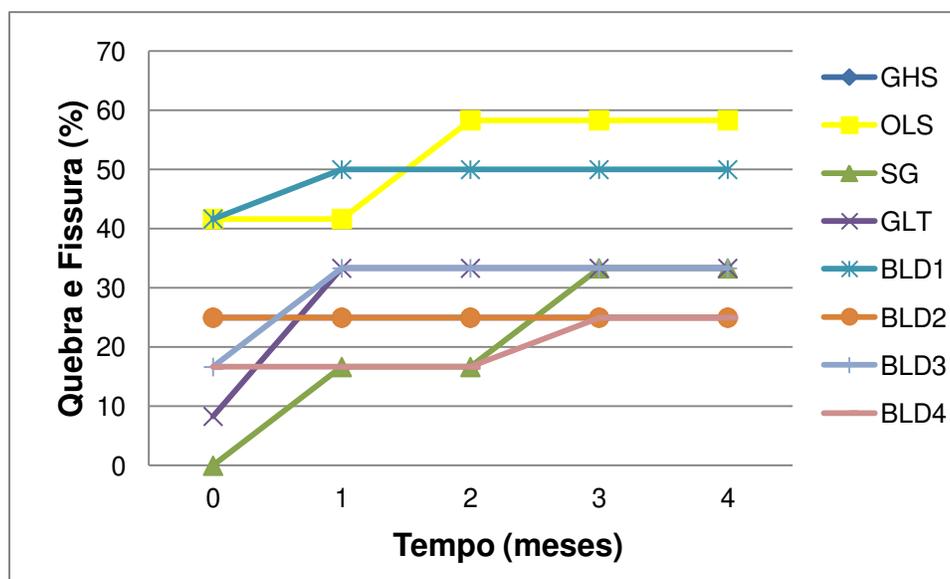


Figura 16. Quebra/fissura dos biscoitos formulados com os *blends* (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.

Através da análise dos dados obtidos nota-se que os biscoitos que não apresentaram um acréscimo de porcentagem de quebra/fissura ao longo dos quatro

meses estudados foram os biscoitos produzidos com a gordura padrão GHS e com o BLD2. Todos os demais apresentaram um acréscimo na porcentagem de biscoitos quebrados, principalmente de T0 a T1 e nos demais tempos posteriores, mantendo-se constante. Comparando os *blends* entre si, somente o BLD4 demonstrou este acréscimo após T2, mantendo-se também constante até T4. Em T4 os biscoitos que apresentaram menor porcentagem de quebra foram os produzidos com o BLD2 e BLD4. Assim, conclui-se que os *blends* mais indicados para substituição das gorduras comerciais são os BLD2 e BLD4, quanto ao parâmetro quebra/fissura.

Ao se analisar os biscoitos produzidos sem gordura, observa-se que os mesmos não apresentaram quebra/fissura logo após sua produção, mas foram os que tiveram maior acréscimo de porcentagem de quebra/fissura ao longo da estocagem (aumento de 33%) reforçando o conceito de que a gordura tem um efeito importante no parâmetro quebra/fissura durante o acondicionamento de biscoitos.

Não observado relação dos resultados de gradiente de umidade (**Tabela 24**) com o parâmetro de qualidade referente à porcentagem de quebra/fissura após os 4 meses de estocagem, uma vez que os biscoitos que apresentaram maior porcentagem de quebra/fissura após a estocagem (OLS:58% e BLD1: 50%) apresentaram valores menores e maiores de gradiente de umidade (OLS:0,14% e BLD1:0,45%). Observa-se também que o biscoito que apresentou a maior evolução de porcentagem de quebra/fissura ao longo da estocagem (SG: passou de 0% para 33%) apresentou um dos menores valores de gradiente de umidade (0,16%).

Os resultados de cor instrumental dos biscoitos durante a estocagem estão apresentados na **Tabela 29** e **Figura 17**.

Tabela 29. Cor instrumental (L*, a*, b*) dos biscoitos produzidos com as diferentes gorduras 24 horas após a produção (T0) e ao longo de quatro meses (T1,T2,T3,T4).

	L*									
	T0		T1		T2		T3		T4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GHS	75,59 ^{aA}	3,57	77,48 ^{aA}	3,23	78,96 ^{aA}	2,52	78,26 ^{aA}	2,75	78,73 ^{aA}	3,07
OLS	74,53 ^{aB}	2,59	76,63 ^{aA}	1,60	75,96 ^{abAB}	1,47	76,08 ^{abAB}	1,60	76,40 ^{abAB}	1,60
SG	75,60 ^{aB}	2,27	75,75 ^{aAB}	2,30	76,49 ^{abAB}	1,90	77,10 ^{abAB}	1,89	77,39 ^{abA}	1,79
GLT	75,92 ^{aB}	1,79	76,69 ^{aAB}	1,53	76,74 ^{AB}	1,26	77,00 ^{abA}	1,60	77,42 ^{abA}	1,41
BLD1	76,02 ^{aA}	2,98	76,30 ^{aA}	2,63	76,53 ^{abA}	3,57	76,37 ^{abA}	3,18	77,33 ^{abA}	2,41
BLD2	75,52 ^{aA}	3,13	77,03 ^{aA}	2,64	75,08 ^{bA}	2,32	75,82 ^{abA}	1,75	76,26 ^{abA}	1,78
BLD3	76,69 ^{aA}	2,97	ND		74,60 ^{bA}	1,66	75,14 ^{bA}	1,88	75,06 ^{bA}	2,01
BLD4	75,74 ^{aA}	3,04	ND		76,83 ^{abA}	2,48	77,19 ^{abA}	2,33	77,25 ^{abA}	2,59
	a*									
	T0		T1		T2		T3		T4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GHS	4,14 ^{cA}	2,00	3,86 ^{bA}	1,99	3,88 ^{bA}	1,83	4,13 ^{cA}	1,82	3,44 ^{bA}	1,83
OLS	5,88 ^{bcA}	1,27	4,95 ^{abA}	1,21	5,53 ^{abA}	1,23	5,48 ^{abcA}	1,29	4,95 ^{abA}	1,17
SG	6,70 ^{abA}	1,10	6,11 ^{aA}	1,41	6,08 ^{aA}	1,24	5,82 ^{abcA}	1,10	5,95 ^{abA}	1,09
GLT	6,38 ^{abA}	1,25	5,75 ^{abB}	1,05	5,63 ^{abBC}	1,04	5,41 ^{abcCD}	1,25	5,12 ^{abD}	1,03
BLD1	5,86 ^{bcA}	1,88	5,33 ^{abA}	1,88	5,41 ^{abA}	2,29	4,98 ^{bcA}	1,80	5,35 ^{abA}	1,86
BLD2	6,73 ^{abA}	2,05	5,58 ^{abA}	2,01	6,97 ^{aA}	1,19	6,68 ^{abA}	1,01	6,82 ^{aA}	0,91
BLD3	8,01 ^{aA}	1,09	ND		7,08 ^{aAB}	1,06	6,92 ^{aB}	1,27	6,77 ^{aB}	1,23
BLD4	6,27 ^{abA}	1,86	ND		5,45 ^{abA}	1,86	5,48 ^{abcA}	1,70	5,36 ^{abA}	1,62
	b*									
	T0		T1		T2		T3		T4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GHS	25,42 ^{cA}		25,26 ^{bA}		25,72 ^{bA}		26,21 ^{cA}		24,71 ^{cA}	
OLS	28,15 ^{bcA}		27,71 ^{abA}		28,61 ^{aA}		28,78 ^{abA}		28,06 ^{bA}	
SG	28,96 ^{abA}		28,82 ^{aA}		28,77 ^{aA}		28,92 ^{abA}		29,16 ^{abA}	
GLT	29,17 ^{abA}		28,82 ^{aAB}		28,72 ^{aB}		28,70 ^{abcB}		28,27 ^{abC}	
BLD1	28,40 ^{bA}		28,26 ^{aA}		28,38 ^{abA}		27,88 ^{bcA}		28,90 ^{abA}	
BLD2	29,39 ^{abAB}		28,52 ^{aB}		30,63 ^{aAB}		30,42 ^{abAB}		30,99 ^{aA}	
BLD3	31,75 ^{aA}		ND		30,34 ^{aB}		30,61 ^{aAB}		30,36 ^{abB}	
BLD4	28,98 ^{abA}		ND		28,48 ^{aA}		28,95 ^{abA}		28,59 ^{abA}	

GHS: gordura hidrogenada de soja; GLT: gordura low *trans*; OLS: óleo de soja; SG: sem gordura; BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4: *blends* produzidos pela rede neural; ND: não determinado por falha no equipamento; DP: desvio padrão. *Médias seguidas por letras minúsculas idênticas nas mesmas colunas não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). E médias seguidas por letras maiúsculas idênticas na mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

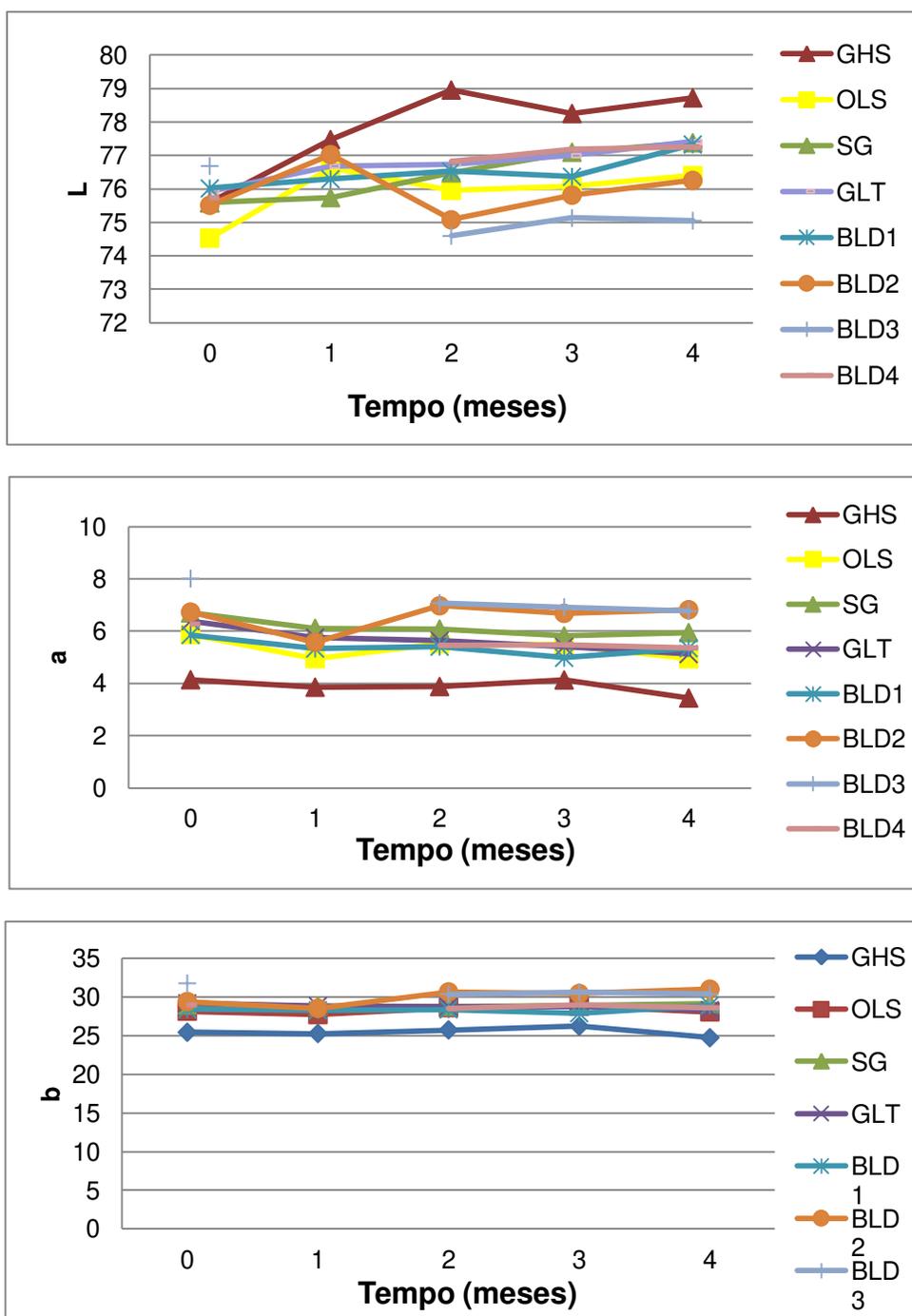


Figura 17. Cor instrumental (L, a e b) dos biscoitos formulados com os *blends* (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), gorduras comerciais (GHS e GLT), óleo de soja (OLS) e sem gordura ao longo de quatro meses.

Analisando-se os resultados obtidos do parâmetro L da cor instrumental nota-se que os biscoitos produzidos com a gordura comercial GHS se mantiveram constante ao longo do tempo, bem como os biscoitos produzidos com os diferentes *blends* (BLD1, BLD2, BLD3 e BLD4), ou seja, os resultados não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, ao longo dos 4 meses analisados. Os biscoitos produzidos com a gordura comercial GLT não apresentou diferença significativa dos resultados da intensidade de luminosidade (L) até T2, de T2 à T3 já foi observada uma diferença entre os resultados (um pequeno acréscimo), não diferindo mais até T4. Além disso, em nenhum tempo houve diferença significativa dos *blends* entre si e com as gorduras comerciais.

Em relação aos valores do parâmetro “a” da cor instrumental, os resultados demonstraram que não existe diferença significativa (a 5% de significância) ao longo do tempo nos biscoitos produzidos com as seguintes gorduras: GHS, BLD1, BLD2 e BLD4, OLS e também sem gordura. Os biscoitos produzidos com a gordura GLT e BLD3 apresentaram uma queda deste parâmetro ao longo do tempo estudado (25% e 18% de queda respectivamente). Porém os biscoitos produzidos com os *blends* formulados não apresentaram diferença significativa dos biscoitos produzidos com alguma gordura comercial em cada tempo analisado.

Os valores e comportamento do parâmetro “b” da cor instrumental foi bem próximo dos parâmetros “a” apresentados acima, ou seja, os resultados demonstraram que não existe diferença significativa (a 5% de significância) ao longo do tempo nos biscoitos produzidos com as seguintes gorduras: GHS, BLD1, BLD4, OLS e também sem gordura. Os biscoitos produzidos com a gordura GLT e BLD3 apresentaram uma queda deste parâmetro ao longo do tempo estudado (25% e 18% de queda respectivamente). Os biscoitos produzidos com o BLD2 apresentaram uma queda somente em T2. Porém os biscoitos produzidos com os *blends* formulados não apresentaram diferença significativa dos biscoitos produzidos com alguma gordura comercial em cada tempo analisado quanto a este parâmetro.

Assim pode-se afirmar que os *blends* formulados podem ser utilizados para produção de biscoitos sem alteração significativa ao longo do tempo quanto à intensidade de luminosidade (L) e os parâmetros a e b da cor instrumental e que a gordura não demonstrou ser importante para este parâmetro ao longo da estocagem por 4 meses.

A **Figura 18** apresenta uma imagem dos biscoitos processados com as diferentes gorduras estudadas após a estocagem por 4 meses.



Figura 18. Biscoitos produzidos com as diferentes gorduras

6. Conclusão

As Redes Neurais Artificiais demonstraram alta eficiência em prever o conteúdo de gordura sólida e o ponto de fusão de misturas (*blends*) elaboradas para alcançar o perfil solicitado, referentes às gorduras comerciais utilizadas como padrão.

Devido às características das gorduras interesterificadas soja-soja utilizadas neste estudo, as formulações propostas pela rede apresentaram maior diferença no conteúdo de gordura sólida nas temperaturas de 10 até 30°C, quando comparadas ao perfil solicitado das gorduras comerciais.

Através dos resultados obtidos neste estudo, comprova-se a importância da gordura na produção de biscoitos, apresentando funções fundamentais como: (i) agente aerador, aumentando o rendimento de produção de biscoitos e proporcionando textura mais macia ao produto final; (ii) agente lubrificador, atuando como desmoldante no processo de laminação e facilitando o processo de corte/estampo; (iii) condutor de calor, interferindo na temperatura da massa após mistura e resultando em produto final com menor umidade; (iv) agente de textura e maciez, propiciando aos biscoitos menores durezas; (v) agente estrutural, evitando o espalhamento do biscoitos no forneamento.

Ainda, através deste estudo foi demonstrada função importante da gordura na estocagem de biscoitos, proporcionando estabilidade maior ao produto quanto à textura e evitando a absorção de umidade e conseqüente indesejável aumento de umidade e atividade de água e, ainda, reduzindo a probabilidade de quebras / fissuras.

Comparado a qualidade tecnológica de biscoitos laminados produzidos com os *blends* de gorduras low *trans* derivadas de soja, formuladas pela Rede Neural, com os produzidos com as gorduras comerciais low *trans* e hidrogenada de soja podemos afirmar, que os *blends* podem substituir as gorduras comerciais sem alterações significativas nos parâmetros de processo e maquinabilidade, e nas propriedades físico-químicas do produto final e ao longo de quatro meses de estocagem. Porém, dos *blends* analisados, o que apresentou melhor resultado foi o *blend* composto por 46% da base interesterificada de soja e 54% de óleo de soja (BLD4), apresentando melhor maquinabilidade, maior proximidade das características físico-químicas das gorduras comerciais e menor alteração físico-química ao longo da estocagem.

Analisando os aspectos nutricionais das gorduras formuladas pela RNA concluí-se que as mesmas além de apresentarem um teor reduzido de gorduras *trans*, apresentaram

teores significativamente menores de gorduras saturadas do que a atual gordura low *trans* hoje no mercado, portanto, mais saudáveis para o consumidor.

Assim, este estudo permite afirmar que através da Rede Neural Artificial foi possível desenvolver gorduras para aplicação em biscoitos laminados que sejam low *trans*, derivadas de soja e com menor teor de saturados que as atuais gorduras comerciais. Portanto, representando uma vantagem para saúde do consumidor, otimizando tempo de formulação de gorduras, e possibilitando a obtenção de uma matéria prima para produção de biscoitos com maior disponibilidade no mercado brasileiro e a custos mais acessíveis.

7. Referências bibliográficas

AACC – **American Association of Cereal Chemists**. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10^a ed. St. Paul, 2000.

ALLISON, D.B.; DENKE, M.A.; DIETSCHY, J.M.; EMKEN, E.A.; KRIS-ETHERTON, P.M.; NICOLOSI, R.J. **Trans fatty acids and coronary heart disease risk**. Report of the expert panel on trans fatty acids and coronary heart disease. Am J Clin Nutr, v.62, p.655-708, 1995.

AGRITEMPO; **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb>. Acesso em 10/01/2011.

AOCS – **American Oil Chemists' Society**. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 5^a ed., Champaign, 1997.

AOCS – **American Oil Chemists' Society**. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 5^a ed., Champaign, 2004.

ARIAANSZ, R.F.; ENGELHARD, D.M.B. **Teoría de la hidrogenación**. Buenos Aires. ASAGA, 2005. En: Editors, Libro 15° Aniversario A&G. ASCHERIO, A. *Trans fatty acids and blood lipids*. **Atherosclerosis Supplements** 7, p. 25-27. 2006.

ASCHERIO, A. **Trans fatty acids and blood lipids**. *Atherosclerosis Supplements* 7, p. 25-27. 2006.

AUED-PIMENTEL, S.; CARUSO, M.S.F.; CRUZ, J.M.M.; KUMAGAI, E.E.; CORRÊA, D.U.O. Ácidos graxos saturados versus ácidos graxos trans em biscoitos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.62, n.2, p.131-137, 2003.

AZEVEDO, C.H. **Teores de isômeros trans em gorduras vegetais hidrogenadas avaliados por diferentes técnicas instrumentais**. Campinas, 1999. 109p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

B&CMA. The Biscuit and Crackers Manufacturers' Association. **Cookies and crackers manufacturing**. The Biscuit and Crackers Manufacturers' Association, v.1, p.1 – 14, 2002.

BARRERA-ARELLANO, D. **Matérias-primas alternativas: prós e contras**. In: *Workshop gorduras trans em alimentos*, 2007, São Paulo. Disponível em: <[HTTP//WWW.abia.org.br/anexos/workshopgrordurastrans06-08-07.asp](http://WWW.abia.org.br/anexos/workshopgrordurastrans06-08-07.asp)>. Acesso em: 20 agosto 2008.

BARRERA-ARELLANO, D.; BLOCK, J.M.; GRIMALDI, R.; FIGUEIREDO, M.F.; GOMIDE, F.A.C.; ALMEIDA, R.R. **Programa MIX – Programa para formulação de gorduras com redes neurais**. Registro INPI 98003155. 2005. Campinas _ SP, Disponível em: <http://WWW.cflex.com.br>. Acesso em 22/08/2009.

BERNUSSI, A.L.M. **Efeito da combinação do assamento convencional e energia de microondas na qualidade tecnológica de biscoitos semi-doce duro**. Campinas, 1996. 85p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 85p, 1996.

BIONDI, S.H.S. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação de controle**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, p. 41-62, 2003.

BLOCK, J.M. **Formulação de gorduras hidrogenadas através de redes neurais**. Campinas, 1997. 146p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BLOCK, J.M.; BARRERA-ARELLANO, D.; ALMEIDA, R.; GOMIDE, F.C.; MORETTI, R.B. **Formulación de grasas a través de redes neuronales: productos comerciales y producción en planta piloto**. *Grasas y Aceites*, v.54, n.3, p.240-244, 2003.

BLOCK, J.M.; BARRERA-ARELLANO, D.; FIGUEIREDO, M.; GOMIDE, F.C. **Otimização do processo de blending na formulação de gorduras técnicas**. In: 6º Congresso Latino-Americano sobre Processamento de Óleos, 1995, Campinas, SP. *Anais do 6º Congresso Latino-Americano sobre Processamento de Óleos e Gorduras - AOCS-LA/SBOG/UNICAMP*. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras SBOG, 1995. p.249-253.

BLOCK, J.M.; BARRERA-ARELLANO, D.; FIGUEIREDO, M.; GOMIDE, F.C.; SAUER, L. Formulation of special fats by neural networks: a statistical approach. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.76, n.11, p.1357-1361, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução normativa nº8 de 2 de Junho de 2005a. Aprovar o REGULAMENTO TÉCNICO DE

IDENTIDADE E QUALIDADE DA FARINHA DE TRIGO. Disponível em: http://www.abima.com.br/dload/13_44_instr_norm_8_05_leg_alim_nac.pdf. Acesso em: 31/10/ 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 145, de 07 de junho de 2006. Dispõe sobre o Regulamento técnico para fixação de Identidade e Qualidade de Óleos vegetais. **Diário oficial da união**, de 21/06/2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 270, de 22 de setembro de 2005b. Dispõe sobre o Regulamento técnico para fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras vegetais. **Diário Oficial da união**, de 23/09/2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº259, de 23 de dezembro de 2003a. Aprova o Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>. Acesso em 31/10/2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº263, de 22 de setembro de 2005c. Aprova o "REGULAMENTO TÉCNICO PARA PRODUTOS DE CEREAIS, AMIDOS, FARINHAS E FARELOS". Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public>. Acesso em: 31/10/2009.

BRASIL. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003b, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Dispõe sobre a aprovação do Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, de 26/12/2003.

BUCHGRABER, M.; ULBERTH, F.; EMONS, H. ANKLAN, E. Triacilglycerol profiling by using chromatographic techniques. **European Journal of Lipid Science Technology**. Weinheim, v.106, p.621-648, 2004.

CAPRILES, V.D.; ARÊAS, J.A.G. Desenvolvimento de salgadinhos com teores reduzidos de gordura saturada e de ácidos graxos trans. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.2, p.363-369, abr./jun. 2005.

CARDOSO, A.A. **Redes neurais artificiais na avaliação de concentração de tensões em juntas tubulares soldadas**. São Paulo, 1999. 97p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CERQUEIRA, E.O.; ANDRADE, J.C.; POPPI, R.J.; MELLO, C. Redes neurais e suas aplicações em calibração multivariada. **Química Nova**, v.24, n.6, p.864-873, 2001.

CHIU, M.C.; GIOIELLI, L.A.; GRIMALDI, R. Lipídios estruturados obtidos a partir da mistura de gordura de frango, sua estearina e triacilgliceróis de cadeia média: II- pontos de amolecimento e fusão. **Química Nova**, São Paulo, v.31, n.2, p. 238 – 243, 2008.

CODEX-ALIMENTARIUS. Codex Stantard for Named Oils. 2005. Disponível em: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/336/CXS_210e.pdf. Acesso em junho de 2009.

COLANDRÉ, M.E.; DIEZ, R.S.; BERNALI, C.A. **Metabolic effects of trans fatty acids on an experimental dietary model**. Br J Nutr, v.89, p. 631-638, 2003.

COSTA, A.G.V.; BRESSAN, J.; CÉPHORA, M.S. Ácidos graxos trans: alimentos e efeitos na saúde. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.56, n.1, p.499-513, 2006.

DE-GREYT, W.F.J.; KELLENS, M.J. **Improvement of the nutritional and physicochemical properties of milk fat**. In: GUSTONE, D.F. (Ed.) Structured and modified lipids, Scotland, p. 285-312, 2001.

DIAN, N. L.H.M.; SUNDRAM, K.; IDRIS, N.A. Effect of chemical interesterification on triacylglycerol and solid fat contents of palm stearin, sunflower oil and palm kernel olein blends. **European Journal of Lipid Science and Technology**. Weinheim, v.109, p.147-156, 2007.

EL-DASH, A.; DIAZ, N.A.M.; CAMARGO, C.R.O. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 349p, 1982. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6)

ERICKSON, D.R. **Practical handbook of soybean processing and utilization**, AOCS Press, Champaign: Illinois, p.227-296, 1995.

FDA – U.S. Food and Drug Administration. Revealing trans fats. **FDA Consumer Magazine**, v.37, n.5, 2003. Available from: http://www.fda.gov/fdac/features/2003/503_fats.html. Acesso em 10/04/2009.

FDA, U.S.F.D.A. **Trans fatty acid in nutrition: labeling, nutrient content claims and health claims**. 2004. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov/label.html>. Acesso em: março de 2009.

GHOTRA, B.S.; DYAL, S.D.; NARINE, S.S. Lipid shortenings: a review. **Food Research International**, v.35, p.1015-1048, 2002.

GIOIELLI, L.A.; BARUFFALDI, R. **Rev. Farm. e Bioquím.** Univ. S. Paulo. P24,29, 1988.

GOMES-RUFFI, C.R.; NABESHIMA, E.H.; MONTENEGRO, F.M. **Curso de Tecnologia de Fabricação de Biscoitos.** Campinas: ITAL, 2009.

GRANDRA, K.M. **Formulação de gorduras zero trans para recheio de biscoitos utilizando redes neurais.** Campinas, 2011.178p. Tese (Doutor) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade estadual de Campinas (UNICAMP).

GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L.A.G. Evolução da saudabilidade das gorduras “low trans/low sat” para massas de biscoitos. **Food Ingredients Brasil**, n.10, p.28 – 31, 2009.

GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L.A.P.; ANDO, M.Y. Otimização da reação de interesterificação química do óleo de palma. **Química Nova**, v.28, n.4, p.633-636, 2005.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Lab. Pract.**, London, v.22, p.475-476, 1973.

HAUMANN, B.F. Tools: hydrogenation, interesterification. **Inform.** v.5, n.6, p.668-678, 1994.

HOFFMAM, G. **The chemistry and technology of edible oil and fats and their high fat products.** London: Academic Press, p.279 – 338, 1989.

HOSENEY, R.C. Soft wheat products. In: HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology.** 1. Ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. Cap. 11, p.245-276.

JOHNSON, J.A.; SHELLENBERGER, J.A.; SWANSON, C.O. Farinograms and mixogramas a means of evaluating flours for specific uses. **Cereal Chemistry**, St. Paul, 23 (4) : 389 – 399, 1946.

KARABULUT, I.; TURAN, S.; ERGIN, G. Effects of chemical interesterification on solid fat content and slip melting point of fat/oil blends. **European Food Research and Technology**, v.218, n.3, p.224-229, 2004.

KARABULUT, I.; TURAN, S.; ERGIN, G. Effects of chemical interesterification on solid fat content and slip melting point of fat/oil blends. **European Food Research Technology**, v.218, n.3, p.224-229, 2004.

- KATZ, A.M. Should *trans* fatty acids be viewed as membrane-active drugs. **Atherosclerosis Supplements**. v.7, p. 41-42. 2006.
- LABUSCHAGNE, M.T.; CLAASSEN, A.; DEVENTER, C.S. **Biscuit-making quality of backcross derivatives of wheat differing in kernel hardness**. *Euphytica*, v.96, n.2, p.263-266, 1997.
- LARQUÉ, E.; ZAMORA, S.; GIL, A. Dietary *trans* fatty acids in early life: a review. **Early Human Development**. Oxford, v.65, p.31-41, 2001
- LUCCAS, W. **Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas à manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate**. Campinas, 2001. 195p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.
- MAILHOT; PATTON, Criteria of flour quality. In: POMERANZ, Y. **Wheat chemistry and technology**. 3 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. Cap. 2, p.84.
- MANLEY, D. **Biscuits, cookie and crackers manufacturing manuals**. 1. ed. Cambridge: England, 1998, 60p.
- MANLEY, D. **Technology of biscuits, crackers and cookies**. 2. ed. Cambridge: England, 1996, 475p.
- MANN, G.V. Metabolic consequences of dietary *trans* fatty acids. **Lancet**, v.343, p.1268-1271, 1994.
- MARANGONI, A.G.; ROUSSEAU, D.; **Trends Food Sci. Technol.** 1995, 6, 329.
- MARTIN, C. A.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E. Ácidos graxos *trans*: implicações nutricionais e fontes na dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n. 3, p. 361-368, 2004.
- MARTIN, C.A.; CARAPELLI, R.; VISANTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N.E. *Trans* fatty acid content of Brazilian biscuits. **Food Chemistry**, v. 93, p. 445-448, 2005.
- MEHROTRA, K.; MOHAN, C.K.; RANKA, S. Elements of artificial neural networks. Cambridge, Mass: MIT, 344p, 1997
- MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo, 150p, 1999.

MORGAN, J.E.; WILLIAMS, P.C. Starch damage in wheat flours: a comparison of enzymatic, iodometric, and near-infrared reflectance techniques. **Cereal Chemistry**, v.72, n.2, p.200-212, 1995.

MORRISON, W.R.; TESTER, R. F. Properties of damaged starch granules. II. Crystallinity, molecular order and gelatinisation of ball-milled starches. **Journal of Cereal Science**, v.19, n.2, p.209-217, 1994.

NORIZZAH, A.R.; CHONG, C.L.; CHEOW, C.S.; ZALIHA, O. Effects of chemical interesterification on physicochemical properties of palm stearin and palm kernel olein blends. **Food Chemistry**, v.86, p.229-235, 2004.

O'BRIEN, R.D. **Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications**. Ed. O'BRIEN, R.D. 2nd ed. CRC Press, New York, 2004.

PATTERSON, H.B.W. **Handling and storage of oilseeds, oils, fats and meal**. London: Elsevier, 394p, 1989.

PENTEADO, A.A.T.; STEEL, C.J. **Avaliação de parâmetros de qualidade de biscoitos tipo Maria do mercado brasileiro**. 8^o SLACA – Simpósio Latino Americano de Ciência dos Alimentos. Campinas: UNICAMP, 2009.

PETRAUSKAITE, V.; De Greyt, W.; Kellens, M.; Huyghebaert, A.; **J. Am. Oil Chem. Soc.** 1998, 75, 489.

PIZZINATO, A.; MAGAN, C.R. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Campinas: Instituto de tecnologia de alimentos – ITAL, 1995.

RADIOCOLMEIA. Consumo de gordura trans no Brasil está acima do estabelecido pela OMS, 2010. Disponível em: <http://www.radiocolmeia.com.br/2010/07/consumo-de-gordura-trans-no-brasil-esta-acima-do-estabelecido-pela-oms>. Acesso em: janeiro/2011.

RIBEIRO, A. P. B.; MASUCHI, M. H.; GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L. A. G. Interesterificação química de óleo de soja e óleo de soja totalmente hidrogenado: influência do tempo de reação. **Química Nova**, vol.32, n.4, p.939-945, 2009a

RIBEIRO, A.P.B.; BASSO, R.C.; GRIMALDI, R.; GIOIELLI, L.A; GONÇALVES, L.A.G.; Instrumental Methods for the evaluation of interesterified fats. *Food Analytical Methods*. V.2, p.282-302, 2009b.

RIBEIRO, A.P.B.; MOURA, J.M.L.N.; GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L.A.G.; Interesterificação química: alternativa para obtenção de gordura zero *trans*. **Química Nova**, v.30, n.5, p.1295 – 1300, 2007

RISÉRUS, U. Trans fatty acids and insulin resistance. **Atherosclerosis Supplements**, v.7, p.37-39. 2006.

RODRIGUES, J.N.; GIOIELLI, L.A.; ANTON, C. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos de misturas da gordura do leite e óleo de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.226-233, mai./ago. 2003.

ROOS, N.M.; SIEBELINK, E.; BOOTS, M.L.; VAN TOL, A.; SCHOUTEN, E.G.; KATAN, M.B. Trans monounsaturated fatty acids and saturated fatty acids have similar effects on postprandial flow-mediated vasodilation. **Eur J Clin Nutr**, v.56, n.7, p. 674-679, 2002.

ROZENDAAL, A. Interesterification of oil and fats. **Inform**, v.3, n.11, p. 1232-1237, 1992.

SANDRI, M. L. **Análise reológica e aplicações da farinha de trigo**. Material impresso da palestra ministrada em 09/10/09 para os alunos da disciplina TA-622 (Processos Tecnológicos II) do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos – FEA- UNICAMP.

SANIBAL, E.A.A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos *trans* de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.24, n.1, p.27-31, 2004.

SCRIMGEOUR, C.M.; MACVEAN, A.; FERNIE, C.E.; SÉBÉDIO, J.L.; RIEMERSMA, R.A. Dietary trans α -linolenic acid does not inhibit D 5- and D 6-desaturation of linoleic acid in man. **Eur J Lipid Sci Technol**, v.103, p.341-349, 2001.

SILVA, R.C.; GIOIELLI, L.A. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha de óleo de soja. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.42, n.2, p.223-235, 2006.

SIMABESP (Sindicato das Indústrias de Massas Alimentícias e Biscoitos do Estado de São Paulo); ANIB (Associação Nacional das Indústrias de Biscoitos). 3º Seminário de Tecnologia de Biscoitos. Campinas: ITAL, 2010.

SIMABESP;ABIA. **Perfil do Setor de Biscoitos**. Folder informativo. São Paulo: ANIB, SIMABESP, 2009.

SLUIMER, P. **Principles of Breadmaking**. Minnessota, p. 31-32, 2005.

SMALLWOOD, N.J. Using computers for oil blending. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.66, n.5, p.644-648, 1989.

SMITH, W.H. **Biscuits, crackers & cookies: technology, production & management**. New York: MFI, 1972. V.1. 737p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose da Sociedade Brasileira de cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.88, p.1-18, 2007.

SOMERS, J.F. **Semi-sweet biscuits: a guide to their production**. *Candy and Snack Industry*, 35-36, 59-60, October, 1974.

SOUSA, E.A.; TEIXEIRA, L.C.V.; MELLO, M.R.P.A.; TORRES, E.A.F.S.; NETO, J.M.M. Aplicação de redes neurais para avaliação do teor de carne mecanicamente separada em salsicha de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p.307-311, 2003.

TARRAGO-TRANI, M. T.; PHILLIPS, K. M.; LEMAR, L. E.; HOLDEN, J.M. New and existing oils and fats used in products with reduced trans-fatty acid content. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v.106, n.6, p.867-880, 2006.

TRIANGULO ALIMENTOS LTDA. **Tecnologia de óleos e gorduras**. Treinamento ministrado para Pastifício Selmi S.A.. Sumaré, 2007.

VALENZUELA, A.; KING, J.; NIETO, S. Trans fatty acid isomers from hydrogenated fats: the controversy about health implications. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v.46, n. 6, p. 369-375, 1995.

VALENZUELA, A.; MORGADO, N. Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. **Biological Research**, Santiago, v.32, n.4, p.273-287, 1999.

VASCONCELOS, A.G.; BRESSAN, J.; SABARENSE, C.M. Ácidos graxos trans: alimentos e efeitos na saúde. v.56, n.1, p.12-21, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000100003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0004-0622. Acesso em 05/05/2009.

VITTI, P.; GARCIA, E.E.C.; OLIVEIRA, L.M. **Tecnologia de biscoitos**. Manual Técnico no 1, Campinas, ITAL, 1988.

WADE, P. A survey in biscuit making techniques in United Kingdom. **Chemistry and Industry**, v.16, n.5, p.639-643, 1970.

WADE, P. **Biscuits, cookies & crackers: The principles of the craft**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. v.1. 176p.

WIEDERMANN, L.H. Margarine and margarine oil, formulation and control. **Journal of American Oil Chemists' Society**. Champaign, v.55, n.11, p.823-829, 1978.

WILLIS, W.M.; MARANGONI, A.G. Assessment of lipase and chemically catalysed lipid modification strategies for the production of structured lipids. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.76, n.4, p.443-450, 1999.

YAMAMOTO, H. *et al.* Rheological properties and baking qualities of selected soft wheat grown in the United States. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 2, p. 215-221, 1996.

ZABIK, M.E.; FIERKE, S.G.; BRISTOL, D.K. Humidity effects on textural characteristics of sugar-snap cookies. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.56, n.1, p.29-33, 1979.

ZELENI, L. Criteria of wheat quality. In: POMERANZ, Y. **Wheat chemistry and technology**. 2 ed. St. Paul, Minnesota: AACC, 1978. Cap.2, p. 19-49.