



**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E  
MISSÕES - URI ERECHIM**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS**

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATO DE SOJA**

**Juliana Savio**

Erechim-RS, outubro de 2017.



**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E  
MISSÕES - URI ERECHIM**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS**

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATO DE SOJA**

**Juliana Savio**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, como pré-requisito ao Título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Erechim-RS, outubro de 2017.

JULIANA SAVIO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Comissão julgadora:

---

Prof. Eunice Valduga, D. Sc - Orientadora

---

Prof. Juliana Steffens, D. Sc - Orientadora

---

Mercedes Concórdia Carrão Panizzi, D. Sc -  
Embrapa Trigo – Passo Fundo  
Orientadora

---

Prof. Valeria Borszcz, D. Sc - IFRS - Erechim

---

Cecilia Abirached, D. Sc - UDeLaR - Montevideú- Uruguai

---

Prof. Rosicler Colet, D. Sc - URI - Erechim

---

Prof. Geciane Toniazco Backes, D. Sc - URI Erechim

Erechim-RS, outubro de 2017

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, que me proporcionou mais esta conquista.

A minha família, minha mãe Amélia, meu marido Murilo e meu irmão Luciano que sempre me incentivaram e me deram apoio para que o trabalho fosse concluído.

Aos professores Dr. Eunice Valduga e Dr. Juliana Steffens e a pesquisadora Mercedes Concórdia Carrão Panizzi, pela orientação deste trabalho, meus sinceros agradecimentos por me acompanharem, auxiliarem e abrirem vários caminhos na minha vida.

Aos meus alunos de iniciação científica Karine Marafon, Heloysa Possan, Gislaine Perin, Natalia Gatto e Vanessa Duz, e também a Unochapecó, pelo apoio, compreensão e dedicação ao projeto. Com certeza essa equipe fez diferença nessa caminhada.

Aos colaboradores da URI, que de alguma forma contribuíram para esse resultado.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, por estimular, por meio de seus professores e funcionários, o desenvolvimento do espírito científico e tecnológico.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu crescimento científico e pessoal, meu muito obrigado!

## RESUMO

Gelato é uma variação de sorvete, mais denso e um produto muito apreciado por muitos. Algumas pessoas não podem usufruir dessa sobremesa, por apresentarem intolerância a lactose ou proteína presente no seu ingrediente principal, o leite. Criar alternativas, substituindo o leite por extrato hidrossolúvel de soja, que apresente as mesmas características de sabor e textura de um gelato convencional, atenderá não só a esse público, mas a sociedade no geral que é adepta a uma alimentação saudável. Portanto, o objetivo do trabalho foi elaborar e avaliar formulações de gelato de soja. Elaborou-se formulações de gelato variando-se o teor de concentrado proteico de soja (2,95 a 17,05 %) e gordura vegetal hidrogenada (7,95 a 22,05 %), mediante emprego de metodologia de planejamento de experimentos, mantendo-se o teor dos demais componentes constantes. As formulações foram caracterizadas em relação a propriedades físicas, químicas e funcionais (umidade, proteína, gordura, sólidos totais, minerais, carboidratos totais, massa específica, *overrun*, ponto de derretimento, solubilidade, emulsificação, viscosidade e difração de raio-X e aceitabilidade). Avaliando o ponto de derretimento, as formulações F1 (5% de proteína de soja e 10% de gordura vegetal hidrogenada), F3 (5% de proteína de soja e 20% de gordura vegetal hidrogenada) e F5 (2,95% de proteína de soja e 15% de gordura vegetal hidrogenada), apresentaram derretimento nos 5 min iniciais, com isso essas formulações destacaram-se apresentando características interessantes para este produto. As formulações de gelato que apresentaram melhores características físico-químicas, reológicas e avaliadas sensorialmente demonstraram aceitabilidade superior a 70%. As amostras F1, F3 e F5 apresentaram comportamento reológico esperado para gelato, com a viscosidade variando de 450 a 700 Cp a 10°C, comportamento não newtoniano, ou seja, quando se elevou a taxa de cisalhamento diminuiu a viscosidade. A F1 apresentou maior estabilidade de proteína, solubilidade de 41% (base seca) e proteína total de 8,44% (base seca). Desta forma, indicando ser possível a adição de até 5% (m/v) de concentrado proteico, 14% (v/v) de extrato hidrossolúvel de soja e 15% de gordura vegetal. Assim, substituir o componente principal do gelato, o leite, por soja apresentou um produto inovador, diferenciado, com características marcantes e específicas para esse tipo de produto, revelando um produto isento de lactose e de proteínas do leite, podendo ser apreciado pela população no geral, e, principalmente pela população intolerante a esses componentes, tão carentes desse tipo de produto.

Palavras-chave: gelato, extrato de soja, gordura vegetal hidrogenada.

## ABSTRACT

Gelato is a variation of ice cream, more dense and a product much appreciated by many. Some people can not enjoy this dessert because they have lactose intolerance or protein present in their main ingredient, milk. To create alternatives, replacing the milk with water soluble soy extract, which has the same characteristics of flavor and texture of a conventional gelato, will serve not only this public, but society in general that is adept at a healthy diet. Therefore, the objective of the work was to elaborate and evaluate formulations of soybean gelato. Gelato formulations were prepared by varying the content of soybean protein concentrate (2.95 to 17.05%) and hydrogenated vegetable fat (7.95 to 22.05%), using experimental design methodology, keeping the contents of the remaining components constant. The formulations were characterized for physical, chemical and functional properties (moisture, protein, fat, total solids, minerals, total carbohydrates, specific mass, overrun, melting point, solubility, emulsification, viscosity and X-ray diffraction and acceptability). Evaluating the melting point, the formulations F1 (5% soy protein and 10% hydrogenated vegetable fat), F3 (5% soy protein and 20% hydrogenated vegetable fat) and F5 (2.95% protein of soybean and 15% of hydrogenated vegetable fat), presented melting in the initial 5 min, with that these formulations stood out presenting interesting characteristics for this product. The gelato formulations that presented better physicochemical, rheological and sensorially evaluated characteristics showed acceptability higher than 70%. The samples F1, F3 and F5 showed the expected rheological behavior for gelato, with viscosity ranging from 450 to 700 Cp at 10 ° C, non-Newtonian behavior, that is, when the shear rate was increased, the viscosity decreased. F1 presented higher protein stability, solubility of 41% (dry basis) and total protein of 8.44% (dry basis). In this way, it is possible to add up to 5% (m / v) of protein concentrate, 14% (v / v) of water-soluble soybean extract and 15% of vegetable fat. Thus, replacing the main component of gelato, milk, with soybeans presented an innovative product with differentiated characteristics that are specific and specific for this type of product, revealing a product free of lactose and milk proteins, which can be appreciated by the population in the general, and especially for the population intolerant of these components, so lacking in this type of product.

Keyword: gelato, soy extract, hydrogenated vegetable fat.

## INDÍCE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 01: Fluxograma de elaboração de gelato. ....  | 30 |
| Figura 02: Fluxograma de obtenção de extrato hidrossolúvel de soja. ....   | 38 |
| Figura 03: Fluxograma do Processo de elaboração de gelato. ....  | 40 |
| Figura 04: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o teor de proteína de formulações de gelato de soja, em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal, respectivamente. ....   | 49 |
| Figura 05: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas nas formulações de gelato em relação ao teor de gordura. ....   | 51 |
| Figura 06: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para teor de minerais total (%) das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente. ....       | 54 |
| Figura 07: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para teor de umidade (%) das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente. ....              | 57 |
| Figura 08: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas nas formulações de gelato em relação ao teor de carboidrato total. ....   | 58 |
| Figura 09: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para massa específica (%) das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente. ....             | 61 |
| Figura 10: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para o <i>overrun</i> das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente. ....                 | 64 |
| Figura 11: Difratograma das formulações de gelato elaborado com extrato hidrossolúvel de soja, concentrado proteico e gordura. ....  | 65 |
| Figura 12: Ponto de derretimento realizado com as formulações de gelato de soja. ....  | 67 |
| Figura 13: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para o ponto de derretimento das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente. ....          | 70 |
| Figura 14: Análise dos Componentes Principais (ACP) para as variáveis proteína, gordura, minerais, umidade, carboidratos, ponto de derretimento, densidade e <i>overrun</i> das formulações de gelato (11 ensaios do planejamento fatorial completo 2 <sup>2</sup> ). .... | 74 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 15: Comportamento de viscosidade da formulação F1 de gelato de soja. ....  | 75  |
| Figura 16: Comportamento de viscosidade da formulação F3 de gelato de soja. ....  | 76  |
| Figura 17: Comportamento de viscosidade da formulação F5 de gelato de soja. ....  | 78  |
| Figura 18: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para o teor de proteína total das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente..... | 82  |
| Figura 19: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para a proteína solúvel das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente. ....      | 84  |
| Figura 20: Comportamentos de sedimentação (verde), flotação e sedimentação (vermelho), acumulação de partículas pela flotação (amarelo) nas formulações F1, F3 e F5. ....   | 87  |
| Figura 21: Resultados da análise termogravimétrica das formulações de gelato de soja F1, F3 e F5. ....  | 88  |
| Figura 22: Índice de aceitabilidade referentes as formulações F1, F3 e F5 de gelato de soja.....  | 90  |
| Figura 23: Intenção de compra das formulações do gelato de soja: a- F1; b- F3; c- F5.....   | 91  |
| Figura 23: Apresentação da ficha de análise sensorial apresentando a escala utilizada.....  | 102 |
| Figura 24: Comportamentos de sedimentação, flotação, acumulação de partículas e desestabilização total observados ao longo do tubo de medida para as formulações de Gelato (F2, F4, F56, F7, F8, F9, F10, F11).....   | 103 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 01: Composição físico-química do extrato hidrossolúvel de soja. ....   | 22 |
| Tabela 02: Ponto crioscópico e poder adoçante dos carboidratos presentes em formulações de gelados comestíveis. ....  | 26 |
| Tabela 03: Variáveis independentes e níveis utilizados no planejamento fatorial completo $2^2$ para elaboração do gelato de soja. ....  | 39 |
| Tabela 04: Formulações de gelato de soja. ....  | 40 |
| Tabela 05: Caracterização físico-química (proteína, gordura, minerais, umidade, carboidratos totais e sólidos totais) do Extrato Hidrossolúvel de Soja (EHS). ....  | 45 |
| Tabela 06: Matriz do planejamento fatorial completo $2^2$ (valores codificados e reais) e resposta em proteína (PT), gordura (GT), minerais (MT), umidade (U), carboidratos totais (CT), massa específica (ME) e <i>overrun</i> para gelato de soja. .... | 47 |
| Tabela 07: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para a proteína. ....   | 48 |
| Tabela 08: Análise de variância para a proteína do planejamento fatorial completo $2^2$ . ....  | 48 |
| Tabela 09: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para o teor de minerais das formulações de gelato de soja. ....   | 52 |
| Tabela 10: Análise de variância para o teor de gordura do planejamento fatorial completo $2^2$ para formulações de gelato de soja. ....   | 53 |
| Tabela 11: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para o teor de umidade de gelato de soja. ....  | 55 |
| Tabela 12: Análise de variância para o teor de umidade do planejamento fatorial completo $2^2$ para formulações de gelato de soja. ....   | 56 |
| Tabela 13: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para o teor de massa específica do gelato de soja. ....   | 59 |
| Tabela 14: Análise de variância para o teor de massa específica do planejamento fatorial completo $2^2$ para o gelato de soja. ....   | 60 |
| Tabela 15: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para o <i>overrun</i> do gelato de soja. ....   | 63 |
| Tabela 16: Análise de variância para o <i>overrun</i> do planejamento fatorial completo $2^2$ para o gelato de soja. ....   | 63 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 17: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para o teor de ponto de derretimento de gelato de soja. ....                                       | 68 |
| Tabela 18: Análise de variância para o ponto de derretimento do planejamento fatorial completo $2^2$ de gelato de soja.....  | 69 |
| Tabela 19: Matriz de correlação de Pearson com variáveis avaliadas nas formulações de gelato de soja.....  | 73 |
| Tabela 20: Matriz do Planejamento fatorial completo $2^2$ (valores codificados e reais) e resposta em proteína (% em base seca) e solubilidade (% em base seca) de formulações de gelato de soja. .... | 80 |
| Tabela 21: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para o teor de solubilidade de proteína.....   | 81 |
| Tabela 22: Análise de variância para o ponto de derretimento do planejamento fatorial completo $2^2$ . ....  | 81 |
| Tabela 23: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial $2^2$ para o teor de solubilidade de proteína de gelato de soja. ....                                    | 83 |
| Tabela 24: Análise de variância para a solubilidade das formulações do planejamento fatorial completo $2^2$ de gelato de soja. ....  | 83 |
| Tabela 25: Médias das pontuações dos provadores referentes ao teste de aceitabilidade - Escala Hedônica das formulações F1, F3 e F5. ....  | 89 |

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....   | 12  |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....  | 14  |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....   | 14  |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                      | 14  |
| <b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                                | 15  |
| 3.1 SOJA.....  | 15  |
| 3.2 GELADO COMESTÍVEL .....  | 23  |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                                   | 38  |
| 4.1 OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA.....  | 38  |
| 4.2 ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DE GELATO .....                       | 39  |
| 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA E DO GELATO..... | 41  |
| 4.4 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X .....  | 43  |
| 4.5 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA.....                                   | 43  |
| 4.6 ANÁLISE SENSORIAL.....   | 43  |
| 4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....   | 44  |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                               | 45  |
| 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA .....            | 45  |
| 5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DO GELATO A BASE DE SOJA.....     | 46  |
| 5.3 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X .....  | 65  |
| 5.4 PONTO DE DERRETIMENTO .....                                      | 67  |
| 5.5 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP).....                    | 72  |
| 5.6 VISCOSIDADE .....  | 75  |
| 5.7 PROPRIEDADES FUNCIONAIS .....                                    | 79  |
| 5.8 ACEITABILIDADE DAS FORMULAÇÕES DE GELATO .....                   | 88  |
| <b>6. CONCLUSÃO</b> .....  | 92  |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 93  |
| <b>APÊNDICE</b> .....  | 102 |

## 1. INTRODUÇÃO

A soja tem se destacado na alimentação humana pelo alto valor nutricional, associada a importante fonte proteica vegetal, podendo ser utilizada na forma de farinha, isolado e/ou concentrado proteico de soja, os quais são empregados como melhoradores tecnológicos de alimentos industrializados.

Os derivados da soja, em função das propriedades funcionais de suas proteínas, a exemplo da capacidade de absorção de água, emulsificação, formação de espuma e geleificação podem ser utilizados na formulação de diversos produtos alimentícios com, o intuito de se promover melhorias às suas características estruturais (SILVA et al., 2011; PEREIRA, 2010; PAUCAR-MENACHO et al., 2010; MACHADO et al., 2008; MOURA et al., 2007), disponibilizando assim, uma diversidade em produtos alimentícios, tais como sorvetes e/ou gelatos.

Um dos derivados da soja que apresentam grande possibilidade de elaborar produtos diferenciados é o extrato hidrossolúvel de soja, que pode ser utilizado como substituto do leite em muitas formulações, com várias vantagens, como por exemplo, a não existência da lactose em produtos tradicionais, que podem causar rejeição por problemas de intolerância a esse composto (BEHRENS e SILVA, 2004), como fonte preventiva das doenças crônico-degenerativas, através dos fitoquímicos (isoflavonas) e alguns tipos de câncer, além de reduzir o colesterol (SILVA, 2008; BOWLES e DEMIATE, 2006).

No Brasil, por causa da grande quantidade de açúcar e baixos teores de sólidos lácteos no sorvete, este é, normalmente, visto como guloseima e sobremesa. Já em outros países, o sorvete é considerado um alimento rico e nutritivo, e é essa mudança de visão que deve ser trabalhada com o consumidor brasileiro. A exemplo, na Itália existem campanhas de valorização do gelato como alimento nutritivo, que pode ser consumido por todas as pessoas, sem restrição, com divulgação na forma de cursos de elaboração de gelato para dietas com restrição alimentar; gelatos com baixo índice glicêmico, para diabéticos; fabricação de produtos nutracêuticos, além de campanhas de conscientização de gelato como escolha de um bom alimento (RENHE et al., 2015).

As indústrias alimentícias apostam no segmento de gelados comestíveis, um lançamento de produtos como o gelato, um produto elaborado que tem seu crescimento de mercado e aceitação constante. E contudo, a sofisticação do consumidor brasileiro, este está cada vez mais exigente em quesitos como qualidade e diversificação (SALOMÃO, 2015).

O gelato é uma variação do sorvete elaborado com menos gordura e mais denso que o sorvete tradicional. O sorvete tem seu consumo restrito por uma parcela da população, por apresentar leite como matéria-prima principal e com isso, lactose em sua composição. Alterar um ingrediente que contempla esse alergênico e que apresente características

reológicas e nutricionais similares, como a adição de concentrado de soja, é uma alternativa à formulação tradicional deste produto. Neste contexto, a elaboração de produtos derivados de soja, como o gelato, torna-se uma alternativa inovadora, que agrega valor a esta matéria-prima, contendo propriedades funcionais e com diferencial de ser isento de lactose e proteína do leite, apresentando-se como um produto saudável e saboroso.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Elaborar e caracterizar um gelato diferenciado, isento de lactose, a base de soja.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar a extração dos compostos hidrossolúveis de soja.
- Elaborar formulações de gelato de soja, variando-se a concentração de proteína concentrada de soja e gordura vegetal hidrogenada, empregando metodologia de planejamento de experimentos.
- Caracterizar as formulações correlacionando as propriedades físico-químicas e reológicas (composição centesimal, incorporação de ar (*overrun*), difração de raio-X, massa específica, ponto de derretimento e viscosidade);
- Determinar propriedades funcionais (solubilidade e desestabilização) das formulações.
- Avaliar a aceitabilidade e a intenção de compra das formulações que se destacaram nos resultados de ponto de derretimento.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico serão abordados aspectos gerais da soja, fabricação de extrato hidrossolúvel de soja conceito e produção de gelato e a qualidade que um produto desse segmento deve apresentar.

#### 3.1 SOJA

A soja (*Glycine max*) é uma planta herbácea (EMBRAPA, 2000) pertencente à família Fabaceae, sendo uma semente oleaginosa (APLEVICZ e DEMIATE, 2007) contendo compostos nutricionais importantes a saúde. É uma leguminosa como o feijão, a lentilha, o grão de bico e a ervilha. Sendo rica em proteínas, lipídeos, fibras e algumas vitaminas e minerais. Contém, também, uma classe de fito-hormônios (hormônio de origem vegetal) conhecidos como isoflavonas ou isoflavonóides (MAISEQUILÍBRIO, 2017).

Segundo Sanches et al. (2017), a soja é uma leguminosa produzida pelos chineses há cerca de cinco mil anos, cuja espécie mais antiga é a denominada soja selvagem, que crescia principalmente nas terras baixas e úmidas, junto aos juncos nas proximidades dos lagos e rios da China Central. Há três mil anos a soja se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como alimento. Foi no início do século XX que passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos. A partir de então houve um rápido crescimento na produção, com o desenvolvimento dos primeiros cultivares comerciais, chegando ao Brasil, em 1882, no Estado da Bahia.

Essa cultura ocupa hoje cerca de 120 milhões de hectares no planeta. Ao lado, do trigo, arroz e milho, que são as culturas com maior área plantada atualmente. No Brasil, os primeiros cultivos registrados datam de 1900 e 1901, quando foram distribuídas sementes em São Paulo e no Rio Grande do Sul. É a cultura agrícola que mais cresceu nas últimas três décadas, respondendo pela metade da área nacional cultivada com grãos (AMARAL, 2017).

O grão de soja dá origem a produtos dos quais os principais são a proteína de soja, o farelo e o óleo. Outros, mais elaborados são utilizados pela agroindústria de alimentos e indústria química. A proteína de soja dá origem a produtos comestíveis, ingredientes de padaria, massas, produtos de carne, cereais, misturas preparadas, bebidas, alimentação para bebês, confecções e alimentos dietéticos. É utilizado, também pela indústria de adesivos e nutrientes, alimentação animal, adubos, formulador de espumas, fabricação de fibra, revestimento, papel, emulsão para tintas e outras aplicações. A soja integral é utilizada pela indústria de alimentos em geral e o óleo bruto se transforma em óleo refinado e lecitina (SANCHES et al., 2017).

A soja deve ser incluída na alimentação não somente pelas possíveis vantagens que ela pode trazer, mas, principalmente, pelo fato de ser mais uma opção de alimento rico em

diversos nutrientes e que contribuirá para a diversificação da sua refeição diária contribuindo a melhora da sua saúde. Assim, através dessa matéria-prima, pode-se atribuir vários derivados para compor a alimentação diária: óleo de soja, farelo de soja, farinha de soja, proteína texturizada de soja (PTS), extrato proteico de soja, *missô*, soja torrada e o queijo de soja (MAISEQUILIBRIO, 2017).

### 3.1.1 Mercado

Com terras férteis, extensas e clima propício para a agricultura, o Brasil é um dos principais produtores e fornecedores mundiais de alimentos. Os programas de sanidade vegetal do Ministério da Agricultura, garantem alimentos seguros e mantêm o País como peça chave do comércio globalizado. A agricultura brasileira enfrenta desafios, como o atendimento à crescente demanda por alimentos e produtos agropecuários, em quantidade e qualidade (MAPA, 2016).

A produção mundial de soja (safra de 2014/2015) rendeu aproximadamente 318 milhões de toneladas, ocupando numa área plantada de 118 milhões de hectares. O maior produtor dessa leguminosa é o EUA, cultivando 109 milhões de toneladas (3.213 kg/ha) e como segundo maior produtor mundial está o Brasil, atingindo 95 milhões de toneladas em 31 milhões de hectares (3.011 kg/ha). Cultivada especialmente nas regiões Centro Oeste e Sul do país, a soja se firmou como um dos produtos mais destacados da agricultura nacional e na balança comercial (MAPA, 2017). Nesse montante, o estado do Mato Grosso se destaca como o maior produtor brasileiro (3.165 kg/ha), seguido do estado do Paraná e do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2017).

No âmbito do agronegócio mundial, a produção de soja está entre as atividades econômicas que, nas últimas décadas, apresentou expressivo crescimento. Isto pode ser atribuído a diversos fatores, tais como a estruturação de um grande mercado internacional relacionado com o comércio de produtos do complexo soja; consolidação da oleaginosa como importante fonte de proteína vegetal, especialmente para atender demandas crescentes dos setores ligados à produção de produtos de origem animal, maior desenvolvimento e oferta de tecnologias, que viabilizaram a expansão da exploração desse cultivo para diversas regiões do mundo (DALL'AGNOLL et al., 2010).

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49 % da área plantada em grãos do país. O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. O grão é componente essencial na fabricação de rações animais e com uso crescente na alimentação humana encontra-se em franco crescimento (MAPA, 2017).

No cerrado, o cultivo da soja tornou-se possível graças aos resultados obtidos pelas pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em parceria com produtores, indústrias e centros privados de pesquisa. Os avanços nessa área possibilitaram também o incremento da produtividade média por hectare, atingindo os maiores índices mundiais (MAPA, 2017).

O principal fator que explica a superioridade competitiva da soja em relação aos demais vegetais oleaginosos e protéicos é a sua facilidade de adaptação a regiões diversas. Entretanto, embora a produção tenha apresentado expressivo crescimento nas últimas décadas, seu consumo no mundo ainda é baixo, possibilitando muito espaço para novos aumentos da produção (BRANCO, 2008).

O cultivo de soja no Brasil se orienta por um padrão ambientalmente responsável, ou seja, com o uso de práticas de agricultura sustentável, como o sistema integração-lavoura-pecuária e a utilização da técnica do plantio direto. São técnicas que permitem o uso intensivo da terra e com menor impacto ambiental, o que reduz a pressão pela abertura de novas áreas e contribui para a preservação do meio ambiente (MAPA, 2017).

Ela se apresenta como um produto bastante acessível, inclusive aos consumidores de baixa renda dos países em desenvolvimento. É importante destacar, contudo, que como a maior parte dessa produção se destina ao consumo animal, a parcela de produção destinada ao consumo humano direto reduz-se substancialmente. Se essa parcela fosse ampliada, a soja teria o poder de contribuir fortemente para acabar com a fome no mundo (BRANCO, 2008).

Na Europa, a demanda foi alavancada pelo episódio da Encefalopatia Espongiforme Bovina, a partir de meados dos anos 1980. O chamado “Mal da Vaca Louca” levou à proibição do uso de restos de carnes e ossos na alimentação de animais. Já a China, se consolidou como o maior importador de soja brasileira a partir de sua adesão à Organização Mundial do Comércio (OMC), em 2001 (AMARAL, 2017).

### **3.1.2 Conceitos e cultivares**

O desenvolvimento de cultivares de soja mais adequadas para o consumo humano é importante para atender à demanda de mercado por cultivares com caracteres qualitativos específicos (CARRÃO-PANIZZI et al., 2012a).

Dependendo da característica envolvida, a soja pode ser destinada para diferentes tipos de produção, como *commodity* ou como olerícola. Caracteres como melhor sabor, pela ausência das lipoxigenases, enzimas responsáveis pelo sabor desagradável da soja, sementes grandes e hilo amarelo, alto teor de proteína, são passíveis de serem introduzidas em cultivares altamente produtivas. Com isso, podem ser obtidas cultivares com melhor

qualidade para utilização e processamento, tanto para alimentação humana como animal (CARRÃO-PANIZZI, 2012b).

Esse setor produtivo apresenta grande eficiência, respaldo de cultivares melhoradas, portadoras de genes capazes de expressar alta produtividade, ampla adaptação e boa resistência/tolerância a fatores bióticos ou abióticos adversos. O ganho genético proporcionado pelas novas cultivares ao setor produtivo tem sido muito significativo, cerca de 1,38 % ao ano (EMBRAPA, 2011).

Vários desafios, no campo da sanidade, continuam ocupando sobremaneira a atenção dos geneticistas, melhoristas, fitopatologistas, nematologistas e entomologistas brasileiros de soja, nos últimos anos. Citam-se a prospecção e a transferência de genes de resistência à ferrugem asiática, ao mofo branco, à podridão radicular de fitóftora e aos diversos nematóides causadores de galhas, lesões radiculares e cisto. Outra área de avanço é a resistência ou tolerância a insetos-pragas, principalmente os sugadores, com vistas à redução de uso de agroquímicos e à viabilização do processo orgânico de produção. Tem-se enfatizado, também, nos últimos anos, o desenvolvimento de cultivares com melhores características para o consumo humano (EMBRAPA, 2011).

### **3.1.3 Composição físico-química**

A soja é um grão rico em proteína e lipídios, tem grande importância nutricional e econômica (ALVES et al., 2017). Representa um alimento que contém componentes essenciais para a alimentação humana, constituindo-se em excelente fonte de proteína, apresentando de 30 a 45 % de proteína nos grãos, sendo uma das leguminosas que se destacam nesse constituinte; possui cerca de 35 % de carboidratos e 5 % de fibras; os teores de lipídios nos grãos de soja podem variar entre 13 e 25 % e fornecem calorias suficientes para que a proteína ingerida seja metabolizada para síntese de novos tecidos, diferente do que ocorre em uma dieta de baixo conteúdo calórico. A soja não contém colesterol e sua gordura apresenta alto teor de gorduras poliinsaturadas, vitais ao organismo, como ômega 6 (linolênico) e ômega 3 (linolênico). Além desses componentes, encontra-se também 8,8 mg de ferro, 226 mg de cálcio, 546 mg de fósforo, além de fornecer ácidos graxos linoleico e linolênico e vitaminas (PENTEADO, 2003; AGUIAR, 2002; NIELSEN, 1991; POYSA et al., 2006; CARRÃO-PANIZZI e MANDARINO, 1998; BERGEROT, 2003).

A variabilidade e as mudanças globais no clima e a composição atmosférica podem e, frequentemente, alteram as condições de cultivo da planta de soja, com efeitos sobre a qualidade das sementes colhidas e influenciando nos principais componentes da semente, óleo e proteína (BORDIGNON et al., 2006).

Os sabores semelhantes a “feijão cru” aparecem quando os grãos sofrem rupturas e a enzima lipoxigenase, que esta no grão, entra em contato com os ácidos graxos durante o preparo do produto. As enzimas são substâncias que compõem o grão de soja (DA SILVA, 2008)

As isoenzimas lipoxigenase são proteínas globulares, que possuem um átomo de ferro em sua molécula, constituindo o grupamento prostético, sem o qual não desempenhariam seu papel enzimático. Essas isoenzimas catalisam a oxidação de ácidos graxos que contenham o sistema cis, cis-1,4-pentadieno, para formar hidroperóxidos (BATISTA, 2002). Esse sistema ocorre principalmente com os ácidos linoléico e linolênicos, os quais são principais substratos para as lipoxigenases em vegetais (CIABOTTI, 2007). A reação catalítica que se da ao grão da soja é um dos principais fatores responsável pelo aparecimento de compostos carbonílicos (compostos voláteis) de cadeia curta.

Outros componentes como vitaminas e minerais são nutrientes indispensáveis ao organismo para determinadas funções. Por participarem ativamente das reações químicas do corpo, sua falta ou deficiência pode atrapalhar as funções orgânicas na manutenção do metabolismo, provocando as avitaminoses (doenças da carência) (MARSON, 2010).

A vitamina E é a principal vitamina lipossolúvel presente na soja. É um tocoferol com função antioxidante, protetor contra a ação dos radicais livres e responsável pelo fortalecimento do sistema muscular e reprodutor. A falta ou diminuição desse componente provoca alterações neurológicas como diminuição dos reflexos, da sensibilidade vibratória e de percepção (MARSON, 2010).

Embora não seja comum na soja a presença de vitaminas hidrossolúveis, verifica-se a presença da tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) e piroxina (B6), além do ácido fólico. Entre outras funções as vitaminas hidrossolúveis melhoram a circulação do sangue, favorecem o desenvolvimento físico, ajudam no metabolismo de proteínas, gorduras e carboidratos, agem no sistema nervoso pela formação de substâncias mensageiras, como a adrenalina, reduzem o colesterol e também estimulam as funções defensivas do cérebro. Dos minerais, a soja contém cálcio, ferro e zinco. Esse são essenciais na dieta do ser humano pois desempenham papel importante como constituintes da estrutura de vários tecidos (principalmente ósseos), assim como reguladores de atividades enzimáticas e transportadores de componentes das membranas celulares (RIVAS, 2006).

### **3.1.4 Influência na alimentação e na saúde humana**

A indústria de alimentos tem apostado no desenvolvimento de novos produtos cujas funções pretendem ir além do fornecimento de nutrientes básicos e da satisfação do paladar

do consumidor pois estes apresentaram um crescente interesse em consumir alimentos mais “saudáveis”. Esses produtos são conhecidos como “alimentos funcionais” e têm como principal função a redução do risco de doenças crônicas degenerativas. Eles representam um novo segmento dentro do mercado de alimentos e possuem como principais apelos de venda suas alegações de saúde, que são, via de regra, veiculadas pelo rótulo e pela propaganda, com a finalidade de gerar expectativa positiva nos consumidores, induzindo-os à compra (BEHRENS et al., 2001).

Dentre os alimentos cujas alegações de saúde têm sido amplamente divulgadas pela mídia nos últimos anos destaca-se a soja. É um alimento rico em conteúdos essenciais para o ser humano, porém sua utilização como fonte de alimentação é recente.

Suas características químicas e nutricionais classificam como um alimento funcional: além da qualidade de sua proteína, estudos mostram que a soja pode ser utilizada de forma preventiva e terapêutica no tratamento de muitas doenças que agredem severamente a saúde, tais como: cardiovasculares, câncer, osteoporose e sintomas da menopausa (HASLER, 1998).

Estudos evidenciam que devido ao grande consumo de soja entre os povos orientais, eles possuem menores níveis de colesterol, menor risco ao câncer de próstata nos homens, de mama nas mulheres e de colo retal e menor risco de osteoporose. A soja também demonstrou ser uma opção eficiente para as mulheres que não fazem reposição hormonal (SUAKI, 2017).

Um subproduto da soja, muito utilizado na indústria por seu poder de emulsificação é a lecitina. Esse produto também tem sua função na saúde. Indicada como auxiliar na manutenção de células nervosas, assim como para pessoas com problemas de colesterol alto. Também tem efeito no combate a obesidade, na prevenção de derrames e enfartes, além de favorecer o equilíbrio da pressão arterial. A lecitina também é produzida pelo organismo, porém em quantidade insuficiente. A soja é a maior fonte de lecitina, entre as leguminosas (RIVAS, 2006).

Outra fonte importante na soja são as isoflavonas que têm várias funções nutricionais e agem como antioxidantes. Esses compostos, pelo fato de terem bastante semelhança com o hormônio feminino, estrogênio, têm ação benéfica atenuando os sintomas de menopausa (RIVAS, 2006).

Atualmente, existem no mercado cultivares específicas de soja para alimentação humana. De acordo com Alves et al. (2012), é possível a indicação de uma cultivar para fins industriais específicos, resultando em maior viabilidade econômica e qualidade dos produtos obtidos.

Portanto, consumir soja apresenta vantagens ao ser humano e dentre os vários derivados da soja, o extrato é uma ótima opção para aqueles que desejam ter uma dieta rica em nutrientes e especialmente proteínas, pois a soja e seus derivados apresentam quase o dobro de proteínas encontradas nas carnes. Também é uma alternativa às pessoas que tem intolerância à lactose e aos que levam uma alimentação “vegetariana” (DA SILVA, 2008), pois o extrato pode substituir o leite em alguns produtos populares.

Os benefícios da soja à saúde humana são claramente um ponto importante para a promoção deste alimento junto ao consumidor, desde que eficientemente informados, apontando os benefícios de sua ingestão sobre a saúde e, desta forma, desenvolvendo ou reforçando uma atitude positiva do indivíduo em relação ao produto.

### **3.1.5 Extrato hidrossolúvel de soja**

Conforme Aplevicz e Demiate (2007), a soja origina vários produtos e subprodutos. A indústria de alimentos comercializa o grão *in natura*, além de produzir diversos produtos à base de soja, sejam eles concentrados ou isolados de soja, como soja texturizada, óleo de cozinha, extrato de soja ou leite de soja e alimentos fermentados (“miso”, “shoyo”, “tempeh”) (CIABOTTI et al., 2007) ou ainda não fermentados como tofu, farinhas e farelos de soja e o okara, ou resíduo de soja proveniente do extrato aquoso da soja (SILVA et al., 2009).

O extrato de soja é o produto obtido a partir da emulsão aquosa resultante da hidratação dos grãos de soja, convenientemente limpos, seguido de processamento tecnológico adequado, adicionado ou não de ingredientes opcionais permitidos, podendo ser submetido à desidratação, total ou parcial (DA SILVA, 2008).

O produto extrato de soja começou a ser produzido, no Brasil, em escala industrial por volta da década de 60. Apesar de não ter uma grande aceitabilidade em nível nacional, devido ao seu odor e sabor característico era comercializado como bebida nutritiva, adoçada e aromatizada. A ação de enzimas presentes nos grãos de soja sobre os ácidos graxos polinsaturados confere ao produto final um sabor que lembra feijão cru (SILVA, 2008; BEHRENS e SILVA, 2004).

Segundo Moreira et al., (2010), a obtenção do extrato de soja se baseia na seleção e lavagem dos grãos, seguidas de aquecimento, resfriamento e retirada das cascas, e após esses procedimentos é realizado um novo aquecimento, trituração e filtragem da massa de grãos.

A soja processada de maneiras diversas dá origem a produtos e subprodutos de grande importância, como o extrato aquoso de soja (“leite” de soja) que gera em seu

processamento um subproduto denominado okara (BOWLES e DEMIATE, 2006).

Assim, como o grão de soja, o extrato também apresenta um alto nível de proteínas com ótimo valor biológico, pois dentre os 20 aminoácidos que o ser humano necessita, 11 o próprio organismo produz (não essenciais) e os outros 9 (essenciais) a soja pode fornecer. Além de possuir vitaminas do complexo B, minerais como, cálcio, ferro, potássio e zinco, ácidos graxos e as isoflavonas. É importante levar em consideração que a composição química do extrato de soja (Tabela 01) pode variar de acordo com a matéria-prima e o processo utilizado na produção do mesmo (DA SILVA, 2008).

Tabela 01: Composição físico-química do extrato hidrossolúvel de soja.

| Componentes           | Valores   |
|-----------------------|-----------|
| Carboidratos (g/100g) | 0,4 – 2,0 |
| Proteínas (g/100g)    | 2,0 – 3,5 |
| Lipídios (g/100g)     | 0,3 – 1,9 |
| Cálcio (mg/100g)      | 15 – 70   |
| Fósforo (mg/100g)     | 30 – 105  |
| Ferro (mg/100g)       | 1,2 – 3,0 |
| Vitamina B1 (µg/100g) | 40,0      |
| Vitamina B2 (µg/100g) | 120,0     |
| Niacina (mg/100g)     | 0,1       |

Fonte: Adaptado DA SILVA (2008).

Através da Tabela 01 observa-se que produto contribui com valores relativos de proteínas, lipídeos e carboidratos, fornecendo energia a atividade humana e também componentes essenciais a sobrevivência, como vitaminas e sais minerais.

#### 3.1.5.1 Aplicações do extrato hidrossolúvel de soja

O extrato hidrossolúvel de soja possui aspecto parecido com o leite de vaca, quando preparado em condições adequadas e tem alto valor nutritivo. Pode ser comercializado de várias formas, com adição ou não de aromatizantes, na forma original, pode ser combinado com frutas diversas, na produção de tofu, iogurte à base de soja, entre outros (BRANCO et al., 2007).

Segundo, Maia et al. (2006) o padrão de qualidade para o extrato de soja é umidade de até 93 %, 3,0 % no mínimo de proteínas, mínimo de 1,0 % de lipídios, 2,8 % no máximo de carboidratos e cinzas de 0,6 % no máximo. Ainda estabelece que o produto seja obtido a partir da emulsão aquosa resultante da hidratação dos grãos de soja, seguido do processamento tecnológico que pode ser variado, adicionado ou não de ingredientes opcionais.

Com isso, essa matéria-prima pode ser utilizada para elaboração de muitos produtos, como queijo, iogurte, bebida pronta para consumo, bebida fermentada, gelados comestíveis, entre outros.

### **3.2 GELADO COMESTÍVEL**

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, resolução RDC nº 266/2005 (BRASIL, 2005), gelado comestível são produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcar(es). Podem ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto.

O sorvete é definido como um preparado alimentício levado a um estado sólido, semi-sólido ou pastoso por congelamento simultâneo ou posterior à mistura das matérias-primas, e que devendo apresentar e consolidar um grau de plasticidade e de congelamento suficiente desde a sua fabricação até o momento de sua venda ao consumidor (ORDÓÑEZ, 2005).

Algumas novidades na área de gelados comestíveis estão surgindo no mercado, com a intenção de abranger novos públicos e ganhar ainda mais a apreciação de seus consumidores. Uma das inovações nessa área é o gelato, que na Itália quer dizer uma sobremesa resfriada feita com leite integral, sem adição da gordura do leite, o que significa que a percentagem de gordura é em torno de 3,8 %.

Tradicionalmente, o gelato concentra pouco ar durante seu resfriamento, o que deixa sua consistência mais densa, não exigindo que seja mantido numa temperatura tão baixa quanto o sorvete. Até porque em *freezer* convencional, o *gelato* congela e perde a consistência (BARROSO, 2017; NASAL, 2015).

Gelato significa “congelado” em italiano. Quando bem feito, esse produto é mais grosso, denso e elástico e tem características de fusão diferente do sorvete. A maior diferença é a sensação de suavidade com que o céu da boca absorve o frio bem menos agressivo que no sorvete comum e ainda deixa um residual do sabor que é naturalmente mais intenso (VISCAYA, 2011).

O gelato se difere do sorvete industrial, principalmente, pelo menor teor de gordura, sobrecarregando menos as papilas gustativas e intensificando o sabor (GELATAIO, 2017).

No *overrun*, termo usado para a quantidade de ar que é adicionada a mistura durante o processo de congelamento, que em processos contínuos pode chegar a 100 %. Porém, artesanalmente, atinge uma faixa de 20 a 35 %; Como resultado, tem-se um produto mais denso, cremoso e intenso (GELATAIO, 2017). O gelato, portanto, apresenta um batimento diferenciado, com menos ar incorporado à mistura, resultando num produto mais denso e cremoso e com menos cristais de gelo que os sorvetes comuns (AMAZÔNIAICE, 2017).

Com isso, o *gelato*, produto muito consumido na Itália, vem abraçando vários outros países com diversidades de sabores, produzido geralmente em escala artesanal, está sendo lançado em grandes companhias produtoras de gelados comestíveis. Com os sabores *caramelo salato*, *cioccolato nero*, *limoncello* e *vaniglia*, uma companhia respeitada desse segmento aborda o lançamento de produtos mais elaborados e lança o *gelato* no Brasil. Por causa do processo de produção específico do produto, os cristais de sorvete também são menores, o que garante uma textura inconfundível. Ele tem uma cremosidade e untuosidade maior (MILKPOINT, 2015).

### **3.2.1 Mercado**

Atualmente, tem-se observado aumento tanto na demanda, quanto na oferta de produtos mais naturais e frescos. Seguindo a tendência de produtos caseiros e de qualidade superior aos tradicionais, alguns produtos têm-se destacado e ganhado espaço no mercado. Um exemplo são os gelatos, reconhecidos como sorvete tipicamente italiano (RENHE et al., 2015).

O mercado de gelados comestíveis está aquecido, onde uma interação do ambiente pode estar orientando esse cenário: as fortes ondas de calor em locais, que antes tinham temperaturas mais amenas (SMZTO, 2017).

O consumo de sorvete no Brasil cresceu nos últimos anos, atingindo um valor de 1002 milhões de litros em 2016. Em paralelo a esse dado, observa-se que a produção também apresentou um aumento, de 502 milhões de litros de sorvete em massa produzidos em 2003, para 675 milhões de litros em 2016 demonstrando também um valor de 4,86 L/ano *per capita* (ABIS, 2017).

Uma das barreiras que está no caminho da expansão do consumo de sorvete é a preocupação com a saúde (SCHELLER, 2013). Com isso, a inovação em buscar produtos com aceitabilidade sensorial e sem efeitos adversos a saúde é um desafio da indústria que trabalha com esse segmento.

### **3.2.2 Funções das matérias-primas e insumos**

O gelato é composto por uma mistura de água, leite, gorduras (animal e/ou vegetal), açúcares e/ou adoçantes, estabilizantes, emulsificantes, aromas e corantes (GOFF e HARTEL, 2013) e após o batimento apresenta uma incorporação de ar resultando em uma massa consistente e moldável. Os ingredientes têm função específica e pode ter origem de várias fontes. Abaixo, alguns exemplos de especificidade dos mesmos.

#### **a) Leite, água ou suco de fruta:**

Esses produtos podem ser substituído parcialmente ou totalmente por outros ingredientes, dependendo do objetivo da formulação do gelato. Um de seus substitutos é o extrato hidrossolúvel de soja, produto obtido a partir da emulsão aquosa resultante da hidratação dos grãos de soja, convenientemente limpos, seguido de processamento tecnológico adequado, adicionado ou não de ingredientes opcionais permitidos, podendo ser submetido à desidratação, total ou parcial (DA SILVA, 2008). Com esse ingrediente na formulação, o gelato não apresenta a lactose, carboidrato que pode causar intolerâncias a pessoas que apresentam dificuldade em digerir o mesmo.

#### **b) Carboidratos (açúcares):**

Os açúcares dissolvidos na massa diminuem o ponto de congelamento da mistura, repassam sabor e doçura ao produto e melhoram a textura (GOFF e HARTEL, 2013) e reduzem a sua capacidade de batimento. À medida que essas substâncias aumentam a concentração, há menos água nas quais os componentes solúveis podem ser dissolvidos, de maneira que o ponto de congelamento será diminuído (MARSHALL & ARBUCKLE, 2000).

A adição da sacarose provoca a diminuição do ponto de congelamento, afetando a velocidade de formação e o tamanho dos cristais de água. A cada 1% de aumento da sacarose na mistura de um sorvete, o ponto de congelamento da última reduz em aproximadamente 0,36° C (MARSHALL & ARBUCKLE, 2000).

Derivados da sacarose ou açúcar de mesa e da glicose ou xarope de glicose (no mínimo, 13% de carboidratos em sorvetes de creme ou leite). Nas formulações especiais para diabéticos, são usados adoçantes artificiais (INSUMOS, 2017-a).

A Tabela 02 mostra os açúcares mais utilizados na elaboração do sorvete, apresentando uma comparação do seu efeito sobre o poder adoçante e ponto crioscópico, tomando como índice a sacarose.

Segundo Goff e Hatel (2013), muito tipos de edulcorantes nutritivos são utilizados no sorvete, inclusive açúcares de cana e beterraba e também alguns tipos de edulcorantes de milho.

O xarope de milho também é um açúcar que pode ser acrescentado a formulação do sorvete. Seu custo é mais baixo quando comparado a sacarose e sua presença melhora o corpo e textura, aumentando a estabilidade do produto. Quando utilizado em demasia pode transmitir falta de sabor adocicado e textura elástica (GOFF e HARTEL, 2013).

Os açúcares diminuem o ponto de congelamento da água, e a quantidade de moléculas presentes influenciam nesse comportamento. Quanto maior for o fator de decréscimo do ponto crioscópico, menor será a temperatura para o congelamento (BORSZCZ, 2002).

Tabela 02: Ponto crioscópico e poder adoçante dos carboidratos presentes em formulações de gelados comestíveis.

| <b>Carboidrato</b> | <b>Peso molecular (g/mol)</b> | <b>FDPC</b> | <b>PA<sub>R</sub></b> |
|--------------------|-------------------------------|-------------|-----------------------|
| Sacarose           | 342                           | 1,0         | 1,0                   |
| Xarope de glicose  | 445                           | 0,8         | 0,3                   |
| Xarope de milho    | 190                           | 1,08        | 1,0                   |
| Dextrose           | 180                           | 1,9         | 0,8                   |
| Frutose            | 180                           | 1,9         | 1,7                   |
| Açúcar Invertido   | 180                           | 1,9         | 1,3                   |
| Lactose            | 342                           | 1,0         | 0,2                   |
| Sorbitol           | 182                           | 1,9         | 0,5                   |
| Glicerol           | 92                            | 3,7         | 0,8                   |

PA<sub>R</sub> – Poder adoçante relativo (índice de sacarose 1); FDPC – Fator de decréscimo do ponto crioscópico (índice de sacarose 1)

Fonte: Early (2000).

O açúcar tem a finalidade de reduzir o ponto de congelamento do gelato, sendo utilizado nas formulações para dar corpo e equilibrar o ponto de congelamento do gelato.

c) Emulsificantes:

Os emulsificantes são produtos básicos para a produção de gelados comestíveis pois promovem a desestabilização da gordura, repassando suavidade e boas propriedades de fusão ao produto (GOFF e HARTEL, 2013). São utilizados para manter uma dispersão uniforme de um líquido em outro, e na produção de sorvetes, é vital na formação de estruturas lipídicas apropriadas e para assegurar uma distribuição de ar necessária para garantir uma textura macia ao paladar, assim como boas características de derretimento (INSUMOS, 2017-a).

A falta de emulsificante pode favorecer a separação de gordura durante a maturação e tornar a gordura livre durante batimento, pela ruptura dos glóbulos (MILLIATTI, 2013).

Os emulsificantes mais utilizados na produção de sorvete são os mono/diacilgliceróis. Estes são produzidos pela hidrólise parcial da gordura vegetal, como óleo de soja e palma. Normalmente contém entre 40 e 60% de mono e diacilglicerol e uma pequena parte de triacilglicerol (MILLIATTI, 2013).

#### **d) Estabilizantes:**

Os estabilizantes oferecem diversos efeitos benéficos ao sorvete durante manufatura, armazenamento e consumo tais como: reduzem a taxa de derretimento, impedem o encolhimento da massa, mascaram a sensação de cristais de gelo na boca durante a mastigação, permitem um bombeamento mais fácil e um enchimento mais exato da embalagem durante o processamento, facilitam a incorporação controlada de ar e ajudam na produção de uma espuma mais estável (CLARKE, 2004).

Os estabilizantes possuem ainda outras funcionalidades, principalmente em produtos com baixo teor de gordura e em produtos onde outros constituintes são retirados a fim de se obter um produto especial ou de baixo custo. Eles aumentam a firmeza do produto, promovem um derretimento mais lento e uniforme, aumentam a capacidade de aeração, previnem a formação de rachaduras durante a vida de prateleira e estabilizam a emulsão e contribuem para o corpo, textura e cremosidade (MILLIANTTI, 2013).

Os estabilizantes são também chamados de espessantes, aglutinantes e hidrocolóides. São compostos macromoleculares que se hidratam intensamente em água e formam soluções coloidais; com isso, controlam a movimentação da água, devido à formação de pontes de hidrogênio e à formação de uma rede tridimensional que impede a mobilidade da água (EARLY, 2000; TIMM, 1989). Servem como elo de união de todos os elementos devido ao aumento de volume (ÓRDÓNEZ, 2005). Os tipos de estabilizantes mais utilizados pelas indústrias de gelados comestíveis são a goma guar, alginato sódico, carragenato e carboximetilcelulose (BORSZCZ, 2002).

O objetivo da utilização desse componente é evitar o crescimento de cristais de gelo, ou recristalização, causado pelas flutuações de temperatura durante sua conservação. Os estabilizantes, também melhoram as propriedades de batimento, aumentam a viscosidade da calda, contribuem para o melhoramento do corpo e textura do produto final, melhoram as propriedades de derretimento, facilitam a incorporação e a distribuição de ar durante a fabricação do sorvete, promovem melhor estabilidade durante o armazenamento (VARNAM e SUTHERLAND, 1994; TIMM, 1989; ARBUCKLE, 1977).

Portanto os estabilizantes apresentam melhorias quando aplicados em gelados comestíveis, e para se ter um bom desempenho precisa-se conhecer as diferenças e a compatibilidade entre eles e com os outros ingredientes da fórmula é de primordial importância para o desenvolvimento de uma formulação de qualidade. A escolha do estabilizante deve levar em consideração todos os ingredientes empregados, o processo disponível, os atributos desejados, a forma de armazenamento e de consumo do produto final e também as possíveis interações entre eles (MILLIATTI, 2013).

#### e) Gordura:

As gorduras conferem cremosidade e proporcionam textura suave dando corpo ao sorvete, podendo ser de origem animal ou vegetal. O tipo de gordura, sua composição e ponto de fusão têm influência decisiva sobre as características organolépticas e estabilidade do sorvete durante sua conservação (EARLY, 2000; AMIOT, 1991).

A principal gordura utilizada no gelado comestível é a gordura vegetal hidrogenada, que substitui a gordura do leite devido aos baixos teores de colesterol, plasticidade e menor custo. Os tipos utilizados para fabricação do sorvete são a gordura de coco, palma, cacau, algodão e colza. Esses componentes apresentam estrutura adequada ao produto a um menor custo que a gordura do leite. Porém, as desvantagens dessa gordura de origem vegetal é que pode transmitir odores indesejáveis, contribuir pouco para dar sabor ao produto e apresentar uma textura gordurosa (GOFF e HARTEL, 2013; MOSQUIM, 1999).

Além de ser mais saudável, a quantidade reduzida de gordura do gelato permite sentir melhor o verdadeiro sabor dos demais ingredientes. Para manter a cremosidade do mesmo, sem a quantidade de gordura utilizada no sorvete, para o gelato recomenda-se manter e servir em temperaturas mais altas que o sorvete assim cria a diferença de textura e cremosidade entre o gelato e o sorvete (NOSTROGELATO, 2017).

#### f) Corantes e aromatizantes

Os corantes e aromatizantes são substâncias naturais ou artificiais que são inseridos na formulação para intensificar as propriedades de cor, aroma e sabor do alimento, melhorando a atratividade, assim aumentando a aceitabilidade do produto. Estas

substâncias podem ser naturais ou artificiais. Deve se ter cautela na quantidade a ser adicionada desses produtos, pois seu uso em demasia pode causar inaceitabilidade do produto, apresentando tons e odores fortes, artificiais e também podem provocar reações alérgicas em algumas pessoas (GOFF e HARTEL, 2013; ÓRDÓNEZ, 2005; BORSZCZ, 2002).

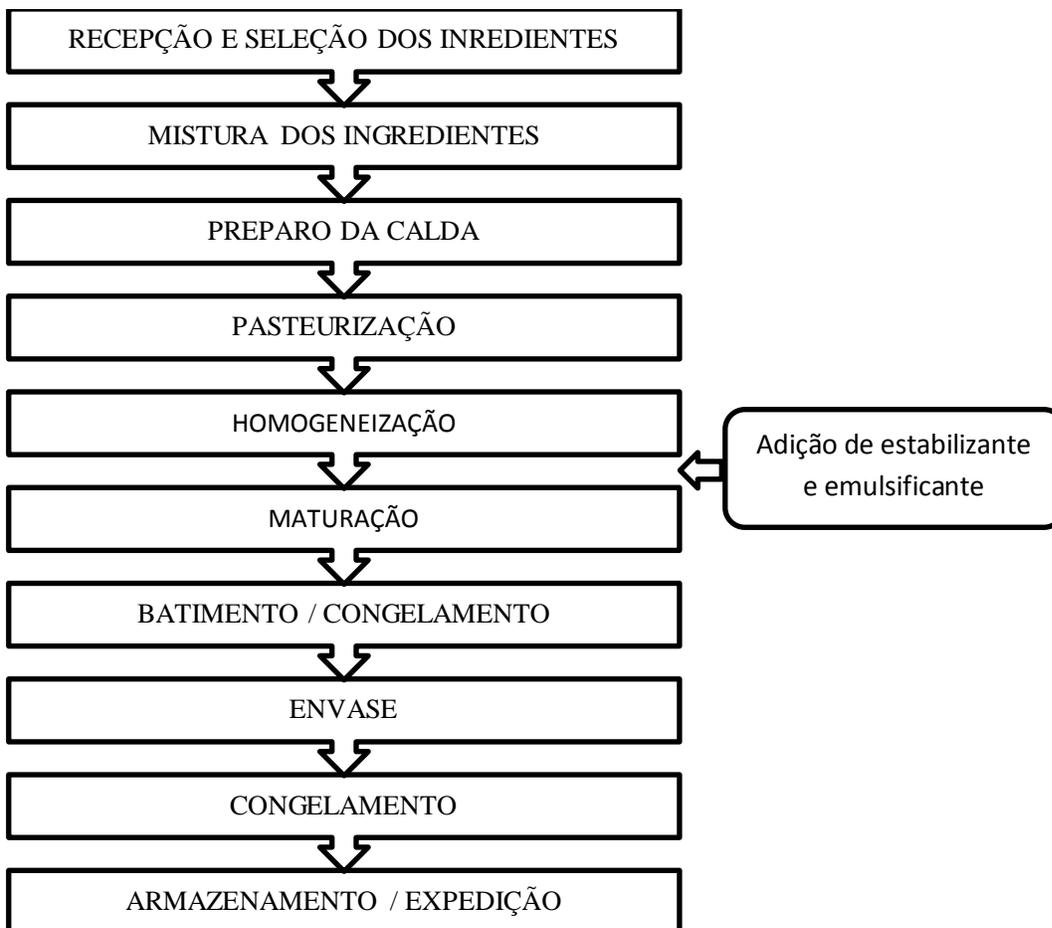
### **3.2.3 Processo de fabricação**

O gelato e o sorvete apresentam várias diferenciações, porém elas ficam restritas a formulação e forma de apresentação ao cliente. O gelato é mantido e servido em temperaturas mais altas que o sorvete e é isto que cria a diferença de textura e cremosidade entre esses produtos. A sensação de suavidade com que o céu da boca absorve o frio bem menos agressivo que no sorvete deixa um arrasto do sabor que é naturalmente mais intenso (CAPATTI, 2017).

Com as variações, o gelato se torna uma opção mais saudável que os sorvetes industrializados (CAPATTI, 2017). O gelado comestível (assim como o gelato), são fabricados a partir de uma emulsão estabilizada, que através de um processo de batimento e congelamento, produz uma substância cremosa, suave e sensorialmente agradável ao paladar (CAMPOS, 2003).

O processo de elaboração desses produtos envolve algumas operações que devem ser realizadas com atenção e padronizadas para garantir um produto adequado (ÓRDÓNEZ, 2005). Para se obter a qualidade desejada no gelado comestível, o controle e conhecimento das etapas de fabricação são de grande importância: 1) dosagem dos componentes da calda, 2) pasteurização; 3) homogeneização; 4) resfriamento; 5) maturação; 6) batimento, congelamento e incorporação de ar; 7) endurecimento. Estas etapas dependem do tipo e da quantidade de componentes utilizados (BORSZCZ, 2002), e são apresentadas na Figura 01.

Figura 01: Fluxograma de elaboração de gelato.



Fonte: adaptado de Órdonez (2005).

#### a) Recepção e seleção de ingredientes

Após receber todas as matérias-primas, avalia-las adequadamente quanto sua qualidade, acondiciona-se cada uma em locais previamente organizados e adequados para esse fim, até o início da industrialização do gelato.

#### b) Mistura dos ingredientes

A etapa de preparo da mistura tem como principal objetivo o de garantir que todos os ingredientes estejam dissolvidos ou em suspensão, sem a formação de grumos de ingredientes em pó, bem como assegurar uma correta proporção dos mesmos (DANISCO, 2001).

Os ingredientes são separados, porcionados conforme a formulação e misturados adequadamente para a dissoluções dos mesmos.

#### c) Preparo da calda

Através de uma formulação já elaborada, as matérias-primas são pesadas e realizadas a misturas das mesmas, dissolvendo as matérias sólidas nas líquidas (com exceção do aroma e do corante), formando assim uma mistura denominada de calda.

#### d) Pasteurização

Segundo a Resolução RDC nº 267, de 25 de setembro de 2003, a pasteurização de gelados comestíveis deve atender às seguintes condições mínimas: no processo contínuo (HTST), 80°C por 25 s, ou no processo em batelada (batch), 70°C por 30 min (BRASIL, 2003).

O motivo pelo qual o binômio tempo e temperatura são mais elevados que os do leite fluído (72 a 75°C por 15 s) deve-se à adição dos ingredientes, principalmente o açúcar e a gordura, que dificultam a transferência de calor e fornecem uma capa protetora aos micro-organismos (VARNAM e SUTHERLAND, 1994).

Além de eliminar os micro-organismos patogênicos, o tratamento térmico produz a fusão dos emulsificantes, ativa os estabilizantes em solução coloidal, melhorando o efeito dos emulsificantes e estabilizantes pela ação das proteínas do soro. Ao desnaturar a proteína do soro, a parte lipofílica da molécula que se encontra no interior da estrutura é quebrada. Nestas condições, a tensão superficial da interface gordura/água é reduzida, agindo assim como agentes emulsificantes (EARLY, 2000; VARNAM e SUTHERLAND, 1994).

#### e) Homogeneização

A homogeneização do produto tem por objetivo reduzir o tamanho dos glóbulos de gordura e assim tornar a emulsão mais fina e estável (ÓRDÓNEZ, 2005), reduzindo-os aproximadamente dez vezes e aumentando a superfície total em aproximadamente 100 vezes, favorecendo a formação de um produto mais homogêneo, cremoso e facilitando a ação dos agentes emulsificantes e estabilizantes sobre a superfície das partículas (PORTO, 1998).

A etapa da homogeneização depende de vários fatores, tais como:

- Temperatura: a eficiência da homogeneização aumenta quando a calda é homogeneizada a uma temperatura entre 70 a 80°C, porque a mobilidade dos componentes com certa tensão superficial é maior quanto mais alta for a temperatura (EARLY, 2000; AMIOT, 1991). Quando a pasteurização ocorre a temperaturas acima de 76°C em sistema de batelada, é conveniente que se resfrie a calda a 65°C para realizar a homogeneização, pois assim

consegue-se reduzir a intensidade do sabor de queimado, especialmente quando a homogeneização ocorre em um tempo maior que 30 min (ARBUCKLE, 1977).

- Pressão do homogeneizador: a pressão deve ser suficiente para se obter um produto de qualidade. A utilização de pressão excessiva no processo tende a aglomerar as moléculas de gordura, enquanto que uma pressão insuficiente impossibilita a obtenção de uma boa dispersão da matéria gordurosa. Quando o teor de gordura é muito elevado, os glóbulos tornam-se menores durante o processo de homogeneização e tendem a agrupar-se antes que uma nova membrana tenha tempo de formar-se na superfície. Também, a forte pressão eleva a temperatura produzindo a desnaturação das aglutininas favorecendo a coalescência. Para tanto, utiliza-se o processo de homogeneização em dois estágios, de modo que o segundo estágio desfaz os grumos que se formam na primeira fase, dando tempo para que a superfície do novo glóbulo produza as aderências do fosfolipídio, das lipotropeínas e cargas elétricas, impedindo a coalescência dos pequenos glóbulos (MOSQUIM, 1999; AMIOT, 1991).

Em geral, utilizam-se pressões de 2.000 a 2.500 lb para o primeiro estágio e 500 lb para o segundo estágio. Para misturas de chocolate, a pressão pode ser reduzida para 1500 a 2000 lb para o primeiro estágio, devido ao elevado conteúdo de gordura presente neste componente (EARLY, 2000; AMIOT, 1991; ARBUCKLE, 1977).

- Composição da calda: a eficiência da homogeneização dependerá do teor de gordura adicionado. Quanto menor o teor de gordura, maior será a pressão, e vice-versa (EARLY, 2000).

A calda pasteurizada deverá ser resfriada rapidamente a temperatura de 7 a 10 °C e transferida às tinas de maturação, onde permanece à temperatura de 3-5 °C por um período máximo de 24 h. O resfriamento pode ser realizado na própria cuba de pasteurização, ou, passando a calda em um trocador a placas (MOSQUIM, 1999).

#### **f) Maturação**

A maturação é a etapa responsável por ocorrer o processo de recristalização de gorduras, hidratação dos sólidos, mudanças no comportamento das proteínas, aumento da viscosidade, melhora do corpo e textura. O tempo mínimo de 2 horas é recomendado para essa etapa (MILLIATTI, 2013).

No início dessa etapa realiza-se a incorporação de aromas e corantes, assim como emulsificantes e estabilizantes que caracterizam algumas propriedades sensoriais muito importantes desse produto.

#### **g) Batimento e congelamento**

A calda é transferida para um equipamento específico de elaboração de sorvetes, chamado de produtora. Ocorrem simultaneamente o batimento, o congelamento e a incorporação de ar até atingir a consistência desejada. A massa atinge temperatura aproximada de  $-5^{\circ}\text{C}$ . Esse abaixamento da temperatura visa à transição de 20 a 40 % da água para a fase sólida (MILLIATTI, 2013).

Existem dois tipos fundamentais de congeladores: os descontínuos (horizontal e vertical) e os contínuos (horizontal). As cubas de congelamento descontínuas são utilizadas para o processo artesanal ou em baixa escala, enquanto que os congeladores contínuos são utilizados para fabricação em escala industrial (VARNAM e SUTHERLAND, 1994).

No processo de batimento e congelamento ocorre a incorporação do ar, denominada de *overrun*, usualmente definido como o aumento do volume do sorvete obtido a partir de um volume inicial de calda, e é expressa em porcentagem de *overrun*. A quantidade de ar incorporada depende da composição da calda e de propriedades do processamento, assim como o tipo de equipamento, obtendo-se características adequadas de corpo, textura e palatabilidade necessárias ao gelato (ARBUCKLE, 1977).

#### **h) Envase**

Na saída da produtora, a massa do produto é moldada e envasada em recipientes específicos, podendo apresentar tamanhos diferentes, desde embalagens de aproximadamente 200 mL à baldes de 20 L. Nesse momento, pode ser adicionado a massa, ingredientes que ressaltam sabor e textura, e também uma coloração diferenciada tais como caramelos, castanhas, frutas, entre outros.

#### **i) Congelamento**

A massa de gelato passará por um processo de endurecimento, que é realizado em câmaras à temperatura de  $-20$  a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Nessa etapa, o teor de água congelada do sorvete chega de 80 a 90 %.

#### **j) Armazenamento e expedição**

As embalagens contendo o produto são armazenadas em câmaras de congelamento, mantendo uma temperatura mínima de  $-18^{\circ}\text{C}$ , sendo que esta deve ser mantida por toda a cadeia consecutiva, ou seja, transporte, comercialização até o consumo do produto.

### **3.2.4 Qualidade do gelato**

Um sorvete de boa qualidade é firme, não derrete facilmente, e não produz uma desagradável sensação de frio na boca (EL-RAHMAN et al., 1997). Muitos desses

parâmetros estão diretamente ligados com a composição físico-química do gelado comestível (sorvete).

A composição do gelato varia em diferentes países e em diferentes localidades e os mercados em cada país. A composição mais adequada para a fabricação desse produto é, muitas vezes, difícil de estabelecer. A composição do sorvete é bastante variada, podendo apresentar alterações dependendo da cultura local, clima, entre outros. Normalmente, apresenta-se com 8 a 20 % de gordura, 8 a 15 % de sólidos não gordurosos do leite, 13 a 20 % de açúcar e 0 a 0,7% de emulsificantes e estabilizantes. Para essa definição deve-se considerar as exigências legais, a qualidade do produto desejado, matérias-primas disponíveis, planta, equipamentos e processos, demandas do comércio, concorrência e custos. Algumas empresas podem optar por fabricar produtos a partir de uma única formulação de mistura, enquanto outros podem atender a necessidade de implementar diversas formulações (GOFF e HARTEL, 2013; ARBUCKLE, 1977).

A utilização de ingredientes de boa qualidade, uma composição balanceada, e cuidados durante o processamento do sorvete, são fatores de determinaram a qualidade final do produto (BORSZCZ, 2002).

O conhecimento do comportamento reológico dos alimentos é útil não somente para o controle de qualidade do produto, mas principalmente para o dimensionamento de sistemas de tubulação, trocadores de calor, filtros, bombas, entre outros (VASQUES, 2003). O comportamento dos fluidos é descrito através de modelos reológicos, que relacionam tensão de cisalhamento com a taxa de deformação (OLIVEIRA et al., 2008).

Alguns parâmetros importantes para verificar e padronizar a qualidade do sorvete devem ser considerados:

**a) Ponto de derretimento**

A aparência do sorvete à medida que ele derrete é extremamente importante na percepção global do consumidor quanto a qualidade do produto. Além disso, a observação do processo de derretimento pode trazer informações quanto a outros fatores de variação da qualidade, tais como estabilidade da proteína, aglomeração de gordura etc., que afetam a cremosidade, suavidade e riqueza do sorvete. Por isto, a devida observação do comportamento do sorvete no processo de derretimento merece grande atenção em um programa de garantia de qualidade (INSUMOS, 2017-b).

**b) Viscosidade**

A composição do sorvete interfere nas suas características físicas porque está relacionada com o processo, que influenciará diretamente o estado de agregação dos glóbulos de gordura, a quantidade de ar incorporada, o tamanho das bolhas de ar, a

viscosidade da fase aquosa e o tamanho e estado de agregação dos cristais de gelo (DICKINSON e STAINSBY, 1982).

A viscosidade da mistura é afetada pela composição (principalmente gordura e estabilizante), tipo e qualidade dos ingredientes, processamento e manuseio da mistura. Com o aumento da viscosidade, a resistência ao derretimento e a cremosidade do sorvete aumentam (OLIVEIRA et al, 2008).

### c) *Overrun*

O ar incorporado durante o batimento e congelamento, comumente chamado *overrun*, torna o sorvete leve, macio e saboroso (MADRID, 1995). Esse ar realiza o aumento do volume do produto, uma das etapas mais importantes da fabricação de sorvetes, já que influencia diretamente na qualidade e rendimento da mistura, devendo obedecer aos padrões da legislação (BRASIL, 2005). Atualmente, estuda-se a possibilidade de incorporação de outros gases, como nitrogênio líquido e gás carbônico (SOLER e VEIGA, 2001; MOSQUIM, 1999).

A quantidade de ar presente no sorvete é de suma importância, devido ao seu controle sobre a qualidade, pois confere ao produto maciez e leveza, além de influenciar as propriedades físicas e derretimento e dureza. O volume de ar incorporado pode ser de mais de 50 % a um mínimo de 10 a 15 % (OLIVEIRA et al., 2008).

A quantidade de ar incorporado é definida pelos seguintes fatores (BRASIL, 2005; BORSZCZ, 2002):

- Regulamentação legal: no Brasil a porcentagem máxima de ar que se pode incorporar ao sorvete é de 110 %, isto significa que, um litro de sorvete deve corresponder a uma massa de no mínimo 475 g;
- Conteúdo de sólidos totais: geralmente a alta quantidade de sólidos totais na calda, aumenta a quantidade de ar incorporado ao sorvete, comparado com a baixa quantidade de sólidos;
- Tipo e quantidade de emulsificantes e estabilizantes;
- Tipo de equipamento para o congelamento: produtoras horizontais (contínuas) incorporam maiores quantidades de ar que produtoras verticais (batelada);
- Quantidade de gordura: alta quantidade de gordura diminui a quantidade de ar incorporada;
- Pressão de homogeneização e temperatura de pasteurização: a pressão depende da quantidade de gordura presente na calda, e altas temperaturas de pasteurização incrementam a quantidade de ar incorporado.

O controle do *overrun* é muito importante para obtenção de um produto padronizado, de acordo com os dados especificados no rótulo como composição nutricional e peso da embalagem; além disso, para obter-se a rentabilidade do produto que caracteriza o perfil do produto (VARNAM e SUTHERLAND, 1994).

### **3.2.5 Propriedades funcionais**

As propriedades funcionais de proteínas são definidas como as propriedades físico-químicas que afetam o seu comportamento no alimento durante o preparo, processamento e armazenamento, e contribuem para a qualidade e atributos sensoriais dos alimentos. A composição e sequência de aminoácidos, carga líquida e sua distribuição, relação hidrofobicidade/hidrofilicidade, estruturas primária, secundária, terciária e quaternária, flexibilidade/rigidez, e a habilidade de reagir com outros componentes influenciam na funcionalidade de proteínas em alimentos (CARVALHO et al., 2012).

A capacidade que as proteínas da soja possuem para melhorar certas propriedades num sistema alimentar, tais como a formação e a estabilidade de emulsão, depende de numerosos fatores. Conteúdo de proteína, solubilidade, dispersibilidade, pH do meio, temperatura e métodos de processamento, afetam as propriedades funcionais das proteínas da soja (CRENWELGE et al., 1974; WANG, 2001), como solubilidade, absorção de água, emulsificação, formação de espuma e geleificação (VILLALVA, 2008).

A avaliação e acompanhamento de algumas propriedades funcionais durante a elaboração e fabricação do sorvete são muito importantes para garantir a qualidade do mesmo, pois influenciam diretamente no resultado final do produto. Dentre elas, destaca-se:

#### **a) Emulsificantes:**

Em geral as proteínas são consideradas bons agentes emulsificantes porque possuem numa mesma molécula regiões hidrofílicas e hidrofóbicas, as quais reduzem a tensão superficial e interagem na interface da emulsão (ELIZALDE et al., 1991). As características mais importantes das proteínas relacionadas com a capacidade de formar emulsões são: solubilidade, flexibilidade conformacional e hidrofobicidade. Uma proteína a ser aplicada como agente emulsificante tem de ser processada para ter alta solubilidade (UFRGS, 2017).

A capacidade de emulsificação das proteínas da soja aumenta com o aumento da solubilidade e diminui com o aumento da concentração de proteína, enquanto a estabilidade da emulsão aumenta com a elevação na concentração proteica. As propriedades de emulsificação são ótimas em condições alcalinas e pobres na faixa de pH entre 5 e 6 (LIU, 1997).

Segundo Mitidieri e Wagner (2002), isolados proteicos de soja comercial, que sofrem tratamento térmico durante a secagem, têm uma fraca propriedade emulsificante, visto que apresentam baixa solubilidade.

**b) Espumantes:**

As espumas alimentícias podem ser definidas como uma dispersão de glóbulos de gás, geralmente o ar, separados por uma suspensão de proteínas que reduz a tensão superficial entre o ar e o líquido, facilitando a deformação do segundo e assim se formam filmes estruturais em volta das gotas de ar, prendendo-o e formando bolhas. A capacidade de uma proteína em formar espuma refere-se à expansão de volume da dispersão protéica com a incorporação de ar por batimento ou agitação (CARVALHO et al., 2012).

Em estudos há demonstrações de que existem diferenças nas propriedades de espuma em diversos produtos proteicos de soja, devendo ser ressaltado que os isolados proteicos possuem maior espumabilidade quando comparados com farinhas e concentrados de soja (LIU, 1997).

A desnaturação parcial das proteínas, frequentemente, proporciona melhorias nas propriedades de espumabilidade. Isso é atribuído ao aumento da hidrofobicidade na superfície. Os lipídios, particularmente os fosfolipídios, afetam contrariamente a formação de espuma das proteínas, visto que desestabilizam as bolhas de ar da farinha e do concentrado de soja (DAMODARAN, 1996).

**c) Tensão superficial interfacial:**

O sorvete, como toda a emulsão consiste na dispersão de um líquido em um outro, na forma de minúsculas gotas. Esta produção de gotículas vai gerar um grande aumento da área total interfacial entre as duas fases e a redução da tensão superficial é requisito fundamental para a formação de uma boa emulsão (INSUMOS, 2017-b). O auxílio de proteínas soja na formação de emulsões, principalmente através da diminuição da tensão interfacial entre a água e o óleo ajuda também a estabilizar a emulsão, formando uma barreira física na interface. Proteínas de soja, isolado proteicos de soja ou com proteína de soja texturizada, têm sido amplamente aplicada como emulsionantes em produtos alimentícios (BUENO et al., 2009).

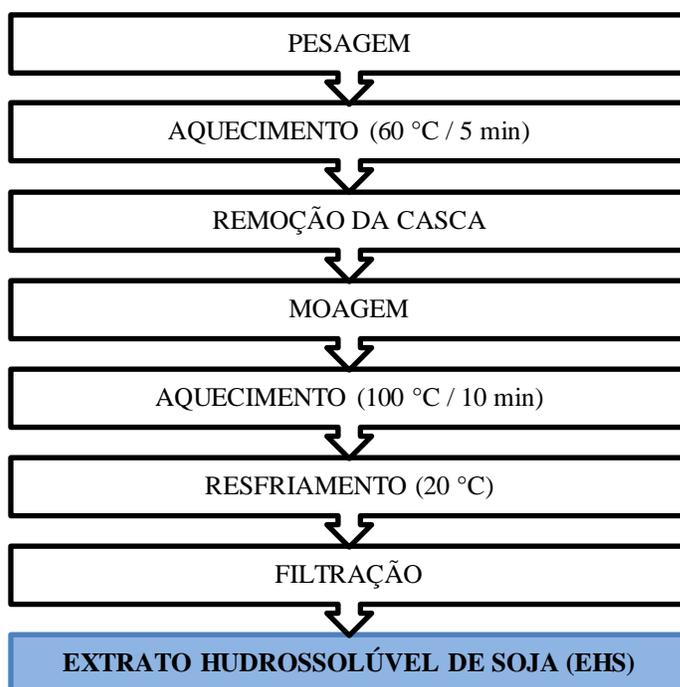
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Neste item serão apresentadas as metodologias referentes a obtenção e caracterização do extrato hidrossolúvel de soja, elaboração das formulações de gelato e caracterização das formulações.

### 4.1 OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA

A obtenção do extrato hidrossolúvel de soja (EHS) foi realizado através da metodologia citada por Mandarino e Carrão-Panizzi (1999), com algumas adaptações, empregando-se a soja (*Glycine max*) variedade comercial. Na Figura 02 encontra-se o fluxograma de obtenção do extrato hidrossolúvel de soja.

Figura 02: Fluxograma de obtenção de extrato hidrossolúvel de soja.



Inicialmente, adicionou-se os grãos de soja em água na proporção de 1:4 (grão:água), seguido de ebulição por 5 min e os grãos lavados em água corrente. Em seguida foram colocados em água fervente nas proporções de 1:1 (grão:água) por 10 min, resfriados a temperatura ambiente e triturados em liquidificador industrial. O extrato foi

filtrando com tecido de algodão e utilizado para a caracterização e elaboração de formulação de gelato.

O extrato hidrossolúvel de soja foi caracterizado em termos de umidade, proteína, lipídeos e cinzas.

## 4.2 ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DE GELATO

As formulações de gelato foram elaboradas baseadas nos resultados obtidos por (MAIA et al., 2008) e também por testes preliminares, realizados no laboratório de Tecnologia de Alimentos da Unochapecó de Chapecó-SC.

Nas formulações variou-se a concentração de proteína de soja e de gordura vegetal hidrogenada, empregando-se metodologia de planejamento de experimentos, planejamento fatorial completo  $2^2$ . As variáveis independentes de estudo e seus respectivos níveis encontram-se descritos na Tabela 03.

Tabela 03: Variáveis independentes e níveis utilizados no planejamento fatorial completo  $2^2$  para elaboração do gelato de soja.

| Variáveis            | Níveis |    |    |    |       |
|----------------------|--------|----|----|----|-------|
|                      | -1,41  | -1 | 0  | +1 | +1,41 |
| Independentes        |        |    |    |    |       |
| Proteína de soja (%) | 2,95   | 5  | 10 | 15 | 17,05 |
| Gordura vegetal (%)  | 7,95   | 10 | 15 | 20 | 22,05 |

\*Variáveis Independentes Fixas: gordura vegetal hidrogenada e proteína de soja.

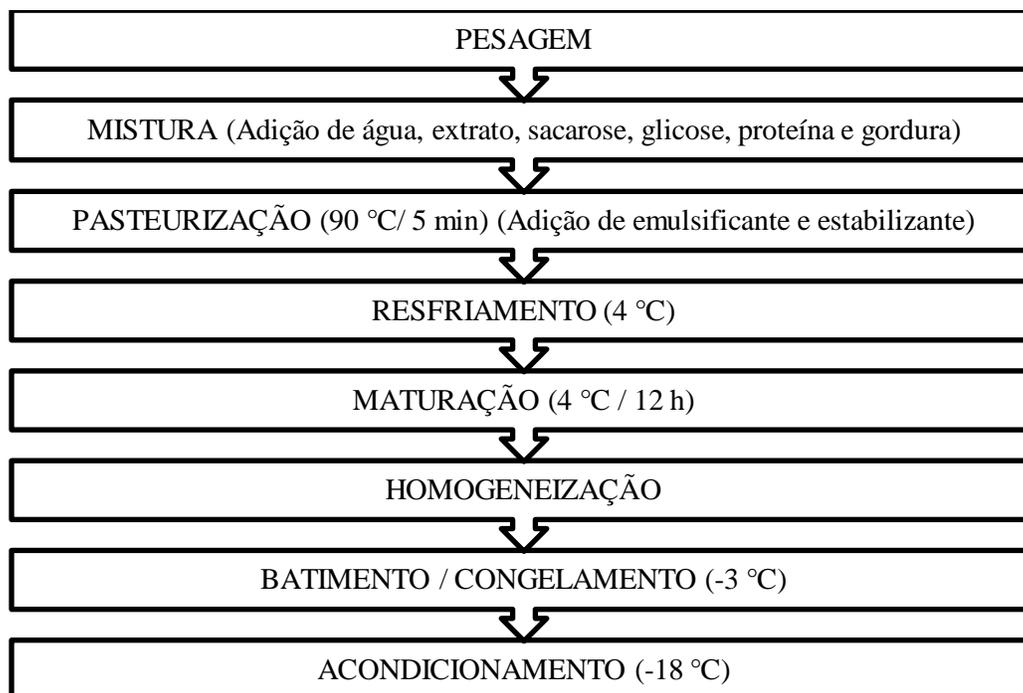
O concentrado proteico de soja (Mãe Terra) apresenta como características físico-químicas (g/30g): carboidratos de 7,8g; proteínas de 13g; gorduras totais de 6,3g; gorduras saturadas de 0,9g; fibra alimentar de 3,0g; sódio de 5,1mg; ferro de 1,5mg. Nas formulações manteve-se fixas as variáveis extrato hidrossolúvel de soja, água, sacarose (marca: Alto Alegre), glucose em pó (marca: Cargill), estabilizante (marca: Duas Rodas), emulsificante (Duas Rodas) e aromatizante sabor morango (Duas Rodas). A Tabela 04 apresenta a variação dos ingredientes das formulações elaboradas.

Tabela 04: Formulações de gelato de soja.

| Ingredientes (%)              | FORMULAÇÕES |    |    |    |      |       |      |       |    |     |     |
|-------------------------------|-------------|----|----|----|------|-------|------|-------|----|-----|-----|
|                               | F1          | F2 | F3 | F4 | F5   | F6    | F7   | F8    | F9 | F10 | F11 |
| Extrato hidrossolúvel de soja | 14          | 14 | 14 | 14 | 14   | 14    | 14   | 14    | 14 | 14  | 14  |
| Água                          | 54          | 54 | 54 | 54 | 54   | 54    | 54   | 54    | 54 | 54  | 54  |
| Sacarose                      | 10          | 10 | 10 | 10 | 10   | 10    | 10   | 10    | 10 | 10  | 10  |
| Glicose                       | 5           | 5  | 5  | 5  | 5    | 5     | 5    | 5     | 5  | 5   | 5   |
| Proteína de soja              | 5           | 15 | 5  | 15 | 2,95 | 17,05 | 10   | 10    | 10 | 10  | 10  |
| Gordura vegetal hidrogenada   | 10          | 10 | 20 | 20 | 15   | 15    | 7,95 | 22,05 | 15 | 15  | 15  |
| Estabilizante                 | 2           | 2  | 2  | 2  | 2    | 2     | 2    | 2     | 2  | 2   | 2   |
| Emulsificante                 | 2           | 2  | 2  | 2  | 2    | 2     | 2    | 2     | 2  | 2   | 2   |

Na Figura 03 encontra-se descrito o fluxograma do processo de elaboração do gelato.

Figura 03: Fluxograma do Processo de elaboração de gelato.



Para elaboração de cada formulação do gelato, foram adicionados os ingredientes água, extrato hidrossolúvel de soja, sacarose, glicose, proteína de soja e gordura vegetal

hidrogenada devidamente pesados. Misturou-se esses componentes formando uma mistura mais conhecida como calda e em seguida esta foi pasteurizada por 5 min a temperatura de 90°C.

Após resfriou-se a temperatura de 4°C, adicionando nessa etapa, as quantidades previamente pesadas de emulsificante e estabilizante. Manteve-se a calda nesta temperatura por 24 h, para realizar a maturação. Finalizado esta etapa do processo, adicionou-se o saborizante. Homogeneizou-se a mesma em um liquidificador industrial, por 5 min, e acondicionou em sorveteira industrial (marca Fortfrio, modelo AA239) sendo realizado o batimento e resfriada até atingir uma temperatura de -3°C.

Para finalizar o processo de elaboração, a massa foi acondicionada em recipientes de polipropileno com tampa, e armazenada em *freezer* mantendo a temperatura de -20°C.

### **4.3 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA E DO GELATO**

Foram realizadas análises de composição centesimal para o extrato hidrossolúvel de soja e para as amostras de gelato, sendo que para esse último, também foram realizadas análises de densidade, *overrun*, ponto de derretimento, propriedades funcionais (solubilidade e desestabilização), difração de raio-X e análise sensorial.

#### **4.3.1 Composição centesimal**

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa com circulação de ar até peso constante. Os valores para proteína foram calculados a partir dos teores de nitrogênio total multiplicados pelo fator 6,25 e foram determinados pelo método Micro Kjeldahl. Os teores de lipídeos totais foram determinados pelo método de extração Soxhlet e os de cinzas por incineração em mufla (AOAC, 1995).

#### **4.3.2 Ponto de derretimento**

O ponto de derretimento foi determinado conforme metodologia de Granger et al. (2005), adaptada. Inicialmente, porção de gelato (100 g) foram distribuídas em recipiente com peneira de aproximadamente 0,2 cm de abertura e coletado o material derretido, a temperatura ambiente (25 °C). A cada 10 min realizou-se a pesagem do produto derretido.

#### **4.3.3 Incorporação de ar (*overrun*)**

A análise de incorporação de ar foi realizada segundo metodologia de Rechsteiner (2009), adaptada. Esta análise foi realizada através do acondicionamento de cada amostra em béquer graduado de 100 mL, levados a estufa de circulação de ar (Quimis, 0314M252), 25-30°C durante 12 h. Após este período foi registrado o volume líquido resultante. Para o cálculo levou-se em consideração a diferença entre os volumes inicial ( $V_i$ ) e final ( $V_f$ ), obtendo-se o percentual de ar incorporado (% *overrun*)

#### **4.3.4 Massa específica**

O picnômetro com a amostra foi adicionado em banho termostático até atingir a temperatura de 25°C e pesados em balança analítica (Shimadzu, AY220). Obteve-se o valor da massa específica através da razão entre a massa da amostra e o volume do picnômetro (NUNES, 2011).

#### **4.3.5 Propriedades funcionais**

As amostras das formulações de gelato foram congeladas em ultra *freezer* a -18°C. Após a etapa de congelamento o produto foi liofilizado (liofilizador Terroni Fauvel – LHO 400/2L) e enviado para a Universidade UDeLaR – Montividéu/Uruguai, onde foram realizadas as seguintes análises:

##### **a) Solubilidade**

A solubilidade dos gelatos foi determinada através da dispersão em tampão fosfato de 10 mM a pH 7,0 para 0,1 % (m/v), durante 1 h à temperatura ambiente e velocidade constante. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas a 10.000 x g durante 10 min a 4°C. O teor de proteína no sobrenadante foi determinado pelo método de Lowry (1951).

##### **b) Desestabilização:**

As formulações de gelato são uma mistura de emulsão, espuma e suspensão, assim para caracterizar a desestabilização destas amostras realizou-se a reconstituição das mesmas. Após foi realizada a diluição de 10 vezes, pesando 4,6 g de cada amostra e adicionado 54 mL de tampão fosfato de sódio pH 7. As emulsões foram preparadas à temperatura ambiente por um homogeneizador Ultraturrax T25 (IKA-Labortechnik), utilizando um acessório dispersante S25 N-10 G a uma velocidade de 20000 rpm durante 1,5 min. Analisou-se a estabilidade com um analisador óptico vertical (Turbiscan Classic MA2000). As dispersões foram colocadas em uma célula de vidro cilíndrico (80 mm) para

registrar a desestabilização, dependendo da altura da célula, medindo a cada 15 min durante 5 h.

A desestabilização total (%D) foi calculada aos 40 mm de altura do tubo através da Equação 1:

$$\%D = \frac{RD_{t=5h} - RD_{t=0h}}{RD_{t=0h}} \quad (1)$$

RD é a retrodispersão aos 40 mm de altura do tubo aos tempos 0 e 5 h.

#### **4.4 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X**

Os difratogramas das formulações de sorvete foram obtidas através de um difratômetro de raios-X da marca Rigaku, Miniflex II, com tubo emissor de Cu-1,54, para a observação dos picos indicativos de cristalinidade. As análises foram realizadas no Laboratório de Instrumentação Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI -Erechim.

#### **4.5 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA**

As análises termogravimétricas foram realizadas em um equipamento TGA (marca TA Instruments, modelo Q500). O tamanho médio das amostras foi de 11,7 mg, foram colocadas em panela de platina, e aquecidas em fluxo de nitrogênio (40 cm<sup>3</sup>/min) em uma faixa de temperatura de 40-600°C com taxas de aquecimento de aquecimento de 10 °C/min para cada amostra.

#### **4.6 ANÁLISE SENSORIAL**

Para realizar a avaliação sensorial, a massa do gelato foi saborizada de morango. A avaliação sensorial foi realizada em escala laboratorial, com equipe de provadores não-treinados (36 provadores), composta por funcionários, acadêmicos e professores, de ambos os sexos e de diferentes faixas etárias (20 – 50 anos) da Unochapecó (Universidade Comunitária da Região de Chapecó). O método utilizado foi a Escala Hedônica estruturada de 9 pontos (1 – desgostei extremamente a 9- gostei extremamente) (MEILGAARD et al., 1999), onde cada provador recebeu uma amostra de cada formulação, em recipientes de isopor, codificados com números de três dígitos aleatórios, distribuição balanceada, juntamente com um copo de água para a realização do branco entre as amostras. Uma ficha de avaliação também foi entregue ao mesmo, contendo uma escala estruturada de 9 pontos

(Apêndice 1). Juntamente foi avaliado a intenção de compra do provador, em duas escalas, onde foi perguntado se compraria ou não o produto apresentado.

Para as avaliações sensoriais, o projeto foi submetido e aprovado pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, registrado no CAAE (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética).

#### **4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os resultados foram tratados estatisticamente mediante análise de variância (ANOVA), comparação das médias pelo teste de *Tukey*, correlação de Pearson e Análise dos Componentes Principais (ACP), com auxílio do software *Statistica* versão 5.0, com nível de significância de 90 e/ou 95 % de confiança.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item apresenta os resultados e discussões das etapas de caracterização do extrato hidrossolúvel de soja e caracterização das formulações de gelato.

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA

A Tabela 05 apresenta a composição físico-química em termos de umidade, proteína, minerais totais, gordura, carboidratos totais e a sólidos totais do extrato hidrossolúvel de soja (EHS).

Tabela 05: Caracterização físico-química (proteína, gordura, minerais, umidade, carboidratos totais e sólidos totais) do Extrato Hidrossolúvel de Soja (EHS).

| Determinações           | Quantidade |
|-------------------------|------------|
| Umidade (%)             | 67,94      |
| Sólidos totais (%)      | 32,06      |
| Carboidratos totais (%) | 26,51      |
| Minerais totais (%)     | 0,411      |
| Gordura (%)             | 3,50       |
| Proteína (%)            | 1,65       |

Avaliando os resultados da Tabela 05 observa-se que o extrato hidrossolúvel de soja apresenta uma quantidade de sólidos de 32,06 %, caracterizado principalmente pelo teor de carboidratos (26,51 %).

O teor de proteína do EHS foi de 1,65 %, valor este inferior aos de Alves et al. (2012a) e Ciabotti et al. (2007), que foram de 2,36 a 4,25 % para 8 cultivares de soja e 3,56% EHS obtido de soja comum. Porém, valores semelhantes aos obtidos por Marin et al. (2014), Unicamp (2011) e Carvalho et al. (2011) que foram de 1,7, 2,4 e 2,51 g/100g.

Novakowski et al. (2017) também realizaram a extração e caracterização do extrato hidrossolúvel de soja, sendo que os teores de proteína (3,2 %), gordura (4,53 %) e umidade (91,69 %) foram superiores quando comparado aos do presente estudo.

Ao analisar os resultados do EHS em relação ao conteúdo médio de cinzas, foi observado um valor de 0,411 g/100g (Tabela 05) diferindo dos reportados por Marin et al. (2014) com 0,13 g/100g, Rodrigues e Moretti (2003) com 0,23 g/100g para o extrato de soja e Novakowski et al, (2017) com 0,86 g/100g.

Os teores de lipídios do EHS (3,50 g/100g) deste trabalho foram superiores aos obtidos por Marin et al. (2014), Brunelli e Venturini Filho (2012), Carvalho et al. (2011) e da Unicamp (2011) que foram de 2,2, 1,46, 1,05 e 1,6 g/100g, respectivamente. De acordo com Carrão-Panizzi E Mandarino (1998), a diferença nos conteúdos lipídicos entre as cultivares de soja é comum, visto que os teores de lipídios nos grãos de germoplasma de soja variam entre 13 e 25 %.

Pereira (2010) estudou a extração do extrato hidrossolúvel com diferentes teores de água e observou valores diferentes de cinzas, gordura e proteína em seu estudo. Percebe-se que a variação da quantidade de água utilizada na extração do extrato interfere diretamente no valor desses parâmetros. Então, pode-se afirmar que a composição centesimal pode apresentar valores diferentes entre vários estudos dependendo da quantidade de água utilizada na extração do extrato. Essas variações na composição do EHS e do concentrado de soja entre os valores deste trabalho e os observados na literatura, podem ser atribuídas às diferenças genéticas entre as cultivares de soja, ao estágio de desenvolvimento em que os grãos foram colhidos e as condições de tempo e temperatura (SILVA, 2009) e também ao método de extração dos EHS.

## **5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DO GELATO A BASE DE SOJA**

Após serem elaboradas as formulações de gelato as mesmas foram caracterizadas, sendo que a Tabela 06, apresenta a matriz do planejamento fatorial completo  $2^2$  com os valores codificados (reais) das variáveis independentes estudadas e as respostas em proteína, gordura, minerais totais, umidade, carboidratos totais e massa específica.

Tabela 06: Matriz do planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup> (valores codificados e reais) e resposta em proteína (PT), gordura (GT), minerais (MT), umidade (U), carboidratos totais (CT), massa específica (ME) e *overrun* para gelato de soja

| Ensaio | <i>Variáveis Independentes*</i> |                | <i>Resposta</i> |           |           |          |           |           |                    |
|--------|---------------------------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|
|        | X <sub>1</sub>                  | X <sub>2</sub> | PT<br>(%)       | GT<br>(%) | MT<br>(%) | U<br>(%) | CT<br>(%) | ME (g/mL) | <i>Overrun</i> (%) |
| 1      | -1 (5%)                         | -1 (10%)       | 1,28            | 16,66     | 4,42      | 62,36    | 15,27     | 0,8695    | 27,01              |
| 2      | 1 (15%)                         | -1 (10%)       | 4,20            | 9,54      | 7,42      | 55,85    | 22,97     | 1,1220    | 5,28               |
| 3      | -1 (5%)                         | 1 (20%)        | 3,38            | 13,81     | 4,74      | 61,56    | 16,51     | 0,8669    | 25,81              |
| 4      | 1 (15%)                         | 1 (20%)        | 4,46            | 11,20     | 7,31      | 47,31    | 29,73     | 1,1167    | 5,30               |
| 5      | -1,41 (2,95%)                   | 0 (15%)        | 1,27            | 17,56     | 4,32      | 55,69    | 21,17     | 0,8579    | 25,78              |
| 6      | 1,41 (17,05%)                   | 0 (15%)        | 4,98            | 13,62     | 5,05      | 56,14    | 20,22     | 1,1232    | 25,72              |
| 7      | 0 (10%)                         | -1,41 (7,95%)  | 3,29            | 9,90      | 9,42      | 63,69    | 13,72     | 1,0206    | 19,21              |
| 8      | 0 (10%)                         | 1,41 (20%)     | 2,07            | 18,90     | 5,55      | 53,52    | 19,97     | 1,0958    | 1,26               |
| 9      | 0 (10%)                         | 0 (15%)        | 4,18            | 15,23     | 4,96      | 49,66    | 25,97     | 1,0142    | 1,58               |
| 10     | 0 (10%)                         | 0 (15%)        | 4,04            | 15,28     | 4,78      | 49,78    | 26,12     | 0,9984    | 20,57              |
| 11     | 0 (10%)                         | 0 (15%)        | 4,11            | 15,26     | 4,87      | 49,72    | 26,05     | 1,0063    | 20,57              |

\*X<sub>1</sub>= Proteína de soja (%), X<sub>2</sub>= Gordura vegetal (%). Variáveis independentes fixas: Extrato hidrossolúvel de soja, água, sacarose, glicose, estabilizante, emulsificante, temperatura de pasteurização, tempo de maturação, rotação e temperatura da máquina de batimento e congelamento, temperatura de congelamento.

Avaliando a composição centesimal das formulações elaboradas e comparando as mesmas com a legislação, Portaria n° 379 de 1999 da Anvisa (BRASIL, 1999), a qual estabelece as concentrações mínimas de 28% de sólidos totais, 3% de gordura e 2,5% de proteína em sorvetes, verifica-se que em nível de sólidos totais (28%) e teor de gordura (3%), todas as formulações estão de acordo e quanto ao teor de proteína (2,5%), apenas as formulações 1 (1,28%), 5 (1,27%) e 8 (2,07%) não atendem o mínimo preconizado.

O máximo teor de proteína foi de 4,98 % (ensaio 6), correlacionado com a adição de maior teor de concentrado proteico de soja. Estes resultados podem ser melhor visualizados pelas Tabelas 07 e 08 e Figura 04 que apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2), análise de variância e superfície de resposta/curva de contorno, para o teor de proteína. A adição de concentrado protéico de gordura vegetal influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) no teor de proteína das formulações de gelato de soja. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 08).

Tabela 07: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial  $2^2$  para a proteína.

|                          | <i>Coeficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>P</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias.                  | 4,1100                          | 0,0400             | 101,6500    | 0,0001   |
| (1)Proteína de soja (L)* | 1,1600                          | 0,0250             | 46,6700     | 0,0005   |
| Proteína de soja (Q)*    | -0,3900                         | 0,0290             | -13,0100    | 0,0059   |
| (2)Gordura vegetal (L)   | 0,0800                          | 0,0250             | 3,2100      | 0,0848   |
| Gordura vegetal (Q)*     | -0,6100                         | 0,0290             | -20,6700    | 0,0023   |
| 1L.2L*                   | -0,4600                         | 0,0350             | -13,1800    | 0,0057   |

\*Fatores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ).

Tabela 08: Análise de variância para a proteína do planejamento fatorial completo  $2^2$ .

| <i>Fontes de Variação</i> | <i>Graus de liberdade</i> | <i>Soma dos Quadrados</i> | <i>Quadrados médios</i> | <i>F calculado</i> |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Regressão                 | 4                         | 13,8800                   | 3,4700                  | 7,6600             |
| Resíduo*                  | 6                         | 2,7200                    | 0,4500                  |                    |
| Falta de Ajuste           | 4                         | 2,7100                    |                         |                    |
| Erro Puro                 | 2                         | 0,0100                    |                         |                    |
| Total                     | 10                        | 16,6000                   |                         |                    |

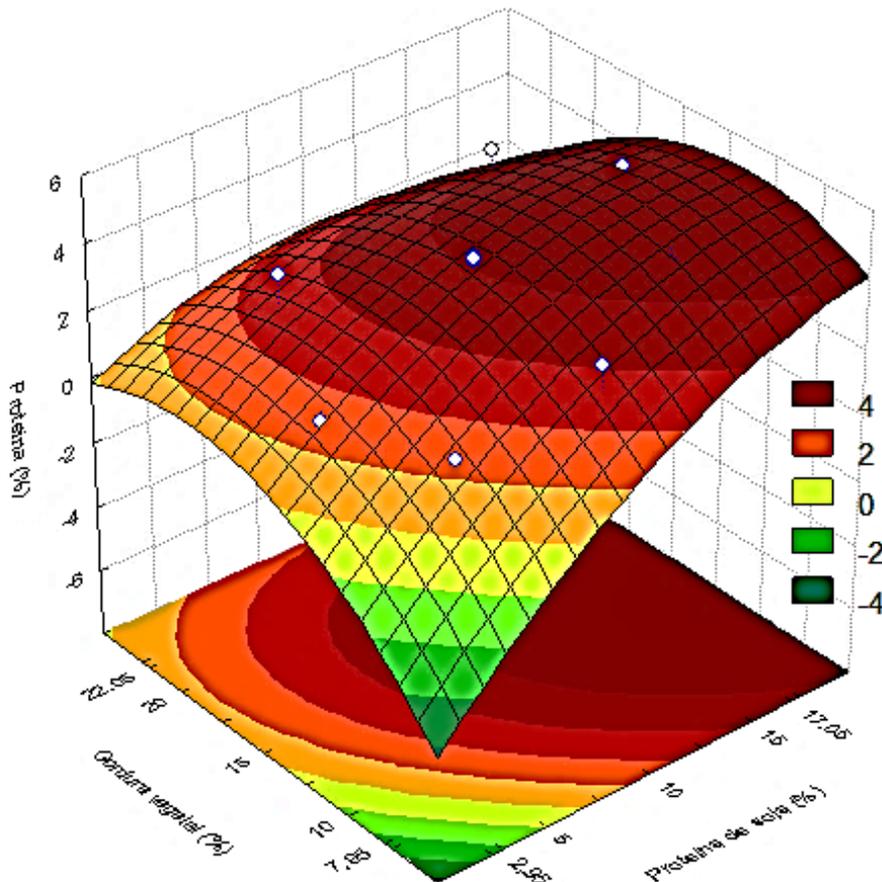
\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro;  $F_{\text{tab},95\%} = 4,53$

A Equação 2 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve o teor de proteína em função das variáveis independentes, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,91 e F calculado 1,69 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 04, demonstrando que o máximo teor de proteínas se encontra na faixa próxima a 17 % de adição de concentrado proteico de soja e 15 % de gordura vegetal hidrogenada.

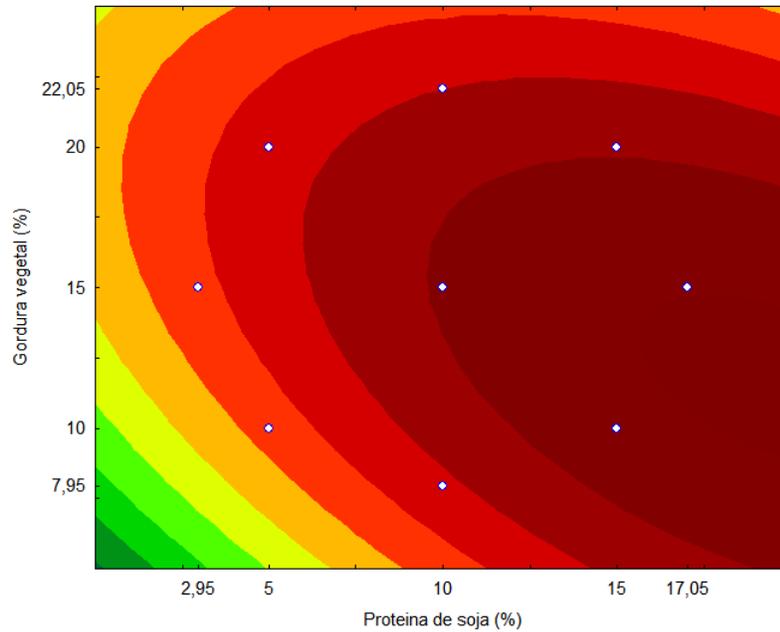
$$PT = 4,1100 + 1,1600 X_1 - 0,3850 X_1^2 - 0,6110 X_2^2 - 0,4010 X_1 \cdot X_2 \quad (2)$$

Onde, PT = Proteína total (%);  $X_1$  = Proteína de soja (%),  $X_2$  = Gordura vegetal (%).

Figura 04: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o teor de proteína de formulações de gelato de soja, em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal, respectivamente.



(a)



(b)

Fernández (2015) avaliou o teor de proteína de sorvete fermentado elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e detectou valores de proteína de 2,5% em sua formulação, valor próximo ao encontrado nesse estudo.

Comparando os valores encontrados nesse estudo com sorvetes comerciais, como o sorvete de soja Cream up Soja que apresenta 2% de proteínas, de acordo com a informação nutricional obtida no rótulo do produto do fabricante Leve Alimentos®, e o sorvete à base de proteína de soja Soya Ice sem gordura apresenta 1,67% de proteínas conforme o rótulo do produto fornecido pelo fabricante Amoratto®, observa-se que a maioria das formulações elaboradas nesse trabalho estão com conteúdo maior de proteína (ensaios 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 e 11).

Percebe-se que ao fixar a variável independente gordura vegetal hidrogenada e aumentar o teor de proteína de soja adicionado à formulação, o teor de proteína da formulação final também aumenta. Esse comportamento também foi detectado por Pereira (2010), onde elaborou 4 formulações de sorvete substituindo o leite em pó por extrato hidrossolúvel de soja, na proporção de 0% (3,99% de proteína), 10% (4,24%), 20% (4,48%) e 30% (4,70%) e os valores também se apresentam próximos aos obtidos nesse estudo. Portanto, quanto maior o teor de substituição, maior o teor de proteína encontrado nas formulações.

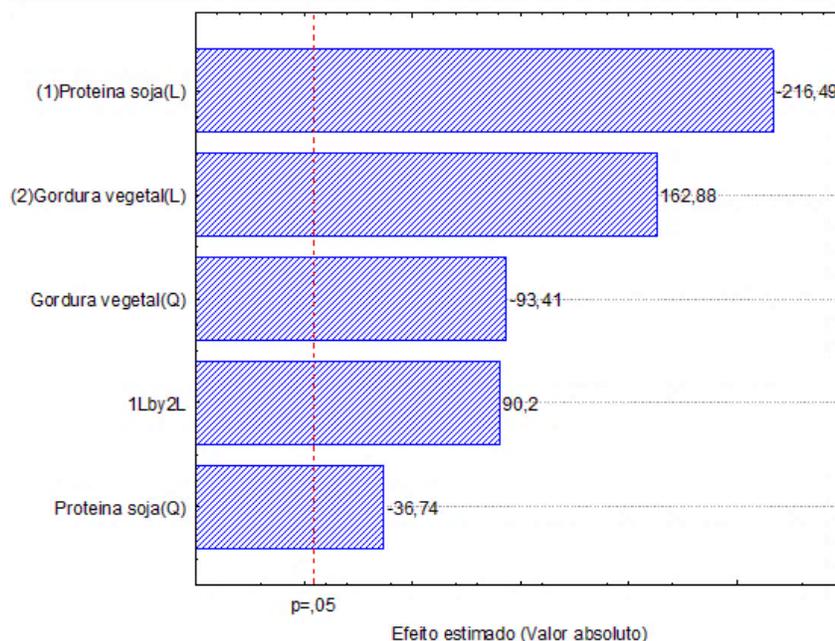
Comportamento semelhante foi verificado por Ciabotti et al. (2007) e Assumpção (2008), cujas maiores proporções de extrato de soja proporcionaram um aumento no teor proteico em produto similar ao tofu e em iogurte, respectivamente.

Segundo Insumos (2017-c) as proteínas desempenham um papel fundamental na elaboração de sorvetes, pois estabilizam as bolhas de ar e os glóbulos de gordura.

As proteínas são de grande importância para a qualidade do sorvete, pois influencia no batimento, emulsificação e melhoram a estrutura (SILVEIRA et al., 2009) Contribuem também nas propriedades funcionais tais como a interação com outros estabilizantes, estabilização da uma emulsão depois da homogeneização, contribuição para a formação da estrutura do gelado e capacidade de retenção de água, que melhora viscosidade da mistura. Podem contribuir também para o aumento do tempo de derretimento do sorvete e para redução de formação do gelo (SOUZA, 2010).

Em relação ao teor de gordura das formulações de gelato houve variação de 9,54 a 18,9%. Estes resultados podem ser melhor visualizados pelo gráfico de Pareto (Figura 05), que apresenta os efeitos estimados das variáveis independentes sobre o teor de gordura das formulações. Verifica-se que as variáveis gordura vegetal (L) e a interação entre as variáveis tiveram efeito positivo significativo no nível de confiança de 95%, enquanto que a proteína de soja o efeito foi negativo ( $p < 0,05$ ), indicando que ao aumentar a concentração de gordura vegetal e também interagindo com o concentrado de proteína de soja, há um incremento no teor de gordura das formulações.

Figura 05: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas nas formulações de gelato em relação ao teor de gordura.



Pereira (2010) onde avaliou a substituição de leite em pó por extrato hidrossolúvel de soja em formulações de sorvete e verificou valores de aproximadamente 10,13% de gordura em seus ensaios. As formulações com teores menores de gordura (aproximadamente 6%) foi apresentado por Fernández (2015), onde avaliou formulações de sorvete fermentado elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e probiótico.

A composição do sorvete é bastante variada, normalmente apresentando de 8 a 20% de gordura, porém pode haver variabilidade de acordo com a região e em diferentes mercados (ARBUCKLE, 1977). Segundo Coelho e Rocha (2005), as indústrias estão adicionando cada vez mais gordura hidrogenada aos sorvetes para conferir maior maciez, cremosidade e durabilidade, e reduzir a sensação de frio, conferindo características sensoriais interessantes ao consumidor.

Em relação ao teor de minerais, a faixa encontrado foi de 4,32 (ensaio 5) a 9,42% (ensaio 7). Estes resultados podem ser melhor visualizados pelas Tabelas 09 e 10 que apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e análise de variância, para o teor de minerais e, também pela Figura 06. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 10).

Tabela 09: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o teor de minerais das formulações de gelato de soja.

|                          | <i>Coeficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>P</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias.                  | 4,8700                          | 0,0520             | 93,7300     | 0,0001   |
| (1)Proteína de soja (L)* | 0,8300                          | 0,0320             | 25,9400     | 0,0015   |
| Proteína de soja (Q)     | -0,1200                         | 0,0380             | -3,2500     | 0,0829   |
| (2)Gordura vegetal (L)*  | -0,6600                         | 0,0320             | -20,6600    | 0,0023   |
| Gordura vegetal (Q)*     | 1,2800                          | 0,0380             | 33,7800     | 0,0009   |
| 1L.2L                    | -0,1100                         | 0,0450             | -2,4200     | 0,1369   |

\*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 10: Análise de variância para o teor de gordura do planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup> para formulações de gelato de soja.

| <i>Fontes de<br/>Variação</i> | <i>Graus de<br/>Liberdade</i> | <i>Soma dos<br/>quadrados</i> | <i>Quadrados<br/>Médios</i> | <i>F<br/>calculado</i> |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Regressão                     | 3                             | 19,5900                       | 6,5300                      | 6,7400                 |
| Resíduo*                      | 7                             | 6,7800                        | 0,9700                      |                        |
| Falta de Ajuste               | 5                             | 6,7600                        |                             |                        |
| Erro Puro                     | 2                             | 0,0200                        |                             |                        |
| Total                         | 10                            | 26,3600                       |                             |                        |

\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro;  $F_{\text{tab},95\%} = 4,53$

A Equação 3 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve o teor de minerais em função da variável proteína de soja e a interação de gordura vegetal hidrogenada, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,86 e F calculado 1,55 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfície de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 06, demonstrando que o mínimo teor de minerais encontra-se na faixa próxima a adição de 2 % de concentrado de proteína de soja e 15 % de gordura vegetal hidrogenada.

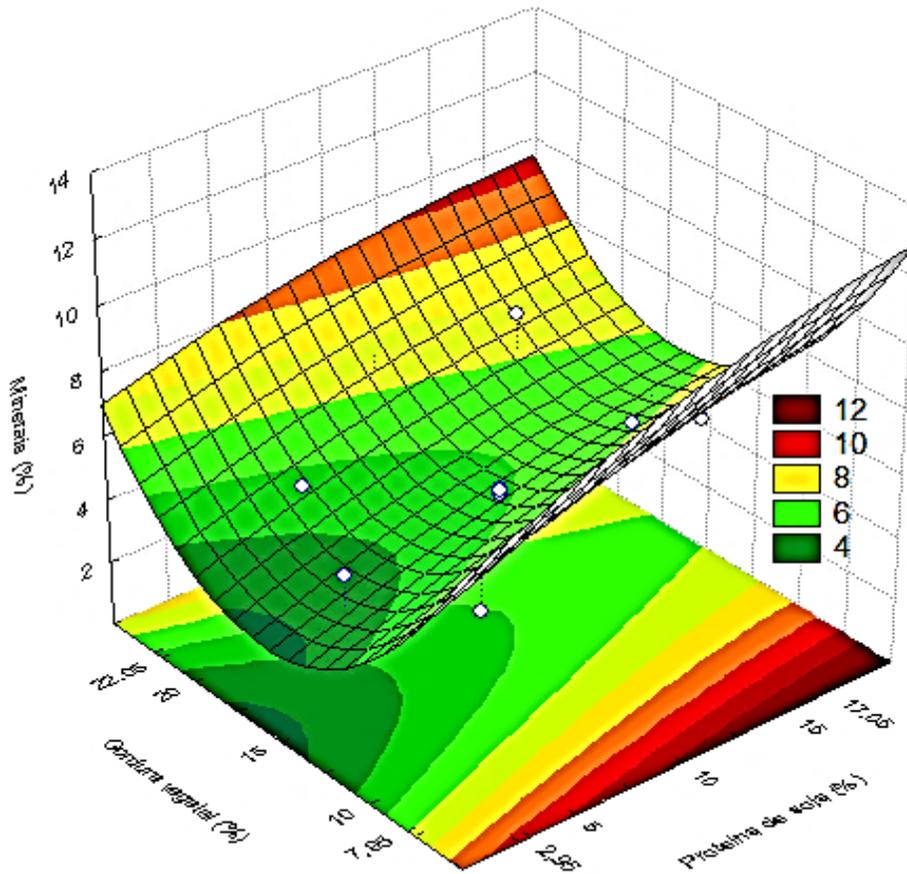
$$MT = 4,8700 + 0,8270 X_1 - 0,6580 X_2 + 1,2800 X_2^2 \quad (3)$$

Onde, MT = Minerais total (%);  $X_1$  = Proteína de soja (%),  $X_2$  = Gordura vegetal (%).

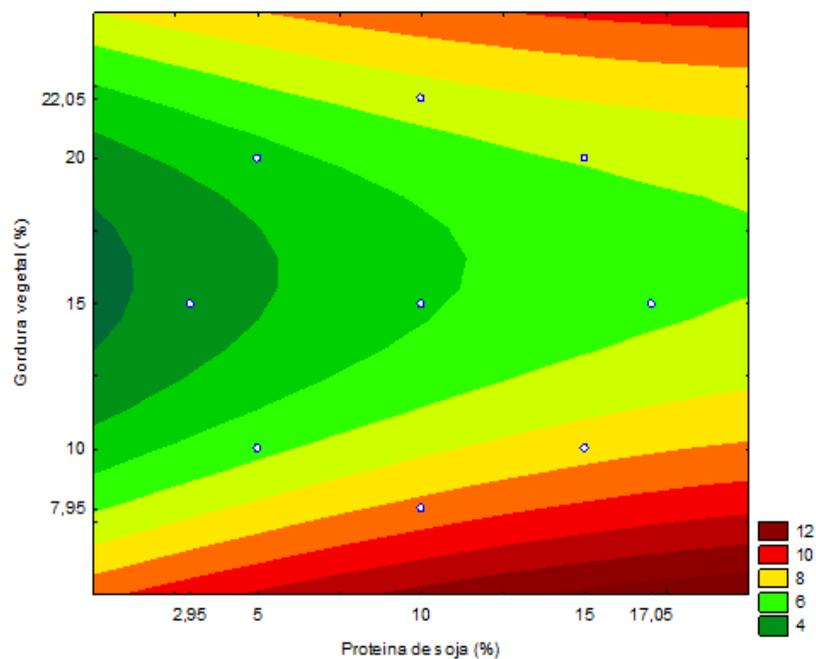
Valores inferiores de minerais (0,42%) foram encontrados por Fernández (2015), em estudo realizado com sorvete fermentado elaborado a base de extrato hidrossolúvel de soja.

A presença de sais melhora as propriedades de batimento facilitando o congelamento (AMIOT, 1991). Fosfato de sódio e magnésio, óxido de cálcio e magnésio e bicarbonato de sódio tendem a promover o sabor, a textura e o corpo, melhorando, em geral, as características de produto final (ARBUCKLE, 1977). O uso de sulfato de cálcio aumenta a acidez da mistura, produzindo maior viscosidade da calda e reduzindo a velocidade de derretimento do sorvete (MARSHALL et al., 2003).

Figura 06: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para teor de minerais total (%) das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente.



(a)



(b)

Em relação o teor de umidade verifica-se uma variação de 47,31 a 63,69 %. A adição de concentrado proteico de soja e de gordura vegetal influenciaram ( $p < 0,05$ ) no teor de umidade das formulações. As Tabelas 11 e 12 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e análise de variância, para o teor de umidade. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 12).

Tabela 11: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial  $2^2$  para o teor de umidade de gelato de soja.

|                          | <i>Coeficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>P</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias.                  | 49,7200                         | 0,03500            | 1435,3700   | 0,0000   |
| (1)Proteína de soja (L)* | -2,5200*                        | 0,02100            | -118,7300   | 0,0001   |
| Proteína de soja (Q)*    | 2,9800*                         | 0,02500            | 117,5400    | 0,0001   |
| (2)Gordura vegetal (L)*  | -2,9700*                        | 0,02100            | -139,7000   | 0,0001   |
| Gordura vegetal (Q)*     | 4,3300*                         | 0,02500            | 170,9200    | 0,0000   |
| 1L.2L                    | -1,9300*                        | 0,03000            | -64,5000    | 0,0002   |

\*Fatores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ).

Tabela 12: Análise de variância para o teor de umidade do planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup> para formulações de gelato de soja.

| <i>Fontes de<br/>Variação</i> | <i>Graus de<br/>Liberdade</i> | <i>Soma dos<br/>quadrados</i> | <i>Quadrados<br/>médios</i> | <i>F<br/>calculado</i> |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Regressão                     | 5                             | 259,2000                      | 51,8400                     | 4,2600                 |
| Resíduo*                      | 5                             | 60,8900                       | 12,1800                     |                        |
| Falta de Ajuste               | 3                             | 60,8800                       |                             |                        |
| Erro Puro                     | 2                             | 0,0100                        |                             |                        |
| Total                         | 10                            | 320,0900                      |                             |                        |

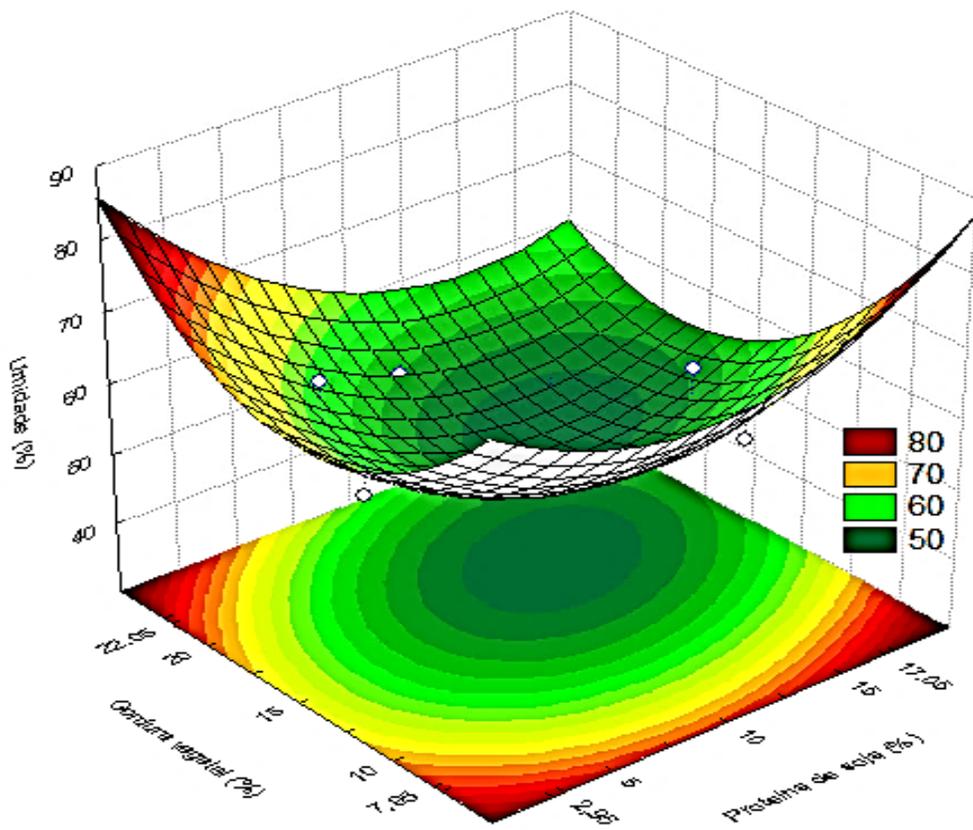
\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro;  $F_{\text{tab},90\%} = 3,45$

A Equação 4 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve o teor de umidade das formulações em função da adição do concentrado proteico de soja e da gordura vegetal hidrogenada, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,90 e F calculado 1,23 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 07.

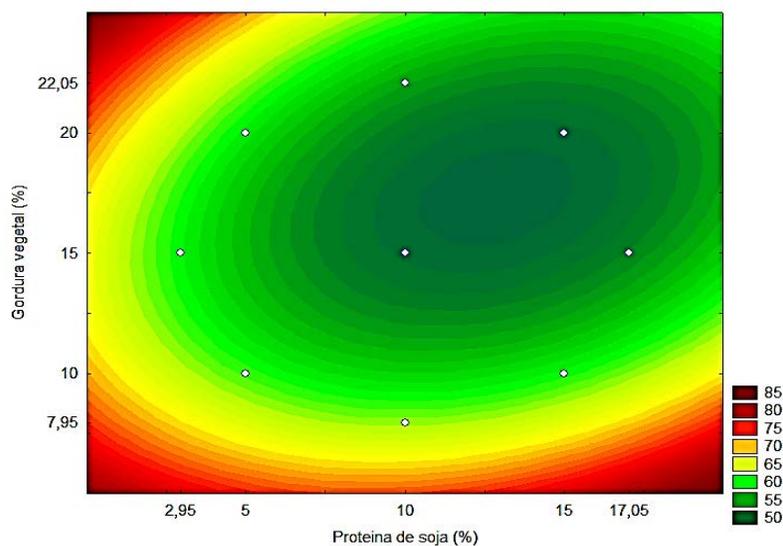
$$\text{Umidade} = 49,7200 - 2,5200 X_1 + 2,9800 X_1^2 - 2,9700 X_2 + 4,3300 X_2^2 - 1,9300 X_1.X_2 \quad (4)$$

Onde,  $X_1$  = Proteína de soja (%),  $X_2$  = Gordura vegetal (%).

Figura 07: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para teor de umidade (%) das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente.



(a)



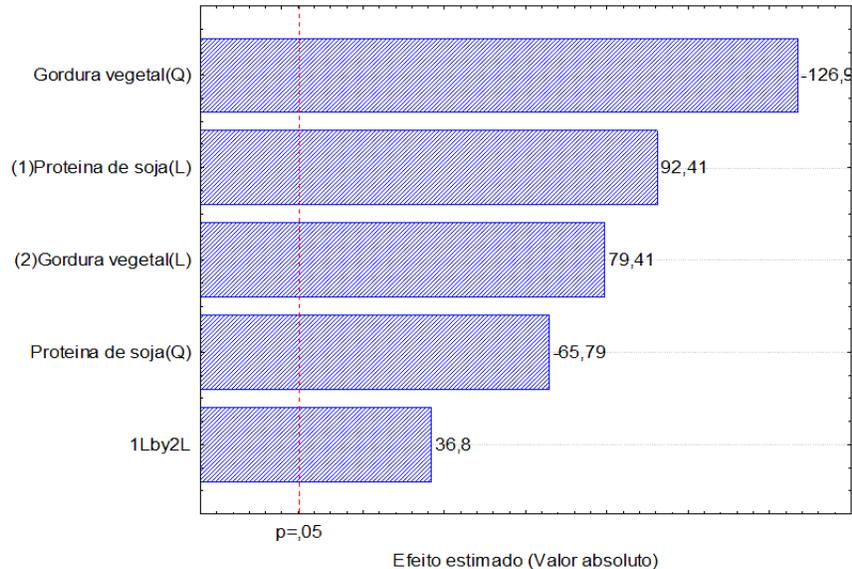
(b)

De acordo com a Figura 08, verifica-se que o menor teor de umidade (50 %) encontra-se na faixa próxima de concentração de 12 % de concentrado proteico de soja e 17 % de gordura vegetal hidrogenada.

Valores de umidade (aproximadamente 62% e 63%, respectivamente) próximo aos relatados nesse estudo foram apresentados por Fernández (2015) e Pereira (2010), em formulações de sorvete. Alto conteúdo de umidade e assim baixo conteúdo de sólidos totais podem apresentar um defeito de produto pouco encorpado.

A Tabela 06 mostra uma variação de 13,72 (ensaio 7) a 29,73% (ensaio 4) no teor de carboidratos. A Figura 08 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis para o teor de carboidrato total das formulações de gelato de soja. Verifica-se que as variáveis proteína de soja (L), gordura vegetal (L) e a interação entre as variáveis tiveram efeito positivo significativo no nível de confiança de 95%, sobre o teor de carboidratos.

Figura 08: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas nas formulações de gelato em relação ao teor de carboidrato total.



Fernández (2015) avaliou o teor de carboidratos de formulações de sorvete fermentado elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e probiótico e verificou valores aproximados a 27%, dentro dos limites máximo e mínimo detectados nesse trabalho.

Em estudo realizado por Pereira (2010), onde elaborou formulações de sorvete com substituto de leite em pó por extrato hidrossolúvel de soja em níveis de 0, 10, 20 e 30%, observou um decréscimo de carboidrato conforme o aumento da substituição do leite pelo extrato, 22,41, 22,13, 21,86 e 21,50%, respectivamente. Com isso, quanto maior o nível de substituição menor a concentração de carboidratos. Este fato está relacionado ao maior teor de carboidratos no leite em pó desnatado em comparação ao extrato de soja. Porém para esse estudo o comportamento apresentou-se diferente, quanto maior a inserção de proteína de soja, maior o teor de carboidrato, pois a mesma possui, em sua formulação, 26% desse componente.

Os carboidratos, ao formarem solução com a água contribuem para a redução do ponto de congelamento da mistura. Sua presença também auxilia no aumento da viscosidade, do tempo de batimento da mistura e da suavidade de textura, e tendem a aumentar a taxa de derretimento (MOSQUIM,1999).

Em relação a massa específica (Tabela 06) das formulações de gelato de soja houve uma variação de 0,8579 (ensaio 5) a 1,1232 g/mL (ensaio 6). A Tabelas 13 e 14 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e análise de variância, para a massa específica das formulações de gelato de soja. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 14).

Tabela 13: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o teor de massa específica do gelato de soja.

|                          | <i>Coeficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>p</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias*                  | 1,0161                          | 0,0021             | 480,7184    | 0,0000   |
| (1)Proteína de soja (L)* | 0,1100                          | 0,0013             | 84,7588     | 0,0001   |
| Proteína de soja (Q)*    | -0,0205                         | 0,0015             | -13,2835    | 0,0056   |
| (2)Gordura vegetal (L)*  | 0,0123                          | 0,0013             | 9,5045      | 0,0109   |
| Gordura vegetal (Q)*     | 0,0135                          | 0,0015             | 8,6984      | 0,0130   |
| 1L.2L                    | -0,0007                         | 0,0018             | -0,3687     | 0,7477   |

\*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 14: Análise de variância para o teor de massa específica do planejamento fatorial completo  $2^2$  para o gelato de soja.

| <i>Fontes de Variação</i> | <i>Graus de liberdade</i> | <i>Soma dos Quadrados</i> | <i>Quadrados médios</i> | <i>F calculado</i> |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Regressão                 | 4                         | 0,1022                    | 0,0255                  | 27,8104            |
| Resíduo*                  | 6                         | 0,0055                    | 0,0009                  |                    |
| Falta de Ajuste           | 4                         | 0,0055                    |                         |                    |
| Erro Puro                 | 2                         | 0,0000                    |                         |                    |
| Total                     | 10                        | 0,1077                    |                         |                    |

\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro;  $F_{\text{tab},95\%} = 5,05$

A Equação 5 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve a massa específica em função das variáveis independentes, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,97 e F calculado 6,14 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 09 demonstrando que a máxima massa específica encontra-se na faixa próxima de adição de 15 % de concentrado protéico de soja e 20 % de gordura vegetal hidrogenada.

$$\text{Massa específica} = 1,0161 + 0,1099 \cdot X_1 - 0,0206 \cdot X_1^2 + 0,0123 \cdot X_2 + 0,0135 X_2^2 \quad (5)$$

Onde,  $X_1$  = Proteína de soja (%),  $X_2$  = Gordura vegetal (%).

A massa específica e/ou densidade aparente do sorvete está diretamente ligada com a incorporação de ar, ou seja, quanto maior a incorporação, mais leve é a massa e com isso menos o valor desse parâmetro.

Avaliando as formulações estudadas, as que apresentaram melhores valores de massa específica foram a F5 (0,86 g/mL), seguidas de F1 e F3 (0,87 g/mL) e a que apresentou pior valor foi a F2 e F6, ambos com 1,12 g/mL. Observa-se que quanto maior a adição de proteína de soja na formulação, mais densa e pesada a massa fica resultando em um valor maior de massa específica.

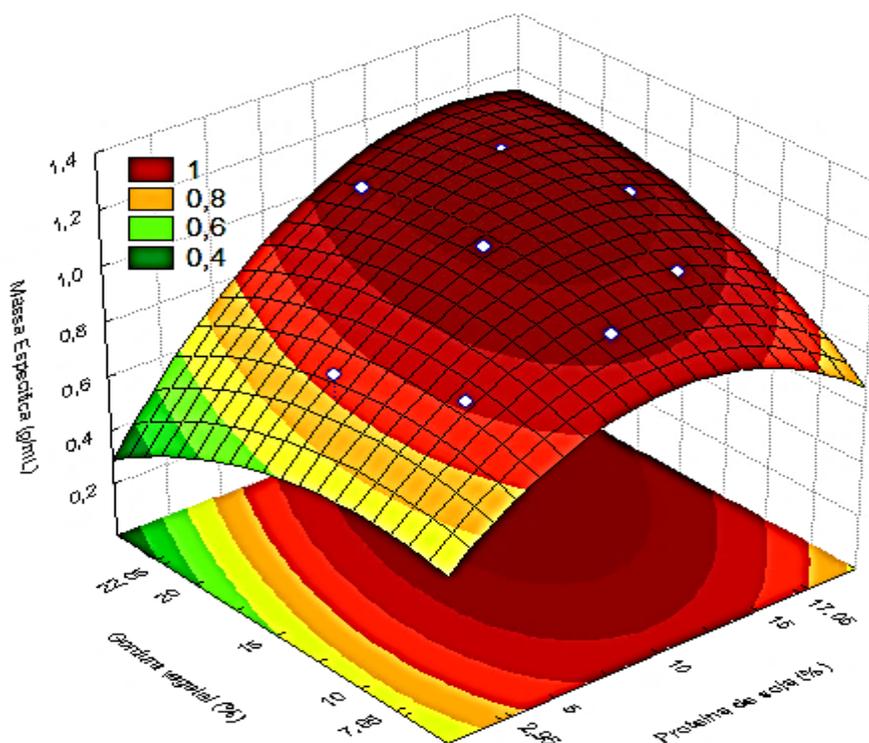
O sorvete deve apresentar densidade aparente mínima de 0,475 g/mL para atender as exigências legais, RDC No. 266, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005). Todas as formulações avaliadas nesse estudo se enquadram dentro do solicitado por essa legislação.

Valores diferentes foram encontrados por Rodrigues et al. (2006), onde os autores avaliaram a elaboração de 9 formulações de sorvete sabor chocolate verificando o efeito da substituição, em diferentes proporções, do leite em pó e do creme de leite por soro de leite

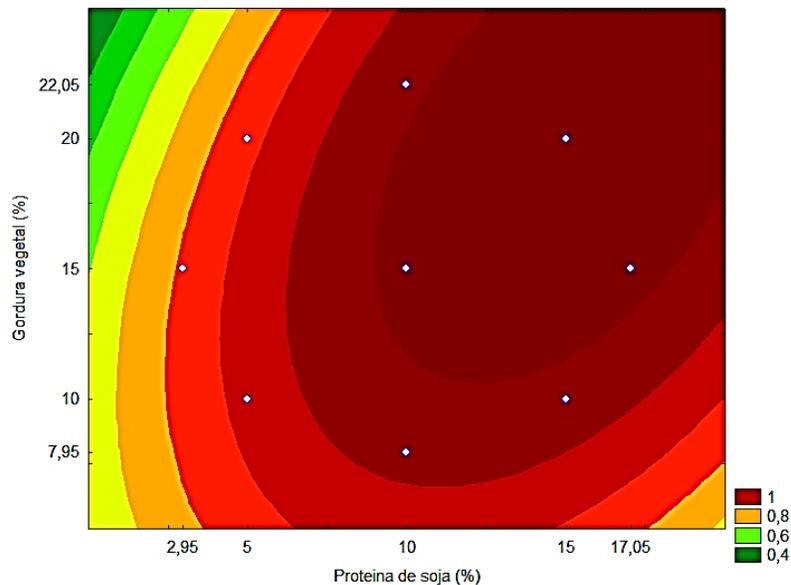
em pó e substituto de gordura (Dairy Pro®), pois no estudo citado apenas 2 das 9 formulações estiveram dentro dos limites exigidos por legislação. Isso pode ser explicado pelo fato de que as proteínas do soro e do substituto de gordura tem propriedades funcionais que facilitam a incorporação de ar (YOUNG, 2000), diminuindo assim o valor da densidade aparente.

Os sorvetes mais econômicos usualmente contêm mais ar que os sorvetes *premium*. Um efeito adverso de agregar muito ar é que o sorvete tende a fundir mais rapidamente. A quantidade de ar também tem um grande efeito sobre a densidade, onde os melhores sorvetes têm densidade de até 900 g/litro. Isto é fácil de constatar em comércios que vendem sorvetes embalados de diferentes marcas, quando se compara o peso de embalagens de igual capacidade, nota-se a diferença entre as marcas mais econômicas e as mais caras. Devido ao alto conteúdo de gordura dos sorvetes, porém, e também porque a gordura é menos densa que a água, todos os sorvetes sempre serão menos densos que qualquer solução aquosa (PUBLITECBRASIL, 2015).

Figura 09: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para massa específica (%) das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente.



(a)



(b)

O *overrun* determina a quantidade de ar incorporado à massa durante o processo de batimento, aumentando seu volume final e tornando-a mais leve e suave (SANTOS, 2008).

A formulação que apresentou maior valor de *overrun* foi a F1 (27,01%), seguido de F3 (25,81 %) e F5 (25,78 %). Resultados similares (29%) foram encontrados por Passos et al. (2016), em formulações de sorvete de goiaba e também por Ramos (2016) onde estudou formulações de sorvete com e sem lactose e encontrou porcentagens de *overrun* de 24,3 % e 26,3 % para os sorvetes com e sem lactose, respectivamente.

Segundo Oliveira et al. (2008), o volume de ar incorporado em gelados comestíveis pode ser de mais de 50% a um mínimo de 10 a 15%, com isso, verifica-se que as formulações estudadas que apresentaram resultados favoráveis a esse quesito foram 7 das 11 formulações estudadas (F1, F3, F5, F6, F7, F10 e F11).

Oliveira et al. (2008), avaliaram a incorporação de ar (*overrun*) do sorvete variou dependendo do tipo de sorvete: creme 80% de ar incorporado, creme light 100%, limão 80%, soja banana 80% e iogurte 70% de ar, observando valores maiores que os encontrados nesse estudo.

A Tabelas 15 e 16 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e análise de variância, para o *overrun* das formulações de gelato de soja. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 16).

Tabela 15: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o *overrun* do gelato de soja.

|                          | <i>Coeficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>P</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias*.                 | 11,0229                         | 0,5773             | 19,0924     | 0,0027   |
| (1)Proteína de soja (L)* | -5,3046                         | 0,3541             | -14,9813    | 0,0044   |
| Proteína de soja (Q)*    | 5,9595                          | 0,4225             | 14,1051     | 0,0050   |
| (2)Gordura vegetal (L)   | -0,8038                         | 0,3541             | -2,2700     | 0,1512   |
| Gordura vegetal (Q)      | 1,7344                          | 0,4225             | 4,1050      | 0,0545   |
| 1L.2L                    | 0,3050                          | 0,5000             | 0,6100      | 0,6039   |

\*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 16: Análise de variância para o *overrun* do planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup> para o gelato de soja.

| <i>Fontes de Variação</i> | <i>Graus de liberdade</i> | <i>Soma dos quadrados</i> | <i>Quadrados Médios</i> | <i>F Calculado</i> |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Regressão                 | 2                         | 406,5421                  | 203,2711                | 5,1754             |
| Resíduo*                  | 8                         | 314,2138                  | 39,2767                 |                    |
| Falta de Ajuste           | 6                         | 312,2138                  |                         |                    |
| Erro Puro                 | 2                         | 2,0000                    |                         |                    |
| Total                     | 10                        | 720,7560                  |                         |                    |

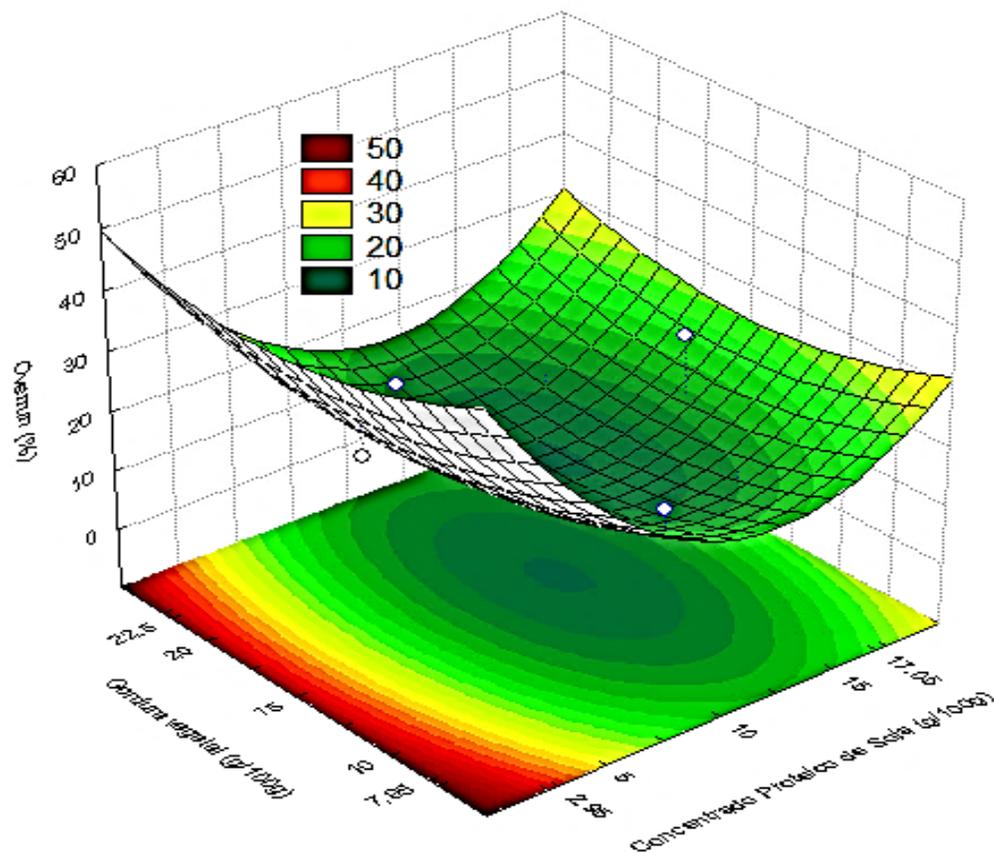
\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; F<sub>tab,95%</sub> = 4,46

A Equação 6 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve o *overrun* em função das variáveis independentes, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,7510 e F calculado 1,16 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 10 demonstrando que a máxima do ponto de derretimento encontra-se na faixa próxima de adição de 5 % de concentrado protéico de soja e toda a extensão da adição de gordura vegetal hidrogenada.

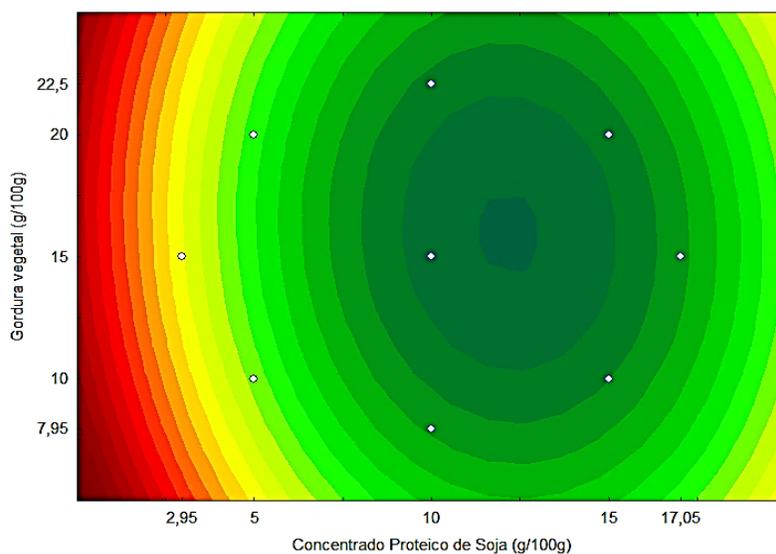
$$\text{Overrun (\%)} = 11,0230 - 5,3000 X_1 + 5,9600 X_1^2 \quad (6)$$

Onde, X<sub>1</sub> = Proteína de soja (%), X<sub>2</sub> = Gordura vegetal (%).

Figura 10: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para o *overrun* das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente.



(a)



(b)

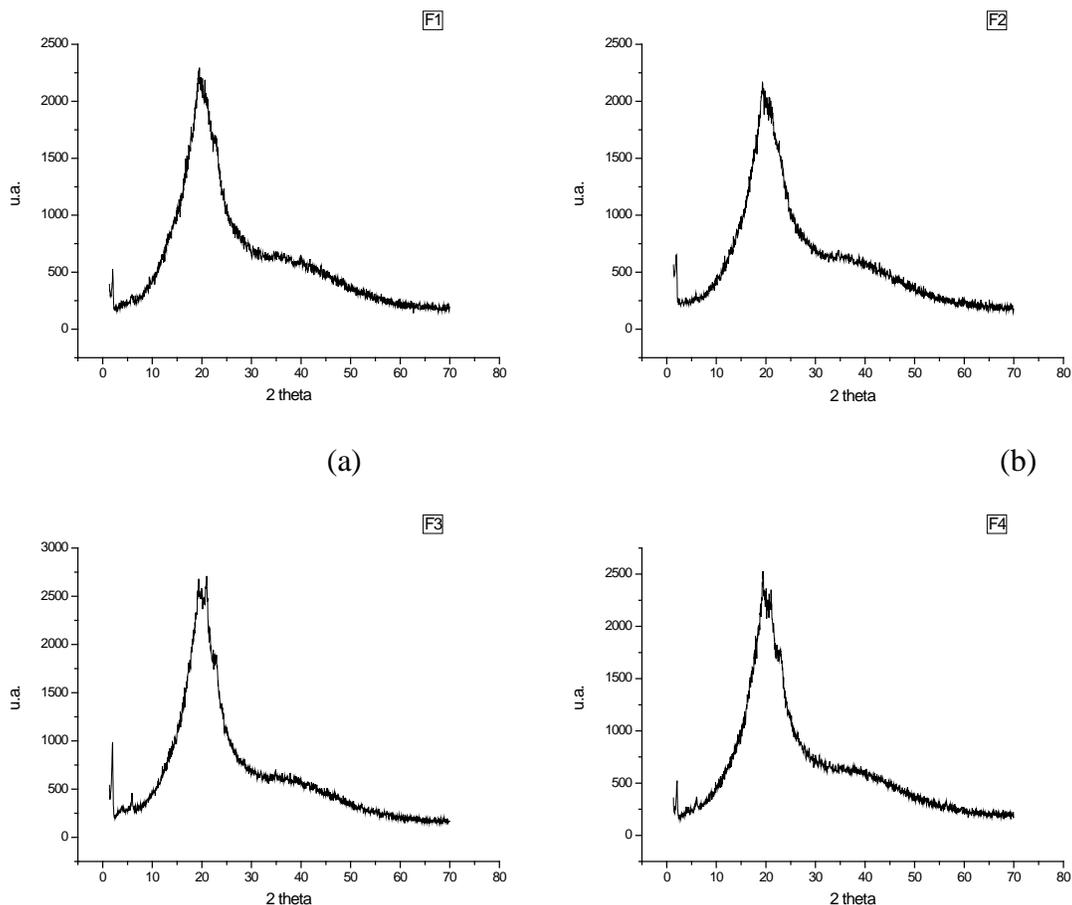
### 5.3 DIFRAÇÃO DE RAIO-X

O fenômeno de difração de raios-X pode ser interpretado como a interação dos raios-X, produzidos por uma fonte geradora, com a estrutura cristalina dos materiais (EL-SHOBAKY et al., 1999).

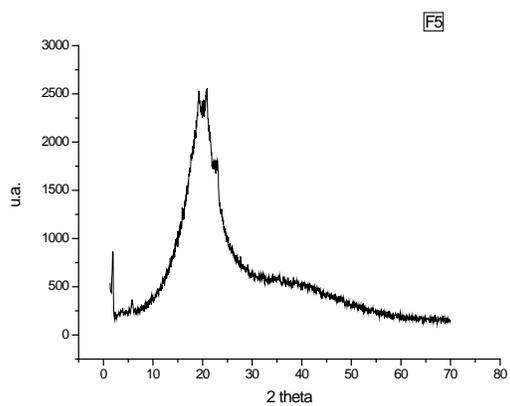
A técnica de análise estrutural por difração de raio-X pode ser utilizada para identificar uma amostra desconhecida através da determinação do seu espaçamento interplana ( $d$ ) e da intensidade relativa ( $I/I_0$ ) para cada linha de difração observada no difratograma em relação ao pico de máxima intensidade  $I_0$  (USP, 2017).

Os padrões de cristalinidade são definidos com base nos espaços interplanares e na intensidade relativa das linhas de difração dos raios-X. Os valores encontrados para difração de raio-X estão apresentados nas Figuras 11a -11i (F1), (F2), (F3), (F4), (F5), 6 (F6), (F7), (F8) e (F9), respectivamente.

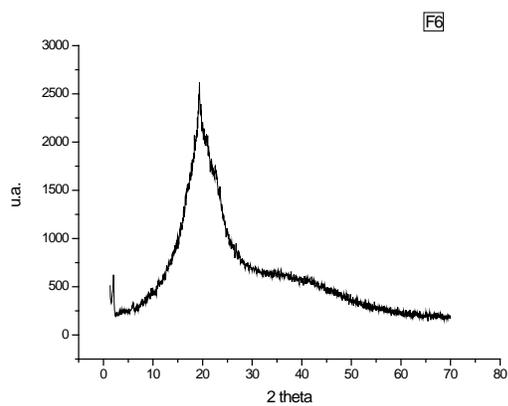
Figura 11: Difratograma das formulações de gelato elaborado com extrato hidrossolúvel de soja, concentrado proteico e gordura.



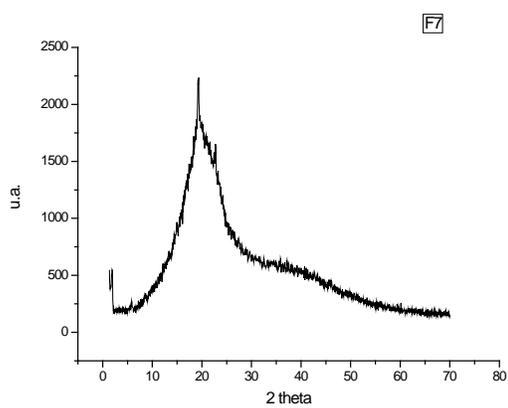
(c)



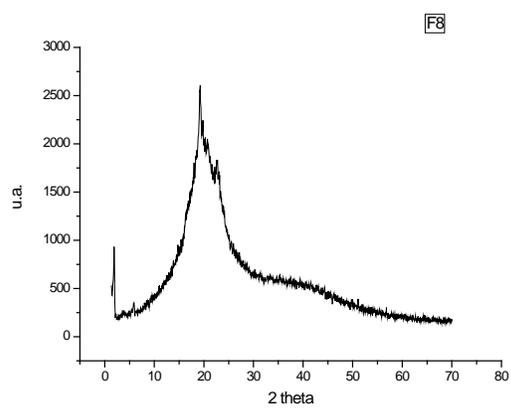
(d)



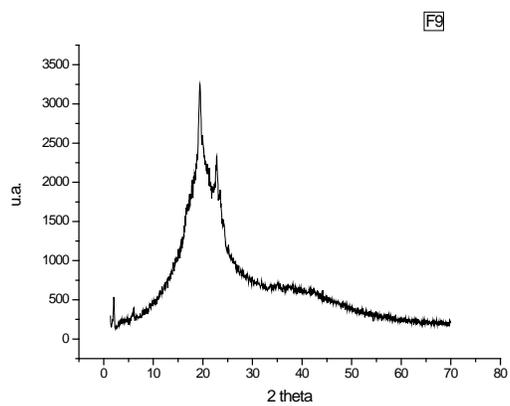
(e)



(f)



(g)



(h)

(i)

As formulações de gelato analisadas apresentaram um misto de comportamento amorfo e cristalino. Apresentaram comportamentos semelhantes, vários picos principais em torno dos ângulos de difração de 15° e 35° a 2 $\theta$ , que caracterizam a parte cristalina.

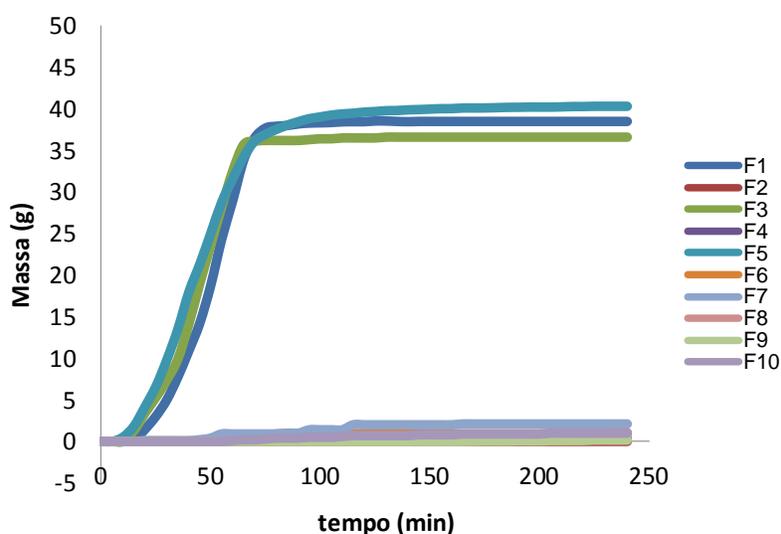
De acordo com Cereda et al. (2002), o padrão do tipo A apresenta picos de maior intensidade em 2 $\theta$  igual a 15°, 17°, 18° e 23° e o tipo B em 2 $\theta$  igual a 5,6°; 15°, 17°, 22° e 23°. O padrão tipo A, termodinamicamente mais estável e mais denso do que o padrão B, indica maior coesividade entre as moléculas (TEIXEIRA et al., 1998).

As formulações de gelato de sorvete, não apresentaram picos considerados abaixo de 15° a 2 $\theta$ , com isso apresentaram difratogramas de raios-X caracterizados como padrão tipo A.

#### 5.4 PONTO DE DERRETIMENTO

A Figura 12 apresenta o comportamento do ponto de derretimento das formulações elaboradas, demonstrando características distintas entre as mesmas, com dois grupos com comportamento similares, um grupo composto pelas formulações F1, F3 e F5, e outro pelas demais (F2, F4, F6, F7 e F8).

Figura 12: Ponto de derretimento realizado com as formulações de gelato de soja.



As formulações F1, F3 e F5, apresentaram derretimento nos 5 min iniciais do teste, enquanto as outras formulações demoraram mais, aproximadamente nos 50 min, apresentando uma grande diferença nesse comportamento.

Observa-se pelos resultados de ponto de derretimento que a quantidade de proteína de soja adicionada às formulações apresenta interação entre os componentes da mesma e com isso uma consequência no comportamento do ponto de derretimento. Avaliando as formulações, as que apresentaram quantidade de proteína de soja adicionada à formulação em maior quantidade (acima de 5% - formulações F2, F4, F6, F7, F8, F9, F10, F11), demonstraram uma resistência ao derretimento maior do que as formulações adicionadas em menor quantidade (F1, F3 e F5), com isso observa-se que a interação da proteína de soja juntamente com os outros componentes da formulação faz com que o ponto de derretimento seja mais lento. Observa-se também que quando se acresce de 10% o valor de proteína de soja adicionada a formulação, o ponto de derretimento fica extremamente lento, reduzindo muito a velocidade de derretimento do gelato.

Passos et al. (2016) avaliaram três formulações distintas de sorvete de goiaba e observou-se que o ponto de derretimento dos mesmos iniciou em aproximadamente 3 min, comportamento similar ao apresentado pelas formulações F1, F3 e F5 deste trabalho.

Valores similares ao encontrado nesse estudo também foram evidenciados por Júnior (2008), onde avaliou 8 formulações de sorvete, e verificou que seu ponto de derretimento de suas formulações iniciara após 5 min de experimento.

A Tabelas 17 e 18 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e análise de variância, para o ponto de derretimento das formulações de gelato de soja. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 18).

Tabela 17: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o teor de ponto de derretimento de gelato de soja.

|                          | <i>Coeficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>P</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias.                  | 0,2665                          | 0,0577             | 4,6160      | 0,0439   |
| (1)Proteína de soja (L)* | -15,9662                        | 0,0354             | -450,9200   | 0,0000   |
| Proteína de soja (Q)*    | 11,8896                         | 0,4225             | 281,4050    | 0,0000   |
| (2)Gordura vegetal (L)*  | -0,4263                         | 0,0354             | -12,0390    | 0,0068   |
| Gordura vegetal (Q)*     | 2,2422                          | 0,0423             | 53,0690     | 0,0004   |
| 1L.2L*                   | 0,4975                          | 0,0500             | 9,9500      | 0,0100   |

\*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 18: Análise de variância para o ponto de derretimento do planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup> de gelato de soja.

| <i>Fontes de Variação</i> | <i>Graus de Liberdade</i> | <i>Soma dos quadrados</i> | <i>Quadrados Médios</i> | <i>F calculado</i> |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Regressão                 | 5                         | 2836,7600                 | 567,3500                | 14,3600            |
| Resíduo*                  | 5                         | 197,5300                  | 39,5100                 |                    |
| Falta de Ajuste           | 3                         | 197,5100                  |                         |                    |
| Erro Puro                 | 2                         | 0,0200                    |                         |                    |
| Total                     | 10                        | 3034,2900                 |                         |                    |

\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro;  $F_{\text{tab},95\%} = 5,05$

A Equação 7 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve o ponto de derretimento em função das variáveis independentes, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,9349 e F calculado 2,84 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 13 demonstrando que o mínimo do ponto de derretimento encontra-se na faixa próxima de adição de 12 % de concentrado protéico de soja e 15% de gordura vegetal hidrogenada.

$$PD = 0,2660 - 15. X_1 + 11,8900 X_1^2 - 0,4260. X_2 = 2,2400. X_2^2 + 0,4970. X_1. X_2 \quad (7)$$

Onde,  $X_1$  = Proteína de soja (%),  $X_2$  = Gordura vegetal (%).

As formulações F2, F4, F6, F7, F8, F9, F10 e F11 não apresentaram derretimento no período avaliado (250 minutos). Isso se deve pela massa ter ficado muito denso, sendo que a água se torna ligada a proteína e outros componentes da formulação impossibilitando assim o derretimento do produto.

Segundo Bodyfelt et al. (1988), o produto do derretimento deve ser uma massa líquida, homogênea e uniforme. A não homogeneidade pode ser identificada pela presença de coágulos, bolhas de ar de tamanhos variados, ou ainda pela separação de fases. Gelatos contendo alta concentração de proteína em água são geralmente menos estáveis, e, portanto, com ponto de derretimento maior (Figura 12).

A gordura é um dos componentes de maior influência para manutenção da taxa de derretimento de um sorvete assim como a proteína (SILVA, 2012).

O comportamento de derretimento não reflete apenas a natureza de uma espécie química, mas o desenvolvimento de interações entre vários ingredientes do sorvete e a existência de inúmeras estruturas (SILVA, 2012).

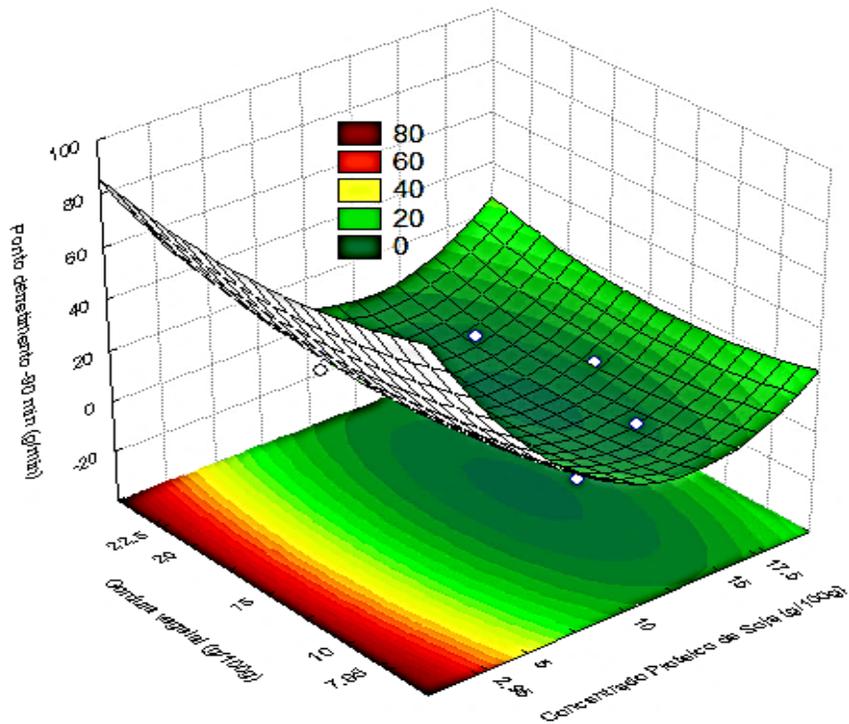
Observou-se através da análise de derretimento que as formulações F2, F4, F6, F7, F8, F9 e F10 não apresentaram derretimento homogêneo e uniforme. Isso se deve a alta concentração de proteína e de gordura dessas formulações.

Um sorvete de alta qualidade deve mostrar resistência limitada ao derretimento quando exposto a temperatura ambiente por tempo determinado (BODYFELT et al., 1988). Quando compara-se as formulações testadas nesse trabalho, percebe-se que apenas três das formulações apresentaram resistência limitada (F1, F3 e F5), as demais demoraram tempo muito longo para iniciar o derretimento, apresentando coágulos e separação de fase durante o experimento.

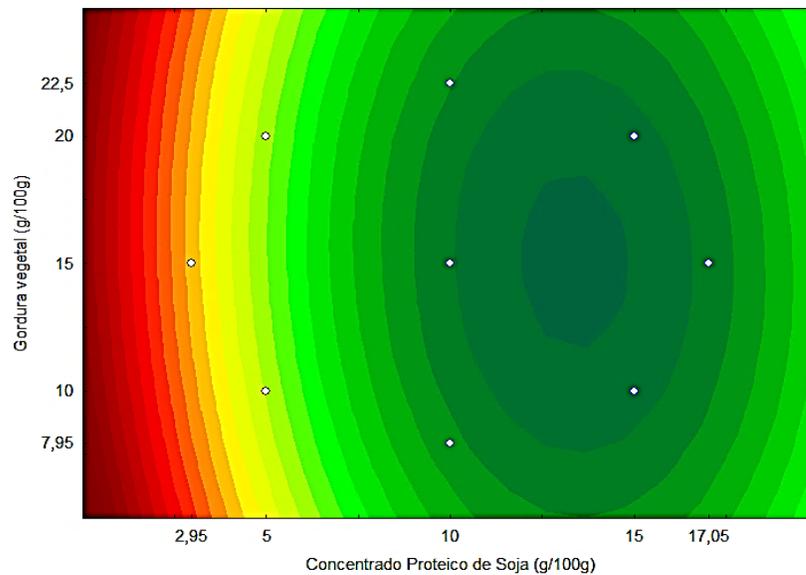
Quando o derretimento esperado não ocorre, esse defeito está relacionado com uso excessivo de estabilizantes/emulsificantes, *overrun* muito alto ou ainda processamentos severos e interações entre os componentes que promovem formação de gel altamente estável (BODYFELT et al., 1988). Segundo Tarp (2017), o derretimento lento pode ser ocasionado por alto nível de sólidos nas formulações, cenário observado nesse estudo, provenientes do aumento do concentrado proteico de soja.

A quantidade de cada elemento estrutural, seu tamanho e / ou estrutura interna, e seu nível de interconexão no sorvete derretido influenciam a capacidade da massa do sorvete drenar (GOFF e HARTEL, 2013).

Figura 13: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para o ponto de derretimento das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente.



(a)



(b)

Embora estudos tenham sido conduzidos sobre derretimento de gelato, o conhecimento detalhado dos passos específicos que ocorrem à medida que o derretimento do gelo e o colapso das estruturas ainda são bastante limitados.

## 5.5 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

A Tabela 19 e Figura 14 apresentam a matriz de correlação de Pearson e a análise dos componentes principais (ACP) das variáveis estudadas (proteína, gordura, minerais, umidade, carboidratos, massa específica, *overrun* e ponto de derretimento). Na Figura 14 da Análise dos Componentes Principais (ACP), as variáveis são representadas como vetores (Figura 14a), os quais caracterizam os ensaios que se localizam próximas a eles (Figura 14b). Quanto mais longo o vetor, melhor a explicação da variabilidade entre as variáveis. A primeira (CP1) e segunda (CP2) dimensão explicaram 80,94 % da variância total, sendo que o componente principal 1 (CP1) responde por 56,85 %, enquanto ao componente principal 2 (CP2) por 24,09 %.

Os valores obtidos por meio de correlação de Pearson (Tabela 19) confirmaram a relação entre as variáveis observadas na análise de componentes principais, sendo que a proteína apresentou correlação positiva ( $p < 0,05$ ) em relação a densidade (0,6876) e negativa ( $p < 0,05$ ) com o ponto de derretimento (-0,6979) e com a gordura (-0,6847), respectivamente. Há correlação, também, do ponto de derretimento com o teor de proteína (-0,6979) e minerais (-0,6004). O *overrun* foi influenciado positivamente pelo teor de umidade (0,5497), ponto de derretimento (0,6551) e negativamente com o teor de carboidratos (-0,5942), minerais (-0,6058) e densidade (-0,724), respectivamente.

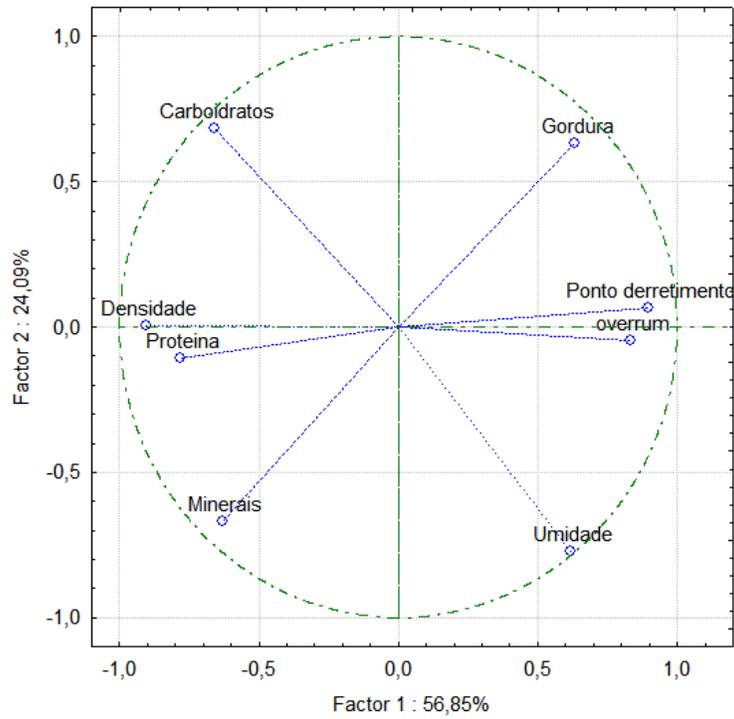
Os ensaios 1, 3 e 5 possuem as menores quantidades de concentrado proteico de soja, e, portanto, são os que se localizam próximos aos vetores de ponto de derretimento e *overrun* (Figura 22). No entanto, os ensaios 2, 4 e 6 são os que apresentam maiores concentrações de concentrado proteico, logo os vetores das variáveis proteína e densidade localizam-se próximos a estes ensaios.

Tabela 19: Matriz de correlação de Pearson com variáveis avaliadas nas formulações de gelato de soja.

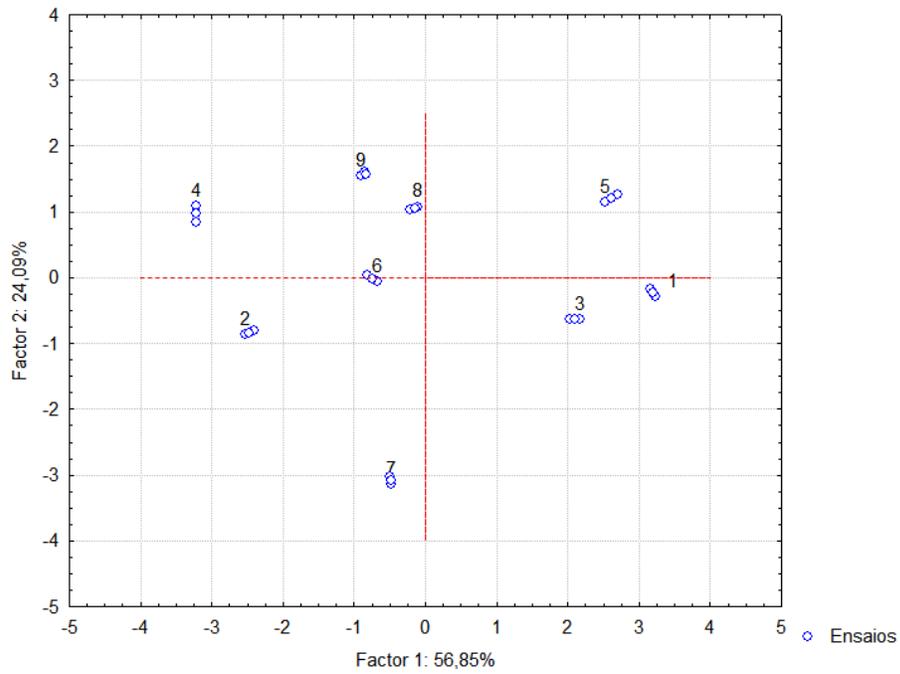
| Variáveis          | Proteína | Gordura  | Minerais | Umidade  | Carboidratos | Ponto derretimento | Densidade | <i>Overrun</i> |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------------|-----------|----------------|
| Proteína           | 1        |          |          |          |              |                    |           |                |
| Gordura            | -0,6847* | 1        |          |          |              |                    |           |                |
| Minerais           | 0,3697   | -0,7839* | 1        |          |              |                    |           |                |
| Umidade            | -0,3799  | -0,0792  | 0,0817   | 1        |              |                    |           |                |
| Carboidratos       | 0,4643   | -0,1144  | -0,0188  | -0,9606* | 1            |                    |           |                |
| Ponto derretimento | -0,6979* | 0,4571   | -0,6004* | 0,4854   | -0,4325      | 1                  |           |                |
| Densidade          | 0,6876*  | -0,4321  | 0,5186*  | -0,5172* | 0,4813       | -0,9313*           | 1         |                |
| <i>Overrun</i>     | -0,3835  | 0,4714   | -0,6058* | 0,5497*  | -0,5942*     | 0,6551*            | -0,7224*  | 1              |

\* Correlação significativa ( $\alpha = 0,05$ ).

Figura14: Análise dos Componentes Principais (ACP) para as variáveis proteína, gordura, minerais, umidade, carboidratos, ponto de derretimento, densidade e *overrun* das formulações de gelato (11 ensaios do planejamento fatorial completo  $2^2$ ).



(a)



(b)

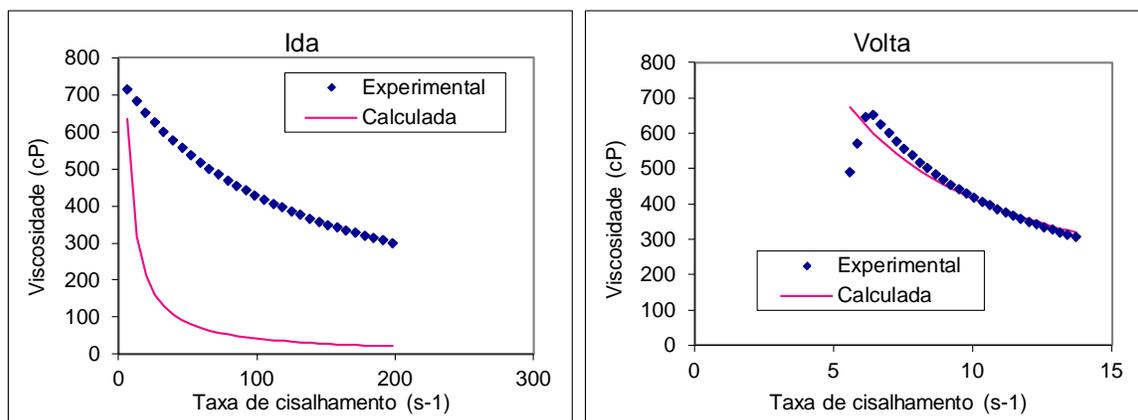
## 5.6 VISCOSIDADE

A reologia representa as propriedades dos alimentos sólidos e líquidos, onde a textura é a reologia relacionada com alimentos sólidos, e a viscosidade é a reologia de alimentos fluidos. A viscosidade é a resistência do alimento a sofrer deslocamento quando submetido a uma força externa, como a agitação, ou seja, quanto mais espesso for o líquido, maior será sua viscosidade ou sua resistência ao fluxo (PARK, 2007).

A Figuras 15, 16 e 17 apresentam o comportamento reológico (viscosidade x taxa de cisalhamento) das formulações de gelato de soja F1 (a: 10°C; b: 15°C, c: 20°C), F3 (a: 5°C, b: 10°C, c: 15°C, d: 20) e F5 (a: 5°C, b: 10°C, c: 15°C, d: 20).

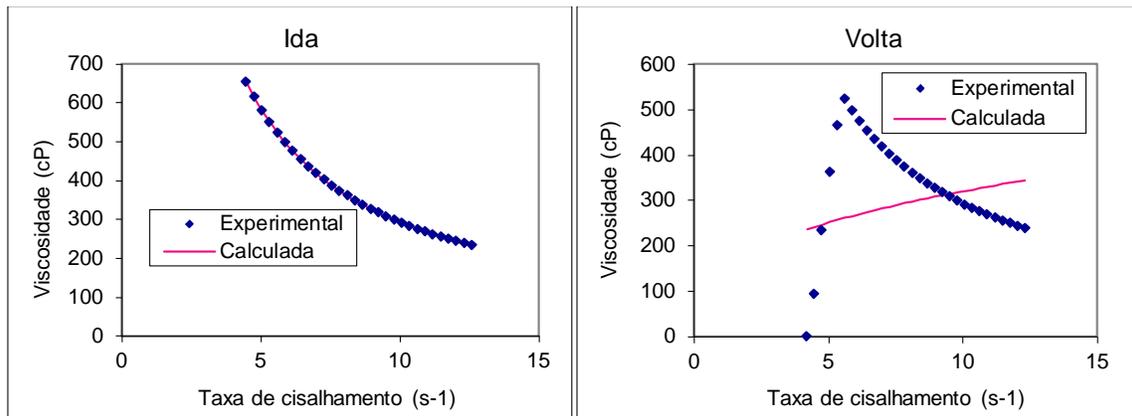
De maneira geral as formulações de gelato de soja apresentaram comportamento de fluido não newtoniano. Este comportamento está ligado a relação não linear entre a taxa de deformação (*shear rate*) e a tensão de cisalhamento (*shear stress*), ou seja, com o aumento da taxa de cisalhamento ocorreu redução da viscosidade, em todas as amostras analisadas. Também se observa diferença na viscosidade das formulações com a temperatura, ou seja, com o aumento da temperatura há um aumento da viscosidade. A Formulação F1 foi a que apresentou maior viscosidade de aproximadamente 700 cP a 10°C e 15°C e 1000 cP a 20°C. No entanto, a formulação F3 a qual continha maior conteúdo de gordura há uma menor viscosidade. A F5 possui comportamento similar a F3, com valores de em torno de 450 cP a 10°C, 600 cP a 15°C e 680 cP a 20 °C.

Figura 15: Comportamento de viscosidade da formulação F1 de gelato de soja.

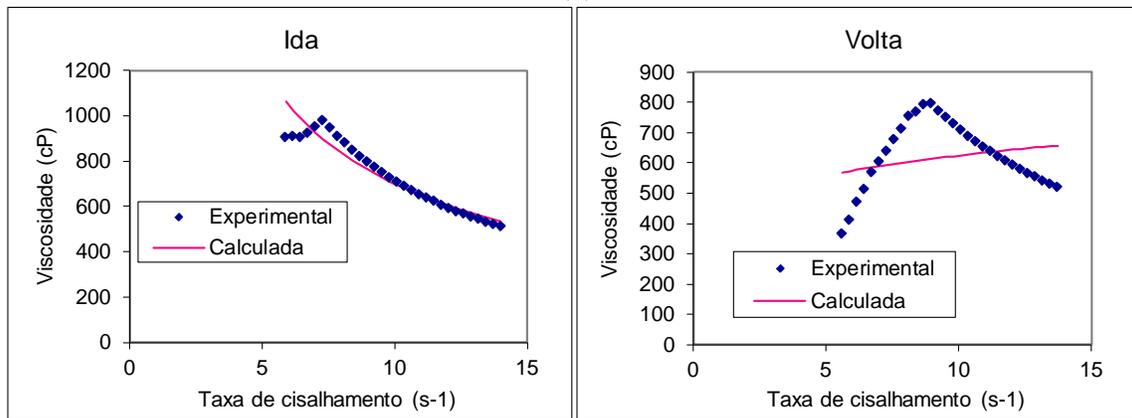


(a)

Continuação da Figura 15:

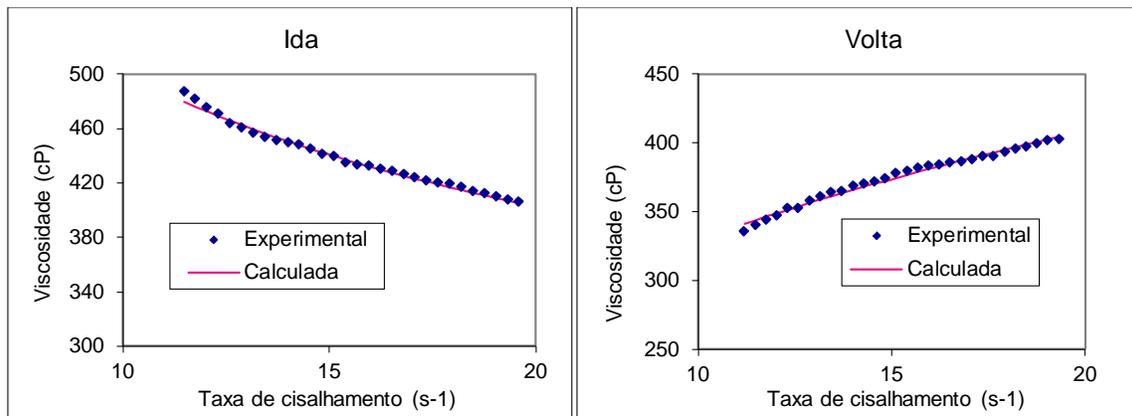


(b)



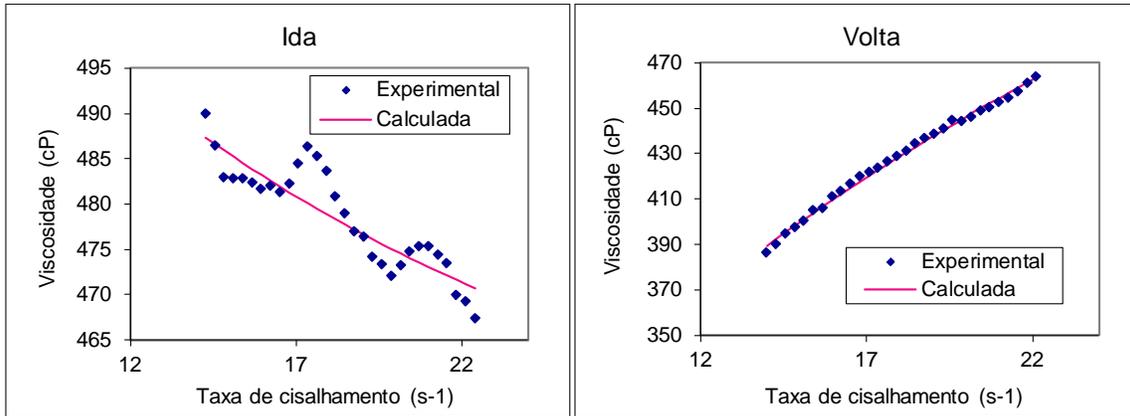
(c)

Figura 16: Comportamento de viscosidade da formulação F3 de gelato de soja.

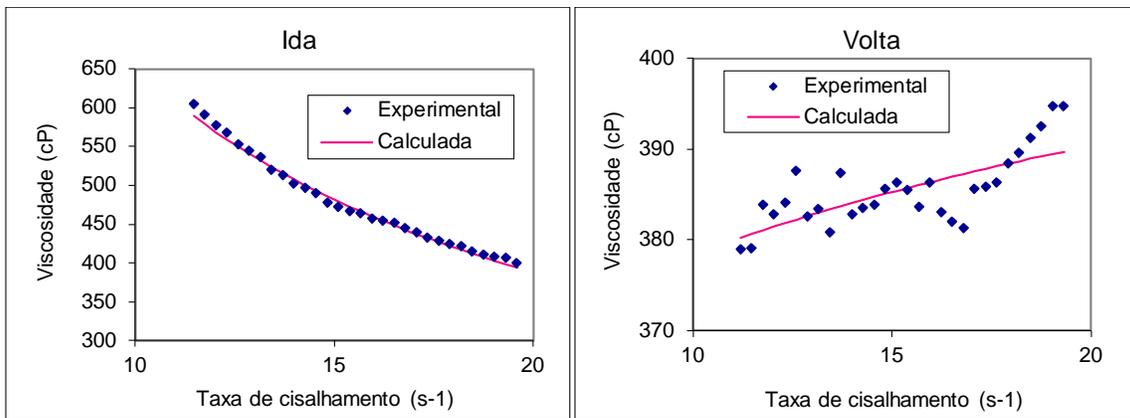


(a)

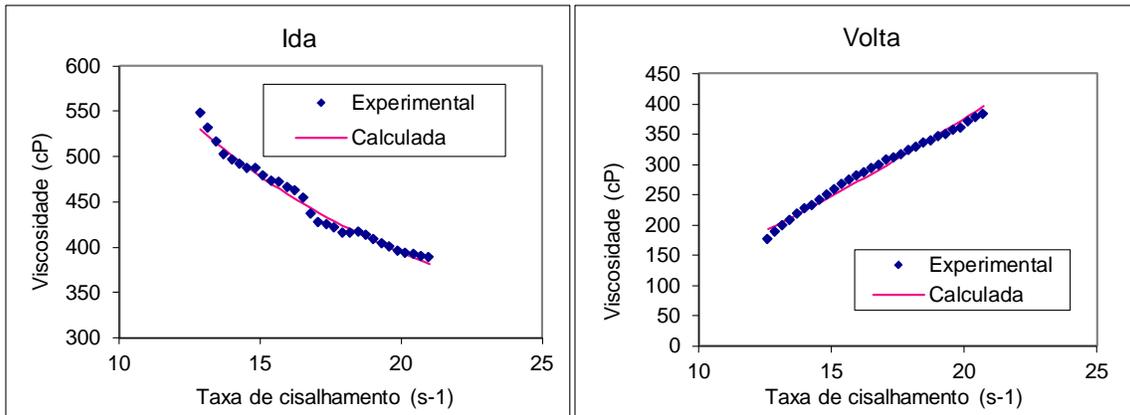
Continuação da Figura 16:



(b)

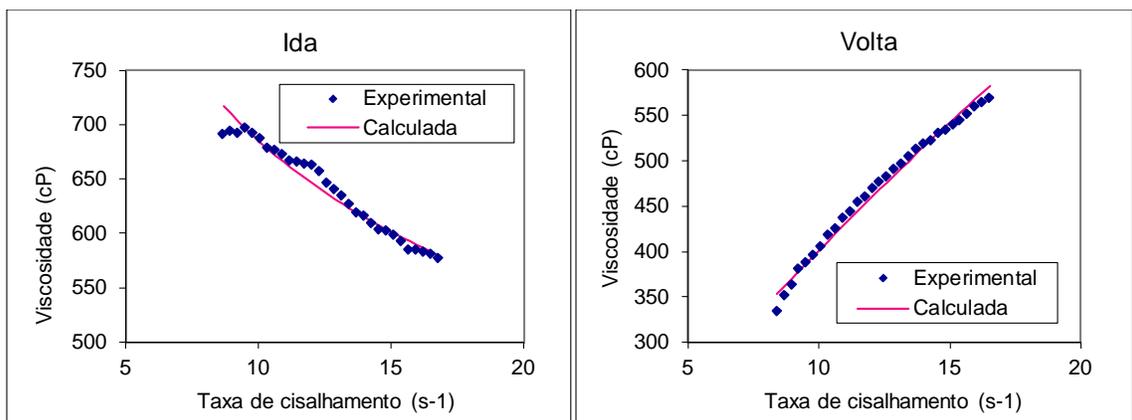


(c)

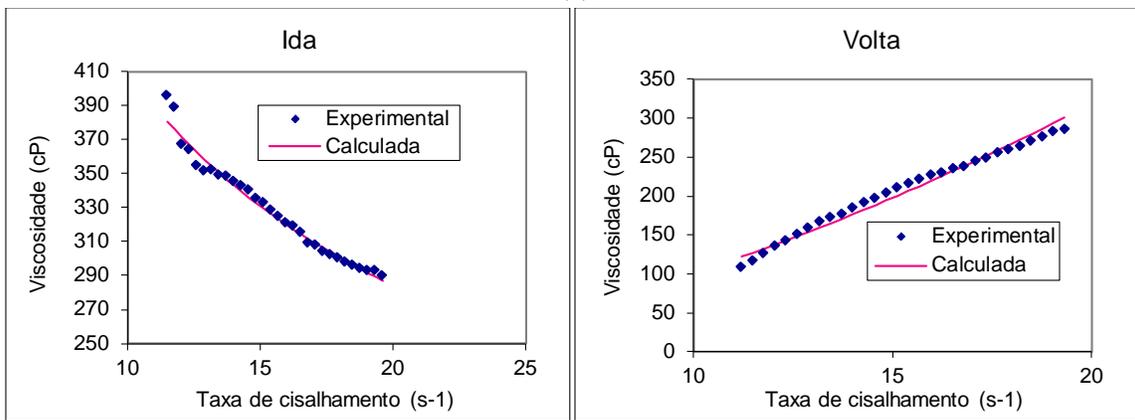


(d)

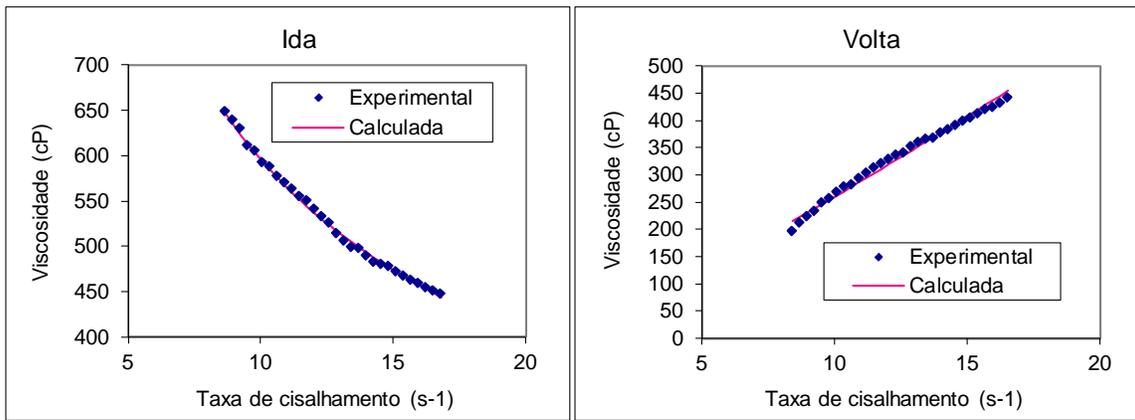
Figura 17: Comportamento de viscosidade da formulação F5 de gelato de soja.



(a)

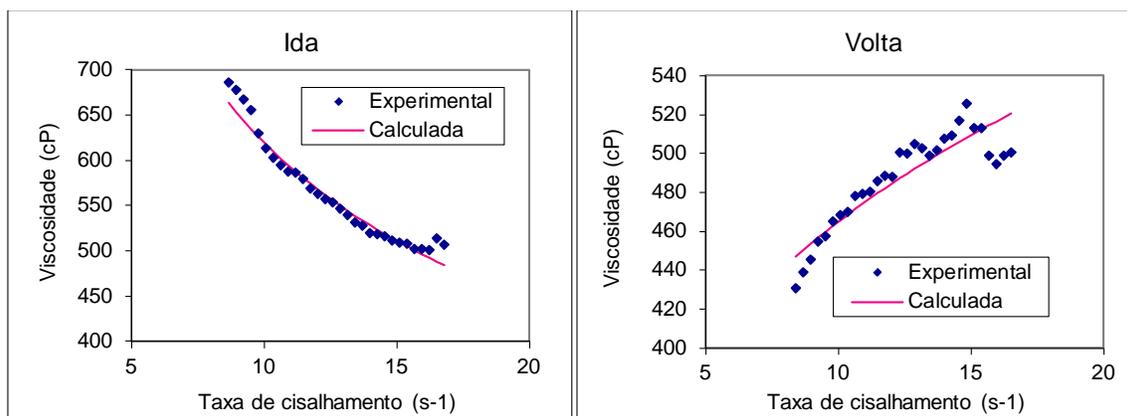


(b)



(c)

Continuação da figura 17:



(d)

Oliveira et al. (2008), observaram que a viscosidade de amostras de sorvete avaliadas diminuiu com as taxas de deformação, comportamento que também é observado nesse estudo.

## 5.7 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

### a) Solubilidade da proteína

A Tabela 20 apresenta os dados de proteína total e solubilidade das formulações de gelato elaboradas. A F6 apresentou a maior proteína total (15,61% em base seca) e em contrapartida a formulação F5 apresentou o menor valor (5,12% em base seca). Já a solubilidade da proteína apresentou-se com menor variação, quando comparado com a proteína total, porém as mesmas formulações apresentaram os extremos de solubilidade, F6 (43,41%) e F5 (38,98%).

Tabela 20: Matriz do Planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup> (valores codificados e reais) e resposta em proteína (% em base seca) e solubilidade (% em base seca) de formulações de gelato de soja.

| Ensaio | <i>Variáveis Independentes</i> |                | <i>Respostas</i> |                  |
|--------|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|
|        | X <sub>1</sub>                 | X <sub>2</sub> | Proteína (%)     | Solubilidade (%) |
| 1      | -1 (5%)                        | -1 (10%)       | 8,44             | 40,89            |
| 2      | 1 (15%)                        | -1 (10%)       | 15,43            | 42,44            |
| 3      | -1 (5%)                        | 1 (20%)        | 6,33             | 39,75            |
| 4      | 1 (15%)                        | 1 (20%)        | 11,80            | 42,24            |
| 5      | -1,41 (2,95%)                  | 0 (15%)        | 5,12             | 38,98            |
| 6      | 1,41 (17,05%)                  | 0 (15%)        | 15,61            | 43,41            |
| 7      | 0 (10%)                        | -1,41 (7,95%)  | 11,13            | 41,54            |
| 8      | 0 (10%)                        | 1,41 (22,05%)  | 10,28            | 41,28            |
| 9      | 0 (10%)                        | 0 (15%)        | 8,73             | 40,93            |
| 10     | 0 (10%)                        | 0 (15%)        | 10,29            | 41,28            |
| 11     | 0 (10%)                        | 0 (15%)        | 9,51             | 41,11            |

X<sub>1</sub>= Proteína de soja (%), X<sub>2</sub>= Gordura vegetal (%). Variáveis independentes fixas: Extrato hidrossolúvel de soja, água, sacarose, glicose, estabilizante, emulsificante, temperatura de pasteurização, tempo de maturação, rotação e temperatura da máquina de batimento e congelamento, temperatura de congelamento.

A Tabelas 21 e 22 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e análise de variância, para a proteína total das formulações de gelato de soja. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 22).

Tabela 21: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o teor de solubilidade de proteína.

|                           | <i>Coefficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>p</i> |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias*                   | 9,5123                           | 0,4514             | 21,073      | 0,0022   |
| (1) Proteína de soja (L)* | 3,4165                           | 0,2768             | 12,3412     | 0,0065   |
| Proteína de soja (Q)      | 0,4197                           | 0,3303             | 1,2705      | 0,3317   |
| (2) Gordura vegetal (L)   | -0,8718                          | 0,2768             | -3,1494     | 0,0877   |
| Gordura vegetal (Q)       | 0,5924                           | 0,3303             | 1,7932      | 0,2148   |
| 1L.2L                     | -0,3812                          | 0,3909             | -0,9752     | 0,4323   |

\*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 22: Análise de variância para o ponto de derretimento do planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup>.

| <i>Fontes de Variação</i> | <i>Graus de liberdade</i> | <i>Soma dos quadrados</i> | <i>Quadrados Médios</i> | <i>F calculado</i> |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Regressão                 | 93,1026                   | 1                         | 93,1026                 | 62,0738            |
| Resíduo*                  | 13,4988                   | 9                         | 1,4999                  |                    |
| Falta de Ajuste           | 12,2762                   | 7                         |                         |                    |
| Erro Puro                 | 1,2226                    | 2                         |                         |                    |
| Total                     | 106,6014                  | 10                        |                         |                    |

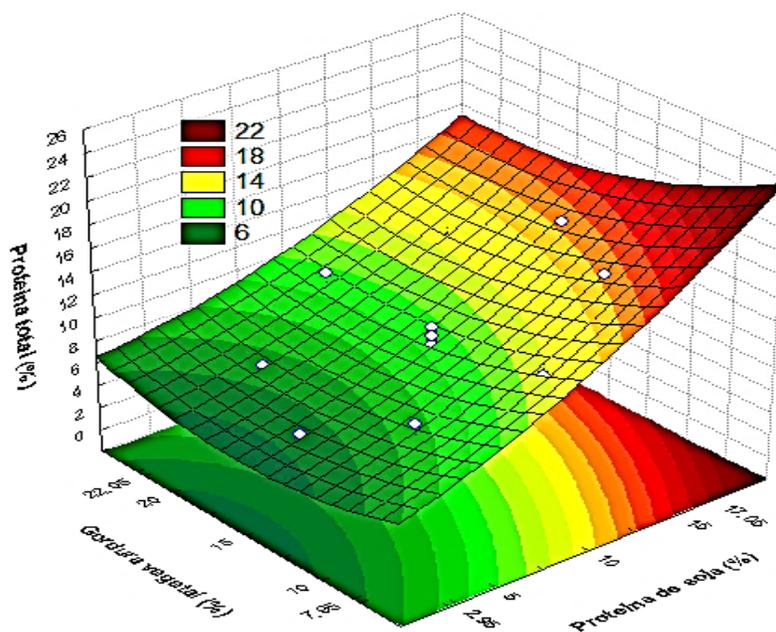
\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro;  $F_{\text{tab},95\%} = 5,17$

A Equação 8 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve a proteína total em função das variáveis independentes, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,9345 e F calculado 12 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 18 demonstrando que a máxima de proteína total encontra-se na faixa próxima de adição de 15% de concentrado protéico de soja e 15% de gordura vegetal hidrogenada.

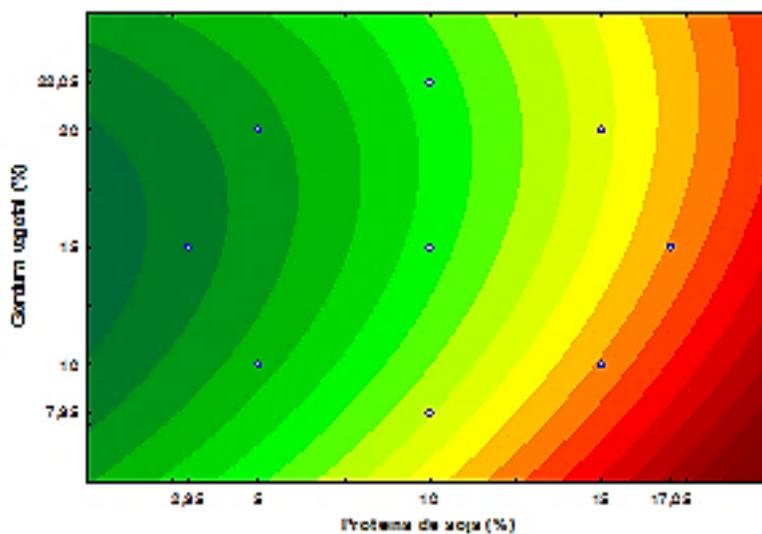
$$\text{Proteína (\%)} = 9,5120 + 3,4160 X_1 \quad (8)$$

Onde,  $X_1$  = Proteína de soja (%),  $X_2$  = Gordura vegetal (%).

Figura 18: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para o teor de proteína total das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente.



(a)



(b)

As Tabelas 23 e 24 apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de  $p$  e  $t(2)$  e análise de variância, para a solubilidade de proteína das formulações de gelato de soja. Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 24).

Tabela 23: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o teor de solubilidade de proteína de gelato de soja.

|                          | <i>Coeficiente de Regressão</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>t(2)</i> | <i>p</i> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| Médias*                  | 41,1100                         | 0,1015             | 404,9214    | 0,0000   |
| (1)Proteína de soja (L)* | 2,5771                          | 0,1245             | 20,6946     | 0,0023   |
| Proteína de soja (Q)     | 0,1048                          | 0,1486             | 0,7050      | 0,5539   |
| (2)Gordura vegetal (L)   | -0,4284                         | 0,1245             | -3,4405     | 0,0751   |
| Gordura vegetal (Q)      | 0,3210                          | 0,1486             | 2,1595      | 0,1634   |
| 1L.2L                    | 0,4666                          | 0,1759             | 2,6534      | 0,1175   |

\*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 24: Análise de variância para a solubilidade das formulações do planejamento fatorial completo 2<sup>2</sup> de gelato de soja.

| <i>Fontes de Variação</i> | <i>Graus de liberdade</i> | <i>Soma dos quadrados</i> | <i>Quadrados Médios</i> | <i>F calculado</i> |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Regressão                 | 1                         | 13,2400                   | 13,2434                 | 77,3269            |
| Resíduo*                  | 9                         | 1,5400                    | 0,1713                  |                    |
| Falta de Ajuste           | 7                         | 1,4800                    |                         |                    |
| Erro Puro                 | 2                         | 0,0600                    |                         |                    |
| Total                     | 10                        | 14,7800                   |                         |                    |

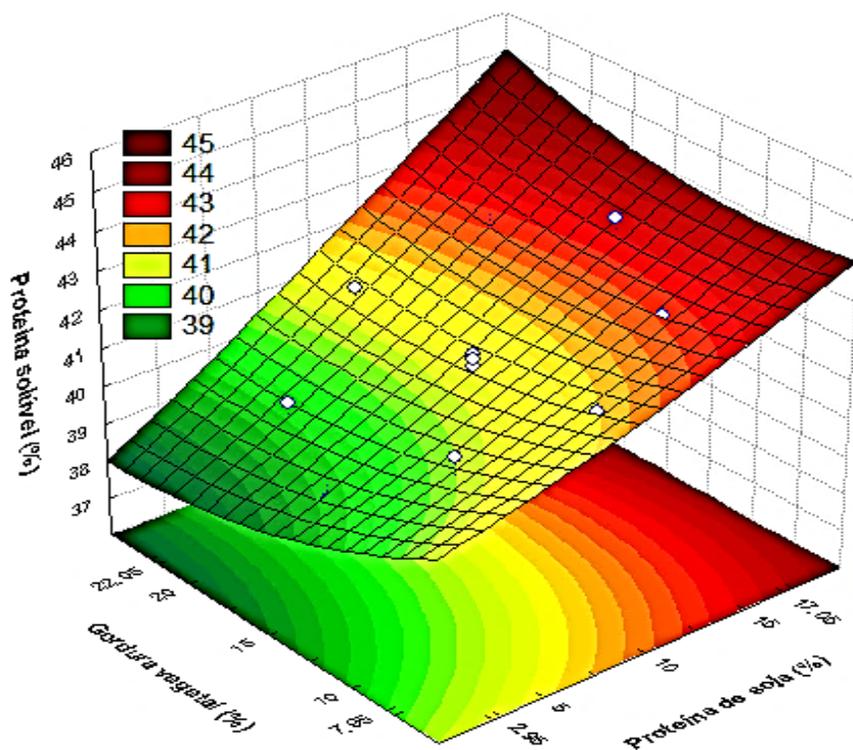
\*Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; F<sub>tab,95%</sub> = 5,05

A Equação 9 apresenta o modelo codificado de segunda ordem que descreve a solubilidade em função das variáveis independentes, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,95 e F calculado 14,96 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 19 demonstrando que a máxima da solubilidade de proteína encontra-se na faixa próxima de adição de 15 % de concentrado protéico de soja e toda a extensão da adição de gordura vegetal hidrogenada.

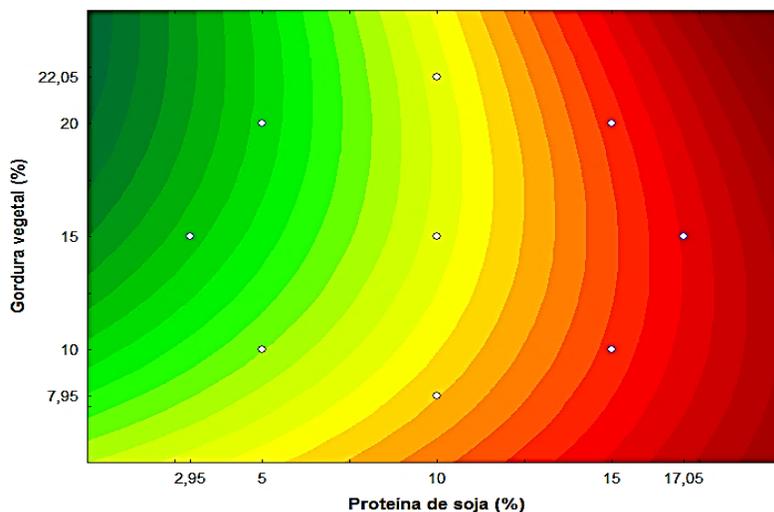
$$\text{Proteína solúvel (\%)} = 41,1100 + 1,2900 X_1 \quad (9)$$

Onde, X<sub>1</sub> = Proteína de soja (%), X<sub>2</sub> = Gordura vegetal (%).

Figura 19: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de proteína de soja e gordura vegetal para a proteína solúvel das formulações de gelato elaborado a partir de extrato hidrossolúvel de soja, respectivamente.



(a)



(b)

Silva et al. (2017), avaliando a composição centesimal e solubilidade da proteína de cultivares de soja especiais para alimentação humana no processamento de extrato solúvel de soja, observou uma média de 75% de solubilidade da proteína estudada. No gelato, a

proteína solúvel, como esperado, foi inferior ao extrato hidrossolúvel de soja. Segundo Van De Kamer e Van Ginkel (1952), o índice de solubilidade pode ser usado como um dos parâmetros de funcionalidade da proteína, ou seja, quanto maior a solubilidade, menor o grau de desnaturação da proteína.

#### **b) Desestabilização de proteína**

O Quadro 01 apresenta os comportamentos de sedimentação, flotação, acumulação de partículas e desestabilização total observadas ao longo do tubo de medida para as formulações de gelato. A Figura 20 apresenta o comportamento da Formulação F1, F3 e F5, ao longo do tubo de medida. No Apêndice 02 encontram-se as Figuras (24) demonstrativas do comportamento das demais formulações.

Quadro 1 - Comportamentos de sedimentação, flotação, acumulação de partículas e desestabilização total observados ao longo do tubo de medida para as formulações de gelato.

| Amostra | Sedimentação <sup>1</sup>  | Flotação <sup>2</sup> | Acumulação de partículas <sup>3</sup> | Desestabilização total (%) |
|---------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| F1*     | Não teve                   | De 10 até 65 mm       | De 65 até 70 mm                       | 21.9                       |
| F2      | Do fundo do tubo até 25 mm | De 25 até 60 mm       | De 60 até 70 mm                       | 53.0                       |
| F3      | Não teve                   | De 10 até 60 mm       | De 60 até 70 mm                       | 63.4                       |
| F4*     | Do fundo do tubo até 15 mm | De 15 até 65 mm       | De 65 até 70 mm                       | 17.4                       |
| F5*     | Não teve                   | De 10 até 60 mm       | De 50 até 70 mm                       | 77.1                       |
| F6      | Do fundo do tubo até 17 mm | De 17 até 65 mm       | De 65 até 70 mm                       | 33.0                       |
| F7      | Do fundo do tubo até 25 mm | De 25 até 70 mm       | Não tive                              | 45.1                       |
| F8      | Do fundo do tubo até 13 mm | De 13 até 62 mm       | De 62 até 70 mm                       | 33.0                       |
| F9      | Do fundo do tubo até 13 mm | De 13 até 65 mm       | De 65 até 70 mm                       | 29.0                       |
| F10     | Do fundo do tubo até 15 mm | De 15 até 60 mm       | De 60 até 70 mm                       | 21.5                       |

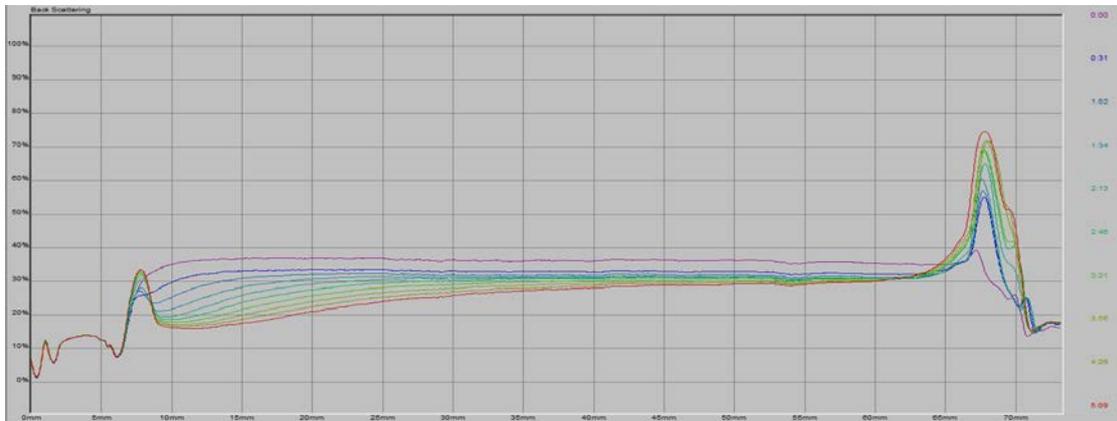
<sup>1</sup> Acrescentam retrodispersão ou *backscattering*, BS

<sup>2</sup>Devido às gotas de óleo que vão para cima do tubo, diminuição de BS

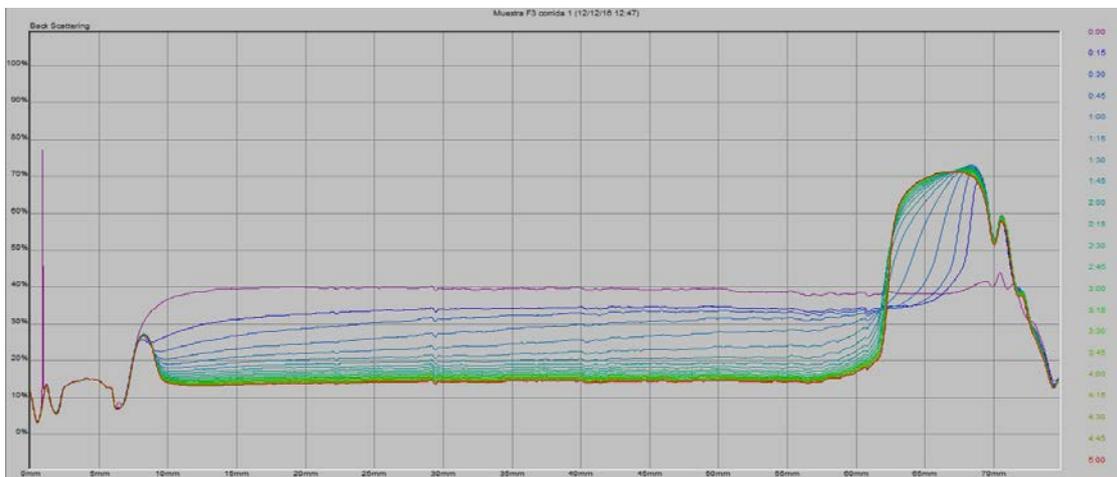
<sup>3</sup>Devido às gotas de óleo que sobem e ficam na superfície ou espuma

\*Comportamentos de sedimentação (verde), flotação e sedimentação (laranja), acumulação de partículas pela flotação (amarelo).

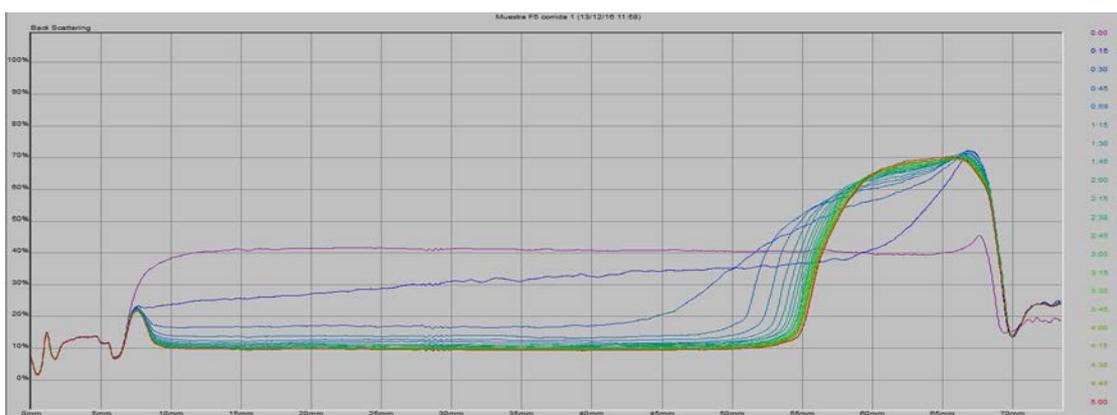
Figura 20: Comportamentos de sedimentação (verde), flotação e sedimentação (vermelho), acumulação de partículas pela flotação (amarelo) nas formulações F1, F3 e F5.



F1



F3



F5

De acordo com a Figura 20, observa-se que em 40 mm de altura de tubo há desestabilização por flotação e sedimentação, ou seja, é uma medida da desestabilização total. No Quadro 01 observa-se que F4 apresenta a menor desestabilização (D, %) mas

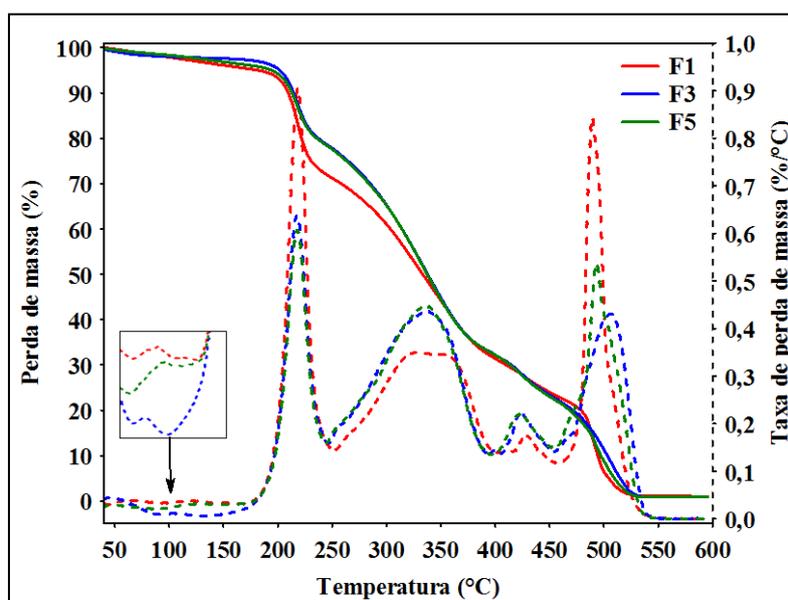
com sedimentação. Por outro lado, F1 teve uma desestabilização (% D) maior que F4, porém não apresentou sedimentação. Logo, a F1 pode ser considerada a formulação de melhor estabilidade e a F5 foi a menor estabilidade, apesar de não apresentar sedimentação

## 5.8 TGA – ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

A estabilidade térmica foi investigada usando TGA, e os traços de perda de massa e suas curvas diferenciais foram registradas na faixa de temperatura de 40–600°C e mostradas na Fig. 25. As curvas TGA para F1, F3 e F5 apresentaram comportamentos semelhantes com 4 faixas principais de perda de massa dos gelatos. Pode-se ver que há uma pequena perda de massa a temperaturas abaixo de 100°C, o que é devido à perda de umidade. A primeira faixa, observada entre 180–250°C pode ser relacionada à perda de água adsorvida e de ligação. A segunda faixa, observada entre 250–400°C corresponde à decomposição da proteína de soja e o emulsificante dos gelatos. A terceira faixa, observada entre 400–460°C e a quarta faixa de 460-540°C, pode ser associada à degradação da proteína e gordura.

Também é possível observar na Fig 25, a curva F1 teve a maior perda de massa em relação as demais, devido a menor quantidade de proteína e gordura, diminuindo a estabilidade térmica.

Figura 21: Resultados da análise termogravimétrica das formulações de gelato de soja F1, F3 e F5.



## 5.9 ACEITABILIDADE DAS FORMULAÇÕES DE GELATO

Através da avaliação do resultado de ponto de derretimento e comportamento das características funcionais das formulações de gelato, definiu-se as F1, F3 e F5 como as que apresentaram melhores características as quais foram avaliadas sensorialmente quanto a aceitabilidade (Tabela 25).

Tabela 25: Médias das pontuações dos provadores referentes ao teste de aceitabilidade - Escala Hedônica das formulações F1, F3 e F5.

| Formulações | Pontuação média*          |
|-------------|---------------------------|
| F1          | 7,25 <sup>a</sup> (±1,34) |
| F3          | 6,33 <sup>b</sup> (±1,33) |
| F5          | 7,67 <sup>a</sup> (±1,12) |

\*Médias na mesma coluna acompanhadas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância; \*Escala de pontos: 1 = desgostei muitíssimo e 9 = gostei muitíssimo.

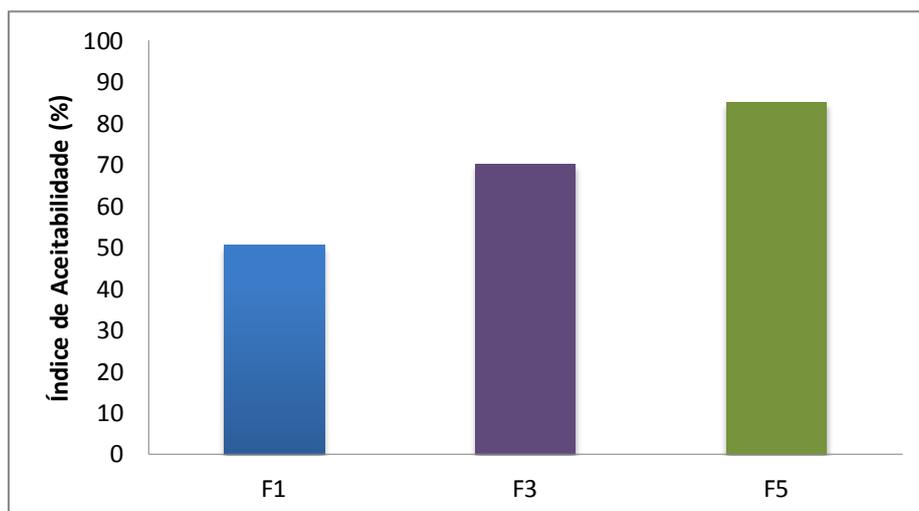
\*\*DMS (Diferença Mínima Significativa) = 0,63

Avaliando os dados de análise sensorial apresentados na Tabela 25 observou-se que as formulações F1 e F5 não diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) quanto a aceitabilidade, correspondendo na escala de pontuação de gostei regularmente a gostei muito, com índices de aceitação de 80,55; 70,33 e 85,22% para F1, F3 e F5, respectivamente (Figura 21).

A avaliação sensorial realizada com as três formulações de gelato demonstrou que todas apresentaram aceitabilidade pelo consumidor, ou seja, considerados de repercussão aceitável são superiores a 70% (BISPO et al., 2004).

Valor similar foi encontrado por Siqueira e Benedetti (2017), onde avaliaram o índice de aceitabilidade de sorvete desenvolvido à base de proteína isolada de soja sabor morango, onde observaram 88% de aceitação dos provadores.

Figura 22: Índice de aceitabilidade referentes as formulações F1, F3 e F5 de gelato de soja.



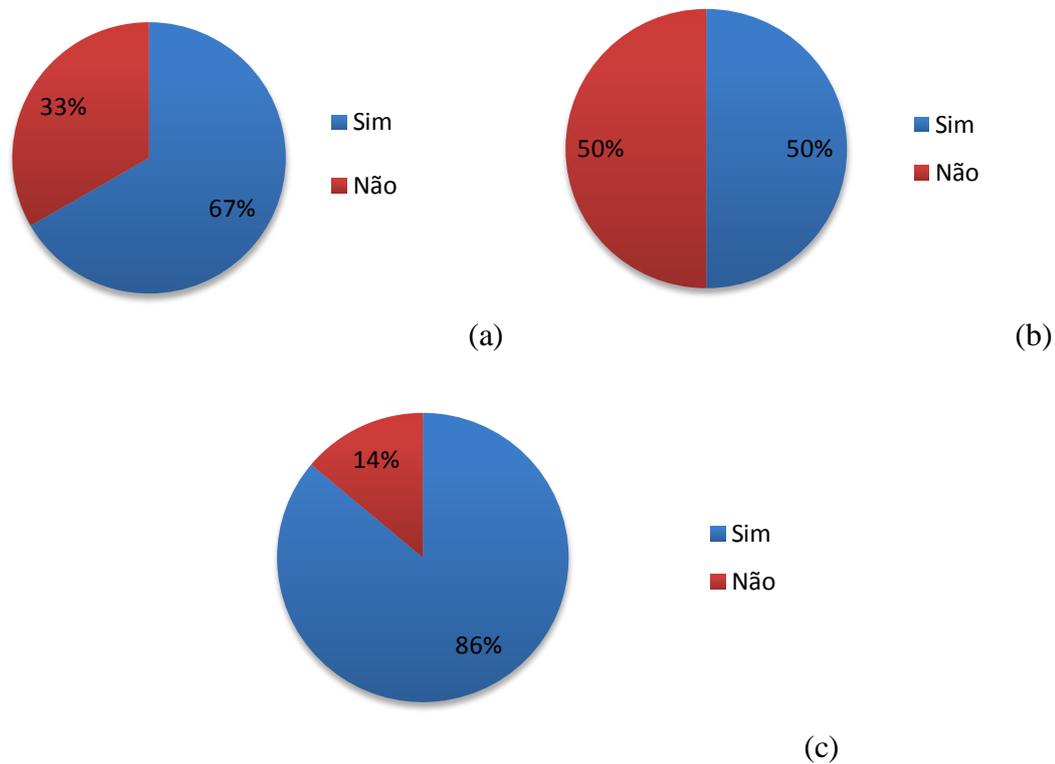
Estudo realizado por Lima et al. (2017) verificou que o sorvete de soja sabor manga foi aprovado por 84,8% dos provadores. Enquanto que para o sorvete de soja sabor maracujá houve aprovação de apenas 39,2%.

Em estudo realizado por Cardoso et al. (2011), que elaborou sorvete de abacate com extrato hidrossolúvel de soja, a aceitação global foi de 5,77, ou seja, com escala entre 5 e 6 pontos (nem gostei, nem desgostei a gostei ligeiramente).

Pinheiro et al. (2015), elaboraram formulações de sorvete à base de soja e vinho, e as médias sensoriais permaneceram entre 5,25 e 7,00, apresentando aceitação entre os provadores.

Quanto à intenção de compra, os dados foram similares ao obtidos na aceitação, onde F1, F3 e F5 obtiveram 71 %, 50 % e 85 % de opiniões favoráveis a compra (Figura 22 a, b e c).

Figura 23: Intenção de compra das formulações do gelato de soja: a- F1; b- F3; c- F5.



Com isso observa-se a aceitação das formulações estudadas e também a intenção relativamente maior da formulação F5, para a intenção de compra.

## 6. CONCLUSÃO

A substituição do leite por extrato hidrossolúvel e concentrado proteico de soja demonstrou ser uma alternativa à elaboração de gelato comestível com características diferenciais principalmente em termos de proteína, solubilidade, viscosidade, ponto de derretimento, *overrun* e com aceitabilidade pelos consumidores.

A presença da proteína de soja adicionada a formulação apresentou alterações em relação a densidade da massa do gelato e também no ponto de derretimento do mesmo, quanto mais proteína adicionada, mais densa a massa apresentava e também mais resistência a um derretimento uniforme.

As formulações de gelato que apresentaram melhores características físico-químicas, reológicas e avaliadas sensorialmente demonstraram aceitabilidade superior a 70%. As amostras F1, F3 e F5 apresentaram comportamento reológico esperado para gelato, com a viscosidade variando de 450 a 700 Cp a 10°C, comportamento não newtoniano, ou seja, quando se elevou a taxa de cisalhamento diminuiu a viscosidade. A F1 apresentou maior estabilidade de proteína, solubilidade de 41% (base seca) e proteína total de 8,44% (base seca). Desta forma, indicando ser possível a adição de até 5% (m/v) de concentrado proteico, 14% (v/v) de extrato hidrossolúvel de soja e 15% de gordura vegetal.

Observando a análise sensorial, verificou-se que a F5 é a mais aceita tanto na avaliação da escala hedônica quanto na intenção de compra, sobressaindo em relação as outras formulações e com isso, sendo a melhor formulação do estudo para realização de trabalhos futuros.

Assim, substituir o componente principal do gelato, o leite, por soja apresentou um produto inovador, diferenciado, com características marcantes e específicas para esse tipo de produto, revelando um produto isento de lactose e de proteínas do leite, podendo ser apreciado pela população no geral, e, principalmente pela população intolerante a esses componentes, tão carentes desse tipo de produto.

## REFERÊNCIAS

- ABIS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SORVETE. Estatística. Disponível em: [http://www.abis.com.br/estatistica\\_producaoconsumodesorvetesnobrasil.html](http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumodesorvetesnobrasil.html). Acessado em 11 de julho de 2017.
- AGUIAR, C. L. Isoflavonas de soja e propriedades biológicas. B. CEPPA, v. 20, n. 2, p. 323-334, 2002.
- ALVES, F. P. et al. Composição centesimal, teores de isoflavonas e inibidor de tripsina em cultivares de soja especiais para a alimentação humana. In: VI Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá-MT, 2012b.
- ALVES, F. P.; OLIVEIRA, M. A.; MANDARINO, J. M. G., BENASSI, V. T., LEITE, R. S.; SEIBEL, N. F.. Composição centesimal de grãos de soja de oito diferentes cultivares. VI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/909186/1/composicao.pdf>. Acesso em: 11 de julho de 2017.
- ALVES, F.P.; OLIVEIRA, M.A.; LEITE, R.S.; SEIBEL, N.F. Caracterização sensorial e rendimento de extrato hidrossolúvel em cultivares de soja especiais para a alimentação humana. IV Congresso Brasileiro de Soja. Cuiabá – MT. 2012a.
- AMARAL, S. Produção e exportação de soja brasileira e o cerrado 2001–2010. Disponível em: [http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf\\_soja\\_cerrado\\_web.pdf](http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_soja_cerrado_web.pdf). Acesso em: 11 de julho de 2017.
- AMAZONIAICE. Sorvetes e picolés. Disponível em: <http://www.amazoniaice.com.br/producao>. Acessado em 11 de julho de 2017.
- APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Análises físico-químicas de pré-misturas de pães de queijo e produção de pães de queijo com adição de *okara*. Ciência e Agrotecnologia, v. 31, n. 5, p. 1416-1422, 2007.
- ARBUCKLE, W. S. Ice cream. 3a ed. USA: AVI Publishing Company, 1977.
- BARROSO, Fernando. Curiosidades para descobrir, conhecer e aprender. Disponível em <http://www.fernandobarroso.com.br/gastronomia/curiosidades/sorvete-sobert-frozen-gelato>. Acessado em 11 de julho de 2017.
- BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. da. Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 24, n. 3, Sept. 2004.
- BEHRENS, J.H.; ROIG, S.M.; DA SILVA, M.A.A.P. Aspectos de Funcionalidade, de Rotulagem e de Aceitação de Extrato Hidrossolúvel de Soja Fermentado e Culturas Lácteas Probióticas. Boletim SBCTA, v. 34, n. 2, p. 99-106, 2001.
- BERGEROT, C. Cozinha Vegetariana: A soja no seu dia-a-dia. São Paulo: Cultrix, 2003.
- BISPO, E. S.; SANTANA, L. R. R.; CARVALHO, R. D.S.; LEITE, C.C; LIMA, M. A.C. Processamento, Estabilidade e Aceitabilidade de Marinado de Vongole, Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 24, n. 3, p. 353-356, 2004.
- BODYFELT, F. W.; TOBIAS, J.; TROUT, G. M. Sensory evaluation of ice cream and related products. The sensory evaluation of dairy products. New York: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1988. p. 166-226.

BORSZCZ, V. Implantação do sistema APPCC para sorvetes: aplicação na empresa Kimyto. Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Orientador: Prof. (a) Dra. Mara Gabriela Novy Quadri. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Abril de 2002.

BOWLES, S.; DEMIATE, I. M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, SP. v. 26, n. 3, jul./set. 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n3/31770.pdf> >. Acesso em: 11 de julho de 2017.

BRANCO, A. L. de O. C.. A produção de soja no Brasil: uma análise econométrica no Período de 1994-2008. Monografia apresentada à Faculdade de Ciências Econômicas do Centro de Economia e Administração da PUC - Campinas. Orientação: Prof. Dr William Massei. Campinas/SP, 2008.

BRANCO, I. G.; TEIXEIRA, Â. M; RIGO, M; BEZERRA, J. R. M. V; COUTINHO, M. R; ARGANDOÑA, E. J. S; BASTOS, R. G. Avaliação da aceitabilidade sensorial de uma bebida à base de extrato hidrossolúvel de soja, polpa de morango e sacarose. Revista. Ciências Exatas e Naturais. jan/jun 2007.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. resolução - RDC no 267, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. Diário Oficial da União, Brasília, 2003.

BRASIL. Portaria número 379, de 26 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis, 1999.

BRASIL. Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. Diário Oficial da União. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução número 266 de 23 de setembro de 2005.

BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização química e sensorial de bebida mista de soja e uva. Alimentação Nutrição, v.23, n.3, p.467-473, 2012.

BUENO, A.S.; et al. Effect of extrusion on the emulsifying properties of soybean proteins and pectins mixtures modelled by response surface methodology. Journal of Food Engineering. v.90, n.4, feb., p.504-510, 2009.

CAMPOS, Shirley de. Composição Dos Gelados Comestíveis Composição Dos Sorvetes Comestíveis. 2003.

CAPATTI, A. Você sabe a diferença entre Sorvete e Gelato? Qual é mais saudável? Disponível em: <http://walterminicucci.com.br/noticias-destaque/298-voce-sabe-a-diferenca-entre-sorvete-e-gelato-qual-e-mais-saudavel>. Acessado em: 11 de julho de 2017.

CARDOSO, J. R.; Pessoa, R. A.; Ramos, L. de S. N. Elaboração de sorvete de abacate à base de leite de vaca e de extrato hidrossolúvel de soja. Revista ACTA Tecnológica. Revista Científica. Vol 6, n'mero 2, jul – dez 2011.

CARRÃO-PANIZZI, M. C. Novos usos em alimentação. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 39., 2012, Passo Fundo. Atas e resumos... Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 1 CD-ROM. p. 15-19, 2012b.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BERTAGNOLLI, P. F.; STRIEDER, M. L.; COSTAMILAN, L. M.; MOREIRA, J. U. V. Melhoria de Soja para Alimentação Humana na Embrapa Trigo – Safra Agrícola 2011/2012. Passo Fundo/RS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Trigo. ISSN 1516-5582, p. 27 – 31, 2012a.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Soja: Potencial de uso na dieta brasileira. In: Embrapa Soja. Documento 113. Londrina: Embrapa Soja, 1998.

CARVALHO, A.; PRAXEDES, A.; SOUZA, G.; AGUIAR, M.; ROSA, V. Propriedades funcionais das proteínas. 5 de dezembro de 2012.

CARVALHO, W. T.; REIS, R. C.; VELASCO, P.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quireira de arroz e soja. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.41, n.3, p.422-429, 2011.

CEREDA, M.P. Importância das tuberosas tropicais. In: Cultura de tuberosas amiláceas latino americanas, vol. 2, capítulo 1, São Paulo, Fundação Cargill: p.13-25, 2002.

CIABOTTI, S. et al. Características sensoriais e físicas de extratos e tofus de soja comum processada termicamente e livre de lipoxigenase. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 27, n. 3, 2007.

CLARKE, C. The Science of ice cream. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. 187p.

COELHO, D. T.; ROCHA, J. A. A. Práticas do processamento de produtos de origem animal. Viçosa: UFV, 2005.

DA SILVA, D. T. Extrato de Soja: características, métodos de obtenção e compostos benéficos a saúde humana. Trabalho Acadêmico – Graduação em Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

DALL'AGNOL, A.; LAZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.. Circular Técnica 74 - Desenvolvimento, mercado e rentabilidade da soja brasileira. Londrina, Paraná, abril, 2010.

DAMODARAN, S. Functional properties. In: NAKAI, S.; MODLER, H. W. Food proteins: properties and characterization. New York: VCH, 1996.

DANISCO CULTOR. Mixing and Pasteurization of Ice Cream Mix. Technical Paper. TP 2009 -2e, 2001.

EARLY, Ralph. Tecnologia de los productos lácteos. Zaragoza: Acribia, 2000.

EL-RAHMAN, A. M. ABD et al. Effect of milk fat fractions on the sensory evaluation of frozen desserts. Journal of Dairy Science, v. 80, p. 1936-1940, 1997.

ELIZALDE, B.E.; PILOSOFF, A.M.R.; BARTHOLOMAI, G.B. Prediction of emulsion instability from emulsion composition and physicochemical properties of proteins. Journal of Food Science, v.56, n.1, p.116-1, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. A cultura da soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2000.

EMBRAPA. Soja em números (Safra 2014/2015). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>, acesso em: 19 de julho de 2017.

- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013. - Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- GELATAIO. O gelato. Disponível em: <http://www.gelataio.com.br/produtos.html>. Acessado em 11 de julho de 2017.
- GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Ice cream. Springer. New York, 2013.
- GRANGER, C.; LEGER, A.; BAREYB, P.; LANGENDORFF, V.; CANSELLA, M. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, v.15, n. 03, p. 255-262, 2005.
- HASLER, C.M. Functional Foods: Their Role in Disease Prevention and Health Promotion. *Food Technology*, v.52, n.11,1998.
- INSUMOS. As propriedades funcionais do sorvete. Disponível em: [http://insumos.com.br/sorvetes\\_e\\_casquinhas/materias/159.pdf](http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/159.pdf), acessado em: 11 de julho de 2017-b.
- INSUMOS. Emulsificantes em sorvetes. Disponível em: [http://www.insumos.com.br/sorvetes\\_e\\_casquinhas/materias/128.pdf](http://www.insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/128.pdf), acessado em: 11 de julho de 2017-a.
- INSUMOS. O sorvete como alimentos. Disponível em: [http://www.insumos.com.br/sorvetes\\_e\\_casquinhas/materias/103.pdf](http://www.insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/103.pdf). Acessado em: 11 de julho de 2017-c.
- JUNIOR, E. da Silva. Formulações especiais para sorvetes. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. 2008.
- LIMA, V. B. de S.; LIMA, V. B. de S.; CAMPOS, T. F. G. M.; AZEVEDO, M. L. X.; ARAÚJO, R. S. dos R. M. Análise sensorial de sorvete de frutas elaborado à base de soja. Disponível em: <http://www.sovergs.com.br/site/38conbravet/resumos/1016.pdf>, acessado em 11 de julho de 2017.
- LIU, K. Soybeans: chemistry, technology and utilization. New York: Chapman and Hall, 1997.
- MACHADO, F. P. P; QUEIRÓZ, J. H.; OLIVEIRA, M. G. A.; PIOVESAN, N. D.; PELUZIO, M. C. G.; COSTA, N. M. B.; MOREIRA, M. A. Effects of heating on protein quality of soybean flour devoid of Kunitz inhibitor and lectin. *Food Chemistry*, London, v. 107, n. 2, p. 649-655, 2008.
- MADRID, A. Vicente, CENZANO, I, VICENTE, J.M. Manual de Indústrias dos Alimentos. São Paulo: Livraria Varela, 1995.
- MAIA, M. C. A; GALVAO, A. P. G. L. K; MODESTA, R. C. D.; PEREIRA JUNIOR, N. Avaliação do consumidor sobre sorvetes com xilitol. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* [online]. 2008.
- MAIA, M. J. L.; ROSSI, E. A.; DE CARVALHO, M. R. B. Qualidade e rendimento do “leite” de soja da unidade de produção de derivados da soja UNISOJA – FCF – Ar/UNESP. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 17, n. 1, p. 65-72, jan./mar. 2006.
- MAISEQUILÍBRIO. Soja é um alimento completo? Disponível em: <http://www.maisequilibrio.com.br/nutricao/soja-2-1-1-12.html>. Acesso em 10 de agosto de 2017.
- MANDARINO, J. M. G. & CARRÃO-PANIZZI, M. C. A Soja na Cozinha. Londrina,

Embrapa Soja. Documentos, 136, 59p, 1999.

MANDARINO, J. M. G. & CARRÃO-PANIZZI, M. C. A Soja na Cozinha. Londrina, Embrapa Soja. Documentos, 136, 59p, 1999.

MAPA. Mercado Interno. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/mercado-interno>, acesso em 19 de julho de 2016(a).

MAPA. Soja. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>, acesso em 11 de julho de 2017.

MARIN, M.; MADRUGA, N. A.; RODRIGUES, R. S.; MACHADO, M. R. G. Caracterização físico-química e sensorial de bebida probiótica de soja. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v.32, n.1, p.93-104, 2014.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Composition and properties. In: MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. (Ed.) Ice cream. 6th ed. New York: Kluwer Academic/Plenum Publ., 2003.

MARSHALL, R.T.; ARBUCKLE, W.S. Ice cream. 5.ed. Maryland: Aspen Publishers, 2000.

MARSON, L. P. A produção de derivados da soja e sua aceitação pelo mercado consumidor. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves. Bento Gonçalves, 2010.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. Sensory evaluation techniques. 3.Ed. London: CRC, 1999.

MILKPOINT. Nestlé lança gelato para entrar no mercado de luxo. 19/05/2015. Disponível em <http://www.milkpoint.com.br/industria/cadeia-do-leite/giro-de-noticias/nestle-lanca-gelato-para-entrar-no-mercado-de-luxo-94942n.aspx>. Acessado em 11 de julho de 2017.

MILLIATTI, M. C. Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes. Dissertação (mestrado) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo/SP, 2013.

MITIDIERI, F. E.; WAGNER, J. R. Coalescence of o/w emulsions stabilized by whey and isolate soybean proteins. Influence of thermal denaturation, salt addition and competitive interfacial adsorption. Food Research International, Essex, v. 35, n. 6, p. 547-557, July 2002.

MOSQUIM, M. C. A. Fabricando sorvete com qualidade. Fonte Comunicações e Editora Ltda. São Paulo. 1999.

MOURA, N.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SOUZA, M. C.; DIAS, C. T. S. Composição de cultivares de soja submetida a diferentes tratamentos térmicos. Alimentação e Nutrição, Araraquara, v. 18, n. 2, p. 151-160, 2007.

NASAL, R. L. Sorvete ou gelato? Você sabe a diferença? 25 de junho de 2015. Disponível em: <http://sobralemrevista.blogspot.com.br/2015/06/sorvete-ou-gelato-voce-sabe-diferenca.html>. Acessado em 11 de julho de 2017.

NIELSEN, S. S. Digestibility of legume proteins. Food Technology, Chicago, v. 45, n. 9, p. 112-114, Sept. 1991.

NOSTROGELATO. O que é gelato? Disponível em:

- [http://www.nostrogelato.com.br/o\\_que\\_gelato.html](http://www.nostrogelato.com.br/o_que_gelato.html). Acessado em 11 de julho de 2017.
- NOVAKOWISKI, J. H.; KOPF, C.; FELTRIN, D. M.; SANJINEZ-ARGADOÑA, E. J. Desenvolvimento e caracterização física, química e sensorial de extrato hidrossolúvel de soja com polpa de morango. Disponível em: [http://www.unicentro.br/pesquisa/anais/proic/2007/pdf/artigo\\_60.pdf](http://www.unicentro.br/pesquisa/anais/proic/2007/pdf/artigo_60.pdf). Acesso em: 11 de julho de 2017.
- NUNES, J. T. Comportamento reológico e propriedades termofísicas da polpa do fruto do mandacaru. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Orientadores: Profa. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz. Campina Grande, 2011.
- OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R. de; MONTEIRO, A. R. Caracterização reológica de sorvetes. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* [online]. 2008.
- ORDÓÑEZ, J. A., Tecnologia de alimentos. Vol. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PARK, Y. W. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* v. 68, p. 73-87, 2007
- PASSOS, A. A. C.; SÁ, D. M. A. T.; MORAIS, G. M. D. de; CHACON, L. S. da S.; BRAGA, R. C. Avaliação da incorporação de galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* em sorvetes e comparação com estabilizantes comerciais. *Rev. Ciênc. Agron.* vol.47 no.2 Fortaleza Apr./June 2016.
- PAUCAR-MENACHO, L. M.; BERHOW, M. A.; MANDARINO, J. M G.; DE MEJIA, E. G.; CHANG, Y. K. Optimization of germination time and temperature on the concentration of bioactive compounds in Brazilian soybean cultivar BRS 133 using response surface methodology. *Food Chemistry*, London, v. 119, n. 2, p. 636-642, 2010.
- PENTEADO, F. de J. M. Consumo de soja e derivados por mulheres no climatério como terapia de reposição hormonal. Monografia do Curso de Nutrição, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2003.
- PEREIRA, G. das G. Utilização de extrato hidrossolúvel de soja na produção de sorvete / Gustavo das Graças Pereira. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Orientador: Jaime Vilela de Resende.– Lavras : UFLA, 2010.
- PINHEIRO, R. M.; SANTOS, S. P. dos; SANTOS, T. V. dos; MATIAS, T. M.; RODRIGUES, V. C. J. Desenvolvimento de um sorvete à base de soja e vinho, a partir de formulação voltada ao atendimento da funcionalidade de nutrientes. *Revista Nutrição Brasil* , Volume 14, Número 1, Ano 2015.
- PORTAL BRASIL. Brasil começa a exportar safra recorde de soja. 04/04/2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/04/brasil-comeca-a-exportar-safra-recorde-de-soja>, acesso em: 11 de julho de 2017.
- PORTO, O. L. Uma importante etapa na produção perfeita do sorvete: homogeneização. *Revista Sorveteria Brasileira*, n 122, p. 37-38, jul/ago. 1998.
- POYSA, V.; WOODROW, L.; YU, K. Effect of soy protein subunit composition on tofu quality. *Food Research International*, v.39, n.3, p. 309-317, 2006.
- PUBLITECBRASIL. Química do Sorvete.  Sorveteria Confeitaria Brasileira No 220, 2015. Disponível em: <http://www.publitecbrasil.com/contenido/objetos/Aquimicadossorvetes.pdf>. Acessado

em: 11 de julho de 2017.

RENHE, I. R. T.; WEISBERG, E.; PEREIRA, D. B. G. Indústrias de gelados comestíveis no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.36, n.284, p.81-86, 2015.

RIVAS, M. B. Soja qualidade de vida e saúde com prazer e sabor, Porto Alegre, Ed. AGE, 2006.

RODRIGUES, A. P.; FONTANA, C. V.; PADILHA, E.; SILVESTRIN, M.; AUGUSTO, M. M. M. Elaboração de sorvete sabor chocolate com teor de gordura reduzido utilizando soro de leite em pó. Vetor, Rio Grande, 16(1/2): 55-62, 2006.

RODRIGUES, R. S.; GOZZO, A. M.; MORETTI, R. H. Comportamento reológico de extratos de grãos, farinha integral e isolado proteico de soja. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v.21, n.2, p.367-378, 2003.

SALOMÃO, K. Nestlé lança gelato para entrar no mercado de luxo. 15/05/2015. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/negocios/noticias/nestle-lanca-gelato-para-entrar-no-mercado-de-luxo>. Acessado em: 11 de julho de 2017.

SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; ROESSING, A. E. Os limites de expansão da soja. Disponível em: [http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Frevista.unioeste.br%2Findex.php%2Fgepec%2Farticle%2Fdownload%2F201%2F136&ei=bmOTUtnzLNHnkAeI3IDYCW&usq=AFQjCNHoJaiE\\_3fWEMUwnSYVerOPIRbrdA&bvm=bv.56988011,d.eW0/201/136](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Frevista.unioeste.br%2Findex.php%2Fgepec%2Farticle%2Fdownload%2F201%2F136&ei=bmOTUtnzLNHnkAeI3IDYCW&usq=AFQjCNHoJaiE_3fWEMUwnSYVerOPIRbrdA&bvm=bv.56988011,d.eW0/201/136). Acesso em: 07 de agosto de 2017.

SANTOS, GRAZIELLE G. Características físicas, químicas e aceitabilidade de sorvete com mangaba e reduzido teor energético. Goiânia, 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, 2008

SCHELLER, F. A difícil arte de vender sorvete no Brasil. Economia & Negócios. O Estado de São Paulo. São Paulo, 02 de Setembro de 2013.

SILVA, V. M., Sorvete Light com fibra alimentar: desenvolvimento, caracterização físico-química, reológica e sensorial. 2012. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

SILVA, D. T. da; Extrato de soja: caracterização, método de obtenção e composição benéfica para a saúde humana. Pelotas, 2008.

SILVA, J. B. da; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; PRUDÊNCIO, S. H. Composição química e física de soja tipo grão e tipo alimento para o processamento de alimentos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n, 7, p. 777-784, 2009.

SILVA, L. H.; CELEGHINI, R. M. S; CHANG, Y. K. Effect of fermentation of whole soybean flour in the isoflavone conversion from glycosides to aglycones. Food Chemistry, London, v. 128, n. 3, p. 640-644, 2011.

SILVA, S.O.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, G.B.A.; SILVA, J.B.; CAMPOS-FILHO, P.J.; MANDARINO, J.M.G.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. Composição Centesimal e Solubilidade da Proteína de Cultivares de Soja Especiais para Alimentação Humana no Processamento de Extrato Solúvel de Soja. III Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Disponível em:

<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/468355/1/ID29036.pdf>, acessado em 11 de julho de 2017.

SILVEIRA, H. G.; QUEIROZ, N. A. S.; NETA, R. S. P.; RODRIGUES, M. C. P.; COSTA, J. M. C. Avaliação da Qualidade físico-química e microbiológica de sorvetes do tipo tapioca. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 40, n 01, p. 60-65. 2009.

SMZTO. O mercado. Disponível em: <http://www.smzto.com.br/casadosorvetejundia/mercado.html>. Acesso em 24 de agosto de 2017.

SOLER, M. P.; VEIGA, P. G. Série Publicações Técnicas do Centro de Informação em Alimentos: sorvetes. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2001.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; DE RENSIS, C. M. V. B.; SIVIERI, K. Sorvete: Composição, Processamento e Viabilidade da Adição de Probiótico. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 153-163, 2010.

SUAKI, J. F. de C. A soja e seus benefícios para a saúde humana. Disponível em: [http://www.assesec.edu.br/download/4-jornada-academica/A\\_soja\\_e\\_seus\\_beneficios.pdf](http://www.assesec.edu.br/download/4-jornada-academica/A_soja_e_seus_beneficios.pdf). Acesso em: 10 de agosto de 2017.

TEIXEIRA, M.A.V.; CIACCO, C.F.; TAVARES, D.Q.; BONEZZI, A.N. Ocorrência e caracterização do amido resistente em amidos de milho e de banana. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 18, n. 2, p. 246-246, 1998.

TIMM, Fritz. Fabricacion de helados. Zaragoza: Acribia, 1989.

UFRGS. Isolado proteico. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus/objetos-de-aprendizagem/soja/isolado-proteico>. Acessado em 11 de julho de 2017.

UNICAMP – Universidade de Campinas. NEPA. Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO. Campinas, 4 ed. revisada e ampliada, 161 p., 2011.

USP. Aula Teórica de difração de raio-X. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3831264/mod\\_resource/content/1/Apostila%20Difratometria%20de%20Raios%20X\\_DRX.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3831264/mod_resource/content/1/Apostila%20Difratometria%20de%20Raios%20X_DRX.pdf), acesso em 07 de setembro de 2017.

VAN DE KAMER, J.H.; VAN GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v. 29, n. 4, p. 239-251, July/ Aug. 1952.

VARNAM, Alan H.; SUTHERLAND, Jane P. Leche y productos lácteos: tecnologia, química e microbiologia . Zaragoza: Acribia, 1994.

VASQUES, C. T. Reologia do suco de goiaba: efeito da diluição e do tamanho de partícula. Dissertação - (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2003.

VILLALVA, M. M. H. Modificação química para obtenção de um isolado protéico de soja com solubilidade semelhante à da caseína humana. 2008. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

VISCAYA. O que é um gelato? 09/02/2011. Disponível em <http://www.sorvetesvizcaya.com.br/?p=528>. Acessado em 11 de julho de 2017.

WANG, Sin-Huei; BORGES, Geraldo Gonçalves; CABRAL, Lair Chaves and ARAUJO, Flávia Batista. Efeito da proporção canjiquinha: soja na solubilidade,

dispersibilidade e propriedades emulsificantes de mingaus desidratados. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2001.

YOUNG, S. O uso de produtos de soro em sorvetes e sobremesas congeladas. *Leite & Derivados*, São Paulo, v. 9, n. 51, p. 66-77, mar./abr. 2000.

## APÊNDICE

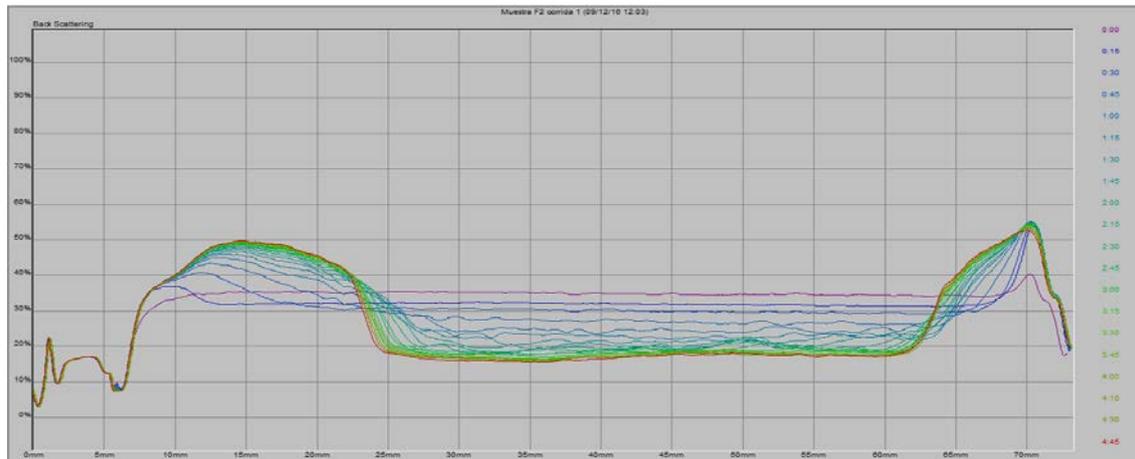
### Apêndice I:

Figura 23: Apresentação da ficha de análise sensorial apresentando a escala utilizada.

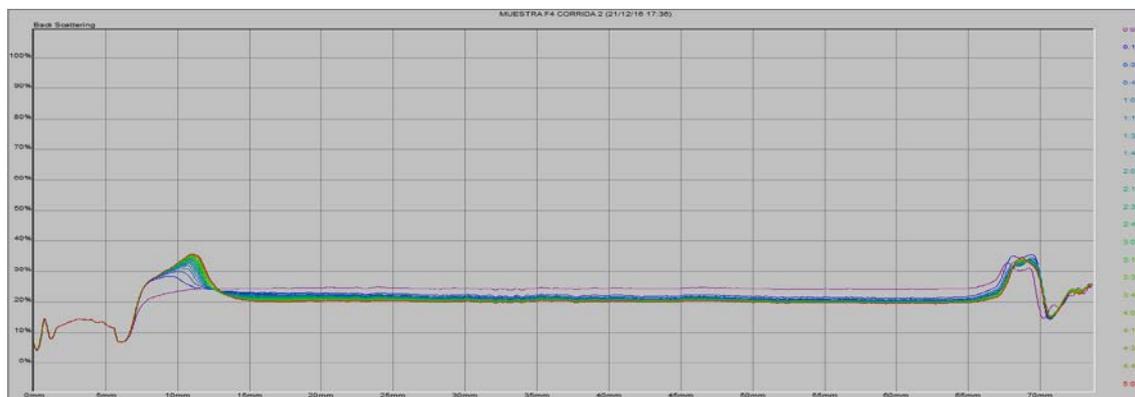
|   |         |         |
|---|---------|---------|
| ESCALA HEDÔNICA – GELATO DE SOJA  |         |         |
| Avalie as amostras usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou de cada produto apresentado. |         |         |
| 9 – Gostei extremamente   |         |         |
| 8 – Gostei Muito  |         |         |
| 7 – Gostei regularmente   |         |         |
| 6 – Gostei ligeiramente   |         |         |
| 5 – Indiferente   |         |         |
| 4 – Desgostei ligeiramente  |         |         |
| 3 – Desgostei regularmente  |         |         |
| 2 – Desgostei muito   |         |         |
| 1 – Desgostei extremamente  |         |         |
| <hr/>   |         |         |
| xxx   | yyy     | zzz     |
| Você compraria o produto?   |         |         |
| xxx   | ( ) Sim | ( ) Não |
| yyy   | ( ) Sim | ( ) Não |
| zzz   | ( ) Sim | ( ) Não |
| OBS: _____  |         |         |
| _____   |         |         |

## Apêndice II :

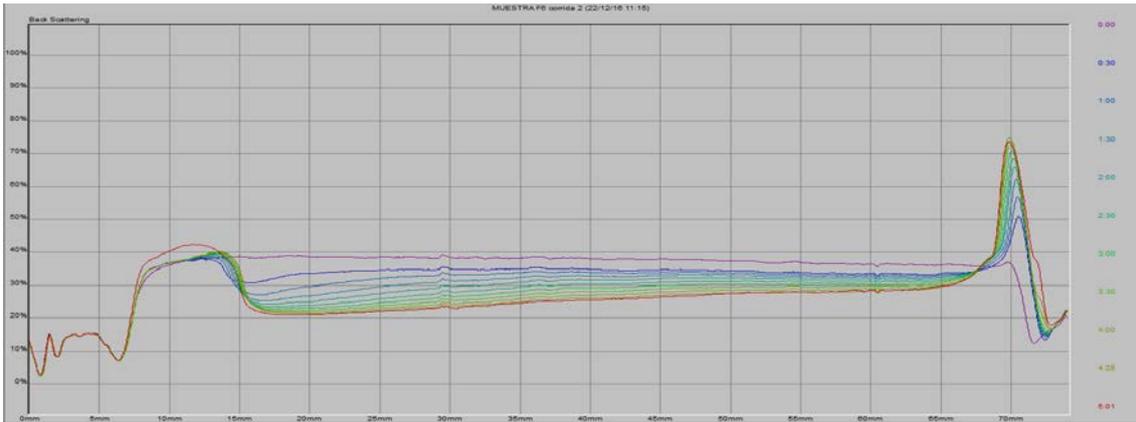
Figura 24: Comportamentos de sedimentação, flotação, acumulação de partículas e desestabilização total observados ao longo do tubo de medida para as formulações de Gelato (F2, F4, F56, F7, F8, F9, F10, F11).



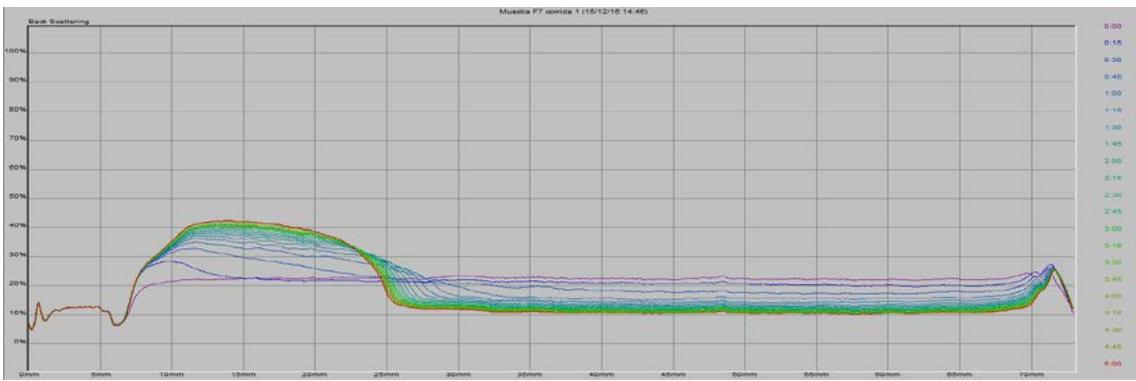
F2



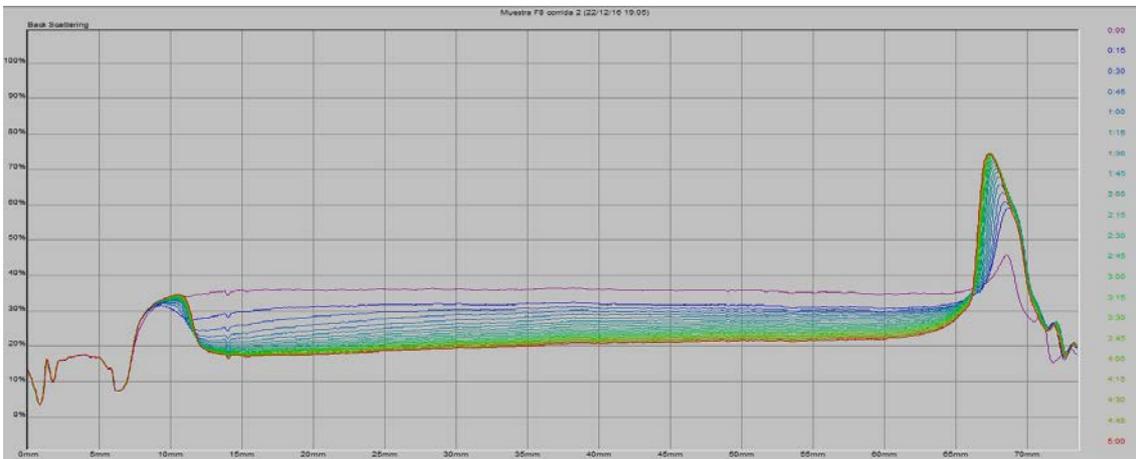
F4



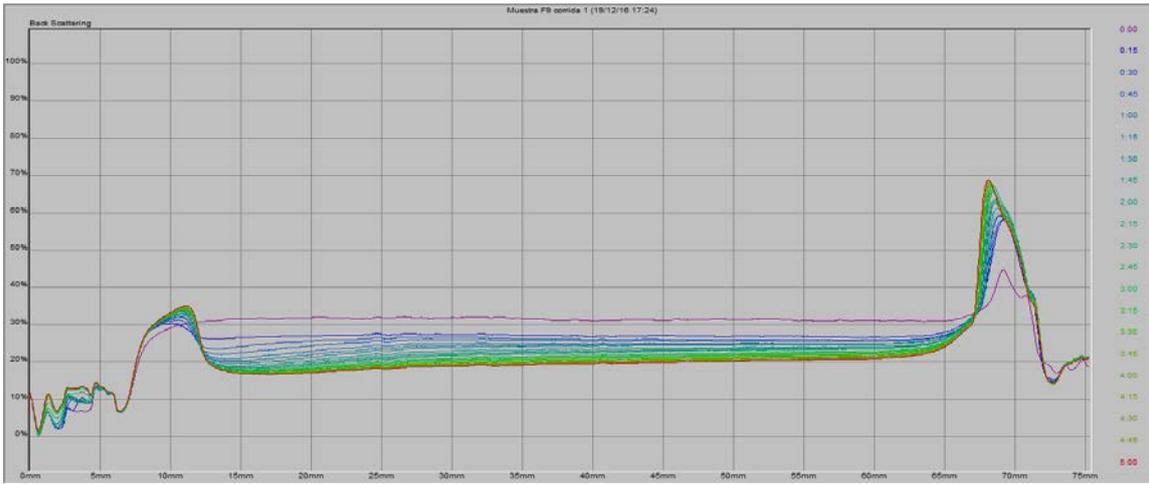
F6



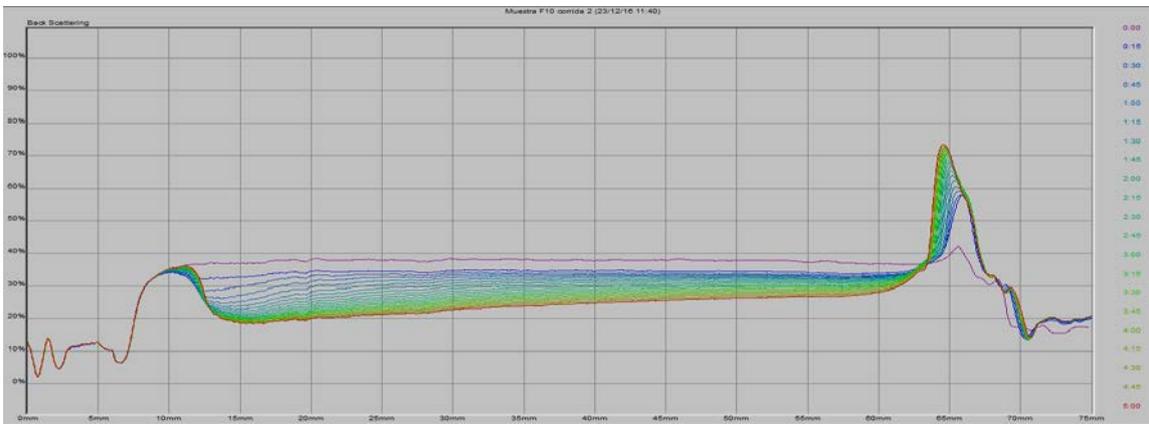
F7



F8



F9



F10