UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DETERMINAÇÃO DE CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DE ERVILHAS *Pisum sativum* DESIDRATADAS.

Mariano Bueno Marcondes Ferraz
Biomédico
Prof. Dr. Flávio Luis Schmidt
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do titulo de Mestre em Tecnologia de Alimentos

Campinas, SP
2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Ferraz, Mariano Bueno Marcondes
F413d Determinação de cinética de hidratação de ervilhas *Pisum sativum* desidratadas / Mariano Bueno Marcondes Ferraz. -- Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Flávio Luis Schmidt
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Ervilha. 2. Hidratação. 3. Cinética. I. Schmidt, Flávio Luis. II. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Titulo em inglês: Dry pea's hydration kinetics determination
Palavras-chave em inglês (Keywords): Pea, Hydration, Kinetics
Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos
Banca examinadora: Flávio Luis Schmidt
Luiz Antonio Viotto
Márcia Paisano Soler
Marcelo Cristianini
Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

Mariano Bueno Marcondes Ferraz

DETERMINAÇÃO DE CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DE ERVILHAS *Pisum sativum* DESIDRATADAS.

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do titulo de Mestre em Tecnologia de Alimentos

Aprovada em __ de _____ de 2008

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof. Dr. Flavio Luis Schmidt
Orientador

_____
Prof. Dr. Luiz Antonio Viotto
Membro

_____
Dra. Márcia Soler
Membro

_____
Prof. Dr. Marcelo Cristianini
Membro

Dedico este trabalho a

Roberto e Maria Rita Bueno.

AGRADECIMENTOS

- À Fabíola Beltrão Antunes, pelo amor, carinho e atenção incondicionais, e sem os quais nada seria possível;
- À Família Ferraz, pelo apoio e incentivo constante, seja na vida acadêmica ou profissional;
- A Roberto e Maria Rita Bueno, por terem me acolhido em seu lar durante uma nova e importante etapa em minha vida;
- Ao Prof. Dr. Flávio Luís Schmidt, por ter acreditado em meu potencial e por ter-me confiado parte deste projeto acadêmico;
- À Dra. Marta Taniwaki e ao Dr. Alfredo Vitali, por seus valiosos ensinamentos durante o período em que participei de projetos no ITAL;
- Ao Dr. Homero Gumerato, pela atenção e pelo auxílio em diversos momentos do desenvolvimento deste trabalho;
- A todos os professores do Depto. De Tecnologia de Alimentos da Unicamp, pelo tempo e atenção dedicados aos meus questionamentos;
- Ao estagiário Erick Sassaki, por sua eficiência e dedicação, que facilitaram em muito o desenvolvimento deste trabalho;
- A todos os técnicos de laboratório e planta-piloto da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, pelo importante auxílio durante a execução deste trabalho;
- À Sônia Oliveira e Donizeti Cezari, da Nestlé Brasil Ltda., pela compreensão e incentivo;
- A todos colegas de pós graduação do DTA, principalmente Eduardo Walter, Márcio Scucuglia, Valquíria Polski e Ernesto Quast, pela amizade e ajuda durante todo o curso;
- Aos meus amigos, novos e antigos, pela alegria e conforto que trazem sempre à vida.

“A Ciência de hoje é a Tecnologia do amanhã.”

Edward Teller

SUMARIO

LISTA DE TABELAS 10
LISTA DE FIGURAS 11
RESUMO 14
ABSTRACT 16

1 INTRODUÇÃO 17
2 JUSTIFICATIVA 20
3 OBJETIVOS 21
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 22
4.1 Esterilização 23
4.2 Branqueamento 24
4.3 Hortaliças em Conservas 25
4.3.1 OPERAÇÕES PRELIMINARES 28
4.3.2 ENVASE 31
4.3.3 ADIÇÃO DE SALMOURA 32
4.3.4 EXAUSTÃO 33
4.3.5 RECRAVAÇÂO 33
4.3.6 ESTERILIZAÇÃO 35
4.3.7 RESFRIAMENTO 36
4.3.8 ESTOCAGEM 37
4.4 Hortaliças desidratadas e processos de rehidratação 37
5 MATERIAL E MÉTODOS 44
5.1 Matéria-prima 44
5.1.1 Diâmetro 44
5.1.2 Volume e Densidade Aparente 44
5.1.3 Acidez titulável total 44
5.1.4 Umidade 44
5.1.5 Perda de Sólidos Solúveis para a água de maceração 45
5.2 Maceração e Planejamento Experimental 45
5.3 Branqueamento 48
5.3.1 Teste de monitoramento do resíduo da enzima lipoxigenase 49
5.4 Definição da capacidade de enchimento de embalagem 49
5.5 Definição do processo térmico 50
5.6 Análise de força de cisalhamento (textura) 51

5.7 Análise sensorial 51
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 53
6.1 Resultados 53
6.1.1 Caracterização das ervilhas Pisum sativum L. 53
6.1.1.1 Umidade 53
6.1.1.2 Diâmetro 53
6.1.1.3 Volume e Densidade Aparente 53
6.1.2 Perda de Sólidos Solúveis 54
6.1.3 Acidez titulável de ervilhas rehidratadas cruas 56
6.1.4 Determinação experimental da massa de enchimento das latas 56
6.1.5 Maceração e cinética de rehidratação de ervilhas 57
6.1.6 Influência dos aditivos no ganho de massa e volume das ervilhas maceradas e esterilizadas 75
6.1.7 Análise de textura de ervilhas processadas 81
6.1.8 Resultados do Teste de Aceitação Sensorial 96
6.1.9 Discussão 106
7 CONCLUSÕES 115
8 Sugestões para trabalhos futuros: 117
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 118

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 *Combinações de aditivos utilizadas na constituição de soluções de maceração*..... 48
Tabela 6-1 *Valores médios de densidade das ervilhas após hidratação em diferentes temperaturas*..... 54
Tabela 6-2 *Valores médios encontrados de porcentagem de sólidos solúveis perdidos pelas ervilhas durante a maceração.* 55
Tabela 6-3 *Acidez titulável de ervilhas rehidratadas cruas*..... 56
Tabela 6-4 – *Avaliação de ganho final de massa após hidratação e esterilização* 57
Tabela 6-5 *Dados de variação de massa e volume para hidratação de ervilhas a 5°C, 25°C, 65°C e 85°C*..... 63
Tabela 6-6 *Diferença estatística entre ganho de massa e volume nas diversas temperaturas de hidratação avaliadas.*..... 64
Tabela 6-7 *Variação da umidade, razão de umidade e razão da absorção de umidade em base seca (BS), para estabelecimento da cinética de hidratação segundo modelo de Peleg à 25°C.*. 68
Tabela 6-8 *Equações das retas e valores de K_1 e K_2, obtidos a partir dos dados de hidratação nas temperaturas testadas*..... 73
Tabela 6-9 *Legenda para identificação de soluções utilizadas nos tratamentos de rehidratação de ervilhas.* 76
Tabela 6-10 *Comparativo de ganho de massa e volume, e variação de densidade entre ervilhas hidratadas em soluções contendo diferentes aditivos.*..... 77
Tabela 6-11 *Valores médios de força de cisalhamento de ervilhas processadas a 121°C por 15 minutos em autoclave vertical estática*..... 83
Tabela 6-12 *Resultado do teste de Tukey em relação ao aumento de massa durante hidratação, estabelecendo quais tratamentos são estatisticamente iguais ou diferentes.* 92
Tabela 6-13 *Resultado do teste de Tukey em relação ao ganho de volume durante hidratação, estabelecendo quais tratamentos são estatisticamente iguais ou diferentes.* 93
Tabela 6-14 *Resultado do teste de Tukey em relação a textura após hidratação e esterilização em autoclave a 121°C por 15 minutos, estabelecendo quais tratamentos são estatisticamente iguais ou diferentes.*..... 94
Tabela 6-15 *Comparativo entre respostas obtidas em todos os tratamentos avaliados* 95
Tabela 6-16 *Massa de água absorvida por ervilhas durante rehidratação a 25°C durante período de 24 horas*..... 112

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 *Classificação dos alimentos em relação aos parâmetros pH e Aw. (SCHMIDT, 2005)* 23
Figura 4-2 *Fluxograma genérico de processamento de hortaliças em conserva* 27
Figura 4-3 *Fluxograma genérico de operações preliminares* 28
Figura 4-4 *Tambor rotatório utilizado para a lavagem de ervilhas. (SILVA & CARDOSO;1999).* 30
Figura 4-5 *Esteira utilizada para a seleção manual de ervilhas (SILVA & CARDOSO;1999).* 31
Figura 4-6 *Envasadora utilizada em uma indústria de conservas (SILVA & CARDOSO;1999).* .. 32
Figura 4-7 *Modelo de recravadeira (SILVA & CARDOSO;1999).* 34
Figura 4-8 *Padrão de recravação dupla (SILVA & CARDOSO;1999).* 34
Figura 4-9 *Autoclave vertical em batelada (SILVA & CARDOSO;1999).* 36
Figura 5-1 *Cadinhos de arame e tela, submersos em solução de maceração, visão do topo* 46
Figura 5-2 *Cadinhos com ervilhas, mergulhados em soluções de maceração, em recipientes sobre agitadores magnéticos.* 46
Figura 5-3 *Cadinho de tela e arame, contendo ervilhas, mergulhada em solução de maceração. (fotografia para ilustrar imersão total das ervilhas)* 47
Figura 6-1 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 05°C por 24 horas* 58
Figura 6-2 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 25°C por 24 horas* 58
Figura 6-3 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 45°C* 59
Figura 6-4 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 65°C* 59
Figura 6-5 *Média da variação de massa em ervilhas hidratadas a 85°C* 60
Figura 6-6 *Comparativo entre a massa durante a hidratação de ervilhas a 05°C e 25°C* 61
Figura 6-7 *Comparativo entre a massa durante hidratação de ervilhas a 45°C, 65°C e 85°C* 61
Figura 6-8 *Porcentagem de aumento de volume e aumento de massa durante hidratação de ervilhas em quatro temperaturas* 62
Figura 6-9 *Aumento de massa e volume durante hidratação em diversas temperaturas* 65
Figura 6-10 *Razão de absorção de umidade (base seca) na hidratação de ervilhas a 25°C por 24 horas* 69
Figura 6-11 *Inverso da razão de umidade em relação ao tempo, até 12 horas de hidratação a 25°C* 70
Figura 6-12 *Cinética de hidratação de ervilhas segundo modelo de Peleg, a 05°C e 25°C* 71
Figura 6-13 *Comparativo entre a umidade (base seca) durante a hidratação de ervilhas a 05°C e 25°C* 72
Figura 6-14 *Comparativo entre a umidade (base seca) na hidratação de ervilhas a 45°C, 65°C e 85°C.* 72
Figura 6-15 *Cinética de hidratação de ervilhas segundo modelo de Peleg, a 45°C, 65°C e 85°C* 73

Figura 6-16 *Modelo de Arrhenius a partir dos valores de K_1 (Eixo X – Inverso da temperatura em °Kelvin, Eixo Y – Logaritmo neperiano da constante K_1)* 74
Figura 6-17 *Comparativo entre o ganho de massa em ervilhas durante maceração em soluções de aditivos*..... 78
Figura 6-18 *Comparativo entre o ganho de volume em ervilhas durante maceração em soluções de aditivos*..... 80
Figura 6-19 *Comparativo entre a força de cisalhamento em ervilhas hidratadas, a 25°C, em soluções contendo diferentes aditivos.*..... 81
Figura 6-20 *Média da força de cisalhamento em ervilhas processadas a 121°C por 15 minutos em autoclave vertical*..... 82
Figura 6-21 *Histograma geral do ganho de massa durante hidratação de ervilhas em soluções diversas* 85
Figura 6-22 *Histograma individualizado do ganho de massa em ervilhas hidratadas com soluções diversas.* 85
Figura 6-23 *Histograma geral do ganho de volume em ervilhas hidratadas em diversas soluções*. 86
Figura 6-24 *Histograma individualizado do ganho de volume em ervilhas durante hidratação em diversas soluções.* 87
Figura 6-25 *Ganho médio de massa e volume durante hidratação de ervilhas em diversas soluções*..... 88
Figura 6-26 *Ganhos de massa e volume durante hidratação em diversas soluções.* 89
Figura 6-27 *Média da textura de ervilhas hidratadas em diversas soluções e posteriormente processadas termicamente à 121°C por 15 minutos.* 90
Figura 6-28 *Valores de força de cisalhamento em ervilhas hidratadas em diversas soluções e posteriormente processadas termicamente à 121°C por 15 minutos.* 91
Figura 6-29 *Caracterização de gênero dos provadores*..... 96
Figura 6-30 *Idade dos provadores* 97
Figura 6-31 *Consumidores habituais de ervilhas em conserva entre os provadores* 98
Figura 6-32 *Freqüência de consumo de ervilhas em conserva entre os provadores.* 99
Figura 6-33 *Forma de consumo de ervilhas em conserva pelos provadores (mais de uma opção era permitida)*..... 100
Figura 7-34 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Aparência Geral das ervilhas em conserva.*..... 101
Figura 6-35 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Cor das ervilhas em conserva.* 102
Figura 6-36 *Numero de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Textura das ervilhas em conserva.* 103

Figura 6-37 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Sabor das ervilhas em conserva*. 104
Figura 6-38 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação a intenção de compra das ervilhas em conserva.* 105

RESUMO

A ervilha em lata é o segundo alimento em conserva mais consumido no Brasil. Praticamente todo o produto comercializado no país é processado a partir de grãos de ervilha seca, desidratada, comercializadas como *commodities* no mercado internacional. Existe uma necessidade de descrição detalhada de todo o processamento deste alimento para que exista a possibilidade de otimização dos processos envolvidos na produção desta conserva de baixa acidez.

O objetivo deste trabalho foi descrever o comportamento de ervilhas (*Pisum sativum L., variedade Flávia, cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, safra 2004*) desidratadas durante o processo de rehidratação, em relação a ganho de massa e volume. Foi determinada, também, a cinética de rehidratação deste alimento. Obtivemos também dados relacionados a textura destas ervilhas após o processamento térmico.

Para este experimento, 100g de ervilhas foram hidratadas, em água destilada, à 05ºC, 25ºC, 45ºC, 65ºC e 85ºC, de modo a estabelecermos a cinética de hidratação das ervilhas, e determinar a temperatura ideal para hidratação. O modelo de Peleg apresentou melhor ajuste (R^2 = 0,98) e a temperatura mais adequada foi de 25°C.

Após o estudo da cinética e da definição da temperatura ideal para hidratação de ervilhas, foram hidratadas em soluções contendo NaCl 2%, $CaCl_2$ 0,5%, Ácido Cítrico 0,5% e EDTA 0,5%, além de todas as possíveis combinações entre os aditivos, assim como um grupo controle. Após a hidratação, as ervilhas foram envasadas em latas (73mm de de diâmetro x 85mm altura) e processadas a 121ºC por 15 minutos, resfriadas e avaliadas para determinação do ganho final de massa, volume e a variação da textura.

Dentre os aditivos e suas combinações avaliadas, a solução de $CaCl_2$ 0,5% gerou o melhor conjunto de respostas, quanto aos parâmetros de ganho de massa e volume, além de uma melhor resposta em relação ao aumento da dureza. A influência deste aditivo foi avaliada em relação a aspectos sensoriais de cor, sabor, aparência geral e textura, além de atitude de compra. A textura foi o parâmetro que gerou maior divisão de opinião, com cerca de 50% dos consumidores aprovaram o aumento na dureza do produto, enquanto 50% dos consumidores desaprovaram o aumento da dureza. Em relação aos outros parâmetros, houve aprovação por 67% dos consumidores.

Através dos resultados encontrados, foram estabelecidos alguns parâmetros que poderão ser utilizados na otimização de processos industriais de ervilha em conserva, diminuindo perdas econômicas, além da utilização racional de recursos hídricos, e do aumento na qualidade geral do produto que chega ao consumidor final.

ABSTRACT

Canned peas are the second most consumed canned good in Brazil. Pratically all of canned peas commercialized in this country is made from dried grains, marketed internationally as commodities. There is a need for a detailed description of the process as a whole, so the process could be optimized.

The goal of this work was to describe the behaviour of dried peas (*Pisum sativum, Flavia variety, grown is the state of Rio Grande do Sul, Brazil, harvested in 2004*) during the rehydration process, in relation to quality parameters such as weight and volume gain, as well as the hydration kinetics of this vegetable. The texture of the peas was also evaluated.

For this experiment, 100g of dried peas were rehydrated in distilled water at 05°C, 25°C, 45°C, 65°C and 85°C, se we could establish de rehydration kinetics, as well as the ideal rehydration temperature. This ideal temperature showed to be 25°C, and the rehydration kinetics fits the Peleg model.

After detemining the ideal temperature and rehydration kinetics, 100g of dried peas were rehydrated in solutions containing 2%, $CaCl_2$ 0,5%, Ácido Cítrico 0,5% and EDTA 0,5%, and also every single combination between these additives, plus a control group, rehydrated with distilled water. After hydration, peas were canned (73mm diameter x 85mm height) and thermically processed at 121°C for 15 minutes, cooled at room temperature and evaluated for determination of final weight and volume gain, as well as texture.

Among all the addtives and combinations tested, the $CaCl_2$ 0,5% solution showed the best results when all three parameters were analyzed. The influence of this additive was sensory evaluated regarding color, flavor, general appearance, and texture, as well as purchasing possibility. Texture was the parameter that divided consumers. 50% of the consumers approved the hardness of the peas, while 50% did not approved the hardness. Regarding the other parameters, most consumers approved the product.

Through these results, is possible to establish some parameters that could be successfully used in the optimization of canned peas processing, minimizing economical losses and leading to a better use of water resources, as well as improving the quality of the final product.

1 INTRODUÇÃO

As leguminosas são plantas dicotiledôneas caracterizadas pela frutificação em vagens. Pertencem à família *Leguminosae*, composta de aproximadamente 600 gêneros e 13.000 espécies. Apesar desse número expressivo somente algumas espécies são consideradas economicamente importantes como alimentos de alto teor de proteína e baixo custo, sendo amplamente consumidas pela humanidade há séculos (FAHL *et al*., 1998). Cerca de 20 espécies de leguminosas são usadas como grãos secos, em quantidades apreciáveis na alimentação humana. Assim, as leguminosas de grãos constituem a principal fonte de proteína na dieta humana em muitas partes do mundo tropical e subtropical, fazendo parte dos hábitos de consumo da população. Entre elas, a ervilha (*Pisum sativum* L.) é altamente consumida em países asiáticos, o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em países da América Latina e da África, o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) na Índia e a lentilha (*Lens culinaris* Med.) nos países do Oriente Médio (MORROW, 1991). O consumo de leguminosas cresce a cada ano, porém, as leguminosas de inverno – ervilha, lentilha e grão-de-bico – são pouco consumidas no Brasil, e a produção nacional ainda é pequena. A ervilha, até os anos 80, era quase totalmente importada; atualmente toda a demanda pode ser atendida pela produção nacional.

Em geral, as leguminosas são fontes de carboidratos complexos, proteína, fibra alimentar, possuem teores significativos de vitaminas e minerais e alto valor energético (THARANATHAN & MAHADEVAMMA, 2003; MORROW, 1991; NIELSEN, 1991). O conteúdo de proteína nos grãos das leguminosas varia de 17 a 40%, em contraste com 7 a 13% nos grãos dos cereais e equipara-se ao teor protéico de carnes (18-25%) (GENOVESE & LAJOLO, 2001; IBGE, 1996). Em alguns estudos tem sido reportado baixo valor nutritivo para leguminosas com considerável influência da digestibilidade de proteína nesses resultados. Muitos fatores vêm sendo analisados, incluindo-se a presença de estruturas protéicas resistentes à digestão, bem como a presença de antinutrientes como inibidores enzimáticos, lectinas, fitatos, taninos, e também as fibras alimentares (PEREIRA & COSTA, 2002; WONG & CHEUNG, 1998; HUGHES, 1991; NIELSEN, 1991).

Além das leguminosas serem consideradas uma fonte protéica relativamente barata e ao alcance da população, tem-se a vantagem adicional de serem boas fontes de fibra

alimentar, sendo proporcionados os benefícios à saúde relacionados a estes compostos, merecendo maior incentivo à sua produção e ao seu consumo.

O cultivo de ervilha é realizado no inverno, período da entre-safra das principais culturas no RS e em SC. (RODRIGUES *et al*., 1998), A produção de ervilha apresenta potencial para maximizar a utilização de terras, de máquinas e de equipamentos subutilizados no inverno nas propriedades que adotam sistemas de produção de grãos no Sul do Brasil. No ano de 2005, o país produziu cerca de 8 mil toneladas de ervilha (EMBRAPA, 2007)

As ervilhas utilizadas na indústria de alimentos no Brasil podem ter origem nacional ou importada, normalmente de países como Chile e Argentina. Na indústria de ervilhas frescas, a ervilha passa apenas por um processo de branqueamento e depois é resfriada ou congelada. Este tipo de produto possui alto valor agregado e é direcionado principalmente aos consumidores da classe A, e possui um aspecto de frescor muito mais atrativo, porém a um custo de produção muito elevado, e com vida de prateleira restrita a garantia da manutenção de uma cadeia de frio. A ervilha em lata é o segundo alimento em conserva mais consumido no Brasil. Praticamente todo o produto comercializado no país é processado a partir de grãos de ervilha seca, desidratada, comercializadas como *commodities* no mercado internacional. O processamento deste vegetal é bastante simples, de forma que se pode produzir esta conserva em grande escala, diluindo-se o custo de produção, gerando um produto de baixo preço final e bastante popular entre as classes C e D, principalmente. O processamento da ervilha em conserva envolve uma etapa de rehidratação do grão desidratado, uma etapa de branqueamento e uma etapa de envase e processamento térmico estático, em autoclaves. Estas operações são efetuadas em condições determinadas e disseminadas pela prática industrial, sem embasamento técnico que permita sua otimização (PASCHOALINO *et al*., 1996). Todas as etapas levam a transformações bastante significativas em aspectos como volume, cor e textura, e chegam a descaracterizar muito o produto final em relação à ervilha fresca ou minimamente processada.

Apesar de haver pouca pesquisa em relação aos parâmetros de processamento de ervilhas, existe uma quantidade razoável de pesquisas avaliando o processamento

de feijões e vagens desidratadas. É razoável supor que alguns parâmetros do processamento de vagens e feijões possam ser aplicáveis para o processamento de ervilhas.

LUH e colaboradores (1975) observaram, por exemplo, que a presença de substâncias como ácidos orgânicos e cloreto de cálcio influenciam diretamente na coloração, peso drenado e textura de vagens reidratadas.

O tratamento térmico e o processamento prévio à cocção aplicado às leguminosas, melhora a textura, a palatabilidade e valor nutritivo pela destruição e inativação de compostos tóxicos termo-sensíveis e outros inibidores enzimáticos .MARCONI *et al*. (2000), KHAN *et al*., (1979) e JOOD *et al*. (1989) observaram que as condições de maceração e cocção melhoram a digestibilidade protéica *in* vitro de cultivares de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) para as leguminosas maceradas e cozidas em relação àquelas que não foram maceradas previamente à cocção.

A descrição e a caracterização detalhada das etapas do processamento de ervilhas para a fabricação de conservas é muito útil, para que possamos propor formas para otimizar a produção e melhorar a qualidade de alguns aspectos sensoriais da ervilha em conserva.

2 JUSTIFICATIVA

É necessário estabelecer a cinética de reidratação de ervilhas produzidas e processadas no Brasil, para obtenção de informações que possam auxiliar na otimização desta etapa, evitando desperdícios de tempo e recursos. Já existem relatos consistentes sobre as modificações causadas pela reidratação na presença de ácidos orgânicos e cloreto de cálcio. No entanto, não existem dados sobre a influência de Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético (EDTA) na maceração de ervilhas, nem sua interação com outros sais em uma mesma solução. O EDTA se mostrou bastante vantajoso na maceração de vagens, melhorando significativamente a coloração das mesmas, o que nos leva a formular a hipótese de que este composto também poderia auxiliar na melhora da qualidade de ervilhas reidratadas.

É importante também a estimativa do volume mínimo de água potável e a quantidade de salmoura necessária ao processamento desta leguminosa, obtendo-se dados que permitirão modificações nas características físicas e sensoriais do produto. Como decorrência deste estudo de otimização do uso da água há implicações em relação ao conjunto do processamento tais como retenção de nutrientes, influência na esterilização e ainda na composição das águas residuárias da etapa de maceração que determina o grau de dificuldade em posterior tratamento.

3 OBJETIVOS

Avaliar a cinética de hidratação de ervilhas desidratadas e determinar a temperatura ideal de hidratação.

Avaliar o desempenho de diversas soluções de maceração, compostas por soluções de NaCl, EDTA, $CaCl_2$ e Ácido Cítrico, e suas combinações, sobre o aumento de massa, aumento de volume, variação da textura e aceitação sensorial das ervilhas.

Avaliar o consumo de água e qualidade da água de hidratação residual.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Entre os processos utilizados na agroindústria de alimentos para conservação de alimentos, a pasteurização e a esterilização de alimentos em embalagens herméticas são os processos de maior aplicação. A intensidade desses tratamentos térmicos (tempo/temperatura) depende basicamente da natureza do produto, principalmente do pH e da Atividade de Água (Aw); da resistência térmica dos microrganismos ou esporos; da forma, tamanho e características térmicas da embalagem; do meio de aquecimento; da carga inicial de microrganismos e das condições de armazenamento do produto (HUI, 1992).

Dependendo da natureza do alimento (composição química e pH) podemos classificá-lo, para efeito destes tratamentos, em alimentos ácidos (pH < 4,6 e Aw > 0,85) e aqueles de baixa acidez (pH > 4,6 e Aw > 0,85). Na prática industrial, os alimentos de alta acidez e ácidos (frutas e sucos de frutas, alimentos fermentados ou acidificados, etc.) são submetidos a processos de pasteurização. Por outro lado, os alimentos de baixa acidez (carnes, peixes, hortaliças e vegetais, grãos, etc.), pelo alto risco da presença, sobrevivência e multiplicação de esporos de *Cl.botulinum* (anaeróbio obrigatório, termorresistente, de alta periculosidade para a saúde humana), é indispensável o processo de esterilização, à temperaturas que podem variar de 116°C a 128°C (HUI, 1992).

A Figura 4-1 ilustra a classificação dos alimentos em relação aos parâmetros de pH e Aw.

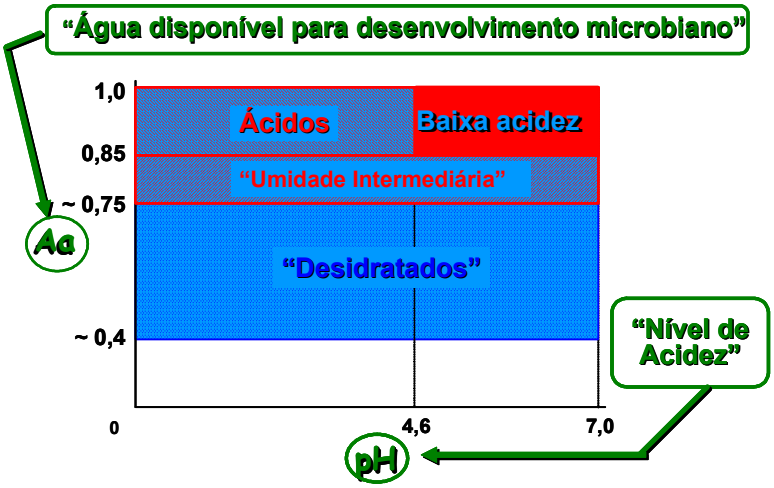

Figura 4-1 *Classificação dos alimentos em relação aos parâmetros pH e Aw. (SCHMIDT, 2005)*

4.1 Esterilização

Na indústria de alimentos, para realizar o processo de esterilização, ainda são muito utilizadas as autoclaves (estáticas ou agitadas, verticais ou horizontais, contínuas ou em batelada) onde os alimentos pré-acondicionados em embalagens herméticas são acondicionados em carrinhos com bandejas, ou em cestas, ou em transportadores automáticos, e são submetidos à ação de água aquecida ou de vapor saturado, ou misturas vapor/ar ou água/ar, para o aquecimento; e de água, para o resfriamento. Assim, na operação de esterilização, são utilizados três fluidos (insumos): vapor saturado, ar comprimido e água tratada, os quais são injetados e drenados da autoclave através de válvulas (geralmente pneumáticas), comandadas e controladas por um painel do tipo eletro-mecânico. O painel, em geral, é munido de sensores e registradores de temperatura e pressão e de um dispositivo de programação e controle de toda a operação de esterilização (HUI, 1992).

Quanto ao alvo dos processos térmicos, os esporos de bactérias mesófilas e termófilas são as formas mais resistentes. Entre os mesófilos, encontram-se varias

espécies capazes de provocar deterioração, assim como espécies patogênicas como *B.cereus, C.perfringens e C.botulinum*. Os termófilos, mais termorresistentes do que os mesófilos, não são patogênicos. A sua importância decorre da capacidade de deteriorar alimentos envasados em condições específicas, como estocagem dos produtos a elevadas temperaturas. Isso implica, em geral, no projeto de processos térmicos para eliminar os esporos capazes de multiplicar-se sob condições normais de estocagem, o que é definido como esterilidade comercial.. Muitos vegetais enlatados são de baixa acidez (milho verde, ervilha, cenoura, seleta de legumes, feijão, grão de bico, etc.), pois seu pH fica acima de 4,5. A esses produtos é dado, em geral, um tratamento térmico suficiente para destruir os esporos de *C.botulinum*, sendo considerados, por conseguinte "comercialmente estéreis" (HUI, 1992).

Os alimentos enlatados, processados para atingir esta "esterilidade comercial" não deveriam sofrer deterioração. No entanto, são várias as causas que podem levar à deterioração de vegetais envasados, destacando-se as seguintes: deterioração pré-processamento; deterioração por subprocessamento; deterioração por vazamento (falhas no fechamento da embalagem); ou por resfriamento inadequado; ou por estocagem a elevadas temperaturas (deterioração termófila).

Em caso de subprocessamento, os microorganismos mesófilos podem sobreviver e causar alterações bastante evidentes no produto. A importância desse tipo de alteração é a indicação de que *C.botulinum*, se presente, pode ter sobrevivido e se multiplicado, produzindo toxina. O subprocessamento geralmente ocorre devido à falhas nos equipamentos ou falhas na operação do processamento (HUI, 1992)

4.2 Branqueamento

Em alguns casos, é importante que antes do enlatamento a hortaliça passe por um processo de aquecimento em água ou vapor vivo. A este processo se dá o nome de branqueamento, que visa atingir uma ou várias dos seguintes funções: eliminação do ar dos tecidos do vegetal reduzindo as possibilidades de oxidação durante a estocagem e evitando problemas de contrapressão durante autoclavagem do produto enlatado; fixação e realce da coloração do produto; diminuição da carga microbiana pela eliminação de células vegetativas, fungos e leveduras e inativação de enzimas

deteriorantes previamente à esterilização; realce de partes defeituosas do alimento, facilitando uma inspeção mais apurada do produto antes do envase; alteração de textura, facilitando o enchimento das latas; eliminação de odores e sabores desagradáveis; remoção de mucilagem.

A intensidade do branqueamento deve ser regulada, de acordo com o corte, o estado de maturação e a maciez da hortaliça, através da variação do tempo de branqueamento e da temperatura da água ou exposição ao vapor.

O branqueamento das hortaliças, tanto por meio de água aquecida como de injeção direta de vapor vivo, costuma ocorrer num intervalo de tempo de 2 a 4 minutos. Em seguida, após o branqueamento, procede-se ao resfriamento do material branqueado para evitar a manutenção em uma temperatura propícia ao desenvolvimento de microrganismos contaminantes (HUI, 1992).

4.3 Hortaliças em Conservas

"Hortaliça em Conserva" é o produto preparado com as partes comestíveis de hortaliças, envasadas praticamente cruas, reidratadas ou pré-cozidas, imersas ou não em líquido de cobertura apropriada, submetidas a adequado processamento tecnológico antes e depois de fechadas hermeticamente nos recipientes utilizados, a fim de evitar sua alteração (CNNPA nº 13, 1977).

As conservas mantêm o valor nutritivo, apesar do calor a que foram submetidas. Os teores de proteínas, gorduras, hidratos de carbono e sais minerais, são praticamente idênticos aos alimentos frescos; as vitaminas mais sensíveis são parcialmente destruídas, mas com as técnicas modernas de fabricação perdem-se poucas vitaminas. Como os minerais e vitaminas passam para os molhos estes devem aproveitar-se tendo, no entanto, em conta que, muitas vezes, são bastante salgados ou doces (HUI, 1992) .

CANNIATI-BRAZACA (2006) apresentou um vasto trabalho de caracterização de ervilhas frescas e diversos produtos resultantes de seu processamento industrial, entre eles a ervilha em conserva. Para este produto, foi obtido um valor final de 77,5 ± 0,0 % de umidade, 1,23 ± 0,0% de cinzas, 0,37 ± 0,0% de extrato etéreo, 3,99 ± 0,2% de proteína, 3,76 ± 0,1% de fibra dietética e 11,97% de carboidratos (por diferença).

A seguir, temos um resumo geral do processamento de ervilhas para a fabricação de conservas, de modo a facilitar o entendimento da dinâmica global do rpocesso desta hortaliça em escala industrial. A Figura 4-2 apresenta um fluxograma genérico para conservas de baixa acidez e as Figuras de 4-3 a 4-8 apresentam detalhes do processamento de ervilhas em conserva geralmente utilizado na indústria de alimentos nacional (SILVA & CARDOSO;1999).

Figura 4-2 *Fluxograma genérico de processamento de hortaliças em conserva*

4.3.1 OPERAÇÕES PRELIMINARES

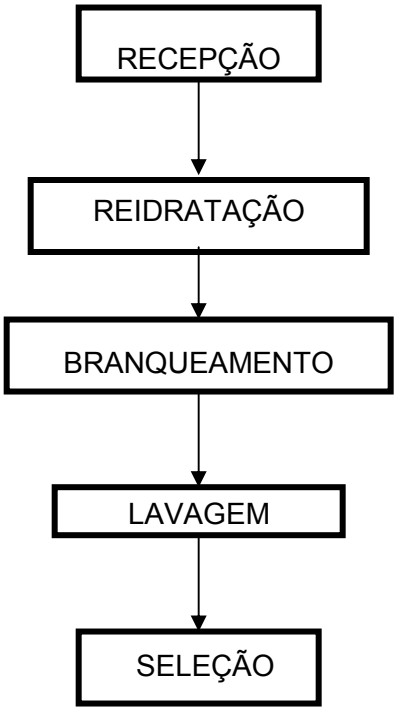

Figura 4-3 *Fluxograma genérico de operações preliminares*

a) RECEPÇÃO

As ervilhas são recepcionadas no setor de carga e descarga de matéria-prima da indústria processadora e armazenada em big-bags paletizados, estocados em galpões.

b) REIDRATAÇÃO

A reidratação consiste em deixar as ervilhas secas, recebidas pela indústria, de molho em água, durante até 12 horas a fim de recuperar a umidade inicial, restaurando a umidade do produto para sua utilização. Água utilizada pode ser adicionada de sal, a fim de melhorar a sua qualidade bacteriológica, porém, posteriormente a esta etapa, este sal precisa ser retirado para se ter um melhor

controle da concentração de sal do produto final, devido à posterior adição da salmoura.

c) BRANQUEAMENTO

As ervilhas para enlatamento geralmente passam em água quente ou fervendo, durante o branqueamento. A intensidade deste processo deve ser regulada de acordo com o estado de maturação e a maciez da hortaliça, variando o tempo do branqueamento e a temperatura da água.

As águas duras, ricas em sais de cálcio ou de magnésio, quando usadas para o branqueamento, ocasionarão o endurecimento das ervilhas devido, provavelmente, à reação com as substâncias pécticas.

Os equipamentos utilizados para este processo são o branqueador giratório de imersão contínua; branqueador de cadeias transportadoras; branqueador hidráulico do tipo pipa ou ainda utiliza-se simplesmente um recipiente metálico.

Este recipiente contém água quente ou vapor saturado, sendo que o produto a ser processado é conduzido por sistema manual ou transportado mecanicamente através do mesmo. Pode ser aberto ou fechado.

d) LAVAGEM

Após o branqueamento as ervilhas são lavadas em um tambor rotatório para eliminação de quaisquer impurezas ou sujidades (Figura 4-4).

Figura 4-4 *Tambor rotatório utilizado para a lavagem de ervilhas. (SILVA & CARDOSO;1999).*

e) SELEÇÃO

No caso de hortaliças, a seleção é uma das últimas etapas do processo, realizada antes do envase para garantir a qualidade do produto.

Em geral, esta operação tem por objetivo a retirada de alguns grãos ou pedaços de hortaliças que não estejam de acordo com o padrão estabelecido, principalmente quanto à cor, defeitos, casca solta, etc. (Figura 4-5).

Figura 4-5 *Esteira utilizada para a seleção manual de ervilhas (SILVA & CARDOSO;1999).*

4.3.2 ENVASE

A operação de envase pode ser manual, semi-automática ou totalmente automatizada, dependendo do processo (Figura 4-6).

A quantidade de unidades sólidas dentro de cada lata deve ser constante, pois o nível de enchimento está relacionado com o tratamento térmico. Um superenchimento diminui a transferência de calor e, conseqüentemente, exige maior tempo de esterilização. O peso dos constituintes sólidos não deve ser inferior a 60% do peso de água.

A altura do enchimento deve ser controlada, devendo-se manter determinada folga superior dos recipientes para evitar problemas de estufamento ou esmagamentos internos, resultantes da dilatação, decorrentes do processo de esterilização.

Figura 4-6 *Envasadora utilizada em uma indústria de conservas (SILVA & CARDOSO;1999).*

4.3.3 ADIÇÃO DE SALMOURA

A salmoura, também chamada de líquido de cobertura, deve ser usada para preencher os espaços vazios entre as unidades dos produtos embalados, facilitando a transmissão de calor durante a operação de esterilização, promovendo a remoção de ar e realçando o sabor das hortaliças. A maioria das indústrias usa uma salmoura fraca, com 1 a 2 % de sal, para as ervilhas.

Em alguns casos, é recomendado ferver previamente a salmoura para promover a coagulação e a precipitação dos sais de cálcio e de outras impurezas, podendo depois ser filtrada antes de seu uso, caso se forme um precipitado pesado. A adição da salmoura pode ser realizada manualmente ou por meio de máquinas automáticas.

4.3.4 EXAUSTÃO

O objetivo mais importante da exaustão consiste em remover o ar do produto e o ar que fica preso no interior do recipiente, tendo por finalidade manter a tampa e o fundo côncavos durante a estocagem (quando se apresentam convexos ou abaulados geralmente é sinal de alterações gasosas no interior das latas); reduzir a corrosão das latas e minimizar reações químicas, tais como oxidação de gorduras, vitaminas e descoloração; evitar distorções permanentes durante o tratamento térmico.

Outros métodos para produzir vácuo na embalagem, além da exaustão são o vácuo mecânico (bombas de vácuo) e por injeção de vapor na embalagem antes do fechamento.

4.3.5 RECRAVAÇÂO

É a ação de fechamento de recipientes metálicos através de operação de dobramento das bordas superiores das latas, com o encaixe rebaixado e arredondado da periferia da tampa. Latas de boa qualidade, vedante adequado e uma recravadeira (Figura 4-7) eficiente produzem o fechamento hermético da lata, protegendo adequadamente o alimento durante o processo de esterilização, resfriamento e estocagem (Figura 4-8).

Existem recravadeiras manuais, semi-automáticas e automáticas, com dispositivos que permitem o fechamento de diversos tamanhos e geometria de latas.

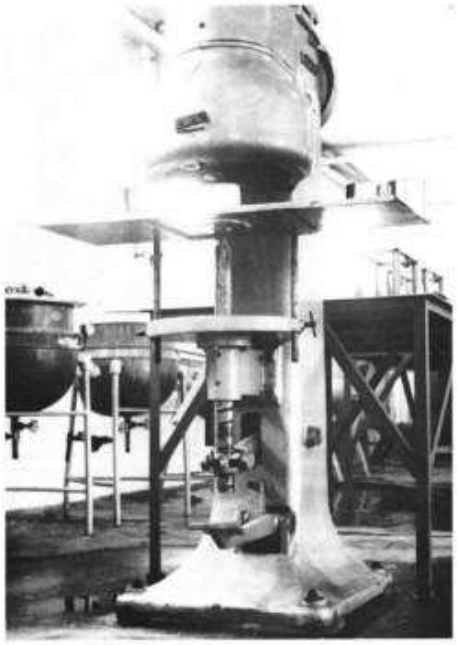

Figura 4-7 *Modelo de recravadeira (SILVA & CARDOSO;1999).*

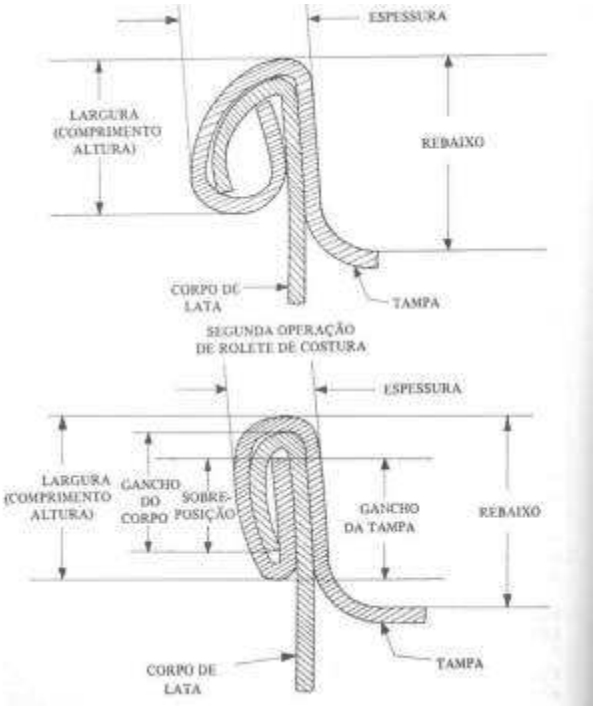

Figura 4-8 *Padrão de recravação dupla (SILVA & CARDOSO;1999).*

4.3.6 ESTERILIZAÇÃO

Após a exaustão e fechamento as latas são aquecidas durante certo tempo a uma temperatura cuidadosamente determinada, em uma atmosfera saturada de vapor ou em água quente (ou mescla de ambos). Em indústria com uma grande produção de uma só linha de produto é interessante o uso de uma autoclave contínua, a qual proporciona menor gasto de energia com aquecimento e resfriamento, por se manter sempre aquecida e, portanto, maior eficiência. No caso de indústrias com um maior número de produtos e menor quantidade, é mais vantajoso o emprego de autoclaves em batelada (Figura 4-9) por proporcionar maior flexibilidade de uso, podendo alternar produtos e tempos de esterilização.

Também conhecida como retorta, a autoclave de vapor saturado é um recipiente de pressão no qual são carregadas as latas, geralmente empilhadas em cestas. Podem ser verticais ou horizontais. Pelo fato das autoclaves serem equipamentos que operam sob altas pressões, as mesmas são construídas em chapas de caldeira de 1/4 de polegadas ou mais espessas, modeladas no formato cilíndrico e rebitadas ou soldadas nas juntas. As tampas ou portas são feitas de ferro fundido ou de chapa pesada, com trava ou ferrolhos especiais para dar segurança.

A eliminação completa do ar de dentro da autoclave que opera sob pressão em vapor é um fator de importância vital no processo de esterilização. Isto se realiza mediante o procedimento conhecido como desaeração, cuja função é a eliminação de todo o ar. A presença de ar na autoclave resulta em temperatura menor do que quando se tem apenas vapor, tendo como conseqüência uma má esterilização, pois o ar diminui a penetração do calor na embalagem. Além disto, o ar atua como um isolante térmico ao redor das latas e também ocasiona a ferrugem das latas quando na presença de umidade.

A finalidade principal da autoclave é evitar o desenvolvimento de microrganismos, produzindo, como conseqüência, um certo cozimento. O vapor é o meio de transferência de calor da maioria das autoclaves. Este possibilita uma boa

transferência de calor devido à sua energia armazenada ou calor latente. Quando o vapor se condensa sobre as latas no interior da autoclave, este calor é liberado. O ar quente ou outros gases não possuem esta propriedade, o que vem em favor de uma maior eficiência de aquecimento que se obtém com o vapor.

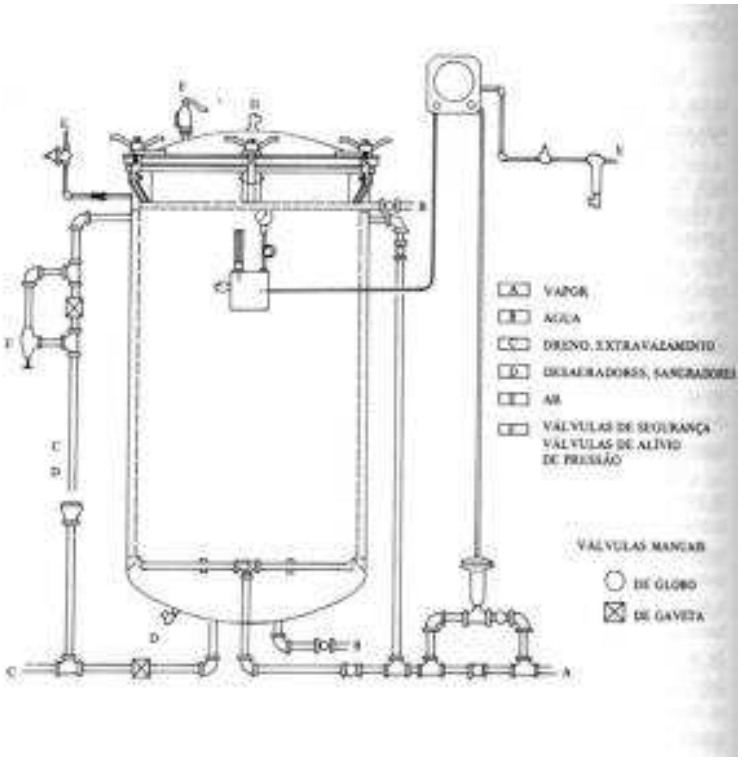

Figura 4-9 *Autoclave vertical em batelada (SILVA & CARDOSO;1999).*

4.3.7 RESFRIAMENTO

Consiste no abaixamento da temperatura do produto, que normalmente se inicia dentro do equipamento, podendo terminar fora, de forma natural ou induzida. Entre os métodos utilizados, podemos mencionar o resfriamento à ar, resfriamento a água ou hidro-resfriamento (mais comum) e resfriamento a vácuo (ao evaporar, a água provoca o resfriamento do produto).

Ao final do resfriamento, as baixas temperaturas (~ 35°C ou inferior) são utilizadas para retardar as reações químicas, principalmente de oxidação, e inibir o crescimento e a atividade dos microrganismos termófilos nos alimentos.

4.3.8 ESTOCAGEM

A fase de estocagem e expedição pode variar muito de acordo com o porte e política de mercado da indústria processadora. Em geral, os produtos enlatados são colocados em caixas de papelão e arranjados em palets, que são estocados em armazéns. Estes armazéns devem seguir as normas de boas práticas de estocagem, de forma a evitar a presença de umidade e pragas que possam atuar como veículos de contaminações em geral.

Os pallets, em seguida, carregados em veículos de transporte, são expedidos aos estabelecimentos comerciais clientes.

4.4 Hortaliças desidratadas e processos de rehidratação

O processamento de grãos e hortaliças desidratadas normalmente requer uma etapa de rehidratação, de modo a facilitar o processamento térmico, permitindo uma maior eficiência na condução e distribuição térmica, levando a um cozimento mais rápido e um tratamento térmico mais homogêneo, garantindo também a segurança microbiológica do alimento.

LUH *et al*. (1975) estudaram fatores que afetam textura, cor e peso drenado de feijão-fava enlatado. O processo de reidratação dos feijões consistiu em 2,2 kg de feijões-fava em soluções de maceração contendo 0,25% ou 0,5% de ácido cítrico, ou 0,5% de EDTA.Na_2, ou 0,1% ou 0,3% de $CaCl_2$, por 12 horas. Em outra batelada, foi utilizada uma solução de cloreto de cálcio para maceração, contendo 0,1% ou 0,3% de $CaCl_2$, durante 12 horas. Após maceração, os feijões fava foram enlatados em latas 303x406 contendo 230mL de salmoura (1,5% NaCl, 3% açúcar, 0,1% glutamato monossódico). Para avaliar o efeito de $CaCal_2$ e EDTA na textura, estes foram adicionados à salmoura (0,1%, 0,2% e 0,3% para $CaCl_2$ e 100ppm, 300ppm e 500ppm para EDTA). Aparentemente, a maceração contendo $CaCl_2$ deu aos feijões-fava uma textura mais firme quando comparado ao grupo controle. A coloração dos feijões também apresentou melhora quando o produto foi macerado em solução contendo

EDTA. Quanto maior a concentração de EDTA, menor era a perda de coloração pelos feijões.

TURHAN *et al* (2002) discutiram que a etapa de hidratação é uma das mais importantes no tratamento de grãos, e seu papel é principalmente o de gelatinizar o amido do grão, sendo que isso pode ser atingido através de condicionamento abaixo da temperatura de gelatinização e cozimento acima desta temperatura, ou através de cozimento direto acima da temperatura de gelatinização.

McCURDY *et al*. (1983) estudou a influência da composição da salmoura e da solução de maceração na qualidade das ervilhas enlatadas, macerando ervilhas por 12 horas a 22^{o}C em soluções de cloreto de cálcio (0,25% e 0,5%), ácido cítrico (0,25% e 0,5%) e cloreto de sódio 2%. Após drenagem as ervilhas passaram pelo branqueamento e 220g de ervilhas foram colocadas em latas de 303x406, com 220mL de três possíveis salmouras: NaCl 2%, NaCl 2% + $CaCl_2$ 0,5%, ou NaCl 2% + ácido cítrico 0,5% . As latas foram seladas e processadas por 27 minutos a 118°C. As ervilhas processadas foram avaliadas em peso drenado, textura, cor e características sensoriais, e a salmoura foi avaliada em volume, turbidez, concentração de sólidos solúveis e concentração de amido. A maceração gerou efeitos significativos para todas as variáveis medidas. Com exceção do produto macerado em solução contendo ácido cítrico, as soluções não causaram grande impacto sensorial se comparadas com o grupo controle. Maceração contendo concentrações maiores de cloreto de cálcio ou ácido cítrico mostrou melhoras significativas em relação à aparência das ervilhas, comparadas ao grupo controle.

DRAKE *et al*. (1985) estudaram a qualidade de ervilhas enlatadas em relação a soluções de maceração e tempos de maceração. Ervilhas desidratadas foram maceradas por 6, 8, 10 ou 12 horas a 22^{o} C em água deionizada contendo 0,5% de cloreto de cálcio. As ervilhas, após maceração, foram drenadas e branqueadas a 82^{o} C por 8 minutos. Após o branqueamento, 200g de ervilhas foram postas em latas de 303x406 e cobertas com 220mL de água deionizada a 82°C. Um tablete de 3,25 gramas (50 “grains” – sistema de medidas britânico) foi adicionado às latas, que foram seladas e processadas a 118^{o} C por 27 minutos. As ervilhas processadas foram avaliadas em concentração de cálcio, peso drenado, textura, cor e qualidade subjetiva. A razão de hidratação antes do processamento variou, dependendo do tratamento, de 1,76 (6

horas) a 1,96 (12 horas). A razão de hidratação foi 6% maior para ervilhas maceradas em água quando comparadas às ervilhas maceradas em água + cloreto de cálcio 0,5%. Ervilhas maceradas em água também apresentaram um peso drenado 15,4% maior do que as maceradas em água + cloreto de cálcio 0,5%. Tempos de maceração não apresentaram resultados significativos em relação à textura das ervilhas. O tempo de maceração não mostrou influência na coloração do produto, porém as ervilhas maceradas em água + cloreto de cálcio 0,5% apresentaram coloração muito mais escura que as maceradas em água somente. O volume final de salmoura foi 26% menor para ervilhas que foram maceradas em água, indicando uma possível absorção desta salmoura pelas ervilhas. Longos períodos de maceração (acima de 8 horas) não melhoraram o peso drenado, textura ou cor das ervilhas enlatadas.

PASCHOALINO *et al*. (1996) estudaram a tecnologia de hidratação de ervilhas para utilização em salmoura. O processo de maceração foi feito combinando-se quatro variáveis: (1) água potável, (2) solução aquosa de 0,5% de cloreto de cálcio, (3) solução aquosa de 0,5% de ácido cítrico, (4) solução aquosa de 2% de cloreto de sódio. Esses processos foram combinados para otimizar a retenção da cor e textura da ervilha. O branqueamento foi aplicado por 8 minutos a 82°C. As ervilhas foram embaladas em latas (73,3 mm de diâmetro $\times$ 111 mm de altura). Foram envasadas 200 g de ervilha em salmoura. Utilizou–se combinação de três níveis de salmoura: (1) 2% de sal, 4% de açúcar e 0,25% ácido cítrico; (2) 2% de sal, 4% de açúcar e 0,5% cloreto de cálcio e (3) 2% de sal e 4% de açúcar. O processamento térmico de esterilização foi aplicado pela combinação de quatro temperaturas: 118°C, 121°C, 124°C e 127°C, e com tempos correspondentes para atingir valor de esterilização (Fo) de 6 minutos. Neste estudo, PASCHOALINO *et al*. (1996) concluíram que o tratamento com maceração em solução de cloreto de cálcio causou uma hidratação menos acentuada que os outros tratamentos, com uma absorção de água de 20 % durante a esterilização. Os autores não investigaram as razões desse fenômeno. O tratamento com ácido cítrico atuou negativamente na coloração das ervilhas. A textura das ervilhas apresentou resultados opostos: enquanto a salmoura provocou amolecimento excessivo dos grãos, o cálcio propiciou sua firmeza. O peso drenado obtido no tratamento com cloreto de cálcio foi menor do que o obtido com o tratamento sal + açúcar + ácido cítrico.

A etapa de hidratação leva a reduções substanciais na dureza dos grãos devido ao aumento na umidade contida no alimento em questão. Em um estudo, ABU-GHANNAM *et al*. (1998) as curvas de deformação mostraram que, apesar de a força de cisalhamento dos grãos reduzir de acordo com o aumento da umidade do vegetal, a dureza do vegetal atinge um certo equilíbrio após a umidade atingir um certo nível, mesmo que o grão continue a absorver água do meio.

O estudo da rehidratação de hortaliças é de suma importância para a otimização do processamento destes alimentos, que uma vez descrita a cinética de hidratação, pode-se estimar o tempo de hidratação e o ganho umidade ideal do produto final, buscando-se sempre um produto de melhor qualidade, minimizando perdas nutricionais e econômicas. A partir da cinética de hidratação podemos orientar as etapas subsequentes do processo, e consequentemente, a qualidade final do produto. Desta forma, a modelagem da transferência de água durante a etapa de maceração tem atraído bastante atenção de pesquisadores. Muitos modelos empíricos ou teóricos já foram aplicados, e em diversas vezes. Em linhas gerais, os modelos empíricos são preferidos devido a sua relativa facilidade e simplicidade na aplicação (NUSSINOVITCH e PELEG, 1990).

Diversos estudos abordam a cinética de absorção de água durante a hidratação por vegetais desidratados. Grãos de cereais e legumes foram estudados por diversos autores (SEFA DEDEH & YAIDOM FARKYE, 1988; SOPADE, AJISEGIRI & BADAU, 1992; HUNG, LIU, BLACK & TREWHELLA, 1993; SOPADE, AJISEGIRI & ONKONMAH, 1994; LU, SIEBENMORGEN, ARCHER, 1994; ABU GHANNAM & McKENNA, 1997; SAYAR, TURHAN & GUNASEKARAN, 2001; TURHAN, SAYAR & GUNASEKARAN, 2002), porém não existe um consenso sobre os modelos matemáticos utilizados para descrever a hidratação destes vegetais em questão.

BAKSHI e SINGH (1980) hidrataram grãos de arroz em água entre 50°C e 120°C, e consideraram transferência de umidade e gelatinização de amido simultaneamente. Ambos os mecanismos foram tratados como reações de difusão reações de primeira ordem. Foi encontrado um ponto de quebra na energia de ativação das reações de difusão e hidratação na temperatura de 85°C, porém não foi feito nenhum comentário para justificar este achado.

PELEG (1988) estabeleceu um modelo empírico para descrição de curvas de absorção de umidade. As curvas poderiam ser descritas através da equação 4-1:

$$M = Mo \pm \frac{t}{K_1 + K_2 t} \qquad \text{(Equação 4-1)}$$

Onde M é a umidade após o tempo t, Mo é a umidade inicial, e K_1 e K_2 são constantes. Considerando a umidade de equilíbrio *Me*, e para que o equilíbrio seja atingido plenamente, admitimos ***t*** infinito, chegamos a equação 4-2 :

$$Mt_{\infty} = Me = Mo \pm \frac{1}{K_2} \qquad \text{(Equação 4-2)}$$

O modelo estabelecido por PELEG, em 1988 está de acordo com outros trabalhos apresentados por outros pesquisadores como HAYAKAWA (1974), ENGELS *et al*. (1987) e HENDRICKX *et al*. (1987).

O modelo de Peleg já foi utilizado para descrever a sorção de água em diversos alimentos. MAHARAJ e SANKAT (2000) aplicaram este modelo no estudo de absorção de água por folhas de dasheen. SOPADE e KAYMUR (1999) utilizaram este modelo para descrever a dessorção de água em amido sago. PALOU *et al* (1994) estudaram a absorção simultânea de água e sacarose em mamão utilizando o mesmo modelo. O mesmo modelo também já foi explorado em estudos envolvendo a absorção de água em diversos grãos ricos em amidos e oleaginosos (ABU-GHANNAM e McKENNA, 1997; HUNG *et al*, 1993; LOPEZ *et al*, 1995; SOPADE *et al*, 1992; SOPADE *et al*, 1994; SOPADE e OKPEBA, 1990). Nestes trabalhos, a variedade do meio foi investigada principalmente em temperaturas abaixo da temperatura de gelatinização do amido, ao invés de temperaturas acima da necessária para gelatinização de grãos amilosos. A vantagem deste modelo é que ele pode ser aplicado com bastante sucesso em hidratações de longo prazo, mesmo com dados experimentais de duração relativamente curta, uma vez que é possível estabelecer taxas de ganho de umidade, variando de acordo com o tempo, graças às constantes que modulam a equação. Este modelo, no entanto, não leva em conta teorias sobre a difusão, nem características específicas dos substratos em questão.

KROKIDA *et al*. (2003) estudaram a cinética de reidratação de ervilhas, da espécie *Pisum sativum,* desidratadas experimentalmente, com maceração com água à temperatura constante, em três temperaturas diferentes. Medindo a variação de massa das ervilhas por até duas horas de maceração, chegou à conclusão que a reidratação seguia uma cinética de primeira ordem.

KASHANINEJAD *et al*. (2006) estudaram a cinética de hidratação e variação de densidade em grãos de arroz durante o processamento hidrotérmico, utilizando seis temperaturas diferentes, entre 25°C e 70°C, hidratando os grãos até a umidade de equilíbrio. Diversos modelos matemáticos foram utilizados para modelar a cinética de hidratação dos grãos de arroz, e o modelo que melhor se adaptou aos dados foi o modelo de Page modificado, utilizando como parâmetro principal a razão da umidade dos grãos. A regressão não-linear dos dados apresentou um R^2 maior que 0,88 em todas as temperaturas utilizadas, sendo que à 25°C o R^2 obtido foi de 0,95. Foi estabelecido também um modelo para a difusividade efetiva da umidade durante a hidratação, utilizando-se a segunda lei de Fick. Porém, para relacionar este modelo aos dados obtidos, foi necessário admitir um modelo de grão esférico e de diâmetro constante. Os autores deste trabalho concluíram que quanto maior a temperatura da solução de hidratação menor o tempo de hidratação e maior é a umidade de equilíbrio do grão. A energia de ativação para difusão de umidade foi de 34,17 KJ/mol.

RESIO *et al*. (2006) avaliaram a cinética de rehidratação de grãos de amaranto, utilizando água pura e soluções aquosas de SO_2, com temperaturas de hidratação variando entre 30°C e 60°C. O modelo de cinética de hidratação aplicado neste trabalho foi o modelo da equação de Peleg, com valores de K_1 variando entre 47,6 e 18,0; e valores de K_2 variando entre 1,56 e 1,22. Os valores de R^2 variaram entre 0,998 e 0,991, de acordo com a temperatura utilizada.

BELLO *et al.* (2007) avaliou a absorção de água e a gelatinização de amido em grãos de arroz integral durante a rehidratação, em nove temperaturas entre 25°C e 90°C. A cinética de hidratação, no entanto, não foi descrita pelo modelo de PELEG (1988) e sim pela lei de Fick, levando em consideração a difusividade efetiva do líquido pelos grãos em questão. Ao traçar o modelo de Arrhenius, os autores descrevem uma quebra na curva, que indica o ponto inicial da gelatinização do amido, e que promove mudanças na velocidade de absorção de água pelo grão de arroz integral.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Matéria-prima

Ervilhas (*Pisum sativum* L.) de origem nacional, variedade Flávia, originárias do estado do Rio Grande do Sul, safra 2004, recebidas em sacos de juta de 60kg, e acondicionadas em câmaras refrigeradas a 5°C até o momento dos testes.

5.1.1 Diâmetro

Foi feita uma amostragem das ervilhas e o diâmetro das mesmas foi medido com auxílio de um paquímetro Mitutoyo®. Os resultados são expressos pela média ± desvio padrão das medidas. Uma centena de ervilhas foi recolhida de diferentes áreas do saco de juta e foram avaliadas individualmente em relação ao diâmetro dos cotilédones, isto é, a distância entre uma extremidade do cotilédone até a outra extremidade do mesmo cotilédone. Os dados foram coletados e avaliados com o auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel.

5.1.2 Volume e Densidade Aparente

A densidade aparente dos grãos desidratados foi medida com auxílio de uma proveta de 250 mL e uma balança semi-analítica GEHAKA modelo BG4000. Foram realizados ensaios em triplicata da ervilha seca e a cada ensaio de hidratação para o produto final. Estes valores foram computados, e a média e o desvio padrão foram estabelecidos com o auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel.

5.1.3 Acidez titulável total

Foi expresso em gramas de ácido cítrico / 100g de hortaliças, com auxílio de um pHmetro, segundo o método no 942.15 da AOAC (1997). Ervilhas maceradas cruas tiveram sua acidez titulável mensurada (em triplicata) de modo a avaliarmos a influência dos aditivos na acidez total do produto final.

5.1.4 Umidade

Foi efetuada segundo o método nº 925.09 da AOAC (1997). Ervilhas desidratadas foram colocadas em cadinhos tarados e armazenadas em estufa à 105°C e mantidas

até atingirem peso constante. O peso do conjunto final foi comparado ao peso do conjunto inicial, levando ao teor de umidade das ervilhas desidratadas.

5.1.5 Perda de Sólidos Solúveis para a água de maceração.

A perda de sólido solúveis para a água de maceração foi avaliada através da mensuração da massa de sólidos restante de alíquotas de 10 mL, após desidratação em estufa a 105ºC por 24 horas, em triplicata.

5.2 Maceração e Planejamento Experimental

Ervilhas (100g para cada teste) foram dispostas em cadinhos de tela plástica com moldura de arame, com dimensões aproximadas de 5 cm x 5 cm x 15 cm, com capacidade para cerca de 300 g de ervilhas desidratadas, e submersas na solução de maceração. Para contermos as soluções de maceração, foram utilizados recipientes de aço inox (panelas), com capacidade volumétrica de seis litros. Em cada ensaio, foi utilizado cinco litros de solução de maceração, na concentração desejada, com agitação a 350 rpm. Os cadinhos permaneceram posicionados de forma que as ervilhas estivessem sempre submersas na solução de maceração, como podemos observar nos exemplos exibidos nas figuras 5-1, 5-2 e 5-3.

Figura 5-1 *Cadinhos de arame e tela, submersos em solução de maceração, visão do topo*

Figura 5-2 *Cadinhos com ervilhas, mergulhados em soluções de maceração, em recipientes sobre agitadores magnéticos.*

Figura 5-3 *Cadinho de tela e arame, contendo ervilhas, mergulhada em solução de maceração. (fotografia para ilustrar imersão total das ervilhas)*

O ganho de peso e volume (densidade aparente) por adsorção de água foi monitorado em intervalos regulares de modo a obter o perfil da curva de hidratação. A variação de massa e volume das ervilhas foi medida até que se tornarem constantes.

Estes ensaios permitiram observar a influência da temperatura na maceração das ervilhas apenas em água destilada, nas temperaturas de 5°C, 25°C, 45°C, 65°C e 85°C. Estes resultados permitiram a construção de modelos cinéticos para a hidratação das ervilhas (foram avaliadas cinéticas de ordem 0, 1ª e 2° ordem, modelo difusional e polinomial). Esta análise nos permitiu obter um binômio tempo e temperatura de maceração onde as respostas de ganho de peso e volume das ervilhas e variação de dureza foram selecionadas como teoricamente ideais para o processo industrial.

Uma vez estabelecido o tempo e temperatura ideal para maceração, foi avaliada a influência de soluções de maceração contendo Cloreto de Cálcio, Cloreto de Sódio, Ácido Cítrico, EDTA, e a combinação dos mesmos, na qualidade do produto. Ensaios preliminares e pesquisas bibliográficas foram utilizados como base para estabelecimento das concentrações dos sais na solução de maceração. A Tabela 5-1

indica o as variáveis codificadas e as concentrações dos sais e ácido usados na maceração para o planejamento experimental utilizado.

Tabela 5-1 *Combinações de aditivos utilizadas na constituição de soluções de maceração*

AMOSTRA	$CaCl_2$		Ácido Cítrico		NaCl		EDTA	
	Cód.	(%)	Cód.	(%)	Cód.	(%)	Cód.	(%)
1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0
2	+1	0,5	-1	0	-1	0	-1	0
3	-1	0	+1	0,5	-1	0	-1	0
4	+1	0,5	+1	0,5	-1	0	-1	0
5	-1	0	-1	0	+1	2	-1	0
6	+1	0,5	-1	0	+1	2	-1	0
7	-1	0	+1	0,5	+1	2	-1	0
8	+1	0,5	+1	0,5	+1	2	-1	0
9	-1	0	-1	0	-1	0	+1	0,5
10	+1	0,5	-1	0	-1	0	+1	0,5
11	-1	0	+1	0,5	-1	0	+1	0,5
12	+1	0,5	+1	0,5	-1	0	+1	0,5
13	-1	0	-1	0	+1	2	+1	0,5
14	+1	0,5	-1	0	+1	2	+1	0,5
15	-1	0	+1	0,5	+1	2	+1	0,5
16	+1	0,5	+1	0,5	+1	2	+1	0,5

5.3 Branqueamento

O branqueamento foi realizado pela exposição das ervilhas em água à temperatura de ebulição (~98,5°C) por 2 min, à pressão atmosférica, em tanque de branqueamento. As ervilhas foram colocadas em baldes de plástico com 20 L de capacidade, água em ebulição foi despejada dentro destes baldes, e este conjunto foi submerso em água em ebulição, com agitação manual, em um tanque de aço inox com 800 litros de capacidade, contendo água, em ebulição, suficiente para recobrir as ervilhas do balde. Após o branqueamento as ervilhas foram imediatamente espalhadas em uma peneira e resfriadas com água fria corrente, para que o resfriamento fosse acelerado e não houvesse um pré-cozimento desnecessário das hortaliças. O efeito do branqueamento foi confirmado pelo monitoramento do resíduo da enzima lipoxigenase.

5.3.1 Teste de monitoramento do resíduo da enzima lipoxigenase

O teste de monitoramento da atividade da enzima lipoxigenase foi feito de acordo com a metodologia proposta por WALLACE (1972), que consiste no uso de um substrato para avaliar, através de mudança de coloração, se esta enzima foi ou não inativada pelo branqueamento.

O teste consiste na maceração de uma amostra de produto em 10 mL de água destilada, e a avaliação da reação de uma gota desta solução com uma gota de Substrato e uma gota de Solução Reagente.

O Substrato utilizado foi o tampão Fosfato de Sódio 0,04M, pH 7,0 contendo 1 g de acido linoleico, e a Solução Reagente utilizada foi preparada a partir de 5 mL de uma solução saturada de Iodeto de Potássio diluida em 100 mL de uma solução de ácido acético 15%.

Se, após um período de 5 minutos, a mistura das três soluções adquirir uma coloração marrom escura, a enzima lipoxigenase ainda permanece ativa. Se a coloração adquirir tons amarelados, a enzima foi inativada.

5.4 Definição da capacidade de enchimento de embalagem

A capacidade de enchimento para a embalagem utilizada (latas 73mm de diâmetro x 85mm de altura) foi definida tendo-se como base a massa final de produto hidratado praticada atualmente no mercado (200g de peso drenado de ervilhas já hidratadas e processadas). Este fato foi verificado através de análise de amostras de embalagens de ervilhas de várias indústrias processadoras, compradas em supermercados de Campinas e região.

Após o período de hidratação, 180g de ervilhas, massa determinada através de resultados experimentais (utilizando-se testes, em triplicata, que avaliaram o ganho final de 160g, 170g e 180g de ervilhas maceradas cruas envasadas e, em seguida, esterilizadas a 121°C por 15 minutos), foi colocada dentro de latas, evitando-se o sobre-

enchimento e o sub-enchimento das embalagens, deixando-se um espaço livre de aproximadamente 10% da altura da embalagem, possibilitando a adição de salmoura a 2%. Após o processo térmico, o peso drenado das ervilhas deve ser de 200g $\pm$ 10g.

5.5 Definição do processo térmico

Os melhores tratamentos de maceração foram avaliados nesta etapa. As ervilhas foram selecionadas, lavadas, maceradas e branqueadas. Em seguida foram dispostas nas embalagens, seguindo o peso de enchimento pré-determinado. As latas com o produto receberam quantidade suficiente para cobertura de salmoura à 85°C, previamente aquecida em tacho encamisado de vapor. As latas passaram por um túnel de exaustão e foram recravadas à temperatura mínima de 85°C, assegurando vácuo pós-processo. As embalagens cheias e recravadas foram colocadas na autoclave vertical fixa e processadas sob vapor saturado em autoclave vertical fixa com controle pneumático automático de tempo, temperatura e de todas as fases de processo.

Pelo menos quatro embalagens tiveram suas temperaturas monitoradas através de termopares tipo T, cuja ponta foi espetada uma ervilha. Os termopares foram localizados no ponto frio das embalagens que situa-se a 1/3 da altura da embalagem. Outros dois termopares monitoraram a temperatura do processo, próximo às embalagens. A história térmica do processo (tempo e temperatura) foi registrada a cada 1 minuto. Todos os termopares foram conectados a um aquisitor de temperatura Alhborn Almemo 2890-9. Os dados de história térmica do produto (tempo x temperatura) foram analisados com auxílio de uma planilha Microsoft Excel®.

A esterilização ocorreu a 121°C pelo tempo necessário para a redução de pelo menos 12 ciclos logarítmicos de esporos de *C.botulinum* e para o cozimento completo das mesmas. A indústria pratica, em geral, um processo térmico de 15 a 20min a 121°C, o qual foi reproduzido em planta piloto, em uma autoclave estática Lee Metal Products (Philipsburg, PA, EUA), numero serial A1440 A2, com capacidade para 265 litros. Para o cálculo do valor de Fo (min) foram considerados os valores cinéticos de z = 10°C para esporos de *C.botulinum* (STUMBO, 1973) e a temperatura de referência de T_r =

121,1°C. O valor do cozimento aplicado foi monitorado sensorialmente e seu efeito expresso através dos valores cinéticos de z = 40°C e T_r = 100°C.

5.6 Análise de força de cisalhamento (textura)

A força de cisalhamento das ervilhas foi medida utilizando-se um texturômetro STABLE MICRO-SYSTEMS modelo TA-XT2i Texture Analyser com um *probe* HDP/MPT *multiple pea test rig*, com 18 espaços para ervilhas.

Após as etapas de maceração e cozimento, 9 ervilhas foram distribuídas igualmente pelo probe para a avaliação da força de cisalhamento, sendo dezesseis repetições para cada amostra.

5.7 Análise sensorial

Após o completo processo e envase, o produto foi submetido a análise sensorial por teste de escala hedônica não estruturada para os atributos aparência, cor, textura e sabor (1 = desgostei bastante; ate 9 = gostei bastante), e atitude de compra (5 = certamente compraria; 3 = tenho dúvidas se compraria ou não; 1 = certamente não compraria) (STONE; SIDEL, 1993)

A aceitação das conservas foi avaliada por uma equipe de 40 provadores, consumidores de ervilha em lata e vegetais em conserva, em geral, não treinados, recrutados por livre e espontânea vontade dentre alunos, funcionários e professores da Universidade Estadual de Campinas e funcionários da Nestlé Brasil Ltda. As amostras foram processadas e mantidas em estufa a 30°C por 10 dias para garantia de vácuo nas embalagens. Após este período, as embalagens foram abertas e seu conteúdo apresentado aos provadores em cabine individual, à temperatura ambiente em copos plástico descartáveis de 25ml, codificados com algarismos de três dígitos. Os resultados do teste de intenção de compra foram avaliados através da seqüência das notas dadas pelos provadores.

Para melhor compreensão do trabalho como um todo, foi elaborado um fluxograma, que pode ser observado na Figura 5-4, na qual apresentamos as etapas realizadas, com suas respectivas análises e resultados a serem observados.

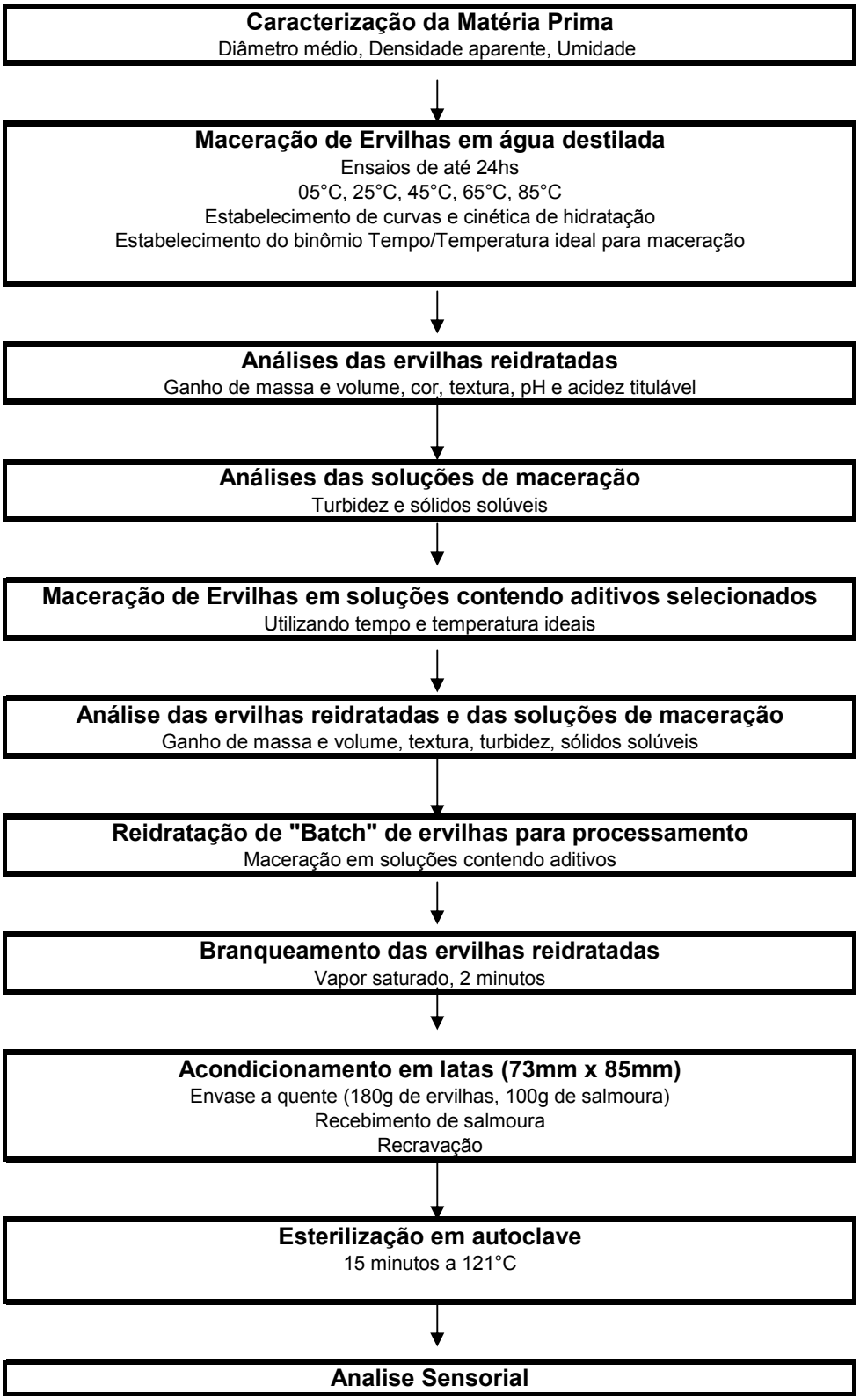

Figura 5-4 *Fluxograma de Análises e Processos*

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados

6.1.1 Caracterização das ervilhas Pisum sativum L.

6.1.1.1 Umidade

O valor da umidade das ervilhas desidratadas foi de 5,30% ± 0,28% de umidade.

6.1.1.2 Diâmetro

O diâmetro médio obtido foi de 3,30 mm, ± 0,26 mm.

6.1.1.3 Volume e Densidade Aparente

O volume de ervilhas foi medido no início de cada ensaio de hidratação, e também foi medida a sua densidade aparente, através da relação massa/volume aparente.

O volume médio obtido foi de 79,5 mL /100g de ervilhas ± 4,3 mL

A densidade média obtida para as ervilhas desidratadas foi de 1,26g/mL ou 1260 g/L (desvio padrão ± 0,07 g/mL). Já a densidade aparente média obtida para as ervilhas hidratadas pode ser observada na Tabela 6-1**:**

Tabela 6-1 *Valores médios de densidade aparente das ervilhas após hidratação em diferentes temperaturas*

Temperatura de Hidratação	Densidade (g/mL)	Desvio padrão (g/mL)
5°C	1,033	0,021
25°C	1,048	0,009
45°C	1,007	0,037
65°C	1,108	0,021
85°C	1,053	0,007

6.1.2 Perda de Sólidos Solúveis

As soluções de maceração foram avaliadas após o período de hidratação das ervilhas, de modo a determinar qual foi a perda de sólidos solúveis pelas ervilhas durante este processo. Todos os valores de perda de sólidos solúveis encontrados neste trabalho podem ser observados na Tabela 6-2. Podemos notar que, após a maceração em solução de Ácido Cítrico e NaCl, obtivemos uma concentração maior de sólidos, chegando ao valor de 1,60% da solução final de maceração. Avaliamos também que, proporcionalmente, este foi o tratamento que levou à maior perda de sólidos pelas ervilhas durante a fase de hidratação, chegando a 6,48% de toda a massa de inicial de ervilhas a serem hidratadas. Outros tratamentos também levaram a perdas semelhantes, como o que envolveu $CaCl_2$, ácido cítrico e NaCl (5,56%) e o que envolveu $CaCl_2$, ácido cítrico e EDTA (5,90%). O tratamento que levou à menor perda de sólidos foi o que envolveu a maceração em solução de $CaCl_2$ e EDTA, com perda proporcional a 1,15%.

Tabela 6-2 *Valores médios encontrados de porcentagem de sólidos solúveis perdidos pelas ervilhas durante a maceração.*

Amostra	Concentração inicial de Sólidos solúveis	Média da concentração se Sólidos Solúveis após maceração	Perda de Sólidos Solúveis durante maceração *
Água Destilada	0,00%	0,55% ± 0,03%	2,29%
$CaCl_2$	0,50%	1,16% ± 0,01%	2,76%
Ácido Cítrico	0,50%	1,53% ± 0,10%	4,30%
$CaCl_2$ + Ácido Cítrico	1,00%	1,89% ± 0,47%	3,70%
NaCl	2,00%	2,86% ± 0,04%	3,59%
$CaCl_2$ + NaCl	2,50%	2,86% ± 0,63%	1,50%
Ácido Cítrico + NaCl	2,50%	4,06% ± 0,01%	6,48%
$CaCl_2$ + Ácido Cítrico + NaCl	3,00%	4,34% ± 0,02%	5,56%
EDTA	0,50%	1,01% ± 0,00%	2,57%
$CaCl_2$ + EDTA	1,00%	1,23% ± 0,08%	1,15%
Ácido Cítrico + EDTA	1,00%	2,03% ± 0,29%	5,16%
$CaCl_2$ + Ácido Cítrico + EDTA	1,50%	2,02% ± 0,00%	2,58%
NaCl + EDTA	2,50%	3,23% ± 0,00%	3,63%
$CaCl_2$ + NaCl + EDTA	3,00%	4,18% ± 0,05%	5,90%
Ácido Cítrico + NaCl + EDTA	3,00%	3,28% ± 0,19%	1,41%
$CaCl_2$ + Ácido Cítrico + NaCl + EDTA	3,50%	3,54% ± 0,50%	0,21%

- Calculado à partir de: $Mf - Mi = Mp$ e $\frac{Mp}{Mervilha} = P$

Sendo que: *Mf = massa final de sólidos*; *Mi = massa inicial de sólidos*; *Mp = Massa de sólidos perdidos*; *Mervilha = Massa da ervilha desidratada*; *P = perda proporcional à massa de ervilha*

6.1.3 Acidez titulável de ervilhas rehidratadas cruas

Podemos observar na Tabela 6-3 que a Acidez titulável das ervilhas cruas tem grande variação. Observamos que, em tratamentos que não contam com a presença de EDTA, a adição de Ácido Cítrico na solução de maceração contribui significativamente para o aumento da acidez titulável. O EDTA contribui para a diminuição da acidez titulável das ervilhas processadas.

Tabela 6-3 *Acidez titulável de ervilhas rehidratadas cruas*

Amostra	Média de Acidez Titulável (% de Ácido Cítrico) e Desvio Padrão
Agua destilada	7,50 ± 0,48
$CaCl_2$	6,13 ± 0,37
Acido Citrico	13,52 ± 0,73
$CaCl_2$ + Acido Citrico	11,30 ± 0,48
NaCl	9,29 ± 1,02
$CaCl_2$ + NaCl	7,71 ± 0,18
Acido Citrico + NaCl	16,69 ± 0,48
$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl	9,61 ± 0,48
EDTA	1,44 ± 0,37
$CaCl_2$ + EDTA	1,15 ± 0,20
Acido Citrico + EDTA	2,11 ± 0,47
$CaCl_2$ + Acido Citrico + EDTA	1,44 ± 0,35
NaCl + EDTA	1,53 ± 0,73
$CaCl_2$ + NaCl + EDTA	1,44 ± 0,48
Acido Citrico + NaCl + EDTA	2,78 ± 0,82
$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl + EDTA	1,44 ± 0,34

6.1.4 Determinação experimental da massa de enchimento das latas

Os resultados para a determinação experimental da massa de enchimento das latas pode ser observado na tabela 6-4.

Tabela 6-4 – *Avaliação de ganho final de massa após hidratação e esterilização*

Massa inicial (g)	Massa média final (g)	Ganho médio de massa (g)	Desvio Padrão (g)
160	171,73	11,73	0,38
170	182,60	12,60	0,75
180	196,20	16,20	1,93

A massa de enchimento escolhida para os testes de hidratação e processamento foi de 180g, pois esta levou a massa mais próxima de 200g, e dentro dos níveis permitidos pela legislação.

6.1.5 Maceração e cinética de rehidratação de ervilhas

Ervilhas foram rehidratadas em água destilada até a estabilização de seu ganho de massa, em diferentes temperaturas (5°C, 25°C, 45°C, 65°C e 85°C), de modo que fosse possível estabelecer a cinética de rehidratação, além de uma relação entre tempo e temperatura de hidratação.

A rehidratação a 5°C e 25°C foi feita até o período de 24 horas. Podemos observar que a velocidade de ganho de massa pelas ervilhas foi se reduzindo até que houvesse a estabilização da massa das ervilhas, que se deu após cerca de 12 horas de maceração, como podemos observar na Figura 6-1 e na Figura 6-2.

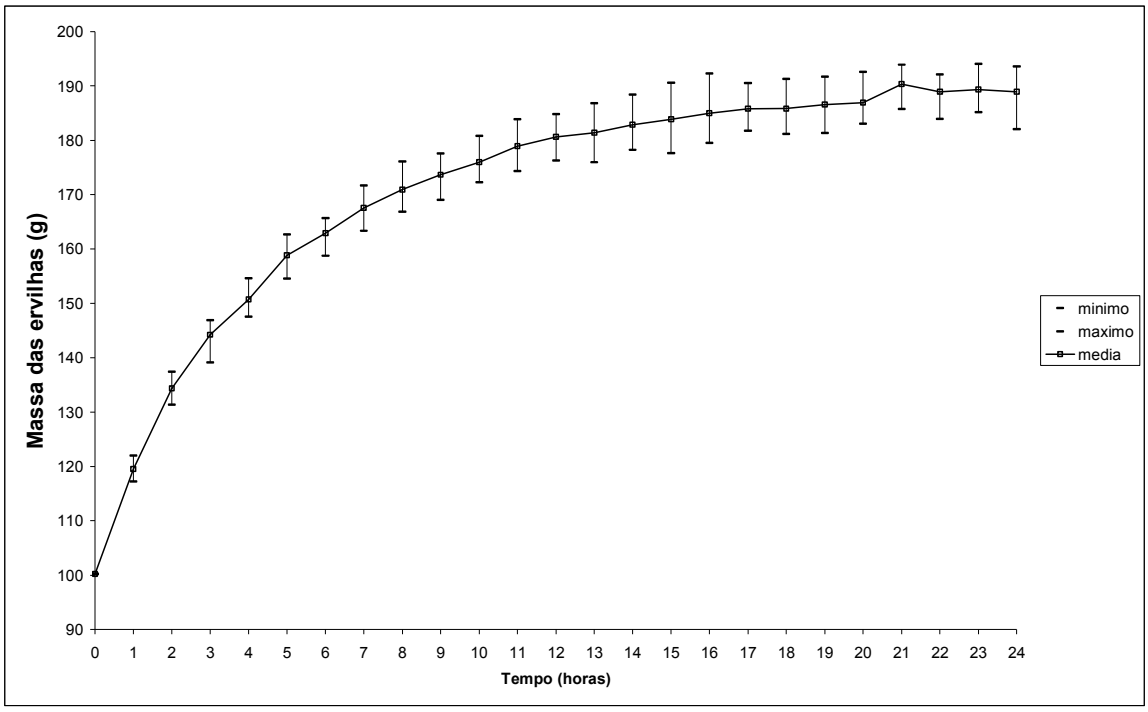

Figura 6-1 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 05°C por 24 horas*

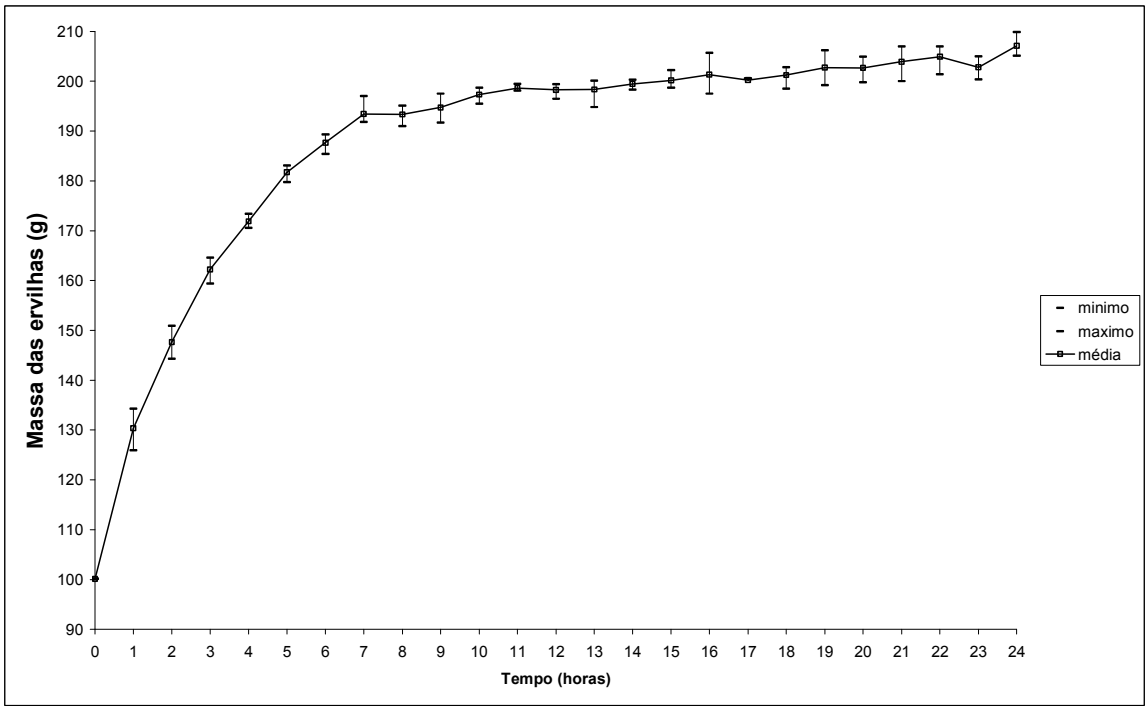

Figura 6-2 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 25°C por 24 horas*

A massa das ervilhas, quando hidratadas à 45°C, seguiu um contínuo aumento de massa (Figura 6-3). A variação de massa das ervilhas rehidratadas à 65°C e 85°C,

no entanto, se estabilizou após 90 minutos de rehidratação, como podemos observar nas figuras 6-4 e 6-5.

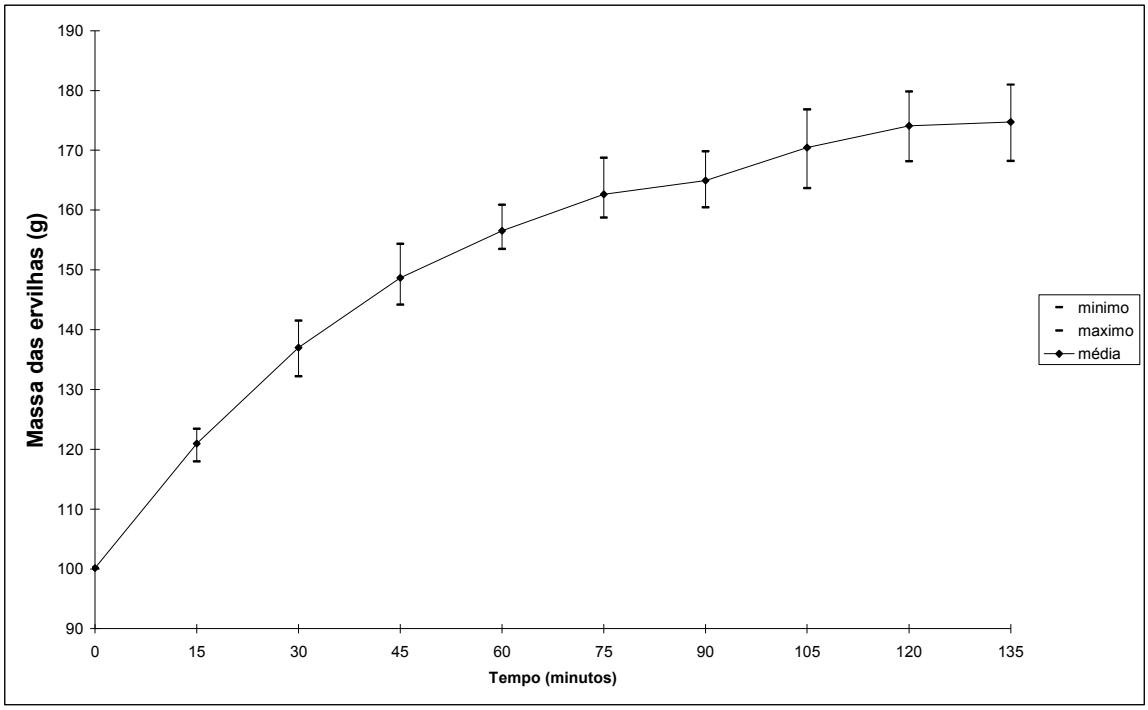

Figura 6-3 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 45°C*

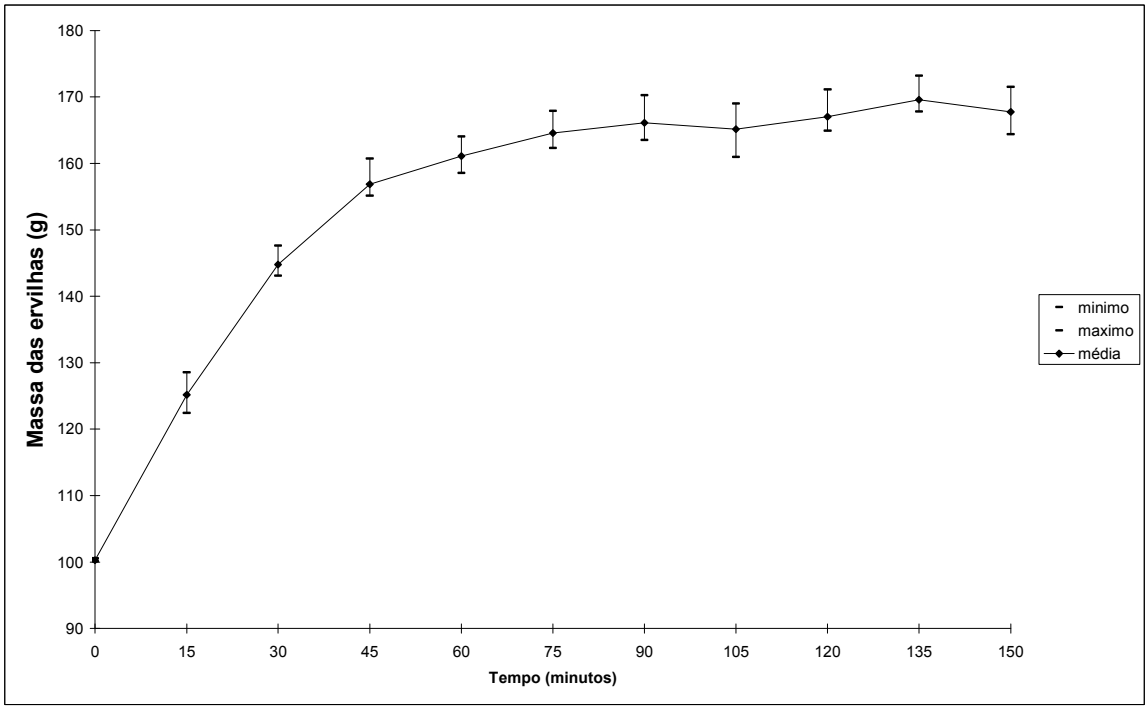

Figura 6-4 *Variação de massa em ervilhas hidratadas a 65°C*

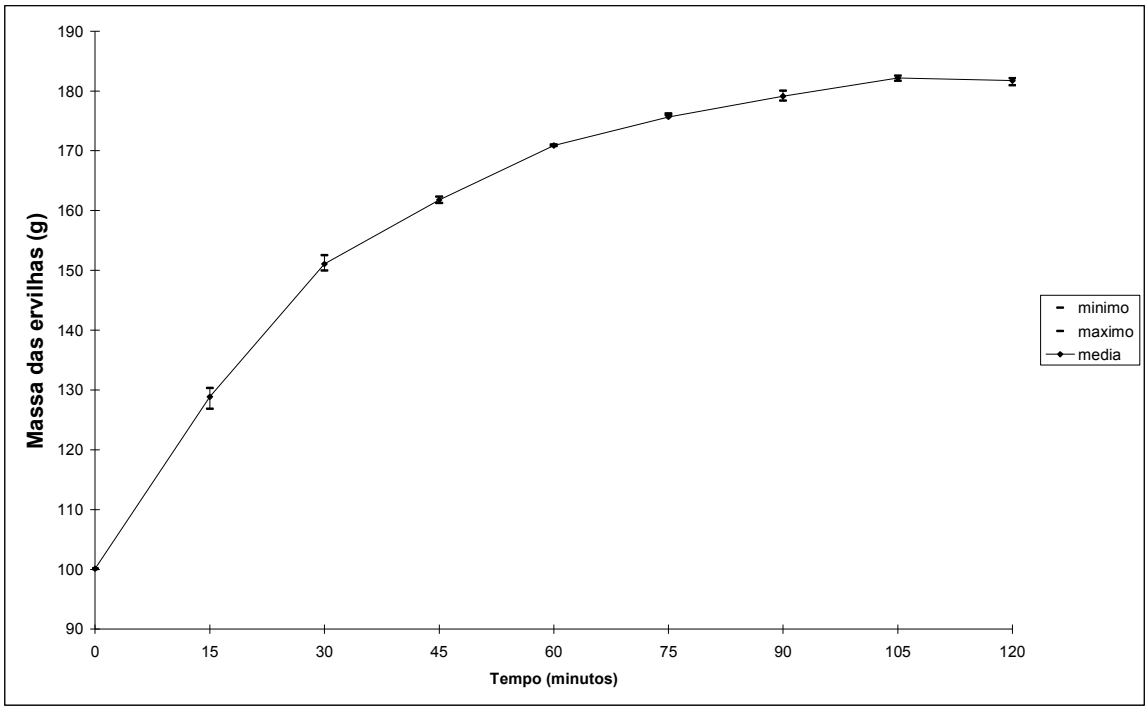

Figura 6-5 *Média da variação de massa em ervilhas hidratadas a 85°C*

Foi feita, também, uma avaliação da variação do ganho de massa das ervilhas após a rehidratação. Estas avaliações foram efetuadas logo após o termino do período de maceração, de modo que a perda de umidade por evaporação em exposição ao ambiente não fosse significativa.

Na figura 6-6 temos um comparativo entre o ganho de massa nos tratamentos envolvendo as temperaturas de 25°C e 05°C, enquanto na figura 6-7 podemos verificar um comparativo entre a massa na hidratação a 45°C, 65°C e 85°C.

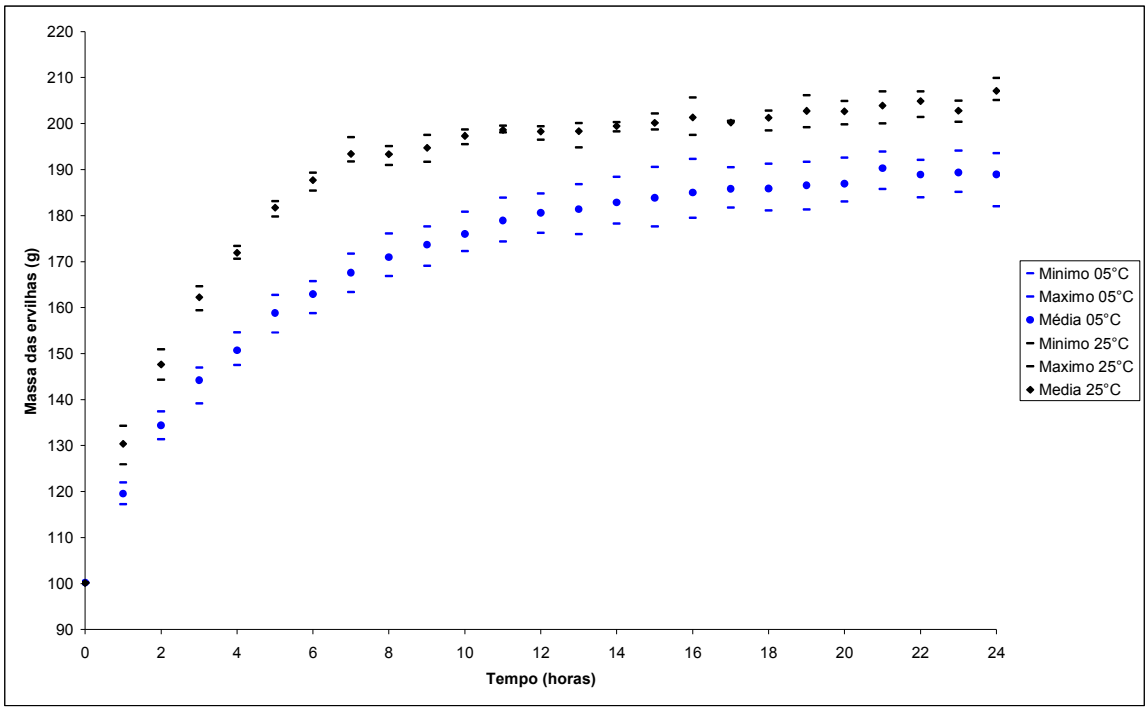

Figura 6-6 *Comparativo entre a massa durante a hidratação de ervilhas a 05°C e 25°C*

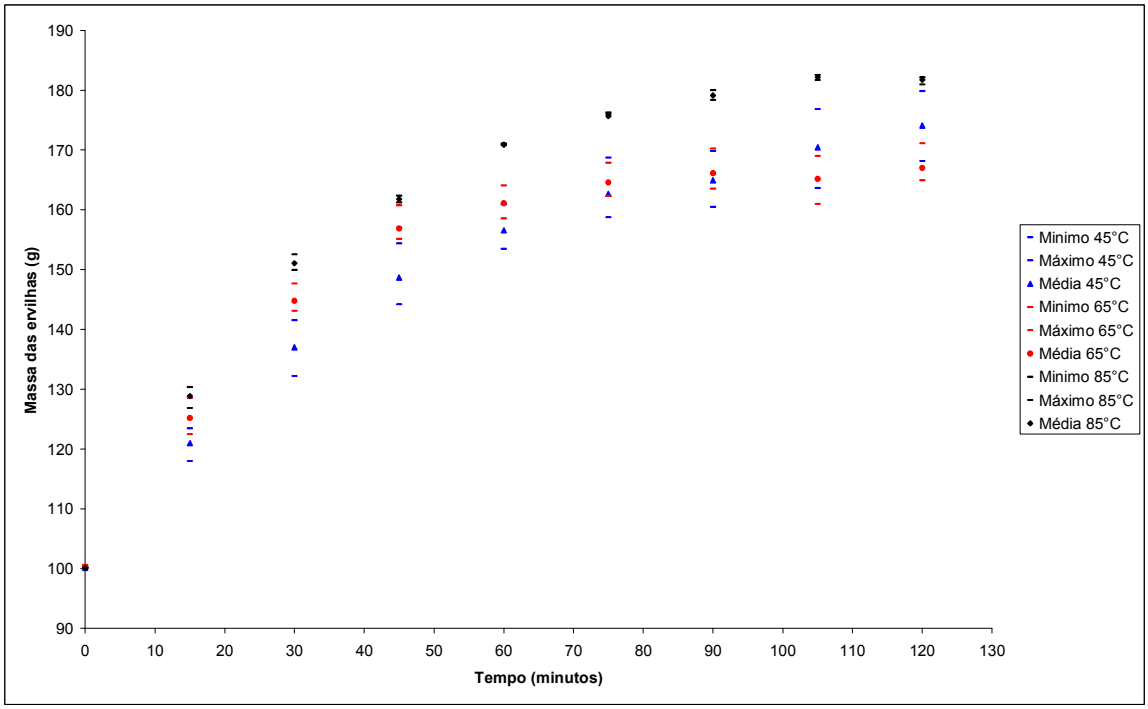

Figura 6-7 *Comparativo entre a massa durante hidratação de ervilhas a 45°C, 65°C e 85°C*

Foi observado que ervilhas rehidratadas à temperatura de 25°C apresentaram os maiores ganhos de massa e volume, quando comparada às outras temperaturas avaliadas.

Observamos, também, na figura 6-8, um comparativo entre a porcentagem de aumento de volume e massa após a rehidratação, em todas as temperaturas avaliadas. Os dados de todas as avaliações de aumento final de volume e massa podem ser observados na Tabela 6-5. O aumento de volume e massa foi avaliado através da relação:

$$\frac{Massa.hidratada - Massa.\sec a}{Massa.\sec a}.$$

ou

$$\frac{Volume.aparente.hid. - Volume.aparente.\sec a}{Volume.aparente.\sec a}$$

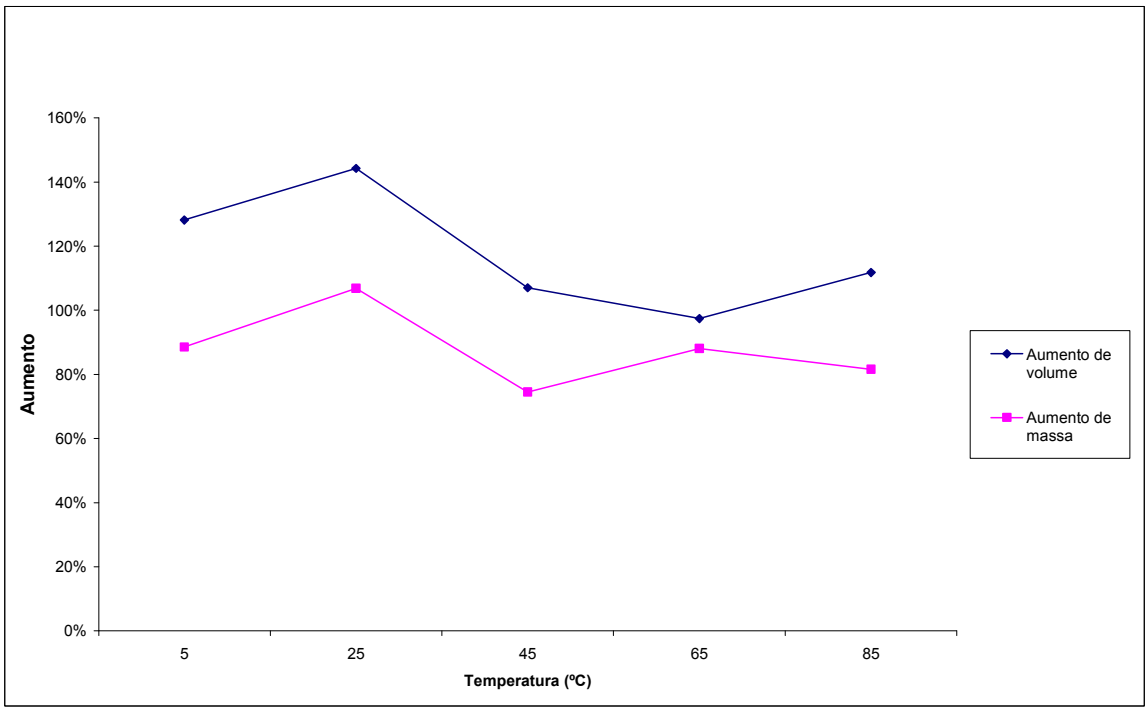

Figura 6-8 *Porcentagem de aumento de volume e aumento de massa durante hidratação de ervilhas em quatro temperaturas*

Tabela 6-5 *Dados de variação de massa e volume para hidratação de ervilhas a 5°C, 25°C, 65°C e 85°C*

Amostra	Massa inicial (g)	Volume aparente (seco, ml)	Vol aparente (hidratada, ml)	Aumento de volume (ml)	Aumento de massa (g)	Temp (°C)
1	100,15	76,2	172,1	95,9	81,9	5
2	100,2	82,2	187,6	105,4	91	5
3	100,3	82,2	189,2	107	93,3	5
média	**100,22**	**80,2**	**182,97**	**102,77**	**88,73**	
Desvio padrão	**0,08**	**3,46**	**9,44**	**6,00**	**6,03**	
ganho				***128%***	***89%***	
4	100,1	80,6	197,5	116,9	105	25
5	100,1	81,5	198,6	117,1	109,8	25
6	100,2	80,7	196,9	116,2	106,2	25
média	**100,13**	**80,93**	**197,67**	**116,73**	**107,00**	
Desvio padrão	**0,06**	**0,49**	**0,86**	**0,47**	**2,50**	
ganho				***144%***	***107%***	
4	100,13	89,81	186,18	96,37	80,85	45
5	100,11	81,7	167,73	86,03	68,13	45
6	100,16	80,27	167,38	87,11	74,9	45
media	**100,13**	**83,93**	**173,76**	**89,84**	**74,63**	
Desvio padrão	**0,03**	**5,15**	**10,75**	**5,68**	**6,36**	
ganho				***107%***	***75%***	
4	100,06	79,48	148,35	68,87	63,79	65
5	100,09	76,22	153,6	77,38	67,25	65
6	100,11	74,11	151,73	77,62	71,4	65
media	**100,09**	**76,60**	**151,23**	**74,62**	**67,48**	
Desvio padrão	**0,03**	**2,71**	**2,66**	**4,98**	**3,81**	
ganho				***97%***	***88%***	
4	100,06	82	172,56	90,56	80,89	85
5	100,09	80,68	173,64	92,96	82,07	85
6	100,12	81,78	171,63	89,85	82,02	85
media	**100,1**	**81,5**	**172,6**	**91,1**	**81,7**	
Desvio padrão	**0,0**	**0,7**	**1,0**	**1,6**	**0,7**	
ganho				***112%***	***82%***	

Podemos notar que após a reidratacão a 5ºC obtivemos um ganho médio de volume de 128% (102,77 mL) em relação ao volume médio inicial, e o ganho médio de massa foi de 89% (88,73g) em relação a massa media inicial. Em relação ao mesmo tratamento a 25ºC, o ganho médio de volume foi de 144% (116,73 mL) e o ganho médio de massa foi de 107% (107,00g). No tratamento a 45ºC, o ganho médio de volume foi de 107% (89,84 mL), enquanto o ganho médio de massa foi de 75% (74,63g). Já no tratamento de hidratação a 65ºC, obtivemos um ganho médio de volume de 97% (74,62 mL) e um ganho médio de massa de 88% (67,48 g). Finalmente, quando as ervilhas foram hidratadas a temperatura de 85ºC, encontramos um ganho médio de volume de 112% (91,1 mL) e um ganho médio de massa de 82% (81,7g).

Como podemos observar na Tabela 6-6, avaliamos através do teste de Tukey ($p<0,05$) a diferença estatística entre as diversas temperaturas utilizadas na hidratação de ervilhas. Os resultados obtidos demonstraram que, em essência, os tratamentos a 05°C, 45°C e 85°C são estatisticamente iguais entre si e em relação aos outros tratamentos (como foi destacado em amarelo), quando a resposta avaliada é o aumento de massa. Em relação ao aumento de volume, percebemos que os tratamentos a 05°C e 25°C são estatisticamente iguais entre si e igualmente diferentes entre os outros tratamentos.

Na figura 6-9 temos um comparativo entre o aumento de massa e volume na hidratação de ervilhas em diversas temperaturas, levando em conta os valores médios, máximos e mínimos. Neste gráfico observamos que ervilhas hidratadas à 25°C apresentaram maior aumento de volume e massa, além de uma menor diferença entre os valores máximo e mínimo encontrados para ambos os parâmetros.

Tabela 6-6 *Diferença estatística entre ganho de massa e volume nas diversas temperaturas de hidratação avaliadas.*

AUMENTO DE MASSA

	Tratamento	1	2	3	4	5
1	25C		X	X	X	X
2	45C	X		X		
3	65C	X	X		X	X
4	85C	X		X		
5	05C	X		X		

AUMENTO DE VOLUME

	Tratamento	1	2	3	4	5
1	25C		X	X	X	
2	45C	X				X
3	65C	X			X	X
4	85C	X		X		X
5	05C		X	X	X	

Tratamentos estatisticamente iguais são marcados com X

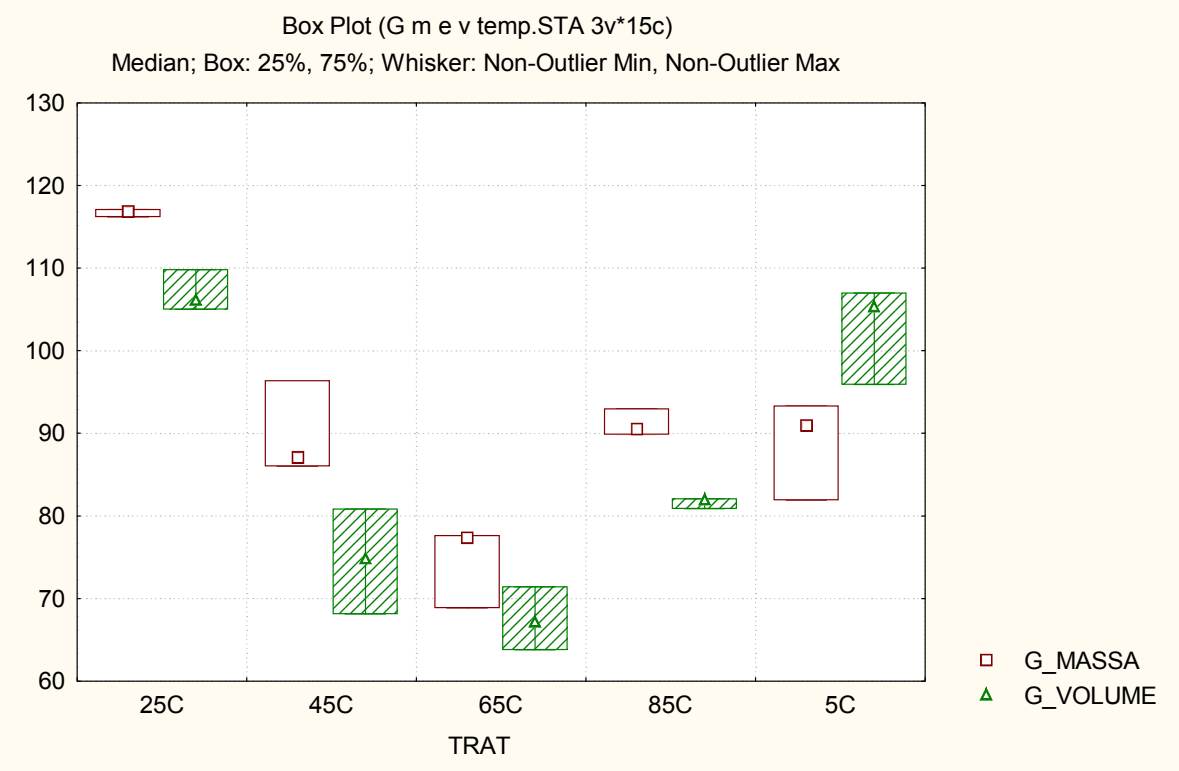

Figura 6-9 *Aumento de massa e volume durante hidratação em diversas temperaturas*

6.1.5.1. Modelagem

O desempenho foi nitidamente melhor na temperatura de 25°C, onde observamos maior ganho de massa e volume final. Como um dos objetivos deste trabalho é a melhora da qualidade e da produtividade no processo de industrialização de ervilhas rehidratadas em conserva, optamos por avaliar a influencia dos aditivos na hidratação de ervilhas desidratadas na temperatura de hidratação que nos trouxe maiores aumentos de volume e massa, buscando maior qualidade sensorial e maior rendimento.

Existem diversos modelos de cinética de hidratação, propostos por diversos autores e para as mais diferentes hortaliças e leguminosas. Através da revisão bibliográfica, verificamos que os modelos variam muito de acordo com o vegetal em questão, apresentando dados de ganho de volume e massa bastante diferentes. Muitos autores utilizaram ensaios in-vitro, com pequenas massas de produto e pequenos volumes de solução de hidratação, o que é bastante diferente do ensaio utilizado neste trabalho, que envolve massas e volumes significativamente maiores.

Tendo estes fatores em mente, foi possível selecionar um modelo ao qual os dados de hidratação obtidos se ajustaram mais adequadamente. Avaliamos modelos de cinética de primeira e segunda ordem, além do modelo que envolve a lei da difusividade de Fick (CUNNINGHAM *et al*.; 2007) e o modelo de hidratação de Peleg (PELEG, 1988).

A hidratação não seguiu um modelo de primeira ordem, nem tampouco segunda ordem. Quando avaliados, os dados de aumento de volume e massa em relação ao tempo de hidratação não permitiram o estabelecimento de regressões cujo R^2 fosse superior a 0,90. Os perfis das curvas também não seguiram os padrões estabelecidos para cinéticas de primeira e segunda ordem.

Quando avaliamos a aplicabilidade da lei de Fick, chegamos à conclusão de que este modelo não se aplica aos nossos ensaios, pois para que os dados de ganho de massa fossem avaliados de forma relevante, deve-se considerar que, durante a hidratação, o volume permanece constante, porém, em nossos ensaios a variação de volume das ervilhas durante a maceração foi muito significativa e não pôde ser ignorada. Dessa forma, descartamos também o modelo de hidratação segundo a lei da difusividade de Fick.

O modelo proposto por Peleg se ajustou perfeitamente à metodologia e aos dados obtidos durante a hidratação de ervilhas. As variáveis relevantes foram todas preenchidas e, através deste modelo, foi possível descrever uma cinética simples e bastante aplicável para a hidratação industrial.

O modelo de Peleg avalia os dados através da relação entre o inverso da razão da umidade em relação ao tempo, em horas, como descrito na Equação 6-1.

$$M = Mo \pm \frac{t}{K_1 + K_2 t}$$ (Equação 6-1)

Nesta equação, temos que M é a umidade (%) no tempo t (horas), Mo é a umidade inicial (%), K_1 é a constante de Peleg (h $\%^{-1}$) e K_2 é a constante de capacidade de Peleg ($\%^{-1}$). A equação é uma soma quando o processo envolve absorção, e uma subtração quando o processo envolve dessorção.

A razão de sorção (R) pode ser obtida através da primeira derivativa da equação de Peleg (Equação 6-2).

$$R = \frac{dM}{dt} = \pm \frac{K_1}{(K_1 + K_2 t)^2}$$ (Equação 6-2)

A constante K_1 relaciona a taxa de absorção logo no inicio do processo (Ro), ou seja, R em t=to (Equação 6-3).

$$Ro = \frac{dM}{dt} = \pm \frac{1}{K_1}$$ (Equação 6-3)

A constante K_2 relaciona a umidade máxima conseguida, assim, sendo t = infinito ou t = t_{final} (Equação 6-4).

$$Mt_{\infty} = Me = Mo \pm \frac{1}{K_2}$$ (Equação 6-4)

A forma linearizada da equação de Peleg foi utilizada para fazer a regressão da razão da umidade sobre o tempo de maceração (Equação 6-5).

$$\frac{t}{M - Mo} = K_1 + K_2 t$$ (Equação 6-5)

De modo que a avaliar os dados de hidratação de acordo com o modelo proposto por Peleg, foi necessário que os dados fossem convertidos para as unidades utilizadas nas equações 6-1, 6-2, 6-3, 6-4 e 6-5. Selecionamos, então, a variação da umidade em base úmida e base seca; a razão da umidade e seu valor inverso; a razão entre o tempo e a variação de umidade ao longo do tempo; a razão de absorção de umidade em base úmida e a razão de absorção de umidade em base seca. Podemos observar todos estes dados na tabela 6-7.

Tabela 6-7 *Variação da umidade, razão de umidade e razão da absorção de umidade em base seca (BS), para estabelecimento da cinética de hidratação segundo modelo de Peleg à 25°C.*

Tempo (horas)	Variação da umidade Base Seca	Razão entre Tempo e variação de massa t/(m-Mo)	Razao de Absorção de Umidade em Base Seca	Razão da Umidade (X-Xe)/(Xo-Xe)	Inverso da Razão da Umidade
0	5,00%	-	-	1,000	1,000
1	35,19%	3,312	0,2198	0,551	1,815
2	52,47%	4,213	0,1358	0,377	2,653
3	67,01%	4,837	0,0922	0,259	3,861
4	76,63%	5,584	0,0666	0,192	5,208
5	86,52%	6,133	0,0504	0,131	7,657
6	92,41%	6,864	0,0394	0,097	10,302
7	98,14%	7,515	0,0317	0,066	15,048
8	98,07%	8,595	0,0260	0,067	14,970
9	99,47%	9,526	0,0218	0,060	16,781
10	102,07%	10,302	0,0185	0,046	21,517
11	103,40%	11,179	0,0159	0,040	25,074
12	103,00%	12,245	0,0138	0,042	23,894
13	103,07%	13,256	0,0121	0,042	24,083
14	104,20%	14,113	0,0107	0,036	27,802
15	104,90%	15,015	0,0095	0,033	30,702
16	106,06%	15,831	0,0085	0,027	37,093
17	104,96%	17,006	0,0077	0,032	31,009
18	105,96%	17,828	0,0069	0,027	36,446
19	107,49%	18,537	0,0063	0,020	49,619
20	107,39%	19,532	0,0058	0,021	48,485
21	108,66%	20,258	0,0053	0,015	68,099
22	109,62%	21,027	0,0049	0,010	98,038
23	107,53%	22,432	0,0045	0,020	50,009
24	111,85%	22,460	0,0042	0,000	-

Na tabela 6-7 podemos observar que, a partir de um período de 12 horas de hidratação, a razão de absorção de umidade em base seca passa a ser muito pequena,

podendo ser desconsiderada para efeitos de calculo de cinética. Observando a figura 6-10, pudemos visualizar a formação de um platô após o período de 12 horas de hidratação.

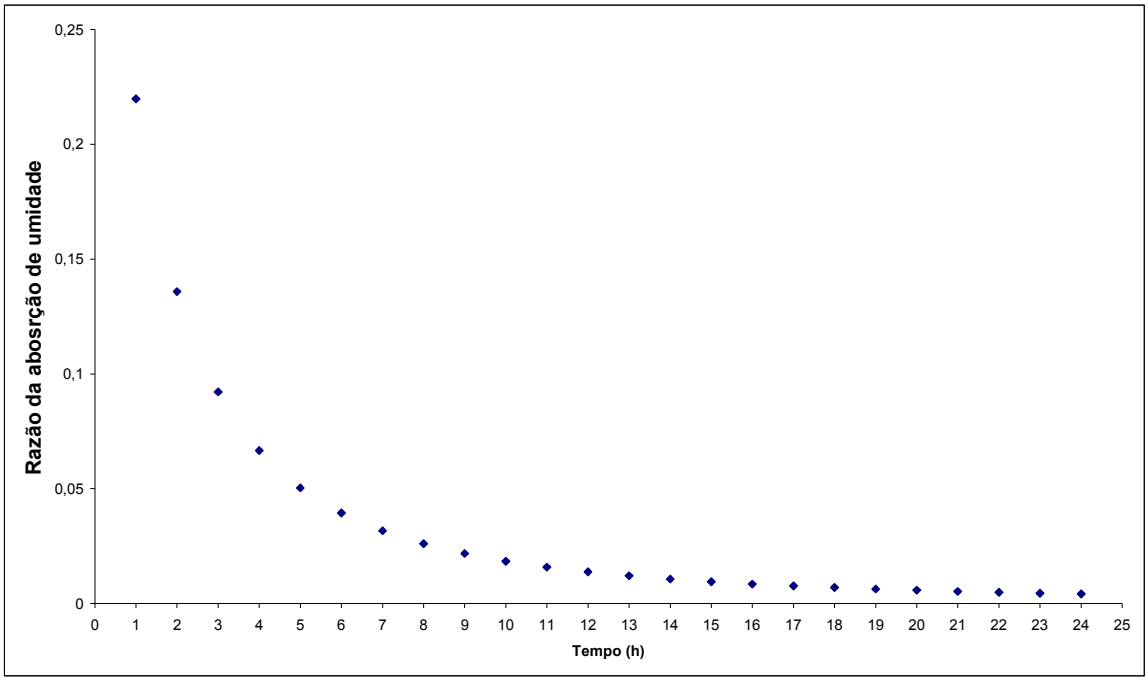

Figura 6-10 *Razão de absorção de umidade (base seca) na hidratação de ervilhas a 25°C por 24 horas*

Em razão da estabilização do ganho de massa e da absorção de umidade após 12 horas de hidratação a 25ºC, consideramos, para efeito de calculo de cinética de hidratação, t_{final} como sendo 12 horas, desta forma desconsideramos o período onde a razão de absorção de umidade foi pouco significativa no volume e massa final das ervilhas hidratadas.

A Figura 6-11 apresenta uma relação entre o inverso da razão de umidade em relação ao tempo de hidratação. Esta curva, quando plotada desta maneira, nos permite estabelecer uma regressão linear entre os pontos da curva, resultando na equação da reta.

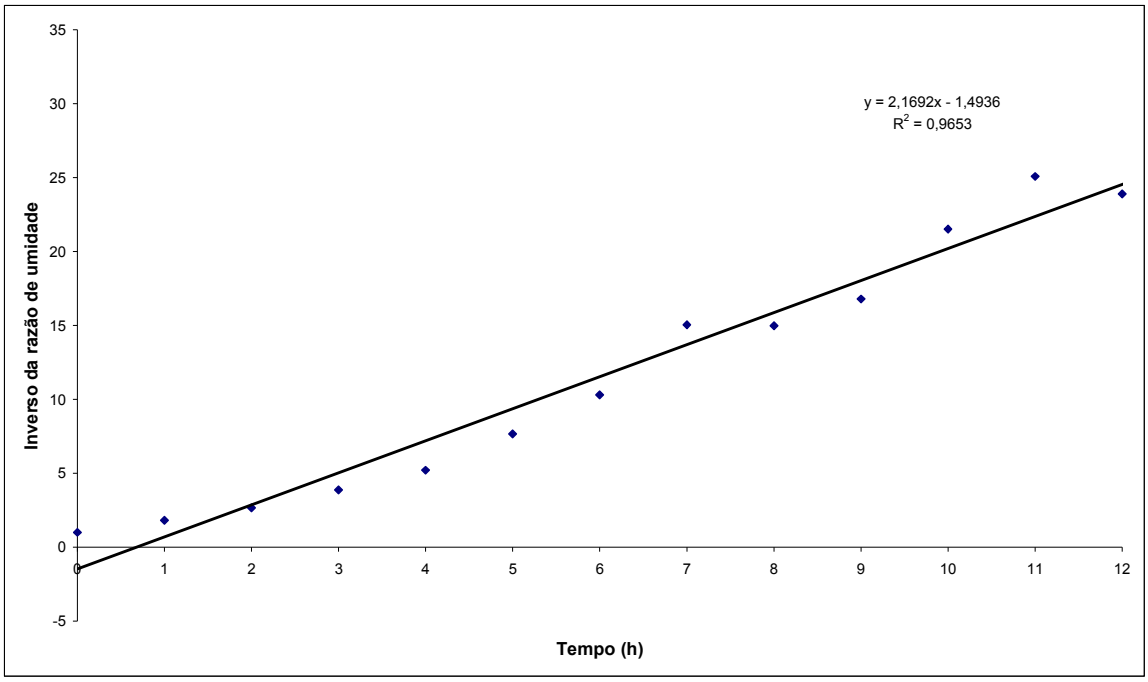

Figura 6-11 *Inverso da razão de umidade em relação ao tempo, até 12 horas de hidratação a 25°C*

Quando plotados os valores propostos pelo modelo de Peleg em relação ao tempo de hidratação utilizado, observamos a formação de uma curva cuja regressão linear nos dá valores bastante consistentes em relação a cinética de hidratação, principalmente à 25°C. É possível visualizar esta cinética na figura 6-12.

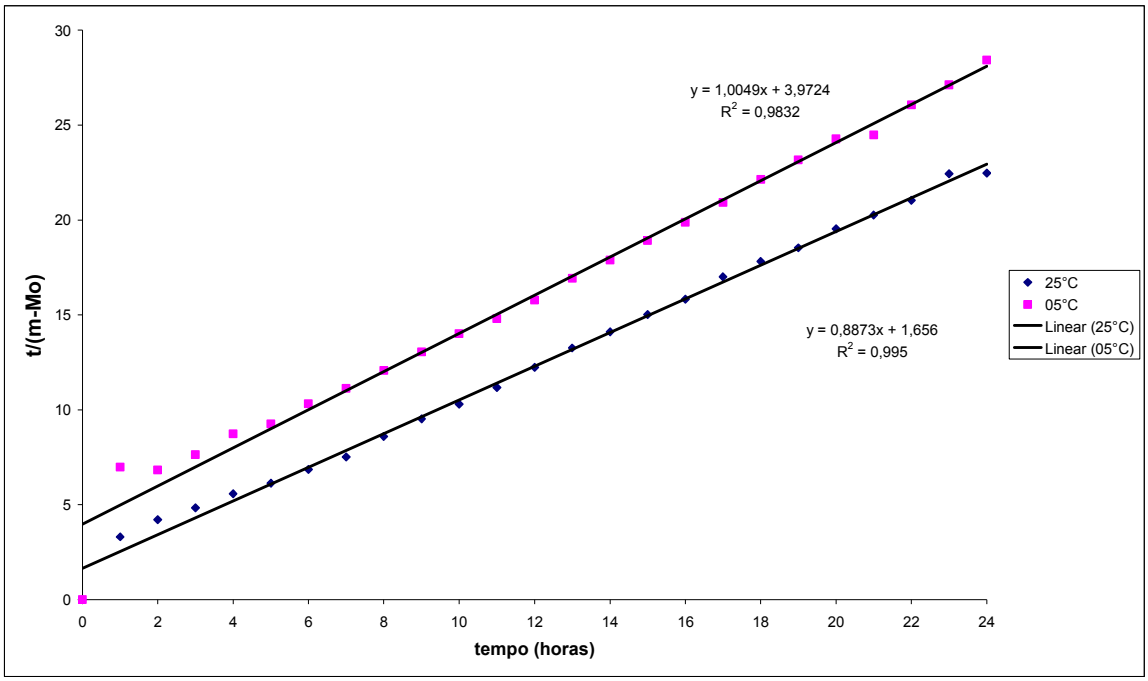

Figura 6-12 *Cinética de hidratação de ervilhas segundo modelo de Peleg, a 05°C e 25°C*

Nas figuras 6-13 e 6-14 podemos observar que a variação da umidade em base seca durante a hidratação se comporta de forma bastante diferente nos tratamentos em diversas temperaturas. Na figura 6-13 observamos que, à 25°C, a variação da umidade chega a cerca de 100%, enquanto que à 05°C a variação deste mesmo parâmetro chega a cerca de 90%. Observamos, também, na figura 6-14 que engloba a variação de umidade durante a hidratação nas temperaturas de 45°, 65°C e 85°C, a variação de umidade também permanece inferior a 80%. Este fenômeno pode ser explicado, talvez, pelo inicio da gelatinização do amido, que afeta a absorção de água, e também pelo efeito da temperatura na integridade das células vegetais, como sugerido por TURHAN *et al.* (2002) e BELLO *et al*. (2007).

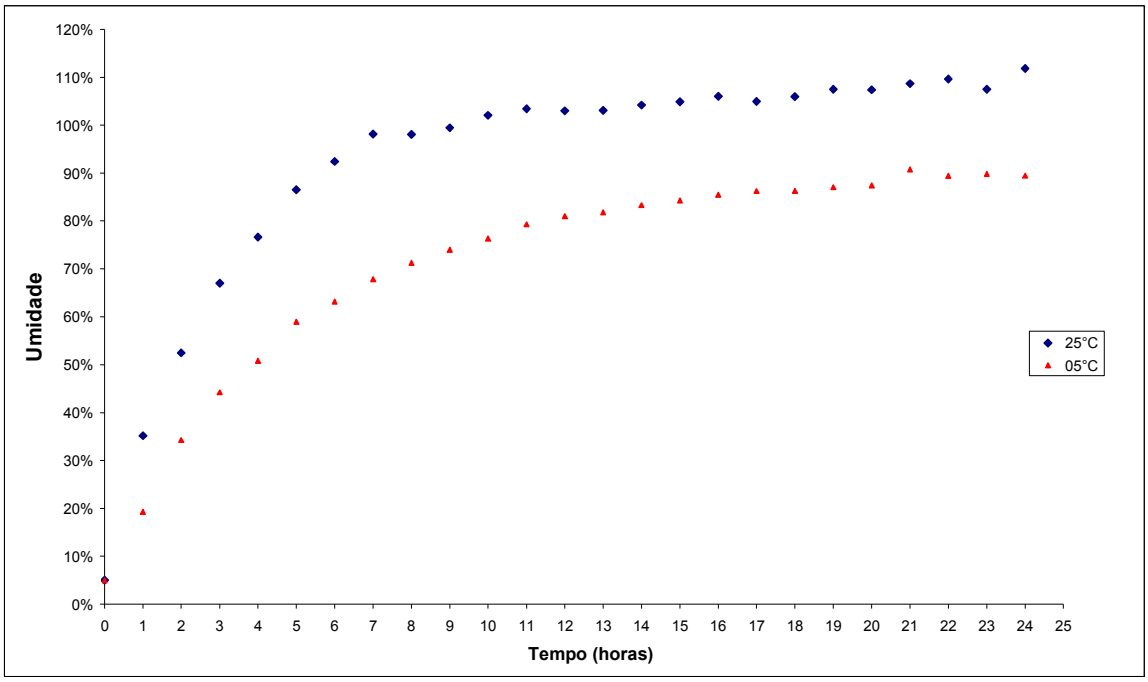

Figura 6-13 *Comparativo entre a umidade (base seca) durante a hidratação de ervilhas a 05°C e 25°C*

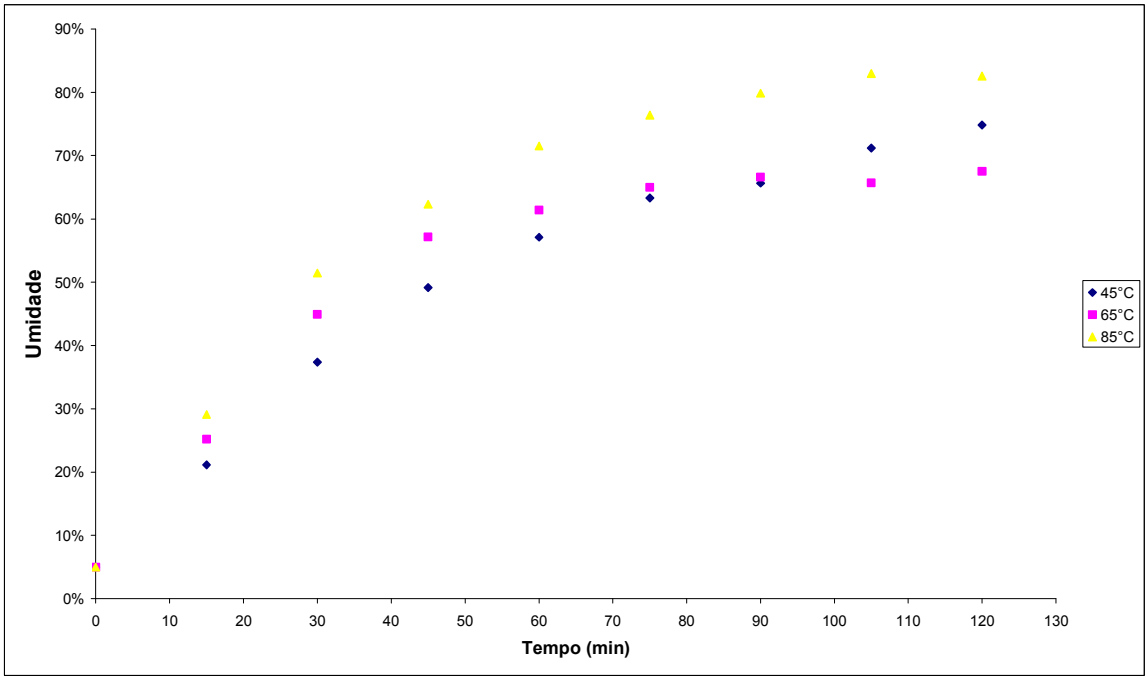

Figura 6-14 *Comparativo entre a umidade (base seca) na hidratação de ervilhas a 45°C, 65°C e 85°C.*

Ao aplicarmos o modelo de Peleg aos dados obtidos durante a hidratação a 45°C, 65°C e 85°C, obtivemos três diferentes curvas, com três diferentes equações descrevendo cada comportamento à cada temperatura individualmente (figura 6-15). As equações obtidas para descrever os parâmetros de cinética de hidratação estão descritas na tabela 6-8.

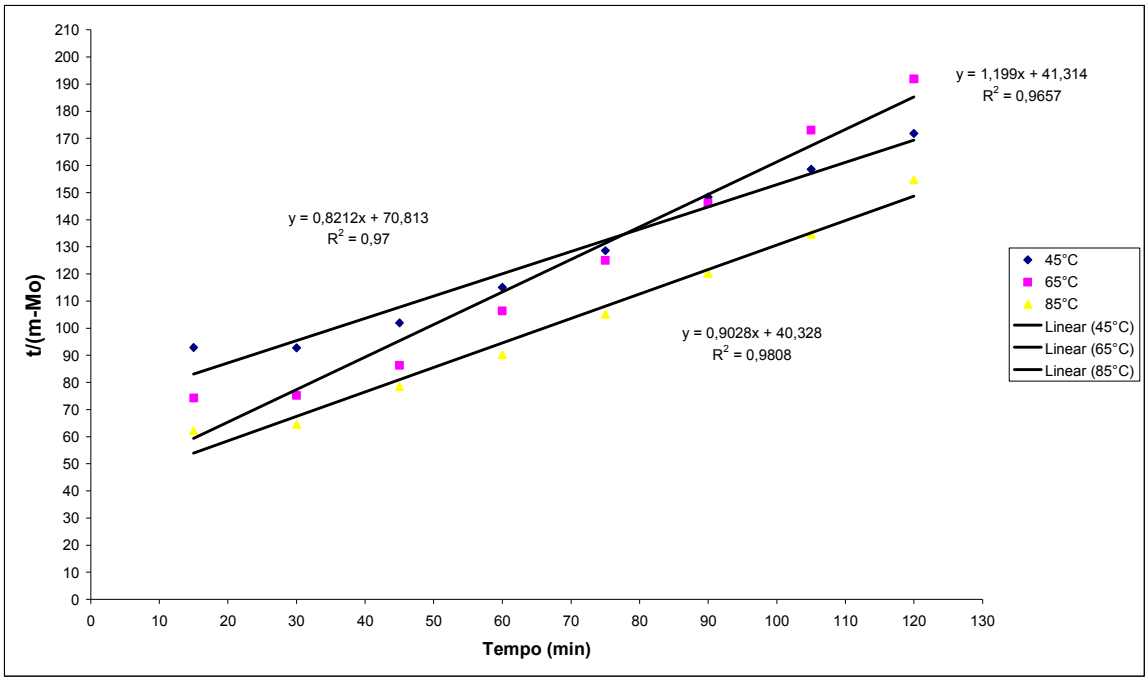

Figura 6-15 *Cinética de hidratação de ervilhas segundo modelo de Peleg, a 45°C, 65°C e 85°C*

Tabela 6-8 *Equações das retas e valores de K_1 e K_2, obtidos a partir dos dados de hidratação nas temperaturas testadas*

	05°C	25°C	45°C	65°C	85°C
Equação da regressão	**y = 1,0049x + 3,9724**	**y = 0,8873x + 1,656**	**y = 0,8212x + 70,813**	**y = 1,199x + 41,314**	**y = 0,9028x + 40,328**
R2	**0,9832**	**0,9950**	**0,9700**	**0,9657**	**0,9808**
K_2	**1,005**	**0,887**	**0,821**	**1,199**	**0,903**
K_1	**3,972**	**1,656**	**70,813**	**41,314**	**40,328**

Após estabelecermos o modelo de Arrhenius através do logaritmo neperiano de K_1 em relação ao inverso da temperatura de hidratação, em graus Kelvin, foi possível observar uma quebra na curva, na região relacionada à temperaturas de cerca de 50°C. A figura 6-16 ilustra o comportamento dos dados.

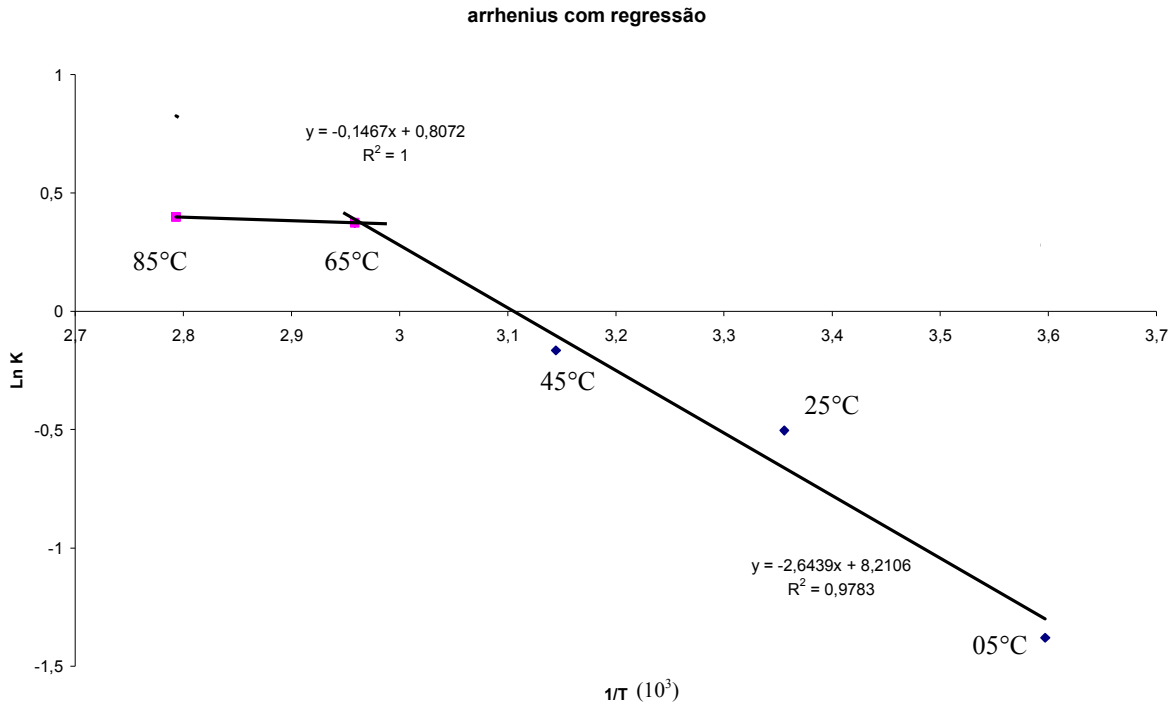

Figura 6-16 *Modelo de Arrhenius a partir dos valores de K_1 (Eixo X – Inverso da temperatura em °Kelvin, Eixo Y – Logaritmo neperiano da constante K_1)*

Considerando que a Energia de ativação é obtida através da Equação 6-6:

$$Ea = -2,3 \times R \times m \qquad (6\text{-}6)$$

Sendo que R é a constante universal dos gases (8,314 kJ / mol.K) e m é a inclinação da curva, temos que:

Reta 1: $y = -0,1467x + 0,8072$; sendo -0,1467 o valor do coeficiente angular.

Portanto, temos que a Energia de ativação na reta 1 é:

$Ea_{\text{reta 1}}$ = 2,805 kJ / mol

Reta 2: $y = -2,6439x + 8,2106$; sendo -8,2106 o valor do coeficiente angular.

Portanto, temos que a Energia de Ativação na reta 2 é:

Ea $_{reta\ 2}$ = 50,557 kJ / mol

Esta quebra na curva, observada na figura 6-16, pode ser explicada através do início da gelatinização do amido presente na leguminosa estudada. À partir de temperaturas de cerca de 50 a 60°C, o amido inicia seu processo de gelatinização e a velocidade de absorção da água se modifica, levando ao aparecimento da quebra na curva de Arrhenius. Lembrando que K_1 está relacionada com a taxa de absorção de água no processo, podemos observar que a taxa de absorção de água, então, varia entre as temperaturas de 05°C e 65°C, porém varia muito pouco entre as temperaturas de 65°C e 85°C.

6.1.6 Influência dos aditivos no ganho de massa e volume das ervilhas maceradas e esterilizadas

As ervilhas foram processadas em autoclave a 121°C por 15 minutos. O processamento correspondeu a um valor de Fo (z = 10°C e Tr = 121,1°C) de 11,9 minutos e Fc (z = 40°C e Tr = 100°C) de 60 minutos. A história térmica do processo está no anexo A.

A Tabela 6-9 apresenta a legenda para identificação dos ensaios utilizando-se as soluções de maceração. Essa legenda será utilizada em diversas tabelas e figuras dos resultados.

Tabela 6-9 *Legenda para identificação de soluções utilizadas nos tratamentos de rehidratação de ervilhas*.

LEGENDA:	SOLUÇÃO DE MACERAÇÃO
A	Água destilada
B	$CaCl_2$
C	Acido Citrico
D	$CaCl_2$ + acido citrico
E	NaCl
F	$CaCl_2$ + NaCl
G	Acido Citrico + NaCl
H	$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl
I	EDTA
J	$CaCl_2$ + EDTA
K	Acido Citrico + EDTA
L	$CaCl_2$ + Acido Citrico + EDTA
M	NaCl + EDTA
N	$CaCl_2$ + NaCl + EDTA
O	Acido Citrico + NaCl + EDTA
P	$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl + EDTA

Os resultados da influência dos aditivos no ganho de volume e massa durante a maceração das ervilhas podem ser observados na tabela 6-10 e na Figura 6-17.

Tabela 6-10 *Comparativo de ganho de massa e volume, e variação de densidade entre ervilhas hidratadas à 25°C em soluções contendo diferentes aditivos.*

Solução	Aumento de massa (%)	Aumento de volume (%)	Densidade inicial (g/mL)	Densidade final (g/mL)
A	85,12	131,92	1,22	0,98
B	81,31	122,64	1,22	0,99
C	76,61	108,20	1,23	1,05
D	74,56	108,22	1,23	1,03
E	77,58	113,33	1,23	1,03
F	70,12	102,27	1,22	1,03
G	67,94	107,16	1,24	1,00
H	68,16	99,00	1,22	1,03
I	84,58	130,80	1,24	0,99
J	79,81	115,92	1,22	1,01
K	71,75	105,93	1,21	1,01
L	72,25	110,68	1,23	1,01
M	76,75	113,23	1,22	1,02
N	73,83	107,08	1,23	1,03
O	74,75	105,64	1,22	1,04
P	74,90	103,15	1,23	1,06

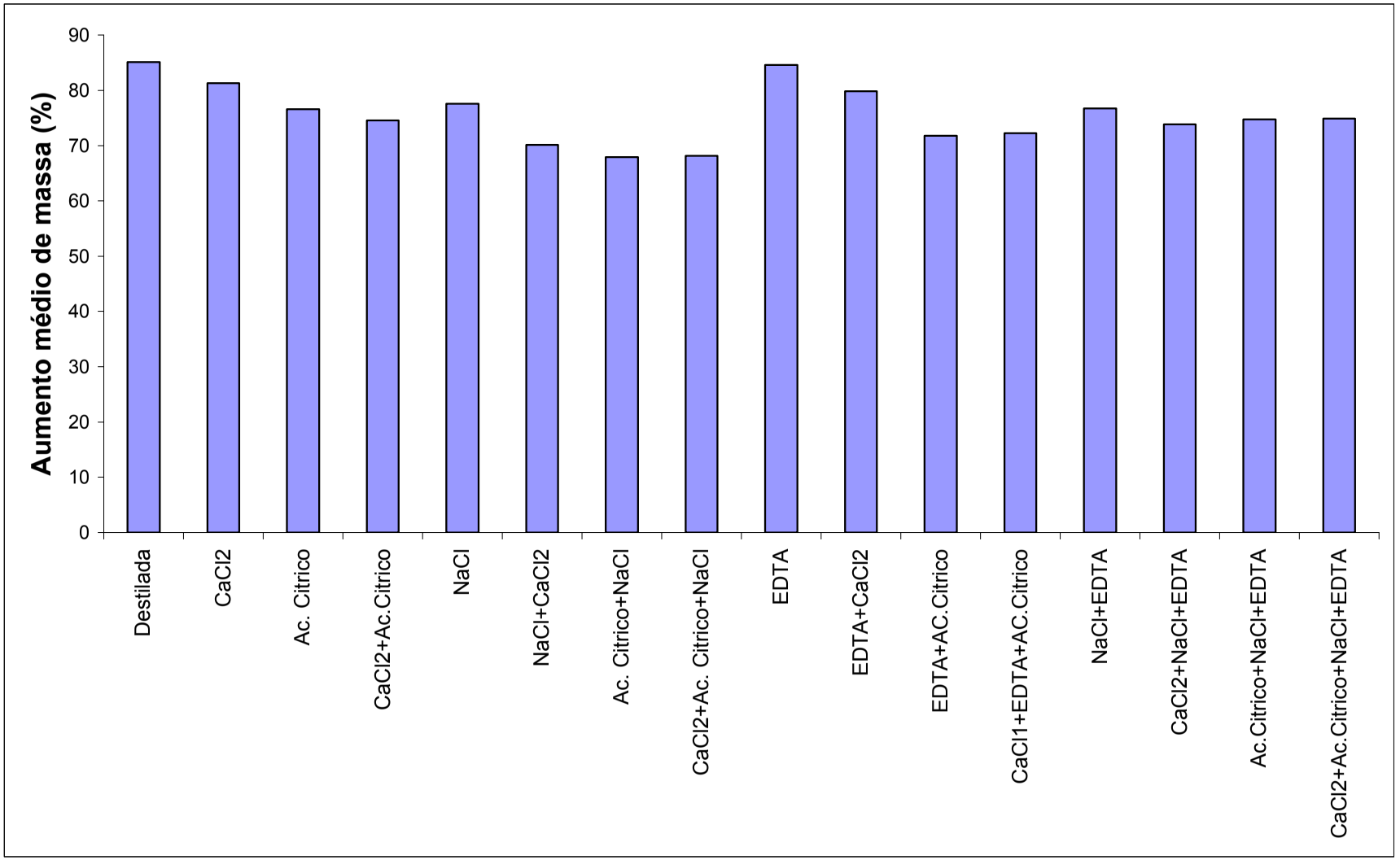

Figura 6-17 *Comparativo entre o ganho de massa em ervilhas durante maceração à 25°C em soluções de aditivos*

Podemos observar que a presença de aditivos influencia diretamente no ganho de volume das ervilhas durante a maceração. Através da figura 6-18 observamos que quase todos os aditivos favoreceram uma alteração no comportamento das ervilhas em relação ao aumento de volume, quando comparadas às ervilhas do grupo controle (água destilada). Apenas o EDTA se comportou de forma muito semelhante ao grupo controle, o que nos leva a concluir que, quando utilizado isoladamente, o EDTA não exerce influência em relação ao atributo aumento de volume de ervilhas. Todos os outros aditivos, assim como suas combinações, reduziram o volume de água absorvido pelas ervilhas durante a maceração.

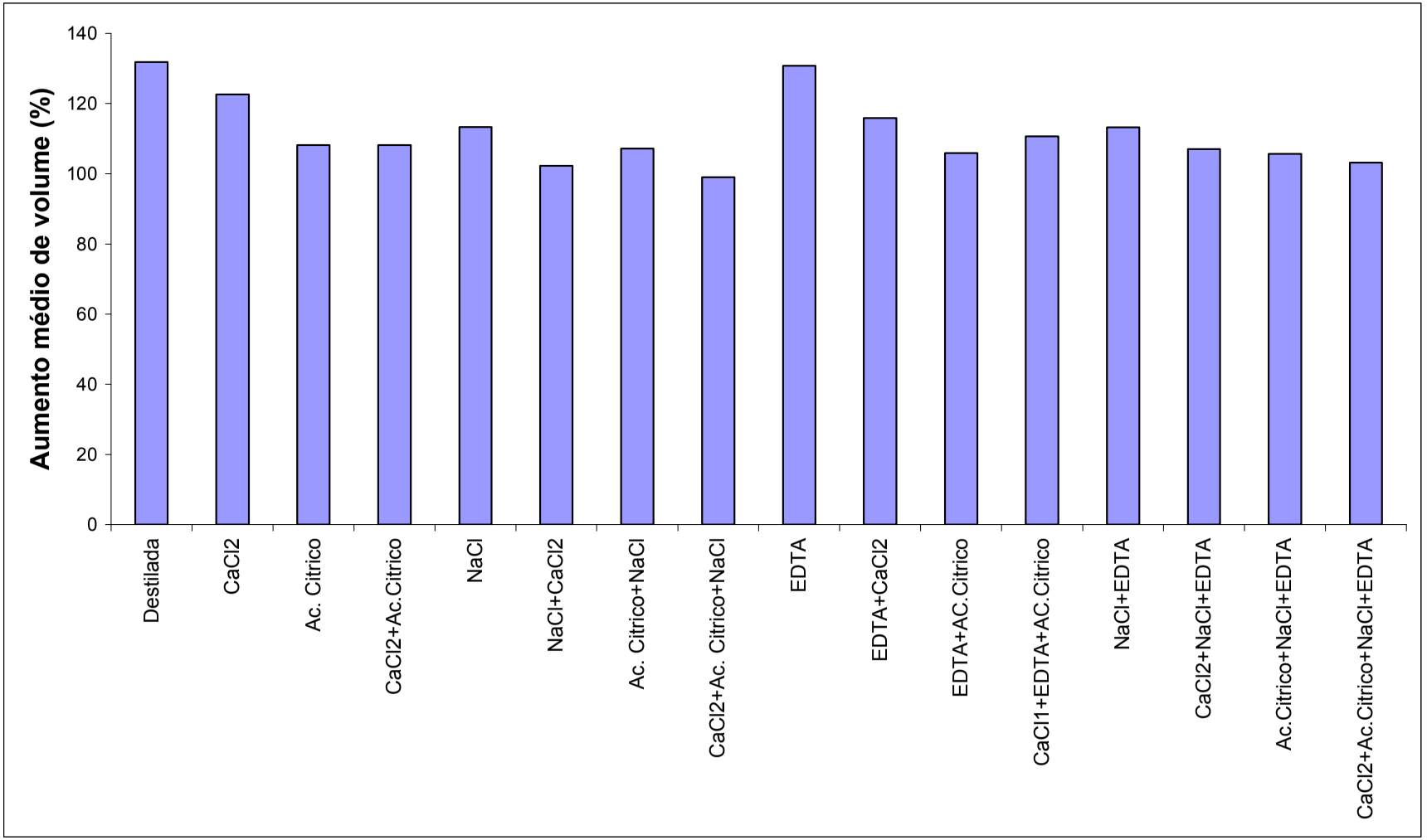

Figura 6-18 *Comparativo entre o ganho de volume em ervilhas durante maceração à 25°C em soluções de aditivos*

Um paralelo entre o ganho de massa e de volume pode ser traçado, uma vez que os resultados são bastante semelhantes. Podemos verificar, através das figuras 6-17 e 6-18 que o EDTA foi o único aditivo que pouco alterou o aumento de volume e massa durante a rehidratação. Todos os outros aditivos influenciaram o ganho de volume de alguma forma.

6.1.7 Análise de textura de ervilhas processadas

Após a maceração também foi feita a medida da textura (força de cisalhamento) nestas ervilhas, de forma que pudemos avaliar a influência dos aditivos neste aspecto, antes e após o processamento térmico. Os resultados podem ser observados nas figuras 6-19 (antes da esterilização) e 6-20 (após a esterilização) e na Tabela 6-11.

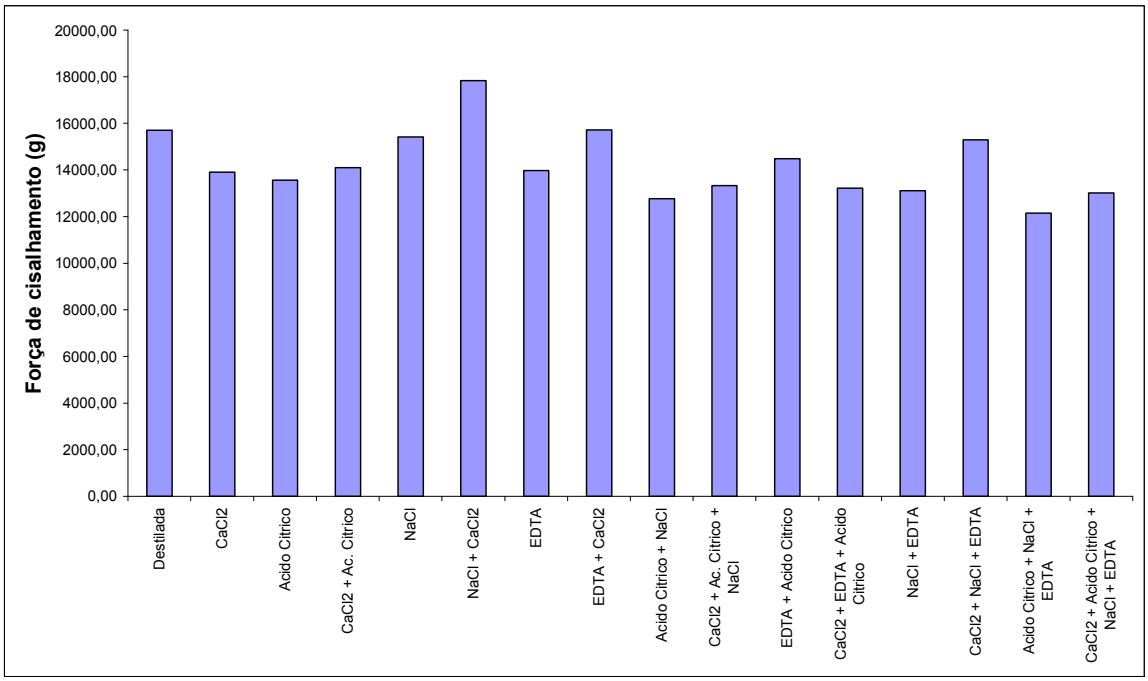

Figura 6-19 *Comparativo entre a força de cisalhamento em ervilhas hidratadas, a 25°C, em soluções contendo diferentes aditivos.*

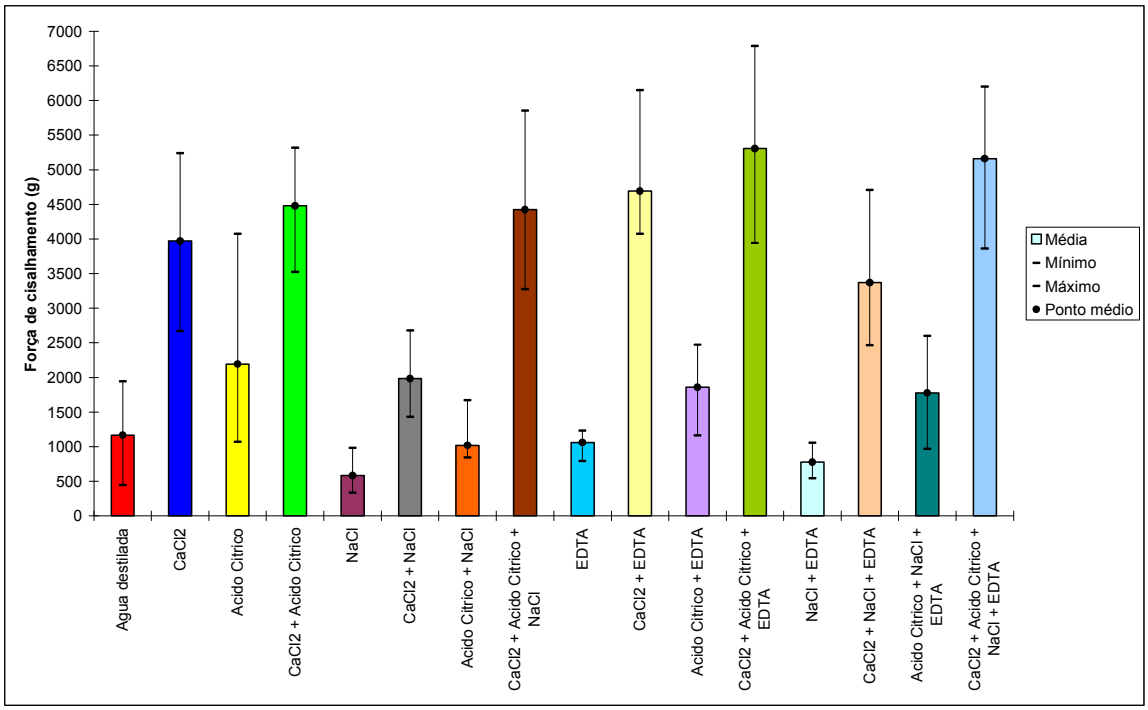

Figura 6-20 *Média da força de cisalhamento em ervilhas processadas a 121°C por 15 minutos em autoclave vertical*

Podemos destacar a queda na média da força de cisalhamento das ervilhas após o tratamento térmico. Percebe-se, comparando as figuras 6-19 e 6-20, que a força de cisalhamento mínima nas ervilhas sem tratamento térmico é de cerca de 14000 g, enquanto que após o tratamento térmico, a força de cisalhamento máxima alcançada não chega a 7000 g. É possível observar, também, que após o tratamento térmico, a diferença entre a força de cisalhamento de cada tratamento é bem mais evidente, deixando mais aparente a influência de cada aditivo neste atributo avaliado.

Tabela 6-11 *Valores médios de força de cisalhamento de ervilhas processadas a 121°C por 15 minutos em autoclave vertical estática*

Aditivos da solução de Maceração	Media força (g)	Desvio Padrão
Agua destilada	1165,8	397,2
$CaCl_2$	3969,3	722,7
Acido Citrico	2193,1	657,8
$CaCl_2$ + Acido Citrico	4477,9	474,2
NaCl	583,3	179,9
$CaCl_2$ + NaCl	1982,9	419,8
Acido Citrico + NaCl	1018,9	353,1
$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl	4423,1	692,0
EDTA	1061,4	169,6
$CaCl_2$ + EDTA	4691,8	578,6
Acido Citrico + EDTA	1857,9	416,7
$CaCl_2$ + Acido Citrico + EDTA	5306,9	814,7
NaCl + EDTA	775,1	139,4
$CaCl_2$ + NaCl + EDTA	3369,2	535,7
Acido Citrico + NaCl + EDTA	1776,4	421,4
$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl + EDTA	5160,9	509,8

Podemos observar que a solução contendo NaCl e $CaCl_2$ foi responsável por um aumento significativo na força necessária para o cisalhamento das ervilhas.

Após o tratamento térmico, obtivemos os resultados mais relevantes. A textura das ervilhas maceradas com aditivos, e depois esterilizadas a 121°C por 15 minutos, se tornou significativamente mais macia se comparada à textura das ervilhas antes do tratamento térmico.

Através da Tabela 6-11, e das figuras 6-19 e 6-20, podemos observar os valores médios das forças de cisalhamento médias obtidas após análise de cada tratamento de hidratação submetido à autoclavagem por 15 minutos à 121°C. Uma resposta interessante aos tratamentos foi, em todos os tratamentos que envolvem hidratação

contendo o sal $CaCl_2$, houve um aumento significativo na força de cisalhamento em relação ao ensaio “controle” (hidratação apenas com água destilada). Obtivemos, para CaCl2, uma força de cisalhamento de 3969,3g. Já para os tratamentos combinados, observamos para $CaCl_2$ + Acido Citrico uma força de cisalhamento de 4477,83g; para $CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl encontramos 4423,09g; para $CaCl_2$ + EDTA obtivemos 4691,8g ; para $CaCl_2$ + Acido Citrico + EDTA obtivemos 5306,96g; para $CaCl_2$ + NaCl + EDTA encontramos foi de 3369,2g; para $CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl + EDTA obtivemos 5160,9g de força de cisalhamento.

Através destes dados, podemos supor que a adição de $CaCl_2$ nas soluções de maceração influencia positivamente no enrijecimento das ervilhas, levando ao aumento da força de cisalhamento, como também já foi citado por McCURDY (1983).

Em contrapartida, podemos observar que os tratamentos que envolvem a adição de somente NaCl ou este sal aliado à mais um único aditivo, tendem a apresentar maior maciez nas ervilhas, com menor força de cisalhamento. No tratamento em que avaliamos a influencia apenas do NaCl, percebeu-se uma significativa queda na força de cisalhamento (583,27g), quando comparada à força encontrada no ensaio controle (1165,76g).

Avaliamos estatisticamente os resultados obtidos em relação aos ganhos de massa, volume e textura, utilizando o software Statistica 5.5. A Figura 6-21 apresenta um histograma geral do ganho de massa durante a hidratação, em todos os tratamentos avaliados, relacionando o número de ocorrências para cada faixa de ganho de massa (em gramas). Obtivemos 10 ocorrências com ganho de massa entre 66g e 72g, 19 ocorrências com ganho de massa entre 72g e 76g, 12 ocorrências nas quais o ganho de massa foi entre 76g e 82g, e 7 ocorrências em que o ganho de massa variou entre 82g e 88g. Lembramos que todos os ensaios foram realizados em triplicata, totalizando 48 ensaios. Na Figura 6-22 observamos um histograma identificando as respostas para cada tratamento de hidratação, lembrando sempre de nos referirmos à Tabela 6-9 para identificarmos os tratamentos.

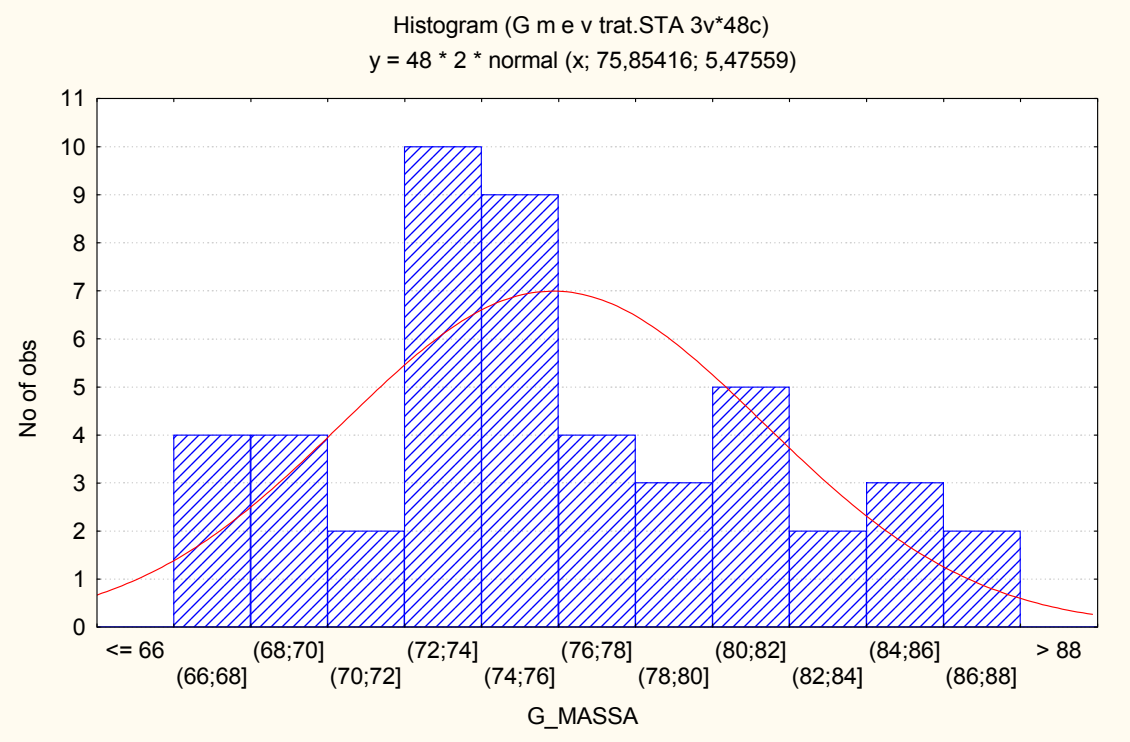

Figura 6-21 *Histograma geral do ganho de massa durante hidratação de ervilhas em soluções diversas (25°C)*

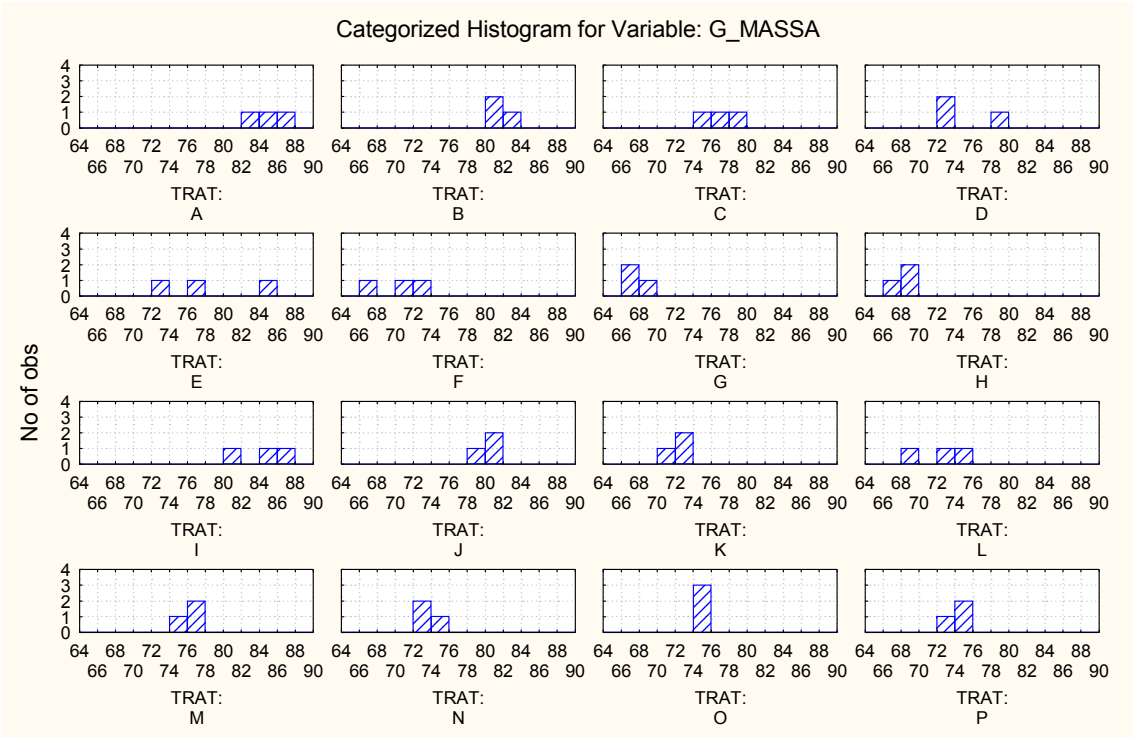

Figura 6-22 *Histograma individualizado do ganho de massa em ervilhas hidratadas com soluções diversas.*

A figura 6-23 apresenta um histograma geral dos resultados de ganho de volume das ervilhas hidratadas nos diversos tratamentos. Observamos apenas uma ocorrência em que o ganho de volume permaneceu abaixo de 80 mL, nove ocorrências com ganho de volume entre 80 e 85mL, dezoito ocorrências com ganho de volume entre 85 e 90mL, oito ocorrências com ganho de volume entre 90 e 95mL, nove ocorrências com ganho de volume entre 95 e 105 mL, e cinco ocorrências com ganho de volume entre 105 e 110 mL. A figura 6-24 traz um histograma detalhado, identificando cada tratamento e quantos casos foram observados em cada faixa.

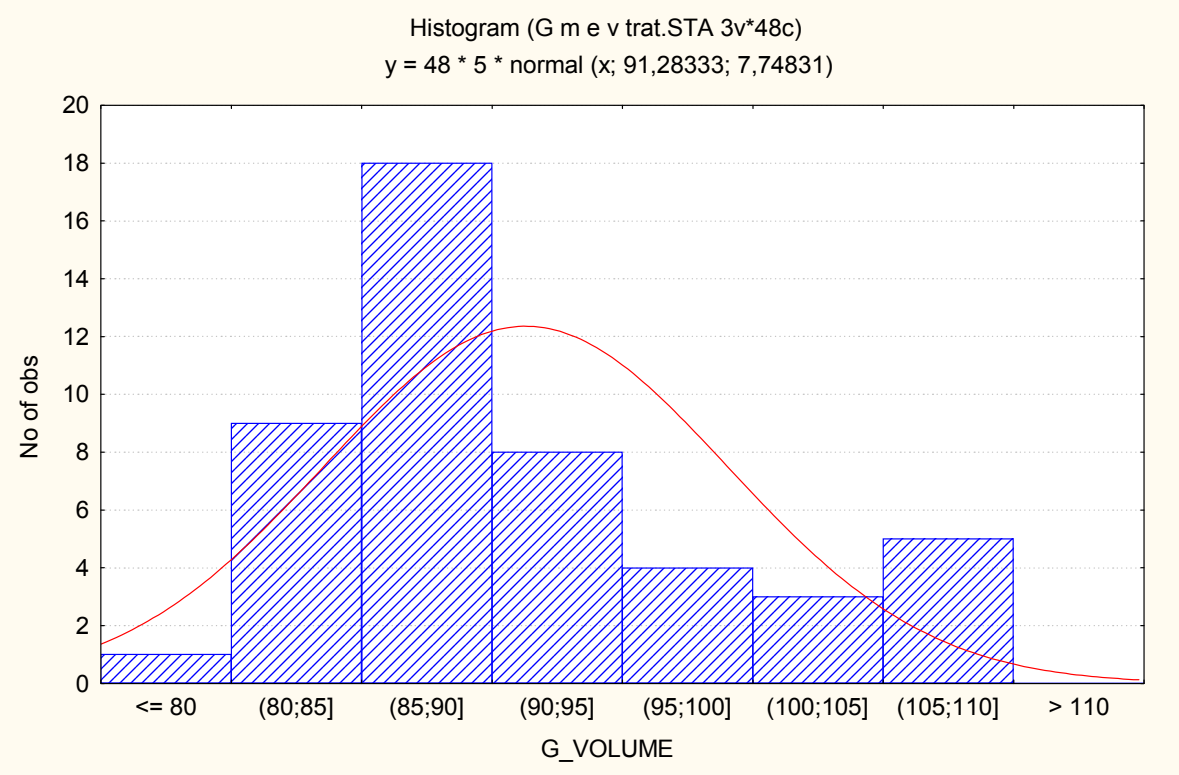

Figura 6-23 *Histograma geral do ganho de volume em ervilhas hidratadas em diversas soluções. (25°C)*

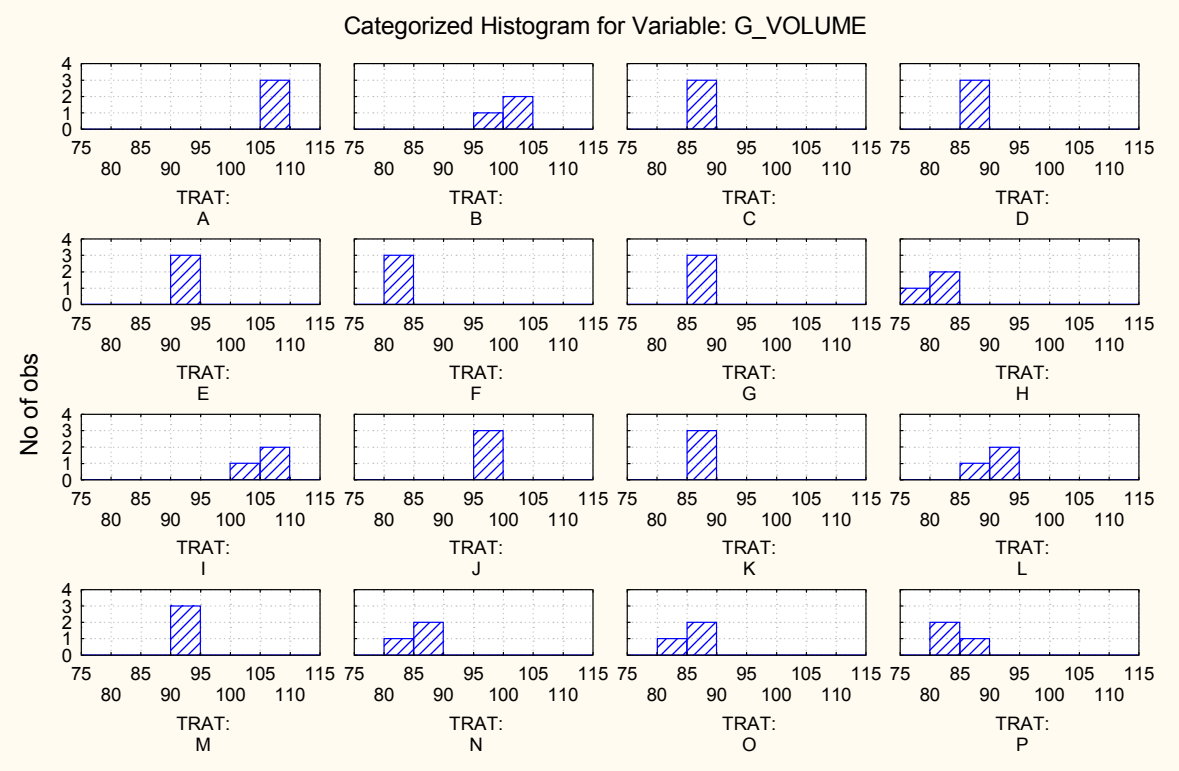

Figura 6-24 *Histograma individualizado do ganho de volume em ervilhas durante hidratação em diversas soluções. (25°C)*

Estabelecemos um gráfico identificando as médias de ganhos de massa e volume, que pode ser observado na Figura 6-25. Esta figura, quando observada em conjunto com a Figura 6-26, que trás um comparativo entre valores máximos e mínimos encontrados para ambas as respostas, nos permitiu fazer uma análise mais detalhada da influência das soluções de aditivos no ganho de massa e volume das ervilhas avaliadas. Observamos, por exemplo, que o tratamento identificado como “I” (EDTA 0,5%) levou a um grande ganho de massa e volume, quando estes parâmetros são avaliados como um conjunto. Este tratamento só não gerou respostas maiores que o tratamento A (água destilada), que é nosso grupo controle.

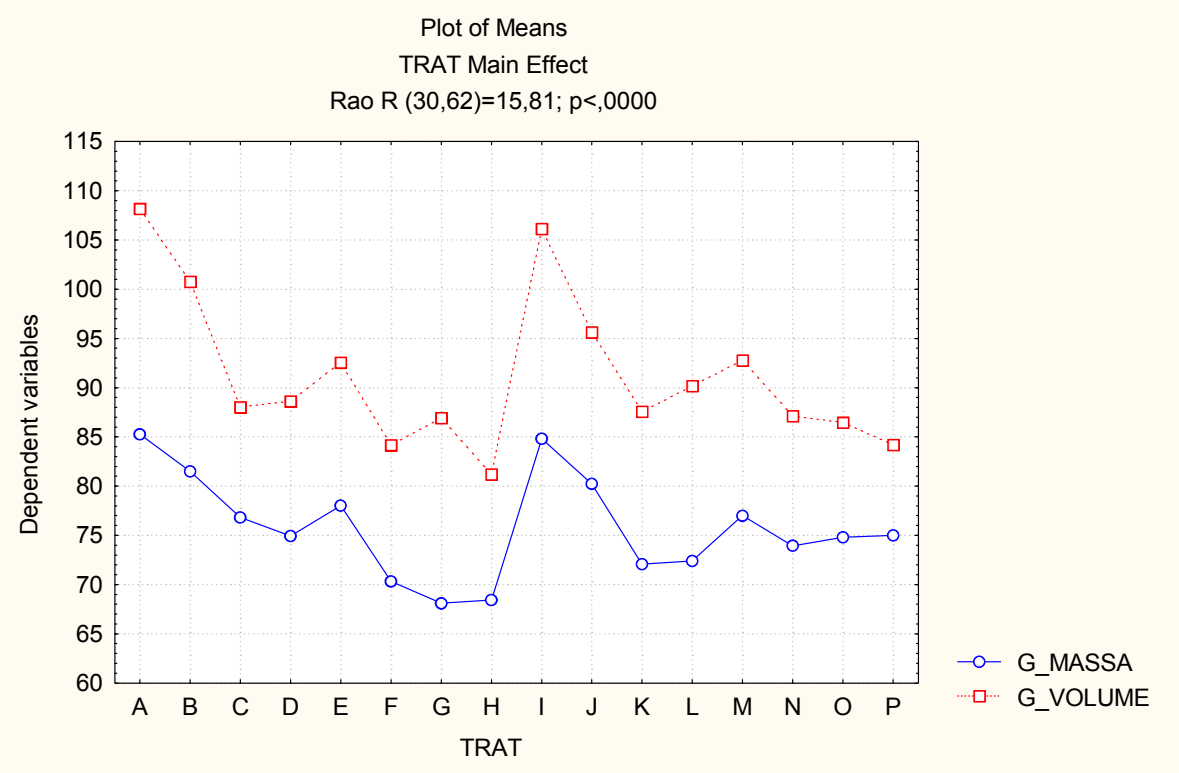

Figura 6-25 *Ganho médio de massa e volume durante hidratação de ervilhas em diversas soluções. (25°C)*

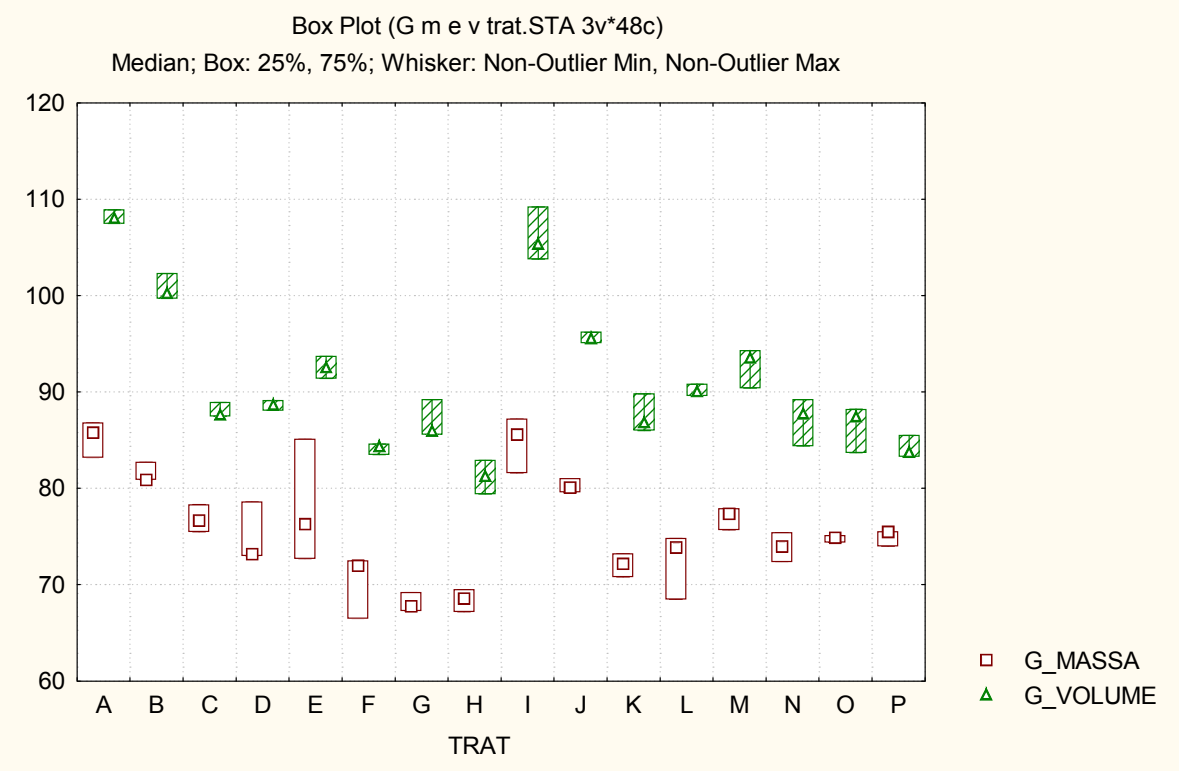

Figura 6-26 *Ganhos de massa e volume durante hidratação em diversas soluções. (25°C)*

Em relação à textura, as respostas de força de cisalhamento obtidas após o tratamento térmico das ervilhas hidratadas foram avaliadas estatisticamente. A figura 6-27 apresenta as médias das texturas encontradas nos diversos tratamentos. Podemos observar que o tratamento "L" ($CaCl_2$ 0,5%, Acido Cítrico 0,5% e EDTA 0,5%) e o tratamento "P" ($CaCl_2$ 0,5%, Acido Cítrico 0,5%, EDTA 0,5%, NaCl 2%) obtiveram as maiores respostas em relação a dureza das ervilhas avaliadas pós processamento térmico. Para que possamos avaliar de forma mais criteriosa os valores encontrados, a Figura 6-28 nos traz os mesmos valores médios e força de cisalhamento encontrados, porém com dados relacionando, também, os valores máximos e mínimos encontrados, assim como a definição do âmbito onde se encontram 50% dos valores encontrados. Percebemos que o tratamento "P" ($CaCl_2$ 0,5%, Acido Cítrico 0,5%, EDTA 0,5%, NaCl 2%) gerou respostas mais precisas, com menor variação no âmbito contendo 50% dos valores encontrados, do que quando comparado ao tratamento "L" ($CaCl_2$ 0,5%, Acido Cítrico 0,5% e EDTA 0,5%). Para este último, observamos uma maior distância entre o valor médio encontrado e o box que contém os 25% menores valores e 75% maiores valores.

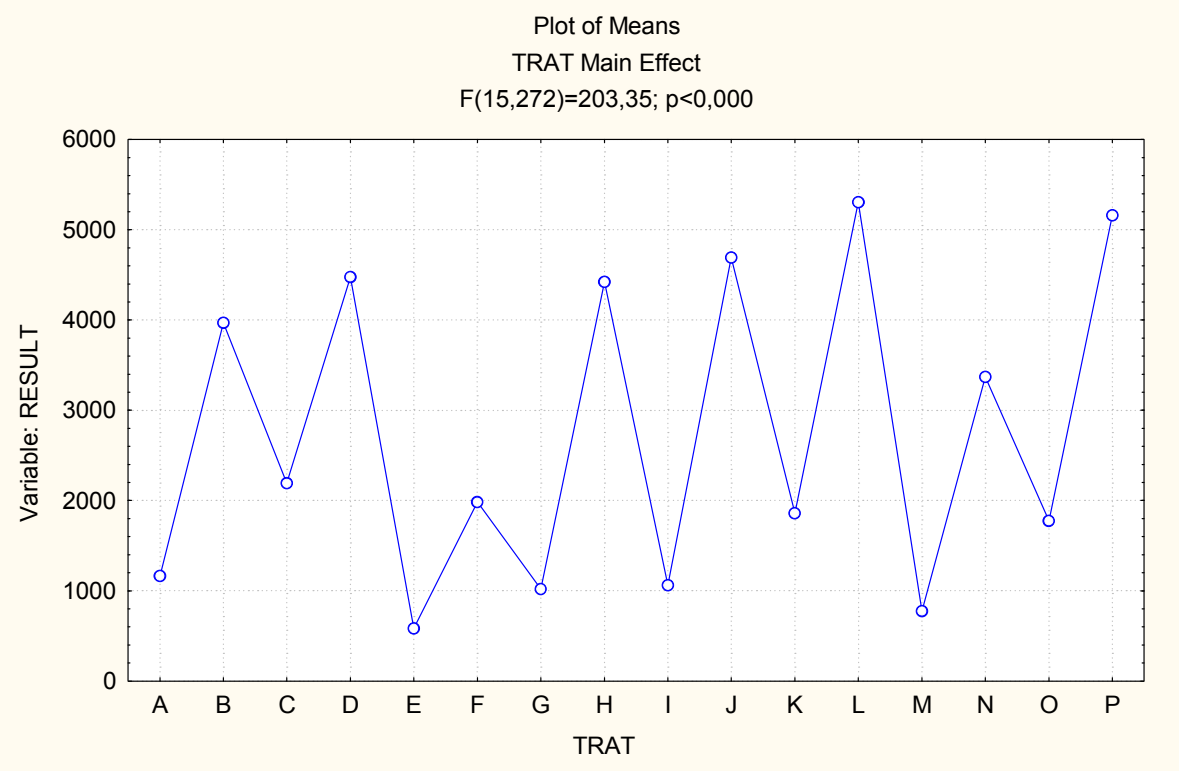

Figura 6-27 *Média da textura de ervilhas hidratadas em diversas soluções e posteriormente processadas termicamente à 121°C por 15 minutos.*

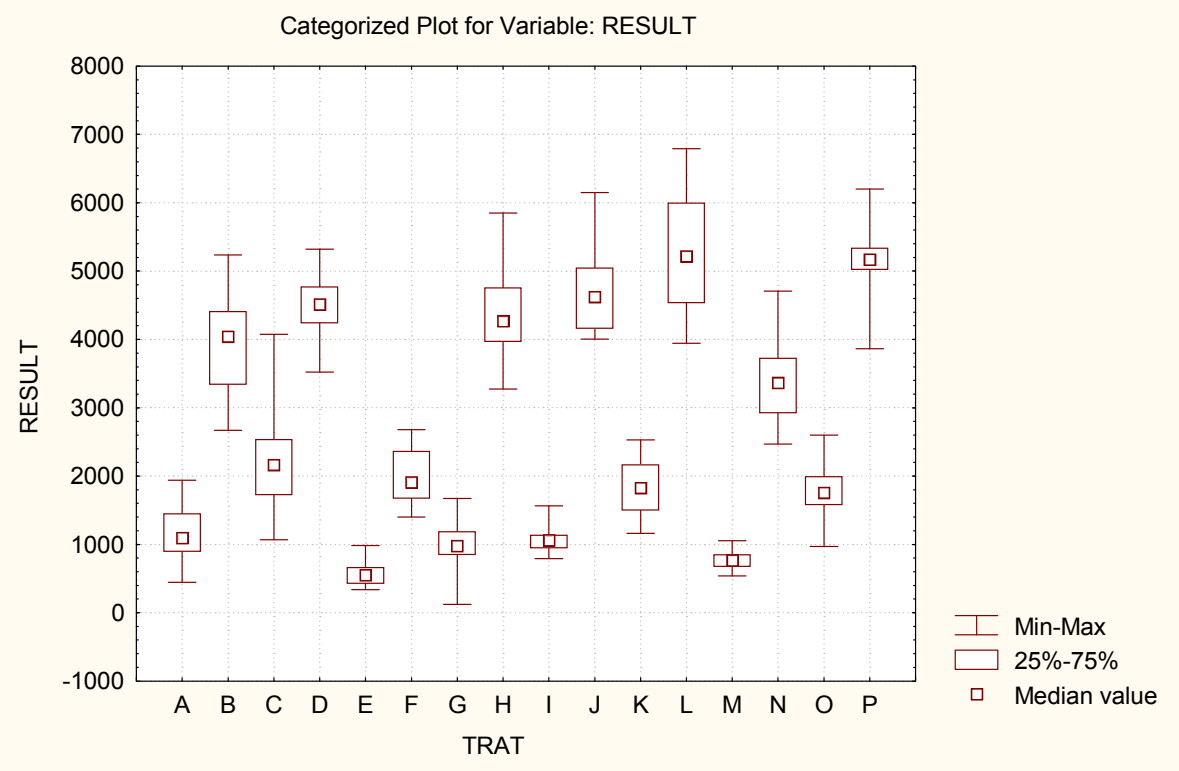

Figura 6-28 *Valores de força de cisalhamento em ervilhas hidratadas em diversas soluções e posteriormente processadas termicamente à 121°C por 15 minutos.*

Os dados obtidos em relação ao aumento de massa, aumento de volume e variação da textura das ervilhas após a hidratação e processamento térmico foram avaliados através do Teste de Tukey ($p<0,05$), de forma a identificarmos quais tratamentos são estatisticamente iguais ou diferentes entre si. Nas tabelas 6-12, 6-13 e 6-14 à seguir podemos visualizar estas avaliações. Nestas tabelas, os resultados obtidos em cada tratamento são confrontados com os dados obtidos em todos os outros tratamentos, e as células marcadas com “X” selecionam os tratamentos considerados estatisticamente diferentes. Percebemos que vários tratamentos possuem respostas estatisticamente iguais, porém apenas alguns selecionados são iguais entre si e igualmente diferentes dos demais tratamentos. Estes casos específicos foram destacados em cores, de modo que cores iguais indicam tratamentos com comportamentos estatisticamente iguais.

Avaliando o ganho de massa, observamos que as hidratações com água destilada e EDTA possuem comportamentos estatisticamente iguais, pois são iguais entre si e igualmente diferentes dos outros tratamentos. O mesmo acontece com os

tratamentos “K” e “L” (Acido Cítrico + EDTA e $CaCl_2$ + Acido Cítrico + EDTA, respectivamente) e “O” e “P’’ (Acido Cítrico + NaCl + EDTA e $CaCl_2$ + Acido Cítrico + NaCl + EDTA).

Tabela 6-12 *Resultado do teste de Tukey em relação ao aumento de massa durante hidratação, estabelecendo quais tratamentos são estatisticamente iguais ou diferentes.*

	Tratamentos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
A	***Agua destilada***	-		X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X
B	***CaCl2***		-				X	X	X			X	X		X		
C	***Acido Citrico***	X		-				X	X			X	X		X		
D	***CaCl2 + acido citrico***	X			-												X
E	***NaCl***					-	X	X	X								
F	***CaCl2 + NaCl***	X	X			X	-			X	X						
G	***Acido Citrico + NaCl***	X	X	X		X		-		X	X						
H	***CaCl2 + Acido Citrico + NaCl***	X	X	X		X			-	X	X			X			
I	***EDTA***			X	X		X	X	X	-		X	X	X	X	X	X
J	***CaCl2 + EDTA***						X	X	X		-	X	X				
K	***Acido Citrico + EDTA***	X	X							X	X	-					
L	***CaCl2 + Acido Citrico + EDTA***	X	X							X	X		-				
M	***NaCl + EDTA***	X						X	X	X				-			
N	***CaCl2 + NaCl + EDTA***	X	X							X					-		
O	***Acido Citrico + NaCl + EDTA***	X								X						-	
P	***CaCl2 + Acido Citrico + NaCl + EDTA***	X								X							-

tratamentos estatisticamente diferentes são marcados com X

Já em relação aos resultados de ganho de volume, assinalados na Tabela 6-13, observamos que, novamente, as hidratações com água destilada e EDTA possuem comportamentos estatisticamente iguais, pois são iguais entre si e igualmente diferentes dos outros tratamentos. O mesmo podemos observar na relação entre os tratamentos “C” e “D” (Acido Cítrico e $CaCl_2$ + acido citrico), “E” e “M” (NaCl e NaCl + EDTA) e “K”, “N” e “O” (Acido Citrico + EDTA, $CaCl_2$ + NaCl + EDTA e Acido Citrico + NaCl + EDTA).

Tabela 6-13 *Resultado do teste de Tukey em relação ao ganho de volume durante hidratação, estabelecendo quais tratamentos são estatisticamente iguais ou diferentes.*

	Tratamentos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
A	***Agua destilada***	-	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
B	***$CaCl_2$***	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C	***Acido Citrico***	x	x	-					x	x	x						
D	***$CaCl_2$ + acido citrico***	x	x		-				x	x	x						
E	***NaCl***	x	x			-	x	x	x	x		x			x	x	x
F	***$CaCl_2$ + NaCl***			x	x		-	x	x			x			x	x	x
G	***Acido Citrico + NaCl***	x	x			x		-	x	x	x			x			
H	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl***	x	x	x	x	x		x	-	x	x	x	x	x	x	x	
I	***EDTA***		x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x
J	***$CaCl_2$ + EDTA***	x	x	x	x		x	x	x	x	-	x	x		x	x	x
K	***Acido Citrico + EDTA***	x	x			x			x	x	x	-		x			
L	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + EDTA***	x	x				x		x	x	x		-				x
M	***NaCl + EDTA***	x	x				x	x	x	x		x		-	x	x	x
N	***$CaCl_2$ + NaCl + EDTA***	x	x			x			x	x	x			x	-		
O	***Acido Citrico + NaCl + EDTA***	x	x			x			x	x	x			x		-	
P	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl + EDTA***	x	x			x				x	x		x	x			-

tratamentos estatisticamente diferentes são marcados com X

Avaliando os mesmos tratamentos em relação à textura das ervilhas, assinalados na Tabela 6-13, verificamos que os tratamentos “C” e “K” (Acido Cítrico e Acido Citrico + EDTA) são iguais entre si e igualmente diferentes dos outros tratamentos. O mesmo pode ser observado para os tratamentos “E”, “G” e “M” (NaCl, Acido Citrico + NaCl e NaCl + EDTA).

Tabela 6-14 *Resultado do teste de Tukey em relação a textura após hidratação e esterilização em autoclave a 121°C por 15 minutos, estabelecendo quais tratamentos são estatisticamente iguais ou diferentes.*

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
A	***Agua destilada***	-	X	X	X		X		X		X	X	X		X		X
B	***$CaCl_2$***	X	-	X		X	X	X		X	X	X	X	X		X	X
C	***Acido Citrico***	X	X	-	X	X		X	X	X	X		X	X	X		X
D	***$CaCl_2$ + acido citrico***	X		X	-	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
E	***NaCl***		X	X	X	-	X		X		X	X	X		X	X	X
F	***$CaCl_2$ + NaCl***	X	X		X	X	-	X	X	X	X		X	X	X		X
G	***Acido Citrico + NaCl***		X	X	X		X	-	X		X	X	X		X	X	X
H	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl***	X		X		X	X	X	-	X		X	X	X	X	X	X
I	***EDTA***		X	X	X		X		X	-	X	X	X		X	X	X
J	***$CaCl_2$ + EDTA***	X	X	X		X	X	X		X	-	X		X	X	X	
K	***Acido Citrico + EDTA***	X	X		X	X		X	X	X	X	-	X	X	X		X
L	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + EDTA***	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	-	X	X	X	
M	***NaCl + EDTA***		X	X	X		X		X		X	X	X	-	X	X	X
N	***$CaCl_2$ + NaCl + EDTA***	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X
O	***Acido Citrico + NaCl + EDTA***		X		X		X	X	X	X	X		X	X	X	-	X
P	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl + EDTA***	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	X	X	-

tratamentos estatisticamente diferentes são marcados com X

Uma vez estabelecida as diferenças estatísticas e os valores de ganho geral de massa, volume e dureza das ervilhas avaliadas, podemos supor que haja um tratamento que tenha o melhor rendimento geral em relação a estes parâmetros. Na Tabela 6-15 apresentamos um resumo geral do desempenho obtido por todos os tratamentos em relação aos três parâmetros avaliados (Ganho de Massa, Ganho de Volume e Força de Cisalhamento). Observamos que, quando comparado ao grupo controle, todos os tratamentos, com exceção do "I", tiveram desempenho inferior em relação aos ganhos de massa e volume, porém as respostas relacionadas à textura foram bastante variadas. O tratamento "B" teve melhor desempenho médio em relação aos três parâmetros avaliados, como está destacado na Tabela 6-14. Estatisticamente, observamos, também que o tratamento "B" não é igual a nenhum outro tratamento, quando levamos em conta os três parâmetros avaliados.

Tabela 6-15 *Comparativo entre respostas obtidas em todos os tratamentos avaliados*

	Tratamentos	*Ganho médio de massa (%)*	*Ganho médio de volume (%)*	*Média da Força de Cisalhamento (g)*
A	***Agua destilada***	85,12	131,92	1165,76
B	***$CaCl_2$***	81,31	122,64	3969,30
C	***Acido Citrico***	76,61	108,20	2193,08
D	***$CaCl_2$ + Ácido citrico***	74,56	108,22	4477,83
E	***NaCl***	77,58	113,33	583,27
F	***$CaCl_2$ + NaCl***	70,12	102,27	1982,92
G	***Acido Citrico + NaCl***	67,94	107,16	1018,96
H	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl***	68,16	99,00	4423,09
I	***EDTA***	84,58	130,80	1061,37
J	***$CaCl_2$ + EDTA***	79,81	115,92	4691,80
K	***Acido Citrico + EDTA***	71,75	105,93	1857,94
L	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + EDTA***	72,25	110,68	5306,96
M	***NaCl + EDTA***	76,75	113,23	775,16
N	***$CaCl_2$ + NaCl + EDTA***	73,83	107,08	3369,20
O	***Acido Citrico + NaCl + EDTA***	74,75	105,64	1776,44
P	***$CaCl_2$ + Acido Citrico + NaCl + EDTA***	74,90	103,15	5160,90

Desta forma, concluímos que o tratamento ideal para obtermos um significativo aumento na textura, ganho de volume e ganho de massa na hidratação de ervilhas seria o que envolve hidratação em solução de $CaCl_2$ 0,5%.

Os tratamentos “I” e “J” geraram respostas semelhantes ao tratamento “B”. No entanto, como foi dsicutido anteriormente, a influência do EDTA na variação da massa e volume das ervilhas é bastante discutível, visto que, quando utilizado isoladamente, não gerou respostas diferentes das do grupo controle. Percebemos através da tabela 6-15 que o tratamento “I” é muito semelhante ao grupo controle. Também observamos que, a diferença do grupo “B” e do grupo “J” é apenas a adição de EDTA, porém com respostas semelhantes. Considerando também que, no âmbito de custos industriais, a adição de uma matéria-prima que não traz comprovados benefícios ao produto não é recomendável. Por estas razões, selecionamos o tratamento “B” como sendo o tratamento ideal, pois apresentou resultados confiáveis e de, alguma forma, com maior possibilidade de ser aproveitado no processamento industrial.

6.1.8 Resultados do Teste de Aceitação Sensorial

Após o teste de aceitação sensorial, obtivemos diversas respostas relacionadas aos atributos cor, sabor, textura e aspecto geral das ervilhas avaliadas, alem de alguns comentários livres sobre o produto.

Inicialmente, caracterizamos os provadores. Podemos observar nas Figura 6-29, 6-30, 6-31, 6-32 e 6-33 dados sobre o gênero, idade, consumo habitual, freqüência e forma de consumo (respectivamente) de ervilhas em conserva.

Observamos, na Figura 6-29, que, em sua maioria, o publico avaliado consistiu de mulheres (29 mulheres e 11 homens).

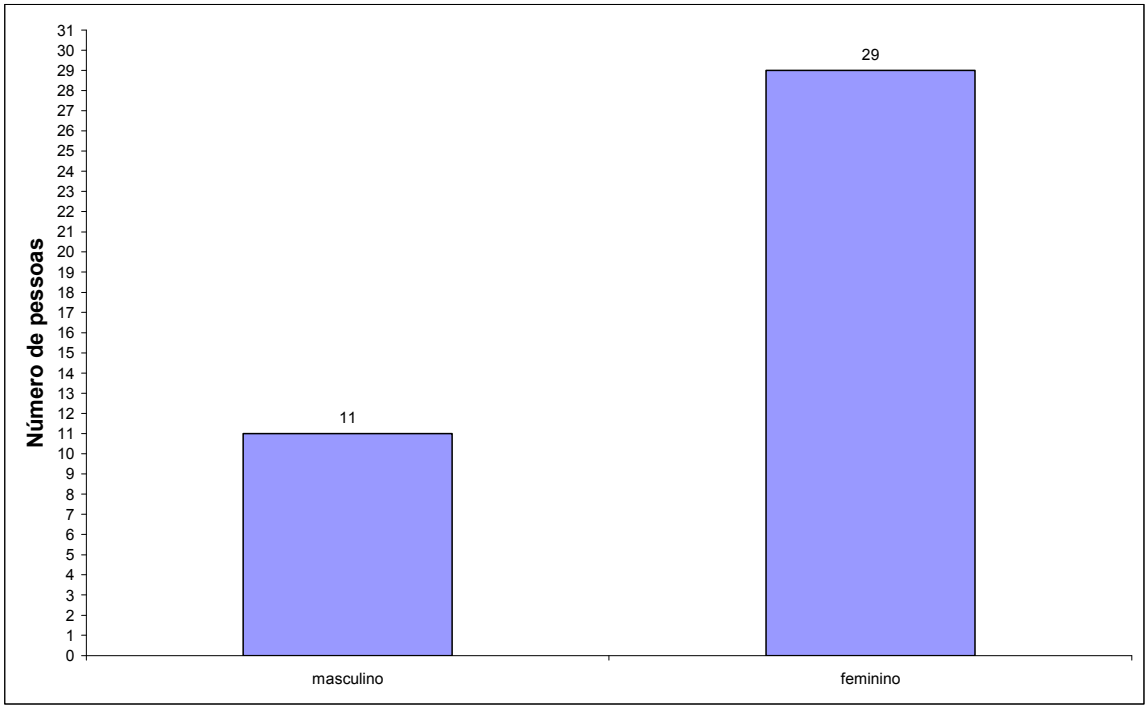

Figura 6-29 *Caracterização de gênero dos provadores*

Estes provadores apresentaram faixas etárias bastante variadas, sendo que tivemos 11 provadores com idade entre 20 a 25 anos, 6 provadores com idade entre 26 e 30 anos, 5 provadores com idade entre 31 e 35 anos, 3 provadores com idade entre

36 e 40 anos, e 15 provadores com idade superior a 41 anos. Podemos observar estes resultados na Figura 6-30.

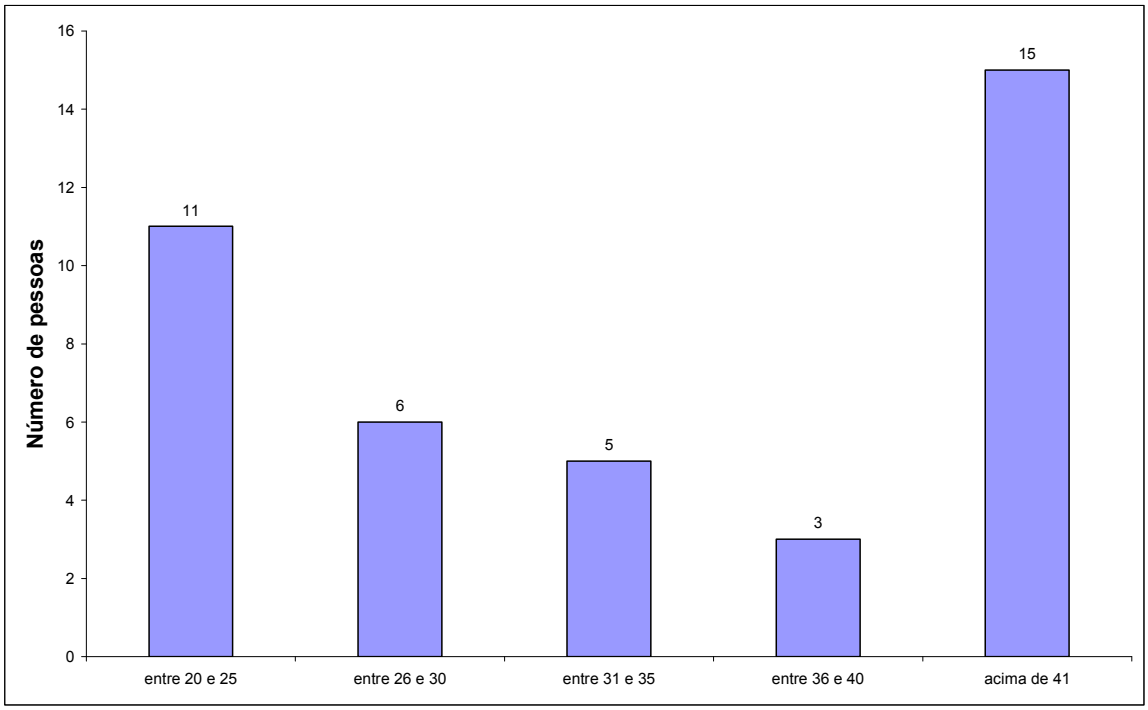

Figura 6-30 *Idade dos provadores*

Dentre os provadores, 33 afirmaram consumir ervilhas em conserva com freqüência, enquanto 7 provadores afirmaram não serem consumidores habituais desta conserva (Figura 6-31).

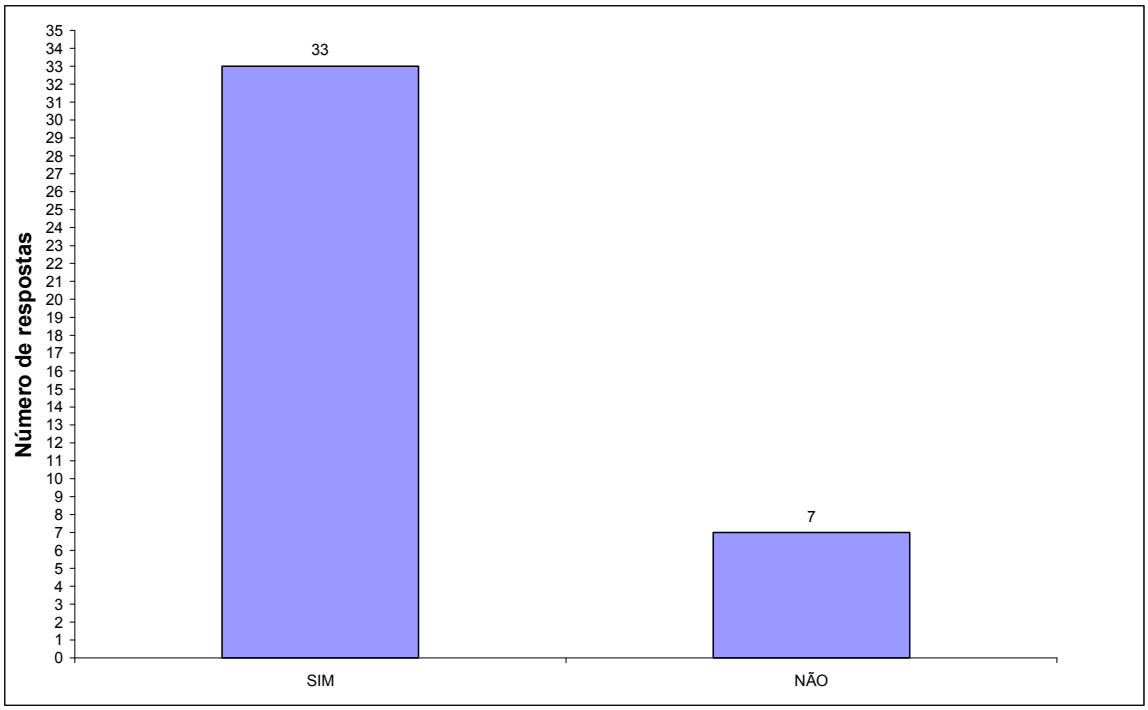

Figura 6-31 *Consumidores habituais de ervilhas em conserva entre os provadores*

Na Figura 6-32 observamos dados em relação a freqüência de consumo de ervilhas em conserva destes provadores selecionados. Percebemos que 28 provadores afirmam consumir ervilhas em conserva ocasionalmente, 10 provadores afirmam consumir esta conserva uma vez por semana, um provador afirmou consumir duas vezes por semana e um provador afirmou consumir ervilhas em conserva três vezes por semana.

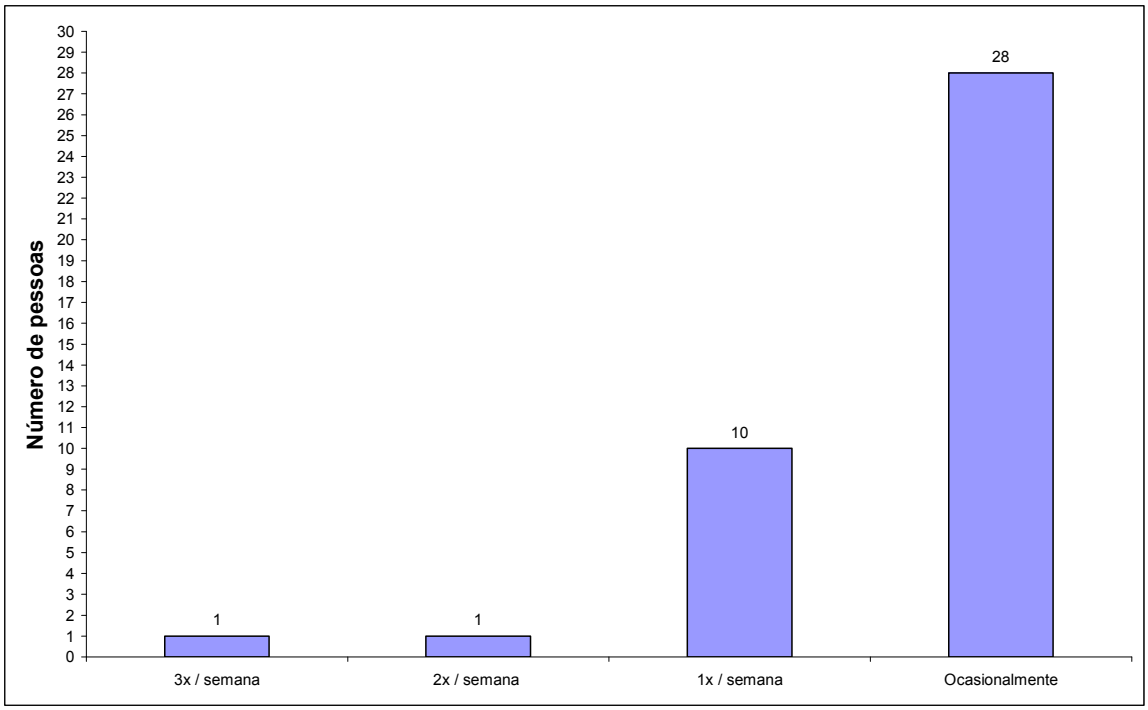

Figura 6-32 *Freqüência de consumo de ervilhas em conserva entre os provadores.*

A forma habitual de consumo de ervilhas em conserva por estes provadores pode ser observada na Figura 6-33. Sabendo que mais de uma opção poderia ser selecionada nesta questão, obtivemos 21 afirmações de que a forma escolhida de consumo seria utilizando o produto diretamente da lata, sem novo cozimento (em saladas e outros preparos frios, por exemplo). Sete provadores afirmaram consumir a ervilha após novo cozimento, sete outros afirmaram utilizar esta conserva no preparo de sopas e caldos, e quinze consumidores afirmaram utilizar a ervilha em conserva no preparo de outras receitas não citadas na pesquisa.

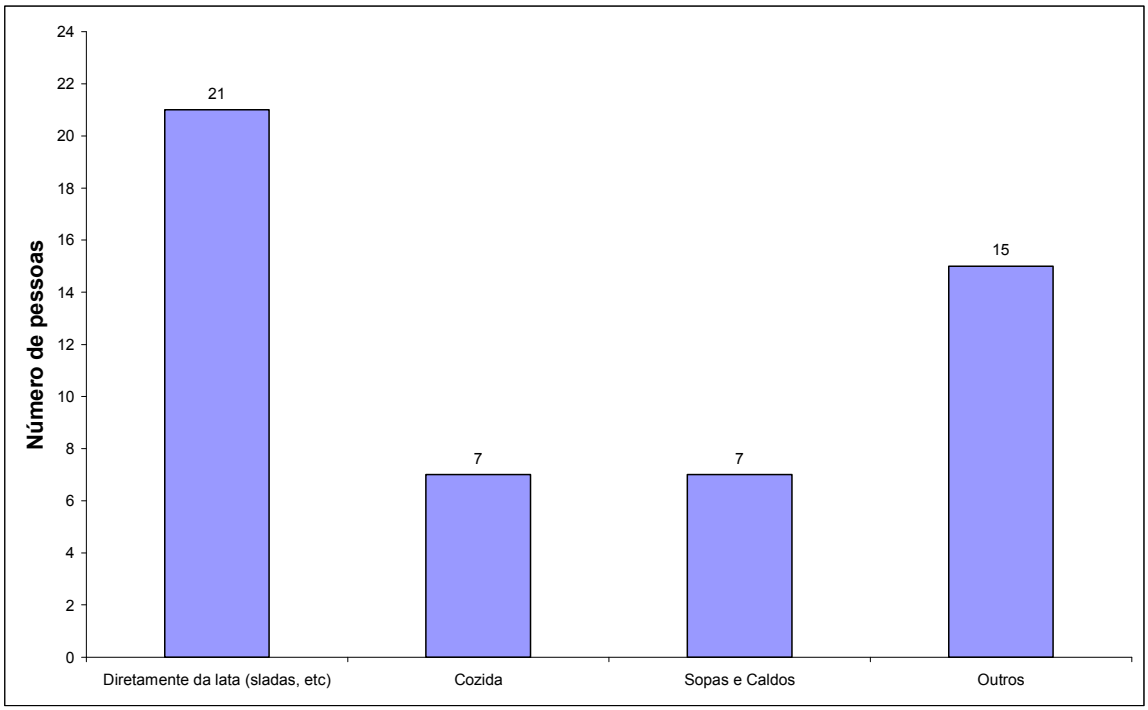

Figura 6-33 *Forma de consumo de ervilhas em conserva pelos provadores (mais de uma opção era permitida)*

Uma vez com os provadores caracterizados, partimos para a avaliação das respostas obtidas em relação aos atributos avaliados na aceitação sensorial. As figuras de 6-34 a 6-38 fornecem dados sobre as notas dadas aos atributos avaliados.

Na figura 6-34, observamos que 30 provadores avaliaram o atributo Aparência Geral com notas entre 7 e 9, sendo que 14 provadores apresentaram nota máxima a este atributo.

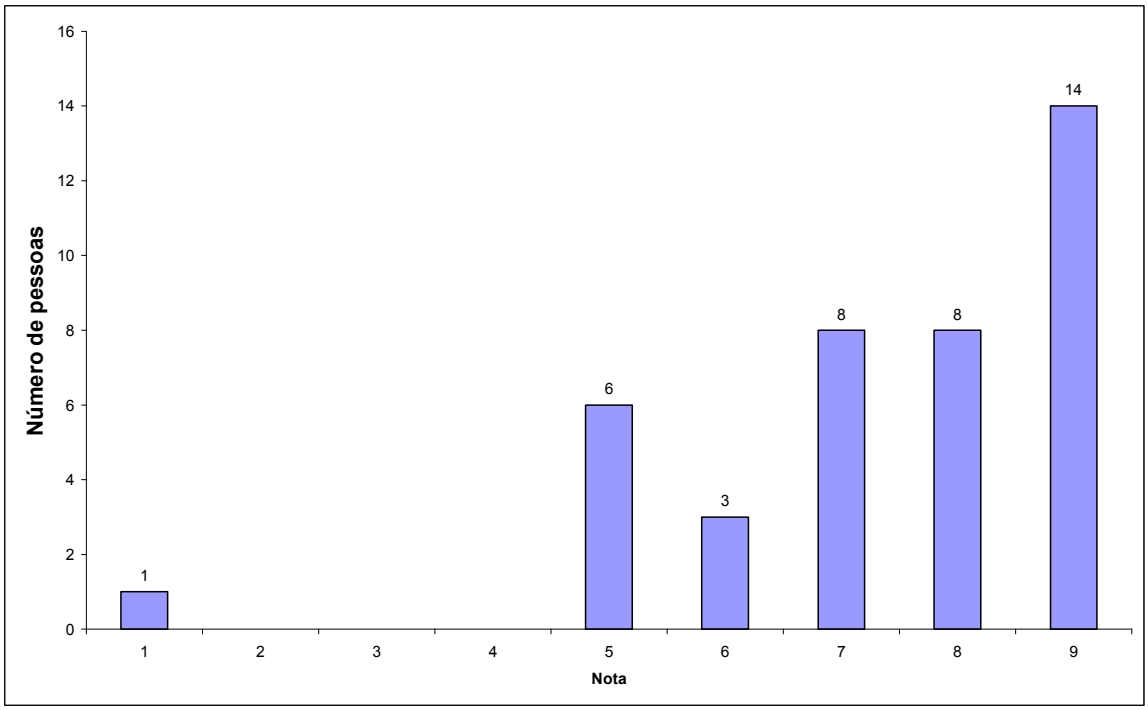

Figura 6-34 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Aparência Geral das ervilhas em conserva.*

Já na Figura 6-35, observamos que 27 provadores atribuíram notas entre 7 e 9 para os atributos Cor das ervilhas em conserva, sendo que 15 provadores atribuíram nota máxima nesta avaliação.

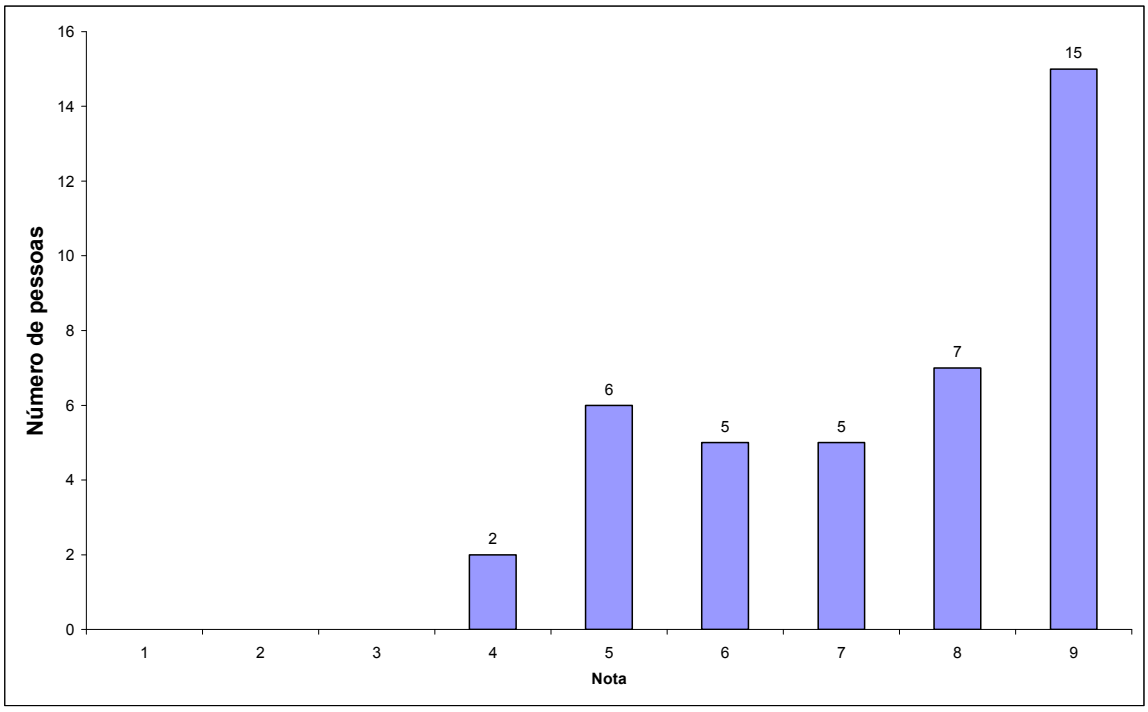

Figura 6-35 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Cor das ervilhas em conserva.*

O atributo Textura gerou respostas diferenciadas, com aceitação dividida. Como podemos observar na Figura 6-36, vinte e dois provadores atribuíram nota entre 7 e 9 para este atributo, com dez provadores apresentando nota máxima. No entanto, Dezoito provadores atribuíram notas entre 1 e 6, sendo que treze provadores atribuíram notas 5 e 6 para a Textura avaliada. Entre os comentários livres encontramos uma divisão de opiniões, sendo que cerca de 50% dos provadores aprovaram a firmeza das ervilhas, enquanto os outros 50% desaprovaram, afirmando que dariam preferência a produtos mais macios.

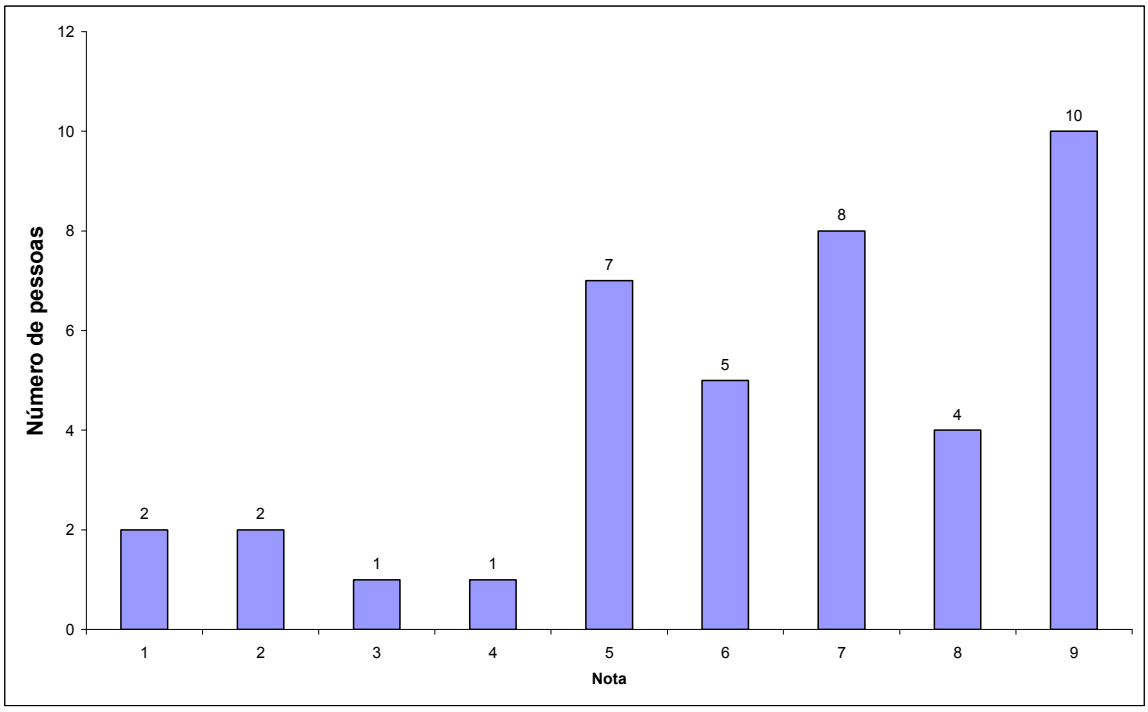

Figura 6-36 *Numero de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Textura das ervilhas em conserva.*

O atributo Sabor, apresentado na figura 6-37, não gerou grande polemica. Vinte e sete provadores atribuíram notas entre 7 e 9 para este atributo, sendo que onze provadores atribuíram nota 7. Treze provadores atribuíram notas entre 3 e 6 para este atributo.

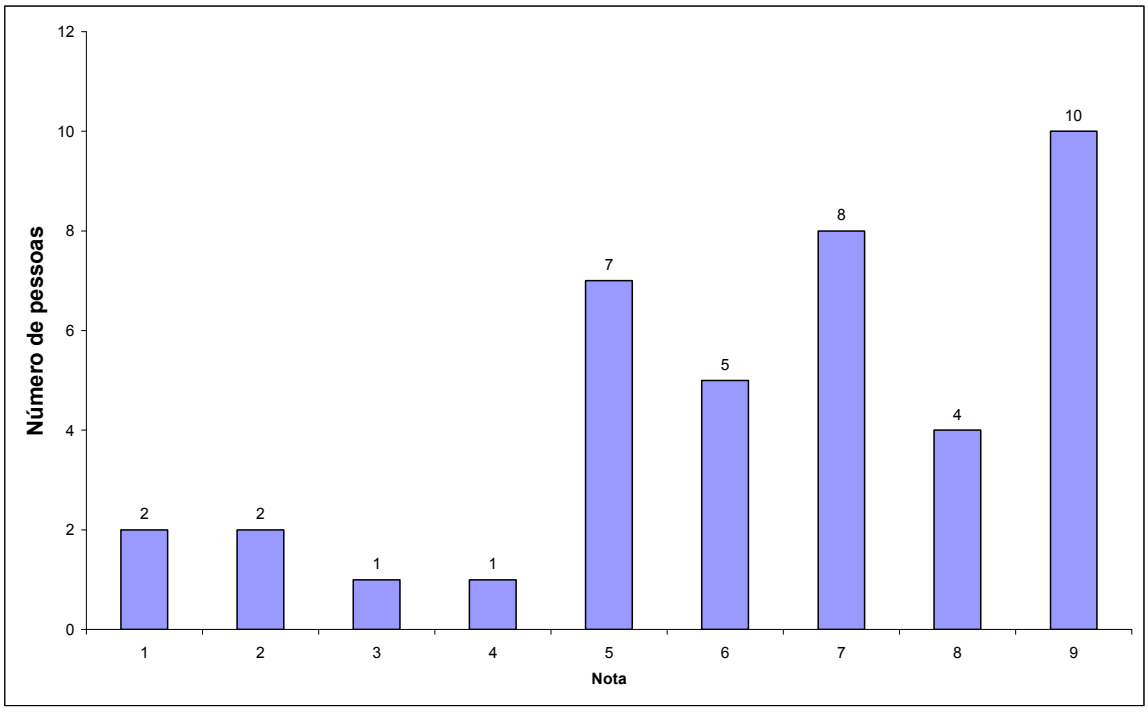

Figura 6-37 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação ao atributo Sabor das ervilhas em conserva*.

Em relação a avaliação da intenção de compra, verificamos um alto numero de respostas positivas, sendo que 27 provadores afirmaram que certamente ou possivelmente comprariam este produto. Cinco provadores se mostraram indecisos, enquanto oito provadores afirmaram que Possivelmente ou Certamente não comprariam esta ervilha em conserva. Os dados destas respostas podem ser observados na figura 6-38, à seguir.

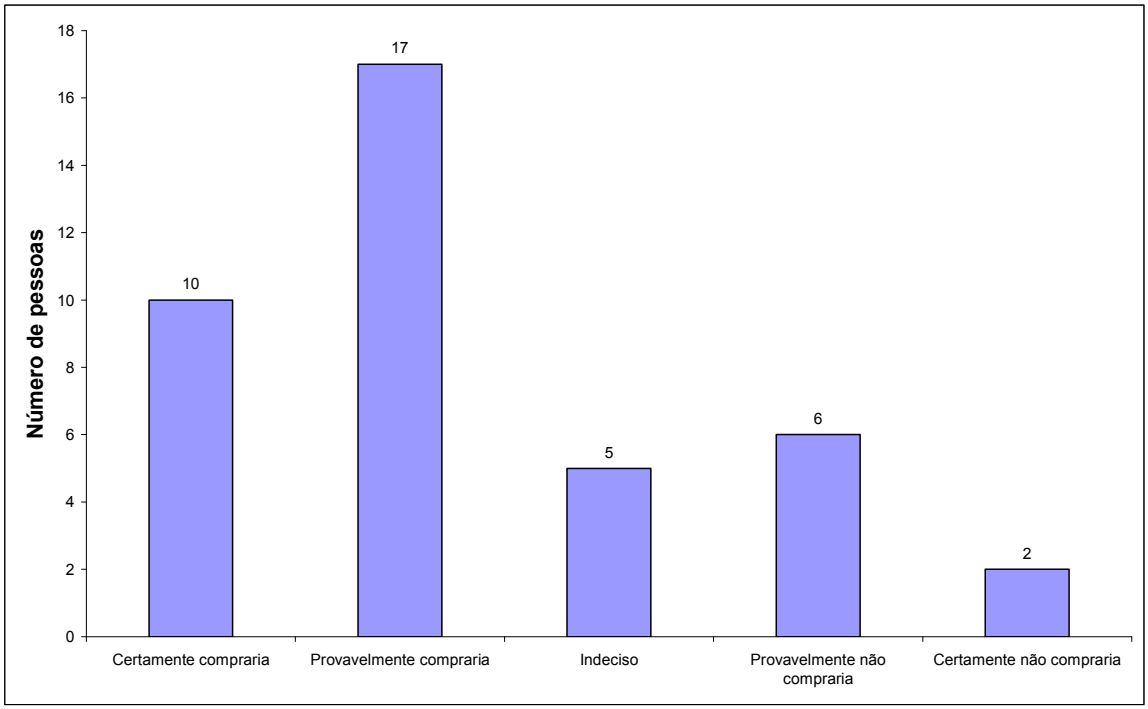

Figura 6-38 *Número de notas apresentadas (1 a 9) em relação a intenção de compra das ervilhas em conserva.*

6.1.9 Discussão

A hidratação em grãos e legumes pode ser descrita por diversos modelos matemáticos. Um dos modelos mais utilizados baseia-se na lei de difusividade efetiva de Fick e pode ser observado nos trabalhos de BELLO *et al*. (2007), AHROMRIT *et al.* (2006) e RESIO *et al.* (2003), entre outros. No entanto, para que os dados experimentais se encaixem no modelo matemático proposto, e necessário considerar a ervilha um grão perfeitamente esférico, com coeficiente de difusão constante (ignorando variações na umidade ao longo do grão durante a hidratação), e mais importante, considerar que não há nenhuma alteração no volume do grão durante todo o processo de hidratação.

Dados experimentais apresentados neste trabalho mostram que este modelo não pode ser aplicado para cinética de rehidratação de ervilhas. Por nossos dados de hidratação, podemos afirmar que o volume final das ervilhas chega a ser 100% maior do que o volume inicial, e que a velocidade da difusão da umidade pelo grão é significativamente maior na etapa inicial da hidratação do que nas etapas finais, quando a umidade do grão atinge o equilíbrio. Por estas razões, escolhemos não utilizar o modelo de Fick para descrever a cinética de hidratação neste trabalho.

Outro modelo utilizado para descrever cinéticas de hidratação é o modelo de Becker, utilizado por VERMA e PRASSAD (1999). Este modelo é uma variação da segunda lei de Fick, porém levando em consideração variações na forma geométrica do grão a ser estudado. Neste estudo, porém, o tempo de hidratação avaliado foi muito curto (20 minutos), o que não corresponde à realidade do nosso experimento. Por estas razões, o modelo de Becker também não foi utilizado.

O modelo escolhido para descrever os dados encontrados neste trabalho foi o modelo descrito por PELEG (1988), principalmente por sua simplicidade e confiabilidade, pois leva em conta apenas fatores como tempo e variação de umidade. Outros fatores como variação de temperatura e concentração de aditivos na solução de maceração podem ser avaliados por outras metodologias, sem que haja interferência na modelagem matemática da hidratação.

O modelo de Peleg foi utilizado com sucesso para descrever o processo de absorção de água em grão de bico por GOWEN *et al.* (2007). Em um processo de hidratação muito semelhante ao utilizado em nosso trabalho estes autores utilizaram temperaturas de 25°C a 60°C e tempos de hidratação entre 200 minutos a 24 horas.

Os perfis de hidratação obtidos neste trabalho estão de acordo com os perfis obtidos por KROKIDA *et al*. (2003) na rehidratação de ervilhas, sendo que os dados referentes à variação de umidade nas ervilhas também são bastante semelhantes nos dois trabalhos. Nas três temperaturas de hidratação (40°C, 60°C e 80°C) avaliadas por KROKIDA *et al*. (2003), o equilíbrio de umidade também foi atingido após cerca de 120 minutos. No entanto, neste trabalho o autor concluiu que a cinética de hidratação de ervilhas seguia uma cinética de primeira ordem. Porém, como em nosso trabalho abordamos uma gama maior de temperaturas, chegamos a algumas conclusões diferentes.

TURHAN *et al.* (2002) obtiveram um perfil de hidratação semelhante ao perfil avaliado em nossos dados, porém avaliando a hidratação de grão de bico. O autor, para melhor avaliar o comportamento de hidratação do grão em questão, segmentou a curva de hidratação em quatro perfis, e modelou matematicamente através do modelo de Peleg cada segmento individualmente.

Em outro estudo, relacionado à hidratação de grãos de amaranto, RESIO *et al.* (2006) obtiveram um perfil de hidratação semelhante ao encontrado em nosso trabalho, porém, a umidade final dos grãos foi significativamente inferior à encontrada na hidratação de ervilhas. Isso possivelmente se deve a diferenças composição centesimal entre ambos os grãos.

Em nosso trabalho, avaliamos temperaturas variando de 05°C a 85°C, e estabelecemos uma relação matemática seguindo o mesmo modelo de Peleg proposto

por GOWEN *et al.* (2007). Nossa curva de Arrhenius apresentou uma quebra, e a Energia de ativação obtida foi:

$Ea_{reta\ 1}$ = 2,805 kJ / mol

$Ea_{reta\ 2}$ = 50,557 kJ / mol

A curva de Arrhenius proposta por GOWEN *et al.* (2007) também apresentou uma descontinuidade, assim como observado em outros trabalhos (BAKSHI & SINGH, 1980; SAYAR, TURHAN e GUNASEKARAN, 2001; TURHAN *et al*. 2002). A energia de ativação encontrada para hidratação de grãos-de-bico não branqueados foi de 42,45 kJ /mol.

Esta descontinuidade na curva de Arrhenius foi observada em diversos trabalhos, e especula-se que a razão para o aparecimento deste fenômeno pode estar relacionada ao inicio da gelatinização do amido do grão em questão, ocorrendo, em geral, em temperaturas ao redor de 50°C.

RESIO *et al.* (2006) avaliaram a influência da adição de diferentes concentrações de SO_2 nas soluções de maceração no perfil de hidratação de grãos de amaranto, e concluiu que este aditivo pouco influi na velocidade de hidratação ou no ganho de umidade final do grão. Estes autores observaram, da mesma forma como observamos neste estudo, que a temperatura é o fator que mais influencia o ganho de umidade durante a hidratação. Estes autores encontraram valores de K_1 = 50,8 ± 0,2 e K_2 = 1,87 ± 0,03 para 30°C, com R^2 de 0,976; e K_1 = 21,3 ± 0,9 e K_2 = 1,17 ± 0,05 para 60°C, com R^2 de 0,997. Estes valores são bastante diferentes dos encontrados em nosso trabalho, o que possivelmente se deve ao fato de os vegetais avaliados serem diferentes, bem como as condições de maceração. No entanto, o modelo proposto por PELEG (1988) foi adaptado com sucesso nos dois casos.

ABU-GHANNAM (1998) avaliou as alterações na textura de feijões vermelhos durante o processo de hidratação, e concluiu que a força necessária para o cisalhamento diminui significativamente na primeira hora de hidratação nas quatro temperaturas avaliadas (20°C a 60°C), e depois há uma estabilização. Este dado possivelmente se relaciona com a umidade contida no grão em questão. Este autor sugere uma relação logarítmica entre as alterações na textura do grão e a absorção de água.

Em relação à textura, os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os resultados obtidos por PASCHOALINO *et al*. (1996), McCURDY *et al*. (1983), DRAKE *et al*.(1985) e LUH *et al*. (1975). Observamos, assim como os autores citados, que a presença do sal $CaCl_2$ contribui para o aumento da firmeza das ervilhas após sua hidratação e processamento. No entanto, este não é o único aditivo que contribuiu para o aumento da firmeza desta leguminosa. Observamos, também, que o $CaCl_2$ quando aliado a outros aditivos como o NaCl e o Ácido Cítrico e o EDTA pode levar a um aumento ainda maior da firmeza das ervilhas hidratadas, porém com algumas perdas no ganho de massa e ganho de volume. A hidratação em solução de NaCl 2% foi a que levou ao pior desempenho em relação a firmeza das ervilhas, reduzindo a firmeza em cerca de 50% quando comparada ao grupo controle.

Em relação ao ganho de volume e ganho de massa, percebemos, assim como citado por PASCHOALINO *et al*. (1996) e McCURDY *et al.* (1983), a maceração em soluções contendo aditivos contribui negativamente para estes atributos, sendo a combinação entre Ácido Cítrico e NaCl a que obteve o pior desempenho em relação ao ganho de massa; e sendo a combinação entre $CaCl_2$, Ácido Cítrico e NaCl a que obteve o pior desempenho em relação ao ganho de volume. Os melhores rendimentos de ganho de massa e volume foram obtidos após hidratação em soluções de EDTA 0,5% e $CaCl_2$ 0,5%.

LARIA *et al.* (2005) avaliaram o ganho de umidade em grãos e milho em soluções contendo hidróxido de sódio à temperatura ambiente. Ao contrario de nossos experimentos, estes autores verificaram uma curva de ganho de umidade em que a velocidade da absorção de água aumentava conforme o tempo passava. Os autores

sugerem que a cinética de absorção de água em grãos de milho pode ser, na verdade, dividida em cinco etapas, com cinco comportamentos cinéticos diferentes. Em outro trabalho, LARIA, MEZA e PEÑA (2007) avaliaram a absorção de água e cálcio durante o tratamento alcalino de grãos de milho. Avaliou-se que a absorção de cálcio está relacionada à temperatura de maceração e à velocidade com que a água é transportada para o interior do grão. Quanto maior o teor de cálcio dentro do grão, maior será a interação deste íon com os carboidratos ali presentes, e mais significativas serão as mudanças relacionadas ao volume e textura do grão.

Avaliamos que a presença de EDTA 0,5% pouco contribuiu nos atributos avaliados no decorrer deste trabalho. Quando avaliado sem a interferência de outros aditivos, as respostas obtidas foram estatisticamente iguais as respostas obtidas no tratamento controle. No entanto, quando o EDTA na presença de outros aditivos, percebemos uma contribuição para a alteração de todas as respostas, sugerindo uma ação sinérgica entre os aditivos utilizados.

CANNIATTI-BRAZACA (2006) cita, em seu trabalho, diversas características de ervilhas frescas e seus produtos derivados, entre eles a ervilha em conserva. Segundo esta autora, ervilhas frescas possuem, em média, 76,43% de umidade, enquanto ervilhas em conserva possuem cerca de 77,5% de umidade. Em nossa revisão bibliográfica, mostramos que trabalhos anteriores afirmam que o tempo gasto na hidratação de ervilhas pode variar de 6 a 12 horas, e não há menção ao volume de água mínimo necessário para completa hidratação.

Utilizando estes dados fornecidos por esta autora, e utilizando os dados de cinética obtidos através de nosso trabalho, é possível fazer um exercício hipotético de determinação de tempo de hidratação e volume mínimo de água necessária para que a ervilha em conserva atinja estas características descritas no trabalho de CANNIATTI-BRAZACA (2006).

Considerando a equação obtida através do modelo de Peleg para hidratação a 25°C:

$$y = 0{,}8873x + 1{,}656$$

E os valores das constantes encontradas:

K_1 = 1,656

K_2 = 0,8873

Sendo que:

$$\frac{t}{M - Mo} = K_1 + K_2 t \qquad \text{(A)}$$

$$y = \frac{t}{(m - Mo)} \qquad \text{(B)}$$

$$t = x \qquad \text{(C)}$$

$$K_2 t + K_1 = 0{,}8873x + 1{,}656 \qquad \text{(D)}$$

Para atingirmos o valor de 100,0% de umidade segundo o tratamento a 25°C (utilizado neste trabalho), consideramos:

$$\frac{t}{M - Mo} = K_1 + K_2 t$$

Substituindo os valores;

$$\frac{t}{(100\% - 5{,}5\%)} = 0{,}8873t + 1{,}656$$

t = 9,7 horas

Seria necessária uma hidratação de 9,7 horas em água destilada a 25°C.

Considerando a Tabela 6-16 abaixo, podemos observar que, após 10 horas de hidratação, atingimos o valor de 102,07% de umidade, sem considerar a absorção final durante o processamento térmico.

Tabela 6-16 *Massa de água absorvida por ervilhas durante rehidratação a 25°C durante período de 24 horas*

Tempo (horas)	Massa média ervilhas (g)	Massa de água absorvida (g)	Umidade em base seca
0	100,13	0	5,00%
1	130,37	30,23	35,19%
2	147,67	47,53	52,47%
3	162,23	62,10	67,01%
4	171,87	71,73	76,63%
5	181,77	81,63	86,52%
6	187,67	87,53	92,41%
7	193,40	93,27	98,14%
8	193,33	93,20	98,07%
9	194,73	94,60	99,47%
10	197,33	97,20	102,07%
11	198,67	98,53	103,40%
12	198,27	98,13	103,00%
13	198,33	98,20	103,07%
14	199,47	99,33	104,20%
15	200,17	100,03	104,90%
16	201,33	101,20	106,06%
17	200,23	100,10	104,96%
18	201,23	101,10	105,96%
19	202,77	102,63	107,49%
20	202,67	102,53	107,39%
21	203,93	103,80	108,66%
22	204,90	104,77	109,62%
23	202,80	102,67	107,53%
24	207,13	107,00	111,85%

Considerando também que, em aproximadamente 10 horas, as ervilhas absorveram 97,20g de água. Em uma proporção de 97,20g água / 100,13g ervilha, temos:

- 0,97g água / 1g de ervilha desidratada
- 970g água / kg ervilha desidratada
- 970 kg água / ton ervilha desidratada

Considerando que, para gerarmos 180g de ervilhas hidratadas a umidade aproximada de 100% (o valor necessário para o enchimento de uma lata, valores observados na Tabela 5-2), são necessários 91,37 g de ervilhas desidratadas. Estes 180g serão utilizados no enchimento de uma lata que, após a fase de hidratação durante a esterilização, atingirá o valor de peso drenado de 200g $\pm$ 10g.

Considerando-se, então, que 91,37g de ervilhas desidratadas são suficientes para uma lata de ervilha rehidratada processada, temos que:

1 ton ervilha desidratada = 10944 latas

Para cada tonelada de ervilha desidratada processada, gerando 10944 latas de 330g de conserva de ervilhas em conserva (200g de ervilha rehidratada processada e 130g de salmoura), será necessário um consumo fixo de, pelo menos, 970 kg de água, somente para a hidratação da hortaliça. Se considerarmos também que em cada lata são adicionados cerca de 130 mL de salmoura 2%, temos um gasto de 1423 kg de água no processamento total.

Considerando os gastos totais de matéria prima / tonelada de ervilha processada, temos:

Para processamento de uma tonelada de ervilha desidratada umidade 5,5%

- **2393 kg de água (970 kg para hidratação + 1423 kg para salmoura)**
- **4,85 kg de $CaCl_2$ (para formulação de solução 0,5% para hidratação)**
- **28,46 kg de NaCl (para formulação da salmoura 2%)**

A analise sensorial nos trouxe dados bastante importantes, porém de certa forma, inconclusos. Observa-se que o tratamento selecionado, com hidratação em solução de $CaCl_2$ 0,5% não levou à altos níveis de rejeição em relação aos atributos Cor, Sabor e Aparência Geral, alem de não haver nenhuma menção a sabores residuais ou desagradáveis. A textura, no entanto, gerou respostas positivas e negativas quase em mesmo numero. É sabido que as ervilhas em conserva disponíveis no mercado brasileiro possuem uma textura bastante macia, bastante diferente do produto avaliado neste teste sensorial. No entanto, comentários positivos em relação ao aumento da firmeza do produto vieram seguidos de criticas a habitual textura excessivamente macia das ervilhas em conserva normalmente encontradas no mercado. Por outro lado, quando nos deparamos com comentários negativos em relação ao aumento da firmeza

do produto, encontramos uma certa fidelidade ao produto mais macio, disponível atualmente no mercado.

O aumento da firmeza das ervilhas em conserva pode ser uma opção no desenvolvimento deste produto, no entanto será necessário um processo de aperfeiçoamento da tecnologia de produção e adaptação ao paladar do consumidor-alvo, de modo que possamos aumentar a firmeza das ervilhas em conserva, tornando sua textura o mais próxima possível da textura da ervilha fresca, mas encontrando, talvez, um meio termo, para que o produto não se torne firme demais a ponto de ser rejeitado pelo consumidor.

7 CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos neste trabalho, concluiu-se que:

- Dentre as temperaturas avaliadas, a temperatura ideal para a hidratação experimental de ervilhas desidratadas é de 25°C;

- A cinética de hidratação de ervilhas em água destilada à 25°C segue o modelo proposto por Peleg, e os parâmetros de cinética encontrados para a ervilha são semelhantes aos encontrados para outras leguminosas em outros trabalhos;

- Ervilhas hidratadas em soluções contendo diversos aditivos apresentam respostas significativamente diferentes para ganho de volume, ganho de massa e textura;

- A adição de EDTA, na ausência dos outros aditivos, pouco contribui para a alteração destas mesmas respostas quando comparado ao teste controle;

- A hidratação de ervilhas em solução contendo $CaCl_2$ 0,5% apresentou a melhor relação entre as respostas de ganho de massa, ganho de volume e aumento na força de cisalhamento (textura);

- A hidratação de ervilhas na presença de Ácido Cítrico e NaCl contribui para uma maior perda de sólidos da leguminosa para a solução de hidratação. O tratamento que levou à menor perda de sólidos foi o que utilizou a solução de $CaCl_2$ 0,5%.

- Em uma situação hipotética, podemos estimar que, para hidratar-se uma tonelada de ervilhas para produção de conservas de baixa acidez, seria necessária a absorção de cerca de 970 litros (ou kg) de água;

- A análise sensorial mostrou uma boa aceitação das ervilhas em conserva hidratadas em solução de $CaCl_2$ 0,5%. Os atributos Aparência Geral, Cor e Sabor foram avaliados com mais de 65% de respostas positivas (notas entre 7 e 9). O atributo Textura gerou 55% de respostas positivas e 45% de respostas negativas.

8 Sugestões para trabalhos futuros:

- Avaliação de possíveis tratamentos da água de maceração, para torná-la apta ao consumo ou para sua reutilização no processo industrial, ou tratamento como efluente para descarte;

- Adaptação do conceito desenvolvido neste trabalho ao conceito de embalagem solid-pack e avaliação de sua viabilidade em processos industriais de larga escala;

- Avaliação da viabilidade dos modelos descritos neste trabalho em ambientes industriais, de produção em larga escala;

- Avaliação de eventuais perdas nutricionais causadas pela hidratação (nestas soluções de maceração);

- Avaliação sensorial completa de todos os tratamentos utilizados na hidratação de ervilhas durante este trabalho;

- Avaliação de outras combinações de aditivos, assim como de soluções menos concentradas para obtenção de um ajuste mais preciso dos atributos sensoriais.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-GHANNAM, N Modeling textural changes during the hydration process of red beans. **Journal of Food Engineering**, v. 38, pp. 341-352. 1998

ABU-GHANNAM, N.; MCKENNA, B. The application of the Peleg´s equation to model water absorption during soaking of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Engineering**, v.32, pp. 391-401. 1997

ABU-GHANNAM, N.; MCKENNA, B. The hydration kinetics of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, v.62, pp. 520-523. 1997

AHROMRIT, A.; LEDWARD, D.A.; NIRANIAN, K. . High pressure induced water uptake characteristics of Thai glutinous rice. **Journal of Food Engineering** 72, pp. 225-233. 2006.

BAKSHI, A. S., & SINGH, R. P.. Kinetics of water diffusion and starch gelatinization during rice parboiling. **Journal of Food Science**, 45, pp.1387–1392. 1980

BELLO, M. O.; TOLABA, M. P. & SUAREZ, C.. Water absorption and starch gelatinization in whole rice grain during soaking. **LWT-Food Science and Technology**, 40, pp.313–318. 2007

CANNIATTI-BRAZACA, S.G. – Valor nutricional de produtos de ervilha em comparação com ervilha fresca – **Ciencia e Tecnologia de Alimentos** 26, v.4 – pp.766-771, 2006

COMISSÃO NACIONAL DE NORMAS E PADRÕES PARA ALIMENTOS - Resolução - CNNPA nº 13, de 15 de julho de 1977

CUNNINGHAM, S.E.; McMINN,W.A.M.;MAGEE, T.R.A.; RICHARDSON, P.S. - Modelling water absorption of pasta during soaking **Journal of Food Engineering,** Volume 82, ed. 4, pp. 600-607. 2007

DRAKE, S.M.; MUEHLBAUER, F.J. Dry pea (Pisum sativum L.) canning quality as influenced by soak time, soak solution and cultivar. **Journal of Food Science**, v.50, p. 238-240. 1985

EMBRAPA – Hortaliças em números
http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/producao%20de%20hortalicas%20no%20brasil%201980%20a%202005.pdf
Visitado em 04/03/2008

ENGELS,C.; HENDRICKX, M.; TOBBACK, P. Axisymmetric TLM model for water vapor soaking of white rice. **Journal of Food Engineering**, v.6 p. 445, 1987

FAHL, J. I.**. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas – Boletim 200.** 6ª. Edição - 396 pag. 1998

GENOVESE, M.I., LAJOLO, F.M. Atividade inibitória de tripsina do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): avaliação crítica dos métodos de determinação, **Archivos Latinoamericanos de Nutricion,** Caracas, v.51, n.4, p.386-394, 2001.

GOWEN, A.; ABU-GHANNAM, N.; FRIAS, J.; OLIVEIRA, J. Modelling the water absorption process in chickpeas (*Cicer arietinum* L.)—The effect of blanching pre-treatment on water intake and texture kinetics. **Journal of Food Engineering**, v. 78 (3), pp. 810-819. 2007

HAYAKAWA, K. I . Predicting na equilibrium state value from transient state data. **Journal of Food Science**, v. 39, p. 272, 1974

HENDRICKX, M.; ENGELS, C. TOBBACK, P. Three-dimensional TLM models for water diffusion in white rice. **Journal of Food Engineering**, v.6, pp. 187-197, 1987.

HUNG, T. V.; LIU, L.; BLACK, R. G.; TREWELLA, M. A. Water absorption in chickpea (C. arietinum) and field pea (Pisum sativum) cultivars using Peleg model. **Journal of Food Science**, v. 58, pp. 848-852. 1993

HUGHES, J.S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, Chicago, v.45, n.9, p.122-124, 1991.

HUI, Y.H. Encyclopedia of Food Science and Technology, v. 4, p. 2662 – Ed. John Wiley and Sons, 1992

IBGE / **Tabelas de Composição de Alimentos**. 4. ed., 137p. Rio de Janeiro, 1996.

JOOD, S.; CHAUHAN, B.M.; KAPOOR, A.C. Protein digestibility (*in vitro*) of chickpea and blackgram seeds as affected by domestic processing and cooking, **Plants Foods for Human Nutrition**, Netherlands, v. 39, p. 149-154, 1989.

KASHANINEJAD, M.; MAGHSOUDLOU, Y.; RAFIEE, S.; KHOMEIRI, M. Study of hydration kinetics and density changes of rice (Tarom Mahali) during hydrothermal processing. **Journal of Food Engineering**, 2006. Accepted 12 april, 2006.

KHAN, M.A.; JACOBSEN, I.; EGGUM, B.O. Nutritive value of some improved varieties of legumes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 30, p. 395-400, 1979.

KROKIDA, M.K.; MARINOUS-KOURIS, D. Rehydration kinetics of dehydrated products. **Journal of Food Engineering**, v.57, p.1-7. 2003

LARIA, J.; MEZA, E.; MONDRAGON, M.; SILVA, R.; PEÑA, J.L**.** Comparison of overall water uptake by corn kernel with and without dissolved calcium hydroxide at room temperature. **Journal of Food Engineering**, v.67, p. 451. 2005

LARIA, J.; MEZA, E.; PEÑA, J. L. Water and calcium uptake by corn kernel during alkaline treatment with different temperature profiles. **Journal of Food Engineering**, v. 78(1), pp. 288-295. 2007

LOPEZ, A.; PIQUE, M. T.; CLOP, M.; TASIAS, J.; ROMERO, A.; BOATELLA, J.; GARCIA, J. The hygroscopic behaviour of hazelnut. **Journal of Food Engineering**, v. 25, pp. 197-208. 2000

LU, R.; SIEBENMORGEN, T. J.; and ARCHER, T. R.. Absorption of water in long-grain rough rice during soaking. **Journal of Food Process Engineering** v.17(2), pp.141-154. 1994

LUH, B.S.; WANG, C.; DAOUD, H.N. Several factors affecting color, texture and drained weight of canned dry lima beans. **Journal of Food Science**, v.40, p.557-561. 1975

MAHARAJ, V.; SANKAT, C. K.. The rehydration characteristics and quality of dehydrated dasheen leaves. **Canadian Agricultural Engineering. Edição de Abril/Maio/Junho** v. 42(2), pp. 81-85. Faculty of Engineering, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad, Trinidad and Tobago 2000

MARCONI, E.; RUGGERI, S.; CAPPELLONI, M.; LEONARDI, D.; CARNOVALE, E. Physicochemical, Nutritional, and Microstructural Characteristics of Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Following Microwave Cooking. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p.5986-5994, 2000.

McCURDY, S.M.; DRAKE, S.R.; SWANSON, B.G.; LEUNG, H.K.; POWERS, J.R. Influence of cultivars, soak solution, blanch method and brine composition on canned dry pea quality. **Journal of Food Science**, v.48, p.394-399. 1983

MORROW, B. The rebirth of legumes: legume production, consumption and export are increasing as more people become aware of legumes nutritional benefits. **Food Technology**, Chicago, v.45, n. 9, p.96-121, 1991.

NIELSEN, S.S. Digestibility of legume protein: studies indicate that the digestibility of heated legume protein is affected by the presence of other seed components and the structure of the protein. **Food Technology**, Chicago, v.45, n. 9, p.112-114, 1991.

NUSSINOVITCH, A.; PELEG, M. An empirical model for describing weight changes in swelling and shrinking gels**. Food Hydrocolloids**, v. 4 n°1, pp. 69-76. 1990

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL – **Food Composition, Additives and Natural Contaminants**, 16th Edition, V.2; Gaithersburg, Maryland

PALOU, E.; LOPEZ-MALO, A.; WELTI, J. Use of Peleg´s equation to osmotic concentration of papaya. **Drying Technology**, v. 12, pp. 965-978. 1994

PASCHOALINO, J.E.; BERBARI, S.A.G.; GERMER, S.P.M; NISIDA, A.L.A.C.; TOCCHINI, R.P. Aprimoramento da tecnologia para produção industrial de ervilhas reidratadas enlatadas. **Coletânea do ITAL** - Campinas, v.26 (1), p.81-87. 1996

PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. **Journal of Food Science**, v. 53, n°4, pp. 1216-1219. 1988

PEREIRA, C.A.S.; COSTA, N.M.B. Proteínas do feijão preto sem casca: digestibilidade em animais convencionai e isentos de germes (germ-free). **Revista de Nutrição**, Campinas, v.15, n.1, p. 5 –14, 2002.

RESIO, A. C.; AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C. Hydration kinetics of amaranth grain. **Journal of Food Engineering**, v.72, pp. 247-253. 2006

RESIO, A. C.; AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C. Study of some factors affecting water absorption by amaranth grain during soaking Journal of Food Engineering, v.60 pp. 391-396, 2003

RODRIGUES, O.; BERTAGNOLLI, P. F.;SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E. Cadeia produtiva da cultura de aveia. In.: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DA AVEIA, LONDRINA, PR. **Reunião da Comissão Sulbrasileira de Pesquisa em Aveia**, p. 45-57. 1998

SAYAR, S.; TURHAN, M.; & GUNASEKARAN, S. Analysis of chickpea soaking by simultaneous water transfer and water-starch reaction. **Journal of Food Engineering**, 50, 91–98. 2001.

SEFA-DEDEH, S.; YAIDOM-FARKYE, N.A. Some functional characteristics of cowpea, bambara beans and their products. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal,** v.21, p.266. 1988

SCHMIDT, F. L. – **Apostila do curso de Especialização em Gestão da Qualidade na Cadeia Produtiva de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas**. 2005

SILVA, E. C.; CARDOSO, N.R.M. – "A Feira – Informativo sobre o processamento industrial de frutas e hortaliças", **UFRGS**, 1999 Disponível em <http://www.pgie.ufrgs.br/portalead/unirede/tecvege/feira/afeira.htm> Acessado em Setembro/2007

SOPADE, P. A.; AJISEGIRI, E. S.; BADAU, M. H. The use of Peleg´s equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. **Journal of Food Engineering**, v. 15, pp. 269-283. 1992

SOPADE, P. A.; AJISEGIRI, E. S.; OKONMAH G. N. Modeling water absorption characteristics of some Nigerian varieties of cowpea during soaking. **Tropical Science**, v.34, pp. 297-305. 1994

SOPADE, P. A.; KAIMUR, K. Application of Peleg´s equation in desorption in food systems: a case study with sago (Metroxylon Sagu rottb.) starch. **Drying Technology**, v. 17, pp. 975-989. 1999

SOPADE, P. A.; OBEKPA, J. A. Modeling water absorptionin soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg´s equation. **Journal of Food Science**, v. 55, pp. 1084-1087. 1990

STONE, H.S. SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation practices**. Academic Press; Florida; 1985

STUMBO, C.R. **Thermobacteriology in Food Processing**. 2nd Ed. Academic Press, New York; 330p; 1973

TURHAN, M.; SAYAR,S.; GUNASEKARAN, S.; - Application of Peleg Model to study water absorption in chickpea during soaking. **Journal of Food Engineering**, v. 53, pp. 153-159. 2002

THARANATHAN, R.N. & MAHADEVAMMA, S. Grain legumes – a boon to human nutrition. **Trends in food & Science Technology** v. 14, p. 507-518, 2003.

VERMA, R.C.; PRASAD, S. Kinetics of absorption of water by maize grains **Journal of Food Engineering**, v. 39 pp.395-400, 1999

WALLACE, J.M. – Notes on Methodology – **Journal of Lipid Research**, v. 13, pp. 282 – 284, 1972

WONG, K.H.; CHEUNG, P.C.K. Nutritional assessment of three Chinese indigenous legumes in growing rats. **Nutrition Research**, New York, v. 18, no 09, p. 1573-1580, 1998.

Anexo A

Dados de penetração de calor em ervilha enlatada

Tempo (min)	Temperatura da Salmoura (°C)	Temperatura do Meio (°C)	Fo	Fc
0,00	84,4	29,6	0,00	0,41
0,25	84,1	29,9	0,00	0,40
0,50	83,9	29,7	0,00	0,40
0,75	83,8	29,7	0,00	0,39
1,00	83,6	30,4	0,00	0,39
1,25	83,3	31,2	0,00	0,38
1,50	83,2	32,2	0,00	0,38
1,75	83,0	33,1	0,00	0,38
2,00	82,8	34,1	0,00	0,37
2,25	82,6	34,8	0,00	0,37
2,50	82,5	35,5	0,00	0,37
2,75	82,3	36,0	0,00	0,36
3,00	82,1	36,6	0,00	0,36
3,25	82,0	37,0	0,00	0,35
3,50	81,8	49,2	0,00	0,35
3,75	81,7	83,2	0,00	0,35
4,00	82,1	96,0	0,00	0,36
4,25	84,0	104,1	0,00	0,40
4,50	88,9	108,8	0,00	0,53
4,75	94,7	114,0	0,00	0,74
5,00	99,2	116,0	0,01	0,95
5,25	103,9	119,0	0,02	1,25
5,50	107,0	121,4	0,04	1,50
5,75	109,4	120,5	0,07	1,72
6,00	111,3	120,8	0,10	1,92
6,25	113,0	120,6	0,15	2,11
6,50	114,4	120,5	0,21	2,29
6,75	115,7	120,9	0,29	2,47
7,00	116,5	120,8	0,35	2,59
7,25	117,1	120,6	0,40	2,68
7,50	117,6	120,6	0,45	2,75
7,75	118,0	120,6	0,49	2,82
8,00	118,3	120,6	0,52	2,87
8,25	118,6	120,6	0,56	2,92
8,50	118,9	120,6	0,60	2,97
8,75	119,1	120,6	0,63	3,00
9,00	119,1	120,5	0,63	3,00
9,25	119,3	120,5	0,66	3,04
9,50	119,4	120,5	0,68	3,05
9,75	119,5	120,5	0,69	3,07
10,00	119,5	120,5	0,69	3,07
10,25	119,6	120,5	0,71	3,09
10,50	119,7	120,5	0,72	3,11
10,75	119,7	120,4	0,72	3,11

Tempo (min)	Temperatura da Salmoura (°C)	Temperatura do Meio (°C)	Fo	Fc
11,00	119,8	120,4	0,74	3,13
11,25	119,8	120,4	0,74	3,13
11,50	119,9	120,4	0,76	3,14
11,75	119,9	120,3	0,76	3,14
12,00	119,9	120,3	0,76	3,14
12,25	119,9	120,3	0,76	3,14
12,50	119,9	120,3	0,76	3,14
12,75	120,0	120,3	0,78	3,16
13,00	120,0	120,3	0,78	3,16
13,25	120,0	120,2	0,78	3,16
13,50	120,1	120,2	0,79	3,18
13,75	120,1	120,2	0,79	3,18
14,00	120,1	120,2	0,79	3,18
14,25	120,1	120,2	0,79	3,18
14,50	120,1	120,2	0,79	3,18
14,75	120,2	120,2	0,81	3,20
15,00	120,2	120,2	0,81	3,20
15,25	120,2	120,2	0,81	3,20
15,50	120,2	120,3	0,81	3,20
15,75	120,2	120,3	0,81	3,20
16,00	120,3	120,4	0,83	3,22
16,25	120,3	120,4	0,83	3,22
16,50	120,3	120,4	0,83	3,22
16,75	120,3	120,5	0,83	3,22
17,00	120,3	120,6	0,83	3,22
17,25	120,4	120,6	0,85	3,24
17,50	120,4	120,6	0,85	3,24
17,75	120,4	120,6	0,85	3,24
18,00	120,4	120,5	0,85	3,24
18,25	120,5	120,4	0,87	3,25
18,50	120,5	120,4	0,87	3,25
18,75	120,5	120,3	0,87	3,25
19,00	120,5	120,3	0,87	3,25
19,25	120,5	120,3	0,87	3,25
19,50	120,5	120,6	0,87	3,25
19,75	120,5	119,2	0,87	3,25
20,00	120,4	111,0	0,85	3,24
20,25	120,4	109,3	0,85	3,24
20,50	119,7	104,3	0,72	3,11
20,75	118,7	99,8	0,58	2,93
21,00	117,7	94,2	0,46	2,77
21,25	117,0	93,2	0,39	2,66
21,50	116,6	91,5	0,35	2,60
21,75	116,5	84,6	0,35	2,59
22,00	116,3	78,6	0,33	2,56
22,25	116,2	77,0	0,32	2,54
22,50	116,2	71,7	0,32	2,54

Tempo (min)	Temperatura da Salmoura (°C)	Temperatura do Meio (°C)	Fo	Fc	
22,75	116,1	75,2	0,32	2,53	
23,00	115,9	81,1	0,30	2,50	
23,25	115,9	84,2	0,30	2,50	
23,50	115,8	85,4	0,30	2,48	
23,75	115,7	85,8	0,29	2,47	
24,00	115,6	85,2	0,28	2,45	
24,25	115,5	83,5	0,28	2,44	
24,50	115,4	66,2	0,27	2,43	
24,75	109,9	33,7	0,08	1,77	
25,00	95,3	33,6	0,00	0,76	
25,25	87,0	33,9	0,00	0,47	
25,50	80,3	33,9	0,00	0,32	
25,75	75,0	33,6	0,00	0,24	
26,00	70,4	33,5	0,00	0,18	
26,25	66,7	33,2	0,00	0,15	
26,50	63,3	33,1	0,00	0,12	
26,75	60,0	32,8	0,00	0,10	
27,00	57,4	32,7	0,00	0,09	
27,25	54,6	32,7	0,00	0,07	
27,50	52,6	32,5	0,00	0,07	
27,75	50,8	32,5	0,00	0,06	
28,00	49,0	32,4	0,00	0,05	
28,25	47,6	32,5	0,00	0,05	
28,50	46,4	32,4	0,00	0,05	
28,75	45,2	32,3	0,00	0,04	
29,00	44,2	32,2	0,00	0,04	
29,25	43,2	32,1	0,00	0,04	
29,50	42,4	32,0	0,00	0,04	
29,75	41,7	32,0	0,00	0,03	
30,00	41,0	32,0	0,00	0,03	
30,25	40,5	32,0	0,00	0,03	
30,50	40,1	32,0	0,00	0,03	
30,75	39,8	32,1	0,00	0,03	
31,00	39,5	32,2	0,00	0,03	
31,25	39,3	32,3	0,00	0,03	
31,50	39,1	32,4	0,00	0,03	
31,75	38,9	32,5	0,00	0,03	
32,00	38,8	32,6	0,00	0,03	
			11,91	60,03	minutos