



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

GISELA BENATTI SILVA

**ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE  
GERGELIM (*Sesamum indicum*)**

ALEGRE – ES  
MARÇO – 2015

GISELA BENATTI SILVA

**ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE  
GERGELIM (*Sesamum indicum*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência e tecnologia de alimentos, linha de pesquisa em Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Mateus da Silva Junqueira  
Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Henrique Saraiva  
Co-orientador: Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira

ALEGRE - ES  
MARÇO - 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

S586e Silva, Gisela Benatti, 1988-  
Elaboração e análise de extrato hidrossolúvel de gergelim (*Sesamum indicum*) / Gisela Benatti Silva. – 2015.  
62 f. : il.

Orientadora: Mateus da Silva Junqueira.  
Coorientador: Sérgio Henriques Saraiva; Luciano José Quintão Teixeira.  
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Gergelim. 2. Cinética de maceração. 3. Substituto lácteo.  
4. Extrato aquoso. 5. Tempo de batimento (Alimentos). I. Junqueira, Mateus da Silva. II. Saraiva, Sérgio Henriques. III. Teixeira, Luciano José Quintão. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 664

---

**ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE  
GERGELIM (*Sesamum indicum*)**

GISELA BENATTI SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência e tecnologia de alimentos, linha de pesquisa em Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal.

Aprovada em 10 de Abril de 2015.

---

Prof. Dr. Sérgio Henrique Saraiva

Universidade Federal do

Espírito Santo

Co-orientador

---

Prof. Dr. Luciano José Q. Teixeira

Universidade Federal do

Espírito Santo

Co-orientador

---

Prof. Dr. Marco Antônio Sartori

Universidade Federal de Viçosa

Membro externo

Dedico este trabalho às pessoas mais especiais em minha vida:

Aos meus pais Magda Saraiva Benatti e

Jayme Silva Filho

Às minhas irmãs Maíra e Clarissa Benatti Silva

Ao meu sobrinho Thor Benatti Guedes

## AGRADECIMENTOS

Inicio meus agradecimentos a **DEUS**, pois foi Ele minha fortaleza durante esses dois anos, me mostrando o caminho nas horas difíceis.

Aos meus pais Magda e Jaiminho, que muitas vezes abdicaram de seus sonhos para que os meus se tornassem realidade. Pelo apoio e amor incondicional de sempre.

Às minhas irmãs Maíra e Clarissa pelo carinho, amizade, confiança.

Ao meu sobrinho Thor, por me proporcionar momentos de alegria, paz e por me fazer sentir o amor mais puro e sincero, titia te ama muito.

Ao Danilo pela compreensão, fidelidade, companheirismo, apoio, força, sem você eu não teria nem começado essa jornada.

Ao meu eterno orientador, amigo e “pai” Marco Antônio Sartori por estar ao meu lado desde a graduação, apoiando, orientando, aconselhando. Sei que posso contar sempre com você.

Ao meu co-orientador Sérgio Henriques Saraiva por toda a ajuda e orientação nesse trabalho e durante toda minha jornada na UFES, com toda sua paciência e sabedoria.

Ao meu co-orientador Luciano José Quintão Teixeira por me atender sempre com prontidão, orientando e ajudando no decorrer deste trabalho.

Ao meu orientador Mateus da Silva Junqueira pela oportunidade, confiança e compreensão.

Ao Túlio Benati pela ideia inicial do trabalho, e por toda colaboração nesse projeto.

Às minhas amigas Ariane, Carla, Ana Paula, Paula, Olivia, Alessandra e Sabrina que tanto me ajudaram não só nos laboratórios, mas também psicologicamente.

Aos amigos que fiz em Alegre que foram minha companhia durante esses anos.

À Cristiane e ao José Antônio e toda sua família por terem me dado uma segunda família, me acolhido como filha, pelo carinho e amor demonstrado.

"Agradeço a todas as dificuldades que enfrentei se não fosse por elas eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito."

*Chico Xavier*

## RESUMO

SILVA, Gisela Benatti. **Elaboração e análise de extrato hidrossolúvel de gergelim (*Sesamum indicum*)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Mateus da Silva Junqueira. Coorientador(es): Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva e Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira.

O objetivo do presente estudo foi elaborar e caracterizar um extrato hidrossolúvel à base de gergelim para ser usado como possível substituto do leite de vaca e extrato de soja. Foi proposto um modelo de cinética de absorção de água durante a etapa de maceração no qual estimou o tempo ideal de batimento do gergelim macerado e se essa etapa influencia no rendimento do produto. Posteriormente com o objetivo de saber a influência do tempo de batimento (0,45 min a 14,55 min) e a concentração do extrato (1,925% a 23,07%) foram avaliadas através de um delineamento composto central rotacional (DCCR), ou seja, um delineamento  $2^2$  incluindo 4 ensaios nas condições axiais e 5 repetições no ponto central, totalizando 13 experimentos. Para todos os ensaios do delineamento realizou-se análises de viscosidade, cor, sólidos solúveis totais e rendimento. As mesmas análises foram realizadas em amostras comerciais de leite de vaca e extrato hidrossolúvel de soja com o intuito de comparação. Após a realização dessa etapa foi possível à seleção de algumas amostras para elaboração do extrato hidrossolúvel de gergelim e então realizou-se análises físico-químicas (proteína, cinzas, lipídios, carboidratos) e determinou-se a capacidade antioxidante por ABTS e teor de compostos fenólicos de tais amostras. Quanto à análise de rendimento não houve diferença significativa da quantidade de extrato obtido em diferentes temperaturas de maceração pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). O DCCR foi realizado no programa *Statistica* e selecionaram-se os ensaios 1, 2, 6, 7, PC (ponto central) que foram as amostras que mais se assemelharam com as amostras comerciais estudadas. Nessas amostras realizou-se as análises físico-químicas além de capacidade antioxidante e compostos fenólicos. O conteúdo de sólidos totais na amostra 6 foi superior as demais amostras,

diferindo estatisticamente das demais amostras ( $p > 0,05$ ). Já para o teor de lipídios, cinzas e proteínas encontrados nas amostras 6 e PC foram maiores que as demais amostras, enquanto a amostra 7 exibiu o menor teor de lipídios e proteínas, considerando que o teor de cinzas das amostras 1, 2 e 7 foram estatisticamente iguais. O teor de carboidratos calculado por diferença foi superior nas amostras 1, 2 e 7 e com o menor valor na amostra 6. Os valores de capacidade antioxidante e compostos fenólicos não se diferenciaram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Concluiu-se portanto que a etapa de maceração não influenciou no rendimento do produto final. A partir das análises físico-químicas pode-se concluir que o extrato hidrossolúvel de gergelim em determinadas amostras apresentou um melhor desempenho quanto ao valor nutricional comparado ao extrato de soja.

Palavras-chaves: maceração, DCCR, substituto lácteo.

## ABSTRACT

The aim of this study was to develop and characterize a water-soluble extract sesame-based to be used as a possible substitute for cow's milk and soy extract. A model kinetic of the absorption of water has been proposed during the maceration stage in which estimated ideal time to beat of the sesame mash and this stage influences the yield of the product. Afterwards with the aim to know the influence of the beat time (0.45 min to 14.55 min) and the extract concentration (1.925% to 23.07%) were evaluated by a central composite rotational design (CCRD) that is, a design  $2^2$  including 4 test axial conditions and the 5 repetitions at the central point totaling 13 experiments. All design of the tests was carried out analysis of viscosity, color, soluble solids and yield. The same analyzes were carried out in samples of commercial cow's milk and soy water soluble extract with the purpose of comparison. After the realization this step was possible to selection of some samples for preparation of water soluble extract of sesame and then was carried out physicochemical analysis (protein, ash, lipids, carbohydrates) and determined the antioxidant capacity by ABTS and level of compounds phenolics such samples. As regards the yield analysis there was no significant difference of the amount of extract obtained at different temperatures for maceration by Tukey test ( $p > 0.05$ ). The CCRD was performed in the Statistica software and were selected for trials 1, 2, 6, 7, CP (center point) which more samples were similar with commercial samples studied. In these samples was carried out physico-chemical analysis in addition to antioxidant capacity and phenolic compounds. The total solids content in the sample 6 was higher than the other samples, differing significantly from the other samples ( $p > 0.05$ ). As for the lipids, ash and proteins found in samples 6 and PC were higher than the other samples, while the sample 7 exhibited the lowest level of lipids and proteins, considering that the ash content samples 1,2 and 7 were statistically the same. The carbohydrate content calculated by difference was higher in samples 1,2 and 7 and the lowest value in the sample 6. The values of antioxidant capacity and phenolic compounds were not statistically different from each other at 5% probability. It is has therefore concluded that the soaking step did not affect the yield of the final product, this step is unnecessary. From the physico-chemical analysis it can be concluded

that the sesame water soluble extract in certain samples showed a better performance in terms of nutritional value compared to the soy extract.

Keywords: maceration, CCD, milk substitute.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo de obtenção de extrato hidrossolúvel de gergelim artesanal.....	24
Figura 2 - Fluxograma das etapas do projeto.....	25
Figura 3 – Cinéticas de absorção de água pelo gergelim para a temperatura de 30°C (a), 45°C (b), 60°C (c) e 75°C (d).....	32
Figura 4 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta °Brix em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).....	39
Figura 5 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta cor $a^*$ em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).....	42
Figura 6 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta cor $b^*$ em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).....	44
Figura 7 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta pH em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).....	46
Figura 8 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta rendimento em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).....	48
Figura 9 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta viscosidade em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção mundial de gergelim em grão, segundo principais países produtores, 2004-2009 (em toneladas).....	18
Tabela 2 – Composição centesimal da semente de gergelim.....	20
Tabela 3 – Tratamentos do estudo da cinética de maceração.....	26
Tabela 4 – Valores utilizados no DCCR.....	28
Tabela 5 – Matriz do delineamento.....	28
Tabela 6 – Valores dos parâmetros do modelo e do tempo de absorção para cada temperatura de absorção.....	32
Tabela 7 – Médias do rendimento (%) de extrato hidrossolúvel de gergelim em diferentes temperaturas de maceração.....	34
Tabela 8 – Valores utilizados no DCCR.....	34
Tabela 9 – Matriz do delineamento e respostas.....	35
Tabela 10 – Médias dos resultados encontrados para 3 marcas comerciais distintas de extrato hidrossolúvel de soja e leite de vaca e seus respectivos desvios padrões.....	36
Tabela 11 – ANOVA para sólidos solúveis totais.....	38
Tabela 12 – ANOVA para cor a*.....	41
Tabela 13 – ANOVA para cor b*.....	43
Tabela 14 – ANOVA para pH.....	45
Tabela 15 – ANOVA para rendimento.....	47
Tabela 16 – ANOVA para viscosidade.....	49
Tabela 17 – Composição centesimal aproximada média (g/100g) de extrato hidrossolúvel de gergelim em 5 amostras.....	51
Tabela 18 - Composição centesimal (g/100g)* de resultados da literatura para extrato de gergelim e extrato de soja.....	52
Tabela 19 – Média de atividade antioxidante e concentração de polifenóis em 5 diferentes amostras.....	53

## SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO .....	15
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1 O Gergelim .....	17
2.2 Mercado mundial de gergelim .....	17
2.3 Mercado nacional de gergelim .....	18
2.4 Características físico-químicas das sementes .....	19
2.5 Produção de extratos hidrossolúveis .....	21
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS .....	25
3.1 Estudo da cinética de maceração .....	26
3.2 Rendimento .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3 Avaliação do tempo de batimento e concentração do extrato .....	27
3.4 Elaboração do produto final .....	29
3.5 Análises físico-químicas .....	29
3.6 Atividade Antioxidante .....	29
3.7 Compostos Fenólicos .....	30
3.8 Planejamento Experimental e Análise Estatística dos Dados .....	30
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Cinética de absorção de água .....	31
4.1.1 Rendimento .....	33
4.2 Avaliação do tempo de batimento e da concentração do extrato .....	34
4.2.1 Sólidos Solúveis Totais .....	37
4.2.2 Análise sobre a cor L* .....	39
4.2.3 Análise sobre a cor a* .....	40
4.2.4 Análise sobre a cor b* .....	42
4.2.5 Análise do pH .....	44
4.2.6 Análise do Rendimento .....	46

4.2.7 Análise da viscosidade .....	48
4.3 Análises Físico-químicas .....	50
4.3.1 Caracterização físico-química do extrato hidrossolúvel de gergelim .....	50
4.4 Atividade Antioxidante e Compostos fenólicos .....	52
5.0 CONCLUSÕES .....	53
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## 1. INTRODUÇÃO

A importância de hábitos de vida mais saudáveis tem sido preocupação crescente dos consumidores. A mudança nos hábitos alimentares das pessoas exige do mercado o desenvolvimento de alimentos que sirvam como alternativa para conquistar tal população, que demanda produtos que tragam benefícios à saúde (COSTA, 2003).

Uma das áreas com mais interesse de estudo e inovação na indústria de alimentos é a área de formulação de produtos nutritivos, saudáveis, sensorialmente agradáveis e com efeitos fisiológicos benéficos. Com muitas vantagens e diferenças dos alimentos convencionais, o mercado para esses produtos conhecidos como “alimentos funcionais” está crescendo constantemente em todo o mundo (KONG et al., 2014).

Alimento funcional é definido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) na Resolução nº18, de 03 de dezembro de 1999 como alimento ou ingrediente que possua funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produza efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, e deve então ser seguro para consumo sem supervisão médica.

Neste contexto, as pesquisas que envolvem alimentos funcionais tornaram-se prioridade no setor alimentício em todo o mundo, com o propósito de elucidar as propriedades e efeitos causados por estes produtos. A Ciência de Alimentos substituiu sua preocupação em desenvolver alimentos para a sobrevivência humana, para introduzir o conceito de produzi-los com qualidade (MUNDIM, 2008).

Vários estudos já foram realizados com o objetivo de investigar os benefícios do gergelim para a saúde humana. Shyu e Hwang (2002) acreditam que as lignanas e seus produtos de degradação são os principais componentes funcionais dessa semente. As lignanas (antioxidantes endógenos), juntamente com os tocoferóis, são responsáveis pela estabilidade oxidativa da fração lipídica do gergelim (YOSHIDA, 1995; ABOU-GHARBIA et al., 2000).

As sementes de gergelim são pequenas, achatadas, sua coloração varia do branco ao preto e sua composição química comprova que a semente é uma importante fonte de lipídios (44-58%), proteínas (18-25%), carboidratos

(~13,5%) e cinzas (~5%), além de ser uma excelente fonte de fibras alimentares (MOHAMED e AWATIF, 1998; SHYU e HWANG, 2002; KAHYAOGLU e KAYA 2006).

A fração lipídica do gergelim apresenta altos teores de ácidos graxos polinsaturados (HWANG, 2001). Contudo, a estabilidade oxidativa é devido à presença de lignanas (sesamolina e sesamina) e de seus produtos de degradação (sesamol e sesamolínol) que são potentes antioxidantes (FUKUDA et al., 1986; HWANG, 2001).

Desde 1990, pesquisas sobre os efeitos cardioprotetores das lignanas, presentes nas sementes de gergelim, no metabolismo lipídico, metabolismo do álcool e hipertensão tem atraído especial atenção (ELDIN, MOAZZAMI e WASHI, 2011; IDE et al., 2009). Namiki (1995) ainda assegura que lignanas de gergelim possuem outras funções úteis tais como atividades anti-hipertensiva, imunorreguladora e anti-carcinogênica, além de atuar na aceleração da decomposição de álcool no fígado e como consequência acarretar em redução de colesterol no sangue.

ELLEUCH et al. (2014), afirmam que produtos utilizando sementes de gergelim (ricas em lignanas) possuem propriedades medicinais e nutricionais, pelos altos níveis de polifenóis e antioxidantes.

Em função das propriedades funcionais, nutricionais e de saúde da semente de gergelim, há grande interesse no desenvolvimento de novos produtos a base dessa oleaginosa (EVANS E BANDEMER, 1967; BOLOORFOROOSHAN E MARKAKIS, 1979; OSHODI et al., 1999; KAPADIA et al., 2002).

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um extrato hidrossolúvel à base de gergelim como alternativa para extratos de origem vegetal. Tais extratos podem ser utilizados como substitutos lácteos, pois são isentos de lactose e de proteínas do leite. Como consequência, aumentar-se-iam as opções para indivíduos lactose-intolerantes e alérgicos ao leite.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O Gergelim

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), pertencente à família pedaliácea é uma das mais antigas oleaginosas em utilização pelo homem, há registros de seus cultivos há mais de 4.300 anos antes de Cristo. Ela é uma oleaginosa tão antiga que não se sabe ao certo em que região do mundo ela pode ter sido originada. No Brasil, foi introduzida pelos portugueses no século XVI (BELTRÃO, 2001).

De acordo com Barros et al. (2002), o cultivo do gergelim apresenta grande potencial econômico devido às possibilidades de exploração, podendo ser usado nas indústrias de alimentos, química e farmacêutica. Suas sementes contêm cerca de 50% de óleo de excelente qualidade, podendo ser consumidas *in natura* e em preparações diversas. Todavia, o óleo é a principal razão do seu cultivo.

A planta do gergelim, é adaptada às condições semiáridas, podendo ser cultivada em diversos países, sendo de alto valor protéico e econômico. O gergelim é utilizado na indústria alimentícia principalmente em panificação, biscoitos e doces, além de outros usos na culinária caseira. Na indústria química e farmacêutica, o óleo é muito utilizado, por apresentar diversos constituintes secundários de qualidade, em especial a estabilidade química (BARROS e SANTOS, 2002).

### 2.2 Mercado mundial de gergelim

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é considerado a nona oleaginosa mais cultivada no mundo e uma oleaginosa de grande importância econômica, sendo que o cultivo em solos pobres justifica o baixo rendimento médio obtido por unidade de área cultivada (SANTOS et al., 2009). O gergelim é cultivado em 71 países, especialmente nos países do continente asiático e africano, sendo a Índia, Myanmar e a China responsáveis por 51,96% da produção mundial, que é estimada em 3,6 milhões de toneladas, obtidas em 7,5 milhões de hectares e com produtividade média de 478,22 kg ha<sup>-1</sup> (ARRIEL et al., 2011).

Pode-se observar, na Tabela 1, que a produção mundial do grão de gergelim, entre 2004 e 2009, foi sempre superior a 2,5 milhões de toneladas anuais, sendo a produção crescente no decorrer dos anos.

Tabela 1 – Produção mundial de gergelim em grão, segundo principais países produtores, 2004-2009 (em toneladas)

Produção (t)	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Índia	674.100	641.100	618.000	769.000	640.000	601.000
China	704.306	625.844	622.571	557.537	586.408	610.408
Sudão	399.000	277.000	400.000	242.000	350.000	318.000
Mundo	3.393.397	3.373.220	3.399.705	3.397.260	3.542.129	3.511.042

Fonte: FAOSTAT (2011).

### 2.3 - Mercado nacional de gergelim

Nas décadas de 1950 e 1960, os estados de São Paulo e Paraná eram os maiores produtores de gergelim do Brasil. A maior parte da produção era destinada ao mercado interno, e o restante era exportado para o Oriente Médio. A partir do final da década de 1960 e início da década de 1970, a soja começou a se firmar como a principal cultura no oeste, no nordeste e no norte do Paraná, o que inibiu o cultivo do gergelim. Porém, no mesmo período e paralelamente a esse processo, teve início o cultivo do gergelim no Triângulo Mineiro e no sul de Goiás (ARRIEL et al., 2011).

A importância econômica dessa semente vem crescendo gradualmente, devido às descobertas de novas formas de aproveitamento do grão e de seus subprodutos. O mercado do gergelim é sempre crescente, nos setores de panificação e de biscoitos (BARROS et al., 2002).

Esse aumento crescente, no que se refere à popularização do consumo de gergelim no Brasil se iniciou na década de 1980, com a instalação da rede norte-americana de *fast-food* McDonald's® no país. As sementes de gergelim são colocadas na parte superior dos pães utilizados nos sanduíches dessa rede de lanchonetes. Dessa forma, a sua utilização em pães alavancou o consumo que, desde então, passou a crescer à razão de 10% ao ano, tendo

em vista que diversas padarias começaram a usar o gergelim na elaboração dos mais diversos tipos de pães, bolos e biscoitos (ARRIEL et al., 2011).

De acordo com Barros et al. (2011), nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, o gergelim faz parte do consumo popular da classe de baixa renda, se apresentando como opção extremamente importante, por ser mais uma alternativa de renda e fonte de proteína para os pequenos e médios produtores. Já nas regiões Sul e Sudeste do País, o gergelim é um produto sofisticado, com alguma demanda pelas populações de classes média e alta, havendo um grande potencial para o produto industrializado.

Quanto à produção de gergelim não houve aumento significativo na área plantada, nem na produtividade de gergelim no Brasil, nos últimos 10 anos. De acordo com a FAOSTAT (2011) no ano de 1999, eram 15 mil toneladas produzidas em 24 mil hectares de área plantada. Além de ser cultivado, tradicionalmente, na maioria dos estados nordestinos, o gergelim é cultivado em São Paulo, em Goiás (maior produtor), no Mato Grosso e em Minas Gerais.

O Brasil é caracterizado como pequeno produtor de gergelim. Em 2009, sua produção estimada foi de 16 mil toneladas, produzidas em 25 mil hectares e com rendimento em torno de 640 kg ha<sup>-1</sup> (ARRIEL, et al., 2011).

#### **2.4 Características físico-químicas das sementes**

O gergelim desempenha um importante papel na nutrição humana. Suas sementes são usadas principalmente para produção de óleo, mas também na produção de pasta (*Tehineh*) e em formulações de alguns alimentos (ELLEUCH et al., 2006).

Essa oleaginosa possui alto valor nutritivo, devido à quantidade elevada de proteínas, lipídios, sais minerais e vitaminas importantes (KAYA et al, 2008).

As sementes de gergelim são pequenas, achatadas, de coloração variando do branco ao preto. A composição química do gergelim comprova que a semente é uma importante fonte de óleo (44-58%), proteínas (18-25%), carboidratos (~13,5%) e cinzas (~5%), além de ser uma excelente fonte de fibras alimentares (ELLEUCH et al., 2006).

Os teores médios dos componentes encontrados por Beltrão et al., (1994) em 100g de semente, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Composição centesimal da semente de gergelim

<b>Discriminação</b>	<b>Em 100 g de grãos</b>
Umidade (%)	5,4
Calorias (Kcal)	563
Proteína (%)	18,6
Óleo (%)	49,1
Carboidratos totais (g)	21,6
Fibras totais (g)	6,3
Cinzas (g)	5,3
Ca (mg)	1160
P (mg)	616
F (mg)	10,5
Na (mg)	60
k (mg)	725
Vitamina A (UI)	30
Tiamina – B1 (mg)	0,98
Riboflavina – B2 (mg)	0,24
Niacina (mg)	5,4

Fonte: Weiss (1983), modificada por Beltrão et al. (1994).

O óleo que é extraído das sementes é muito rico em ácidos graxos insaturados, principalmente o oléico (41-45%) e o linoléico (31-42%) (HAHM, et al., 2009). É um óleo especial e muito procurado, devido a sua estabilidade química. Possui a qualidade de se manter fresco por longos períodos de tempo. Alimentos produzidos com o óleo de gergelim ficam livres de rancidez num período dez vezes maior do que aqueles fabricados com qualquer outro óleo vegetal conhecido (FIRMINO et al., 2001).

Vários estudos foram realizados com o objetivo de investigar os efeitos dos componentes do gergelim na saúde. Nesses estudos verificou-se a presença de componentes exclusivos como as ligninas (sesamina e sesamol), que são antioxidantes que contribuem para a maior estabilidade do óleo de gergelim (HWANG et al., 2001).

Os antioxidantes são responsáveis por retardar ou inibir a oxidação dos lipídios e outras moléculas. A oxidação lipídica é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, provocando alterações que irão afetar a qualidade nutricional bem como a degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais. Por isso podem comprometer a integridade e segurança dos alimentos (RAMALHO e JORGE, 2006).

Também estão contidos nas sementes de gergelim 8 aminoácidos essenciais e 9 aminoácidos não essenciais, sendo relativamente alta a concentração de aminoácidos que contêm enxofre, essenciais ao metabolismo humano. Essa concentração é de 2 a 3 vezes maior que a encontrada em soja, algodão e amendoim (ARRIEL et al., 2009).

Os principais sais minerais presentes nas sementes de gergelim são o cálcio, fósforo e ferro. Muitos nutrientes se localizam na casca, ocasionando em suas perdas quando é feita a retirada dessa casca. (ARRIEL et al., 2009).

## **2.5 Produção de extratos hidrossolúveis**

O decreto 6.871 da Presidência da República define como bebida de origem vegetal, todo produto industrializado, destinado à ingestão humana em estado líquido, sem finalidade medicamentosa ou terapêutica (BRASIL, 2009). Em contrapartida, Carvalho et. al, (2011) definem extratos hidrossolúveis como sendo bebidas de origem vegetal, que possuem algum apelo comercial nutricional, quanto aos aspectos de saúde, bem como ausência de gorduras animais e altos teores de minerais.

Os extratos hidrossolúveis podem ser encontrados em sua forma original (apenas uma matéria prima) e também podem ser mistos (misturas de mais de uma matéria prima vegetal). É comum adicionar a esses tipos de extratos, frutas ou outros ingredientes, com a intenção de modificar o *flavor* original do produto, atraindo segmentos diferentes de consumidores.

É determinado como matéria prima todo produto ou substância de origem vegetal, que para ser utilizado na composição da bebida, necessita de tratamento e transformação, em conjunto ou separadamente (BRASIL, 2009).

Várias são as matérias primas utilizadas para a produção de diferentes bebidas. No comércio é possível encontrar diversos itens de marcas e sabores diferentes, sendo a soja a matéria prima mais comumente encontrada nesses

produtos. Encontra-se na literatura bebidas similares as de soja, porém com outras matérias primas como o gergelim, o arroz, entre outras.

A elaboração de extratos hidrossolúveis de vegetais, para serem utilizados como “substitutos lácteos”, é uma alternativa devido ao seu valor nutricional, principalmente no que se refere ao teor de proteínas, que normalmente é alto em extratos vegetais, bem como ao baixo custo de produção (PRUDENCIO e BENEDET, 1999).

A soja é um grão, pertencente à família *Fabaceae* (leguminosas), assim como a lentilha, o feijão, o grão de bico e a ervilha e destaca-se por ser rica em proteínas, lipídeos, fibras e algumas vitaminas e minerais (GUERREIRO, 2006).

Porém, ao considerarmos a quantidade de micronutrientes como o cálcio, a maioria dos extratos hidrossolúveis não se torna adequado como substituto para o leite bovino. Um exemplo é o extrato hidrossolúvel de soja que possui baixa quantidade deste componente em sua composição (BOATTO et al., 2010).

Produtos à base de soja têm sido muito utilizados como uma alternativa aos indivíduos com intolerância à lactose, um termo utilizado para pessoas que não conseguem digerir produtos lácteos. Esta impossibilidade de digestão geralmente ocorre em pessoas que não produzem a enzima lactase ou a produz em quantidade insuficiente para realizar a digestão da lactose (DELIZA et al., 2005).

Para a produção de um extrato proteico solúvel do grão de soja, é feita uma extração aquosa em uma solução coloidal, resultante da hidratação dos grãos de soja, convenientemente limpos, seguido de processamento tecnológico adequado, adicionado ou não de outros ingredientes permitidos, podendo ser submetido à desidratação total ou parcial (ZADINELLO et al., 2010).

Segundo a Resolução nº14 de 1978 da ANVISA, 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 (ANVISA, 1978).

Benedet e Prudencio (1999) utilizaram o método de FEA-UNICAMP para produção de extrato hidrossolúvel de soja. Este processo consiste na maceração à 25 °C, de grãos inteiros de soja, durante 12 horas. Utiliza-se uma relação sólido:líquido de 1:5 numa solução de 0,5% de bicarbonato de sódio. Posteriormente, os grãos são drenados e submetidos a um branqueamento. O sistema de trituração e moagem é feito com água quente por 10 minutos. Sendo a relação sólido:líquido desta etapa de 1:8. E assim, é obtido o extrato.

No estudo de Wang et al., (2000), os grãos de soja foram macerados em água na relação 1:4, durante 16 horas. Após foram desintegrados em liquidificador durante 3 minutos, na proporção de 1:8. O conteúdo foi transferido para uma centrífuga de cesto, obtendo um extrato de aproximadamente 4-7% de sólidos.

Como citado anteriormente, extratos aquosos de soja e de outros vegetais não são bons substitutos lácteos quando se trata de micronutrientes como o cálcio, pois possuem baixa quantidade deste componente em sua composição.

O teor de cálcio nas sementes de gergelim chega a ser 4 vezes maior do que na soja, o que pode justificar a substituição da soja por gergelim neste produto.

De acordo com Silva et al. (2012a), o ideal para o preparo do extrato hidrossolúvel de gergelim é utilizar sementes de gergelim da espécie *Sesamum indicum*, previamente beneficiadas. O processo de beneficiamento consiste na limpeza e classificação das sementes, seguido do descascamento e cozimento, facilitando a etapa seguinte de separação da película (casca). Posteriormente, as sementes passam por centrifugação e uma seleção ótica, sendo por fim envasadas e armazenadas.

Para a elaboração artesanal do extrato hidrossolúvel de gergelim, cujas fases estão ilustradas na Figura 2, sugere-se que a primeira etapa seja a de maceração, na proporção gergelim: água de 1:3. De acordo com Silva et al., (2012b), essa maceração pode ocorrer em temperatura ambiente (30 °C) durante 154,7 minutos. Ainda segundo esses autores, esse binômio tempo/temperatura é o suficiente para que ocorra o equilíbrio do processo de absorção.

Após a etapa anterior, as sementes maceradas (juntamente com a água de maceração) são trituradas por um período de 3 minutos. Gera-se então um líquido que posteriormente deve ser filtrado em coador de pano.

O conteúdo filtrado é o extrato hidrossolúvel de gergelim e o que fica retido é denominado torta ou resíduo.

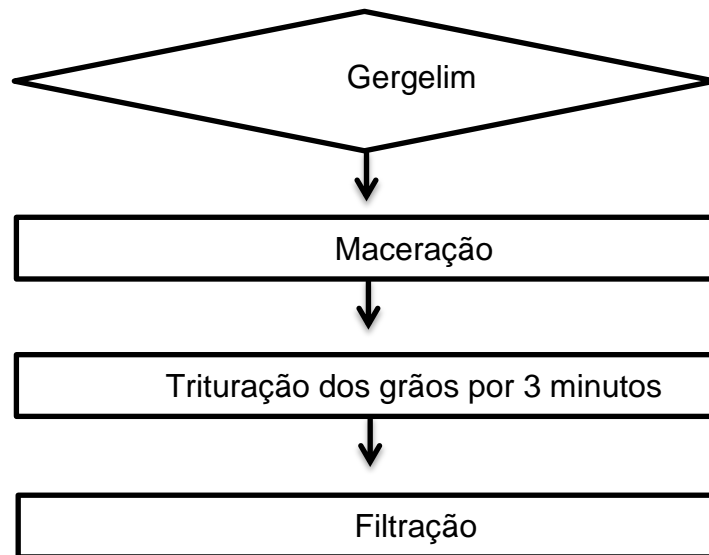


Figura 1- Fluxograma do processo de obtenção de extrato hidrossolúvel de gergelim artesanal.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, e utilizou a infraestrutura dos Laboratórios de Química de Alimentos e Operações Unitárias em Alegre, Espírito Santo.

Para o preparo do extrato hidrossolúvel de gergelim foram utilizadas sementes de gergelim da espécie *Sesamun indicum*, previamente beneficiadas. Tais sementes foram fornecidas pela empresa Sésamo Real, de Valinhos, São Paulo, do tipo escova descascado. A Figura 2 representa o fluxograma das fases do projeto.

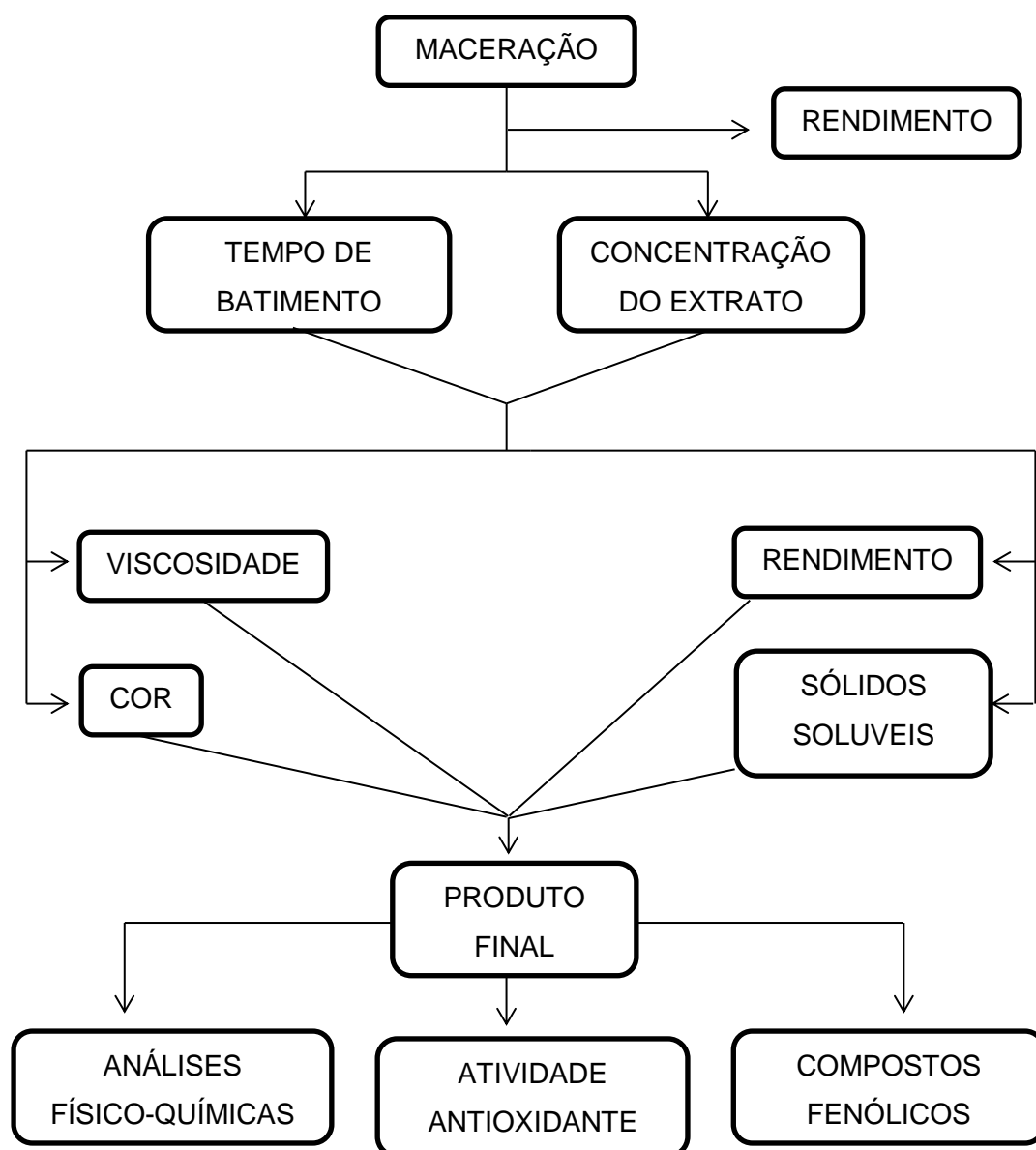


Figura 2- Fluxograma das etapas do projeto.

### 3.1 Estudo da cinética de maceração

No processo de maceração o gergelim beneficiado foi imerso em água, sendo utilizado 30 g de gergelim para 210 mL de água, baseado em estudos anteriores. A maceração foi realizada em quatro temperaturas, 30 °C, 45 °C, 60 °C e 75 °C. Os tratamentos foram realizados da forma apresentada na Tabela 3.

Tabela 3- Tratamentos do estudo da cinética de maceração

TRATAMENTO	TEMPERATURA (°C)
TRAT 1	30
TRAT 2	45
TRAT 3	60
TRAT 4	75

A análise da absorção de água pelas sementes foi realizada em 3 repetições no decorrer de 4 horas. Nos primeiros 30 minutos, as amostras foram coletadas a cada 5 minutos. Posteriormente, as coletas foram feitas a cada 30 minutos até que não houve mais absorção. Para todas as amostras coletadas foram realizada filtração e pesagem do gergelim retido. Foi considerado como variável resposta a subtração do peso do grão entumescido pelo peso do grão inicial.

Com os resultados obtidos, foram propostos modelos de cinética, para descrever a variação da massa do gergelim ao longo do tempo de maceração.

### 3.2 Rendimento

Para verificar se o binômio tempo x temperatura da maceração teve influência na quantidade extraída, realizou-se a etapa de rendimento. Para essa determinação utilizou-se quantidades de gergelim na proporção 30g de gergelim para 210mL de água e o tempo utilizado na maceração foi de acordo com o encontrado no estudo da cinética. O tempo de batimento foi de 7,5 minutos para todas as amostras. Após o batimento, o extrato passou por uma peneira de aço inox e foi separada a torta do líquido.

Foi realizada a análise de umidade pelo método de secagem em estufa a 105°C de acordo com IAL (2005), para a torta e para o grão.

Para cálculo do rendimento em base seca utilizou-se a seguinte equação:

$$Rendimento = \frac{ms_{extrato}}{ms_{grão}} \times 100\% \quad (1)$$

Em que:

$ms_{extrato}$  = massa seca do extrato de gergelim

$ms_{grão}$  = massa seca do grão de gergelim

### 3.3 Avaliação do tempo de batimento e concentração do extrato

Com o objetivo de encontrar o tempo de batimento ideal para uma maior extração do extrato hidrossolúvel de gergelim, foram testados tempos de batimentos de 0,45 min a 14,55 min. Para execução desse processo foi utilizado liquidificador doméstico.

Para o estudo da concentração ideal de gergelim foram testadas diferentes concentrações de semente de gergelim, as quais variam de 1,925% (1,925 g de semente de gergelim / 98,075 g de água) a 23,07% (23,07 g de semente de gergelim / 76,93 g de água).

A influência do tempo de batimento e a concentração do extrato foram avaliadas através de um delineamento composto central rotacional (DCCR), ou seja, um delineamento  $2^2$  incluindo 4 ensaios nas condições axiais e 5 repetições no ponto central, totalizando 13 experimentos.

O tempo de batimento e as concentrações de gergelim *in natura* presente no extrato foram estabelecidos como variáveis independentes. As variáveis dependentes foram a viscosidade, cor, sólidos solúveis totais e rendimento. Os níveis que foram utilizados e os ensaios experimentais deste planejamento estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4- Valores utilizados no DCCR

<b>VARIÁVEL</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>-1,41</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+1,41</b>
Tempo de batimento (min)	X <sub>1</sub>	0,45	2,5	7,5	12,5	14,55
Concentração do extrato (%)	X <sub>2</sub>	1,925	5,0	12,5	20	23,07

Tabela 5- Matriz do delineamento

<b>ENSAIOS</b>	<b>TEMPO DE BATIMENTO (codificado)</b>	<b>CONCENTRAÇÃO DO EXTRATO (codificado)</b>
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	-1,41	0
6	+1,41	0
7	0	-1,41
8	0	+1,41
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0

Para cada tratamento foram medidas as seguintes variáveis respostas: viscosidade do produto, coloração, teor de sólidos solúveis totais, e rendimento.

A viscosidade do extrato foi medida utilizando-se um viscosímetro de tubo capilar. Após analisar as viscosidades, com o intuito de comparação, foram determinadas as viscosidades do extrato de soja e do leite de vaca, ambos adquiridos no comércio local da cidade de Alegre - ES.

A avaliação da cor do extrato foi feita por leitura direta de reflectância do sistema de coordenadas retangulares “L\*” (luminosidade), “a\*” (intensidade de vermelho e verde) e “b\*” (intensidade de amarelo e azul), empregando-se a

escala de cor CIELAB, com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, utilizando-se colorímetro Konica Minolta, modelo Spectrophotometer CM-5.

A determinação do teor de sólidos solúveis totais foi realizada em leitura direta em refratômetro de bancada e o resultado expresso em °Brix.

Para análise de rendimento, determinou-se a análise de umidade pelo método de secagem direta em estufa a 105 °C de acordo com IAL (2005), para a torta e para o grão.

Com o objetivo de aumentar o rendimento de extração, utilizou-se uma célula de pressão para prensagem da torta em uma prensa hidráulica. Para cada ensaio do DCCR, o rendimento do extrato foi calculado após a prensagem (célula de pressão).

Para cálculo do rendimento em base seca utilizou-se a equação 1.

### **3.4 Elaboração do produto final**

Após definir o tempo de batimento e concentração ideais, bem como a viscosidade, coloração, teor de sólidos solúveis totais, e rendimento, de acordo com o procedimento descrito no item 3.1 foi possível a seleção de cinco amostras para elaboração do extrato hidrossolúvel de gergelim.

### **3.5 Composição centesimal**

As avaliações físico-químicas: cinzas, umidade, lipídios, proteínas, carboidratos e pH foram realizadas segundo Normas do Instituto Adolfo Lutz (2005). Essas análises foram realizadas nas cinco amostras selecionadas de acordo com o item acima (3.4).

### **3.6 Atividade Antioxidante**

A atividade antioxidante do extrato hidrossolúvel de gergelim obtido, foi determinada pela descoloração do ABTS, medindo a redução do cátion radical como porcentagem da inibição da absorbância a 734 nm, utilizando-se o Trolox como antioxidante de referência (RE et al., 1999).

### **3.7 Compostos Fenólicos**

O conteúdo de compostos fenólicos totais do extrato hidrossolúvel foi quantificado pelo método espectrofotométrico utilizando-se o reagente Folin-Ciocalteu (ROSSI, SINGLETON 1965). Os resultados obtidos foram expressos em equivalentes de ácido gálico (mg GAE/100 g de amostra).

### **3.8 Planejamento Experimental e Análise Estatística dos Dados**

Para o estudo da cinética de maceração em diferentes temperaturas, utiliza-se um delineamento inteiramente casualizado e o ajuste dos modelos foi feito por meio de regressão não linear.

Para avaliar o efeito da concentração e do tempo de batimento, utilizou-se um delineamento composto central rotacional. Para cada variável resposta ajustou-se modelos polinomiais por meio de regressão linear.

Para comparar os tratamentos selecionados utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições. A comparação foi feita por meio de análise de variância seguida de teste de Tukey para os casos de F significativo ( $p < 0,05$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Cinética de absorção de água

O modelo dado pela Eq.2 foi utilizado para descrever a variação da massa de gergelim ao longo do tempo de absorção

$$y = y_0 + a (1 - e^{-k t}) \quad (2)$$

Em que:

$y$  = valor da massa do gergelim após o tempo  $t$  de maceração

$y_0 + a$  = valor da massa do gergelim após o equilíbrio ser atingido, ou seja, é o valor para o qual tende a massa do gergelim quando se faz o tempo  $t$  tender a  $+\infty$ ;

$a$  e  $k$  = parâmetros do modelo.

De acordo com o modelo proposto, o tempo de absorção da massa tende ao infinito. Uma vez que o valor da massa do gergelim após o equilíbrio ( $y_0 + a$ ) é na realidade uma assíntota horizontal, poderíamos definir o tempo final do processo de absorção como aquele no qual o valor de  $y$  esteja suficientemente próximo da assíntota horizontal segundo algum critério adotado. Nesse trabalho, adotou-se como critério que o tempo de absorção é aquele no qual o valor de  $y$  atinge 0.99 vezes o valor da assíntota. Assim, o tempo de absorção ( $t_a$ ) pode ser calculado por:

$$t_a = \frac{\ln\left(\frac{a}{0,01(y_0 + a)}\right)}{k} \quad (3)$$

Onde:

$t_a$  = tempo de absorção, segundo o critério adotado.

A partir dos dados experimentais de "*Massa*" versus "*Tempo*", os parâmetros  $a$  e  $k$ ,  $y_0$  foram ajustados por meio de regressão não linear para cada temperatura testada. Em todos os ajustes, o coeficiente de determinação,  $r^2$ , foi maior que 0,97.

Os parâmetros ajustados e os valores do tempo de absorção, estimados pela Eq.3, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Valores dos parâmetros do modelo e do tempo de absorção para cada temperatura de absorção

$T$ (°C)	$K$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$a$	$y_0$ (Kg)	$t$ (min)
30	0,0379	7,747	5,240	107,87
45	0,0522	5,289	8,405	69,99
60	0,0521	3,567	10,17	62,51
75	0,0178	3,557	11,77	177,65

T= temperatura em °C; t = tempo de maceração em minutos.

A Figura 3 mostra as cinéticas de absorção de água pelo gergelim para as temperaturas de 30 °C, 45 °C, 60 °C e 75 °C.

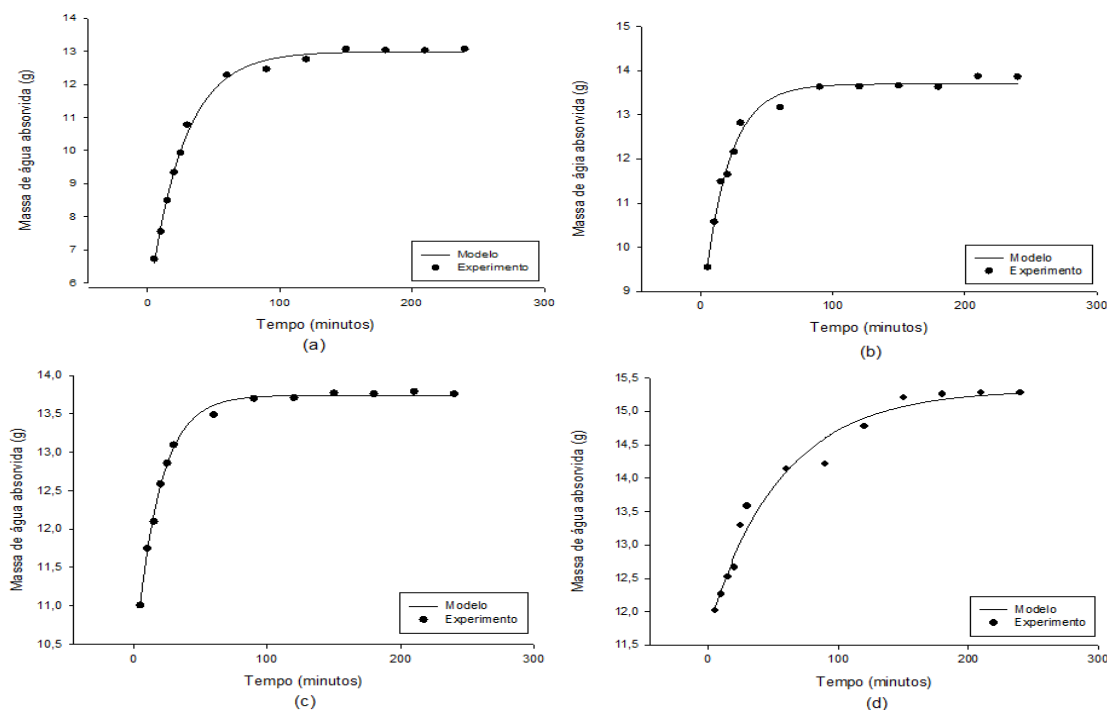


Figura 3 – cinéticas de absorção de água pelo gergelim para as temperaturas de 30 °C (a), 45 °C (b), 60 °C (c) e 75 °C (d).

Todos os modelos apresentaram excelente ajuste ( $r^2 > 0,97$ ) que pode ser observado na Figura 3, ao contrastar os pontos experimentais com o modelo apresentado, de forma que foi possível encontrar um modelo que previu o tempo de maceração, que foi de 107,87 para a temperatura de 30 °C, 69,99 para 45 °C, 62,51, para 60 °C e 177,65 minutos para 75 °C.

Conforme esperado o tempo de maceração a 60 °C foi menor do que a 45 °C, e de 45°C menor que 30°C, pois o aumento da temperatura tende a provocar um aumento da velocidade de absorção de água. Contudo o mesmo efeito não foi observado para a temperatura de 75 °C, haja vista que o tempo foi maior nesta temperatura do que nas temperaturas de 30 °C, 45 °C e 60°C. Isso demonstra que há um efeito não linear de temperatura, ou seja, que o aumento da temperatura aumenta a velocidade de absorção, porém a partir de um determinado valor esta relação se inverte. Isso ocorre possivelmente devido as mudanças de textura e viscosidade causada pela temperatura que exercem influência em componentes como amido e proteínas. Seriam necessários mais estudos para elucidar qual o valor de temperatura que estes efeitos começam a ocorrer a ponto de interferir na cinética de absorção. Como aquecer e ou resfriar uma amostra envolve gasto de energia, e o menor tempo de maceração foi obtido para a temperatura de 60 °C, recomenda-se que se utilize esta temperatura para o processo de maceração durante aproximadamente 63 minutos. Também se sugere o binômio 30 °C/108 min devido a algumas regiões do Brasil possuir temperatura ambiente próxima de 30 °C, evitando assim o gasto com o aquecimento da água.

#### **4.1.1 Rendimento**

Com o intuito de verificar se o binômio *tempo x temperatura* de maceração influencia na quantidade extraída de líquido realizou-se o estudo de rendimento. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 7. Verificou-se que não houve diferença significativa da quantidade de extrato obtido em diferentes temperaturas de maceração.

Tabela 7 – Médias do rendimento (%) de extrato hidrossolúvel de gergelim em diferentes temperaturas de maceração

Binômio Tempo (min) / Temperatura (°C)	Rendimento (%)
30 / 108	72,31 <sup>a</sup>
45 / 70	72,61 <sup>a</sup>
60 / 63	72,47 <sup>a</sup>
75 / 178	72,73 <sup>a</sup>

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A partir do teste de médias foi possível confirmar a recomendação a respeito do binômio tempo/temperatura sugerido acima (30 °C / 108 min ou 60 °C / 63 min), pois as temperaturas sugeridas possuem menor custo energético e possuem rendimentos iguais aos tratamentos em temperaturas maiores.

#### 4.2 Avaliação do tempo de batimento e da concentração do extrato

Os níveis utilizados e os ensaios experimentais deste planejamento estão apresentados nas tabelas 8 e 9 respectivamente.

Os dados das análises das 3 marcas comerciais de extrato hidrossolúvel de soja, bem como do leite integral de vaca estão apresentados na tabela 10, para possível comparação com os diferentes ensaios realizados para o extrato hidrossolúvel de gergelim.

Tabela 8 – Valores utilizados no DCCR

VARIÁVEL	CÓDIGO	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Tempo de batimento (min)	X <sub>1</sub>	0,45	2,5	7,5	12,5	14,55
Concentração do extrato (%)	X <sub>2</sub>	1,925	5,0	12,5	20	23,07

Tabela 9 – matriz do delineamento e respostas

Ensaio	Tempo de batimento (codificada)	Concentração do extrato (codificada)	° Brix	Cor L*	Cor a*	Cor b*	pH	Rendimento (%)	Viscosidade (Pa.s.10 <sup>-3</sup> )
1	-1	-1	0,4	87,54	-0,62	9,44	6,96	72,73	1,0177
2	1	-1	0,4	84,74	-1,41	6,84	7,15	82,33	1,0171
3	-1	1	1,7	86,66	-0,01	10,35	6,75	69,16	3,2175
4	1	1	3,2	87,66	-0,09	9,26	6,74	75,03	3,6579
5	-1,41	0	0,4	83,74	-1,49	8,78	6,9	58,86	1,0212
6	1,41	0	3,2	87,38	-0,55	11,18	6,87	80,71	1,2702
7	0	-1,41	0,8	81,52	-1,52	5,33	7,07	91,26	0,94297
8	0	1,41	5,2	87,91	-0,13	9,73	6,76	71,07	5,3801
9	0	0	1,2	86,79	-0,23	10,54	6,8	66,38	1,7548
10	0	0	1,5	87,12	-0,02	9,91	6,84	72,16	1,7781
11	0	0	1,2	86,46	-0,44	9,56	6,83	78,1	1,5974
12	0	0	1,3	87,02	-0,40	9,19	6,81	75,57	1,3381
13	0	0	1,4	87,05	-0,48	9,28	6,77	76,47	1,5589

Tabela 10- Médias dos resultados encontrados para 3 marcas comerciais distintas de extrato hidrossolúvel de soja e leite de vaca e seus respectivos desvios padrões

Amostras	°Brix	Cor L*	Cor a*	Cor b*	pH	Viscosidade (Pa.s.10 <sup>-3</sup> )
Soja A	8,73±0,06	82,26±0,06	2,07±0,06	15,27±0,03	7,42±0,02	1,3645±0,14
Soja B	6,57±0,31	77,63±0,08	2,67±0,05	19,33±0,01	7,49±0,05	1,2968±0,12
Soja C	8,90±0,1	77,71±0,06	1,82±0,05	22,97±0,02	7,58±0,06	1,2866±0,11
Leite A	13,57±0,1	91,10±0,51	-1,69±0,28	8,93±0,60	6,76±0,02	2,2775±0,07
Leite B	12,57±0,23	86,95±0,58	-1,67±0,14	10,01±0,13	6,73±0,05	4,8067±0,39
Leite C	13,03±0,06	92,64±0,41	-1,32±0,23	9,73±0,09	6,77±0,01	2,5165±0,03

#### 4.2.1 Sólidos Solúveis Totais

Como pode ser observado nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 9), o extrato de gergelim apresentou teor de sólidos solúveis variando entre 0,4 e 5,2, valores estes mínimo e máximo respectivamente, para os 13 tratamentos.

Os valores encontrados nos produtos comerciais, os quais foram usados para comparação, foi de 6,57 a 8,9 para as amostras de extrato aquoso de soja e de 12,57 a 13,57 para as amostras de leite de vaca. Com isso já é possível concluir que os produtos comerciais avaliados possuem um teor de sólidos solúveis, superior às amostras analisadas no experimento.

Maia et al (2004) em seu estudo com 2 bebidas comerciais de extrato hidrossolúvel de soja encontraram valores de sólidos totais de 8,96 e 9,13 o que foi semelhante ao encontrado nas amostras analisadas no presente estudo. Já no trabalho realizado por Carvalho et al (2011) o teor encontrado foi de  $13,00 \pm 0,22$ , superior aos desta pesquisa.

Em um estudo realizado por Lima et al (2009) em 4 diferentes amostras de leite UHT integral apresentou valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho, variando de de 12,36 a 13,64. Os valores encontrados por Souza et al (2004) para 2 amostras de leite foram pouco inferiores (11,82 e 11,88).

Foi realizada análise de regressão linear para avaliar o efeito das variáveis, tempo de batimento e concentração do extrato, sobre o teor de sólidos solúveis. Para tal, partiu-se do modelo quadrático completo e eliminou-se parâmetros não significativos ( $p > 0,05$ ) pelo teste t de Student. Após a eliminação dos parâmetros não significativos foi feita uma análise de variância da regressão.

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, o seguinte modelo foi obtido para expressar a relação funcional entre o teor de sólidos solúveis (°Brix) e as variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ )

$$^{\circ}Brix = 1,3178 + 0,683 x_1 + 1,2918 x_2 + 0,5979 x_2^2$$

O modelo ajustado foi significativo ( $p < 0,05$ ) pela análise de variância da regressão, conforme pode ser observado na Tabela 11, e apresentou um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,8347, indicando um ajuste satisfatório. O gráfico está apresentado na Figura 14.

Tabela 11 - ANOVA para sólidos solúveis totais

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>calc</sub>	p-valor
Regressão	19,53841	3	6,5128	15,1127*	0,0001
Resíduos	3,87851	9	0,43095		
Total	23,4169	12			

\*: Significativo ( $p < 0,05$ )

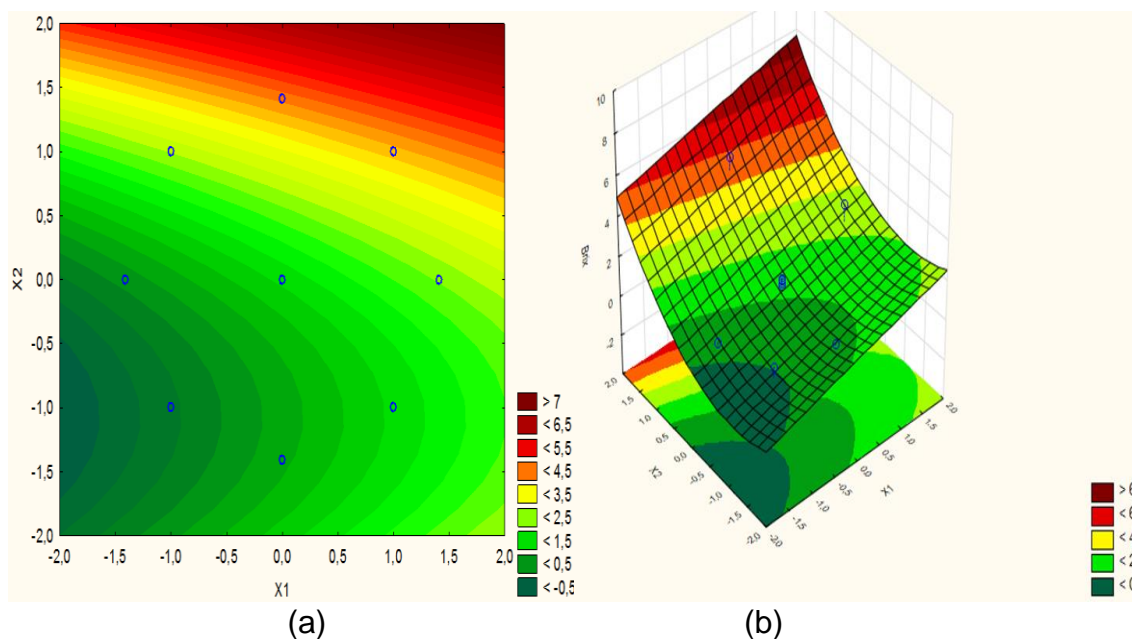


Figura 4 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta °Brix em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).

A Figura 4 mostra as curvas de contorno e a superfície de resposta para a variável teor de sólidos solúveis no extrato como função das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato. Pode-se observar que o teor de sólidos solúveis aumenta com o aumento do tempo de batimento e com o aumento da concentração do extrato, o que é esperado,

uma vez que um tempo de batimento maior diminui o tamanho das partículas sólidas, expondo mais soluto em contato com a fase líquida e o aumento da concentração do extrato implica em menor volume de extrato em relação à massa de sólidos, o que causa uma concentração do extrato. Além disso, é possível observar que o efeito da concentração do extrato é muito maior que do tempo de batimento. Dentro da região experimental testada nota-se, pela Figura 4, que o tratamento que obteve maior teor de sólidos solúveis foi aquele em que os valores das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato foram, respectivamente, 0 e 1,41, o qual corresponde ao tratamento que utilizou um tempo de batimento de 7,5 min e uma concentração de extrato de 23,07%.

Os valores encontrados para os extratos de gergelim foram inferiores quando se comparou com as bebidas comerciais analisadas, o que implica em baixa concentração de sólidos solúveis no produto. No entanto, tal valor era esperado, visto que os produtos comerciais adicionam açúcares em suas formulações. Sugere-se então a adição de açúcar aos extratos de gergelim de forma que eles fiquem com valores próximos aos produtos comerciais, além de conferir sabor adocicado ao mesmo.

#### **4.2.2 Análise sobre a cor L\***

O parâmetro cor L\*, que caracteriza a luminosidade do extrato hidrossolúvel do gergelim, apresentou uma variação de 81,52 a 87,91, valores obtidos no ensaio 7 (TB= 12,5 min; CE= 1,925%) e no ensaio 8 (TB= 7,5 min; CE=23,07%), respectivamente.

Os valores comerciais encontrados para o extrato aquoso de soja variaram de 77,71 a 82,26 e para as amostras de leite de vaca ficaram entre 86,95 e 92,64.

Silva et al (2009) encontrou valores bem inferiores para o parâmetro cor L\* em 5 diferentes amostras de extrato de soja, variando de 43,3 a 49,8, o que indica uma intensidade maior na cor branca. No estudo realizado por Tashima e Cardello (2003) o valor encontrado de cor L\* ( $73,22 \pm 0,30$ ) para extrato de soja foi mais semelhante ao presente estudo.

Para leite de vaca, Pinho (2006) encontrou valores em 5 distintas amostras os quais variaram de 79,17 a 81,17, os quais são próximos aos encontrados neste trabalho.

Nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentou significância ( $p < 0,05$ ).

Os efeitos de tempo de batimento e concentração do extrato sobre a cor  $L^*$  foram não significativos.

#### **4.2.3 Análise sobre a cor $a^*$**

Os valores obtidos da cor  $a^*$  nos tratamentos do planejamento variaram entre -1,41 a -0,01 conforme a condição aplicada. A análise da cor  $a^*$  é responsável pela tonalidade vermelha (valores positivos) e verde (valores negativos) na amostra.

As marcas comerciais de extrato de soja apresentaram valores para cor  $a^*$  entre 1,82 e 2,67, porém as amostras de leite de vaca variaram entre -1,69 e -1,32. Os resultados obtidos para o extrato aquoso de soja foram superiores aos encontrados para o extrato de gergelim, já para o leite de vaca encontrou valores próximos aos encontrados nos ensaios do delineamento.

Pinho (2006), para 5 distintas amostras de leite de vaca, os valores encontrados variaram de -3,86 a -4,47 para cor  $a^*$ . Pereira (2013) encontrou valores negativos para o extrato de soja em 8 diferentes amostras, variando de -0,1 a -2,8, o que indica uma tendência a cor esverdeada. No estudo realizado por Silva et al (2009) os valores encontrados para 5 diferentes amostras de extrato de soja variou de -1,7 a -2,3, o que também indicou a tendência esverdeada.

A única variável que influenciou na determinação da cor  $a^*$  foi a concentração do extrato. Após a eliminação dos parâmetros não significativos, o seguinte modelo foi obtido para expressar a relação funcional entre o parâmetro de cor  $a^*$  e a variável codificada concentração de extrato ( $x_2$ ):

$$a^* = -0,568462 + 0,487688 x_2$$

O modelo ajustado foi significativo ( $p < 0,05$ ) pela análise de variância da regressão, conforme pode ser observado na Tabela 12, e

apresentou um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,51734, indicando um ajuste satisfatório. O gráfico está representado na Figura 5.

Tabela 12 - ANOVA para cor a\*

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>calc</sub>	p-valor
Regressão	1,89706	1	1,89706	11,79*	0,0001
Resíduos	81,7699	11	0,16090		
Total	3,66697	12			

\*: Significativo ( $p < 0,05$ )

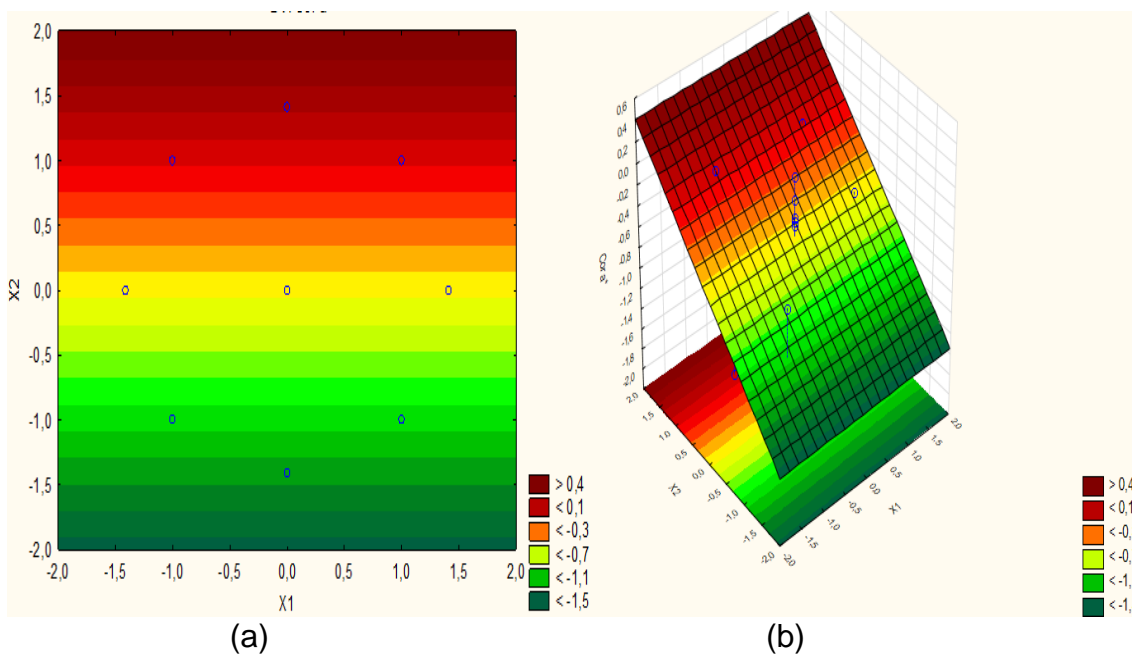


Figura 5 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta Cor a\* em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).

A Figura 5 mostra as curvas de contorno e a superfície de resposta para a variável cor a\* como função das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato. Pode-se observar que a cor a\* tende a ser positivo (vermelha) o aumento da concentração do extrato, o que é esperado, uma vez que a concentração do extrato maior significa um produto mais escuro. Além disso, é possível observar que o efeito do tempo de batimento não influencia nesta variável. Dentro da região experimental testada

nota-se, pela Figura 5, que o tratamento que obteve menor cor  $a^*$  foi aquele em que os valores das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato foram, respectivamente, 0 e -1,41, o qual corresponde ao tratamento que utilizou um tempo de batimento de 7,5 min e uma concentração de extrato de 1,925%, ou seja, o tratamento com a menor concentração de extrato. Comparando os valores encontrados no extrato de gergelim, é possível a partir da figura 5, verificar que os ensaios que mais se assemelham com os valores encontrados nas bebidas comerciais para cor  $a^*$  são os ensaios 2, 5 e 7.

#### **4.2.4 Análise sobre a cor $b^*$**

O parâmetro cor  $b^*$  também apresentou respostas bem variadas segundo o tratamento aplicado (de 5,33 a 11,18). Ele indica a presença de variação da cor amarela (positiva) à azul (negativa) nas amostras, sendo que a faixa encontrada nos produtos comerciais de extrato de soja é de 15,27 a 22,97 e nos leites de vaca de 8,93 a 10,01, o que indica tons tendendo ao amarelo.

Silva et al (2009) encontrou valores semelhantes para o parâmetro cor  $b^*$  em 5 diferentes amostras de extrato de soja, variando de 6,1 a 15,7, o que indica uma intensidade maior na cor amarela. No estudo realizado por Tashima e Cardello (2003) o valor encontrado para extrato de soja foi de  $12,13 \pm 0,03$ , um pouco inferior aos encontrados por outros autores, porém superior ao extrato de gergelim.

Para leite de vaca, Pinho (2006) encontrou valores em 6 distintas amostras os quais variaram de 4,06 a 5,05, o que também indica tendência para cor amarela, porém são inferiores aos encontrados para as bebidas comerciais analisadas no presente estudo.

Para se obter valores próximos aos dos produtos de comparação, a superfície gerada (Figura 6) indica que se deve trabalhar com concentrações de extrato abaixo de 15%. Tanto a variável concentração do extrato quanto a variável tempo de batimento influenciaram para a resposta desta análise (Tabela 13).

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, o seguinte modelo foi obtido para expressar a relação funcional entre o parâmetro de cor  $b$  e a variável concentração de extrato ( $x_2$ ):

$$b^* = 9,8332 + 1,19531 x_2 - 1,05850 x_2^2$$

O modelo ajustado foi significativo ( $p < 0,05$ ) pela análise de variância da regressão, conforme pode ser observado na Tabela 13 e apresentou um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,9488, indicando um ajuste satisfatório e o gráfico pode ser observado na Figura 6.

Tabela 13 - ANOVA para cor b\*

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>calc</sub>	p-valor
Regressão	19,2516	2	9,6258	10,14*	0,0001
Resíduos	9,48871	10	0,94887		
Total	28,74031	12			

\*: Significativo ( $p < 0,05$ )

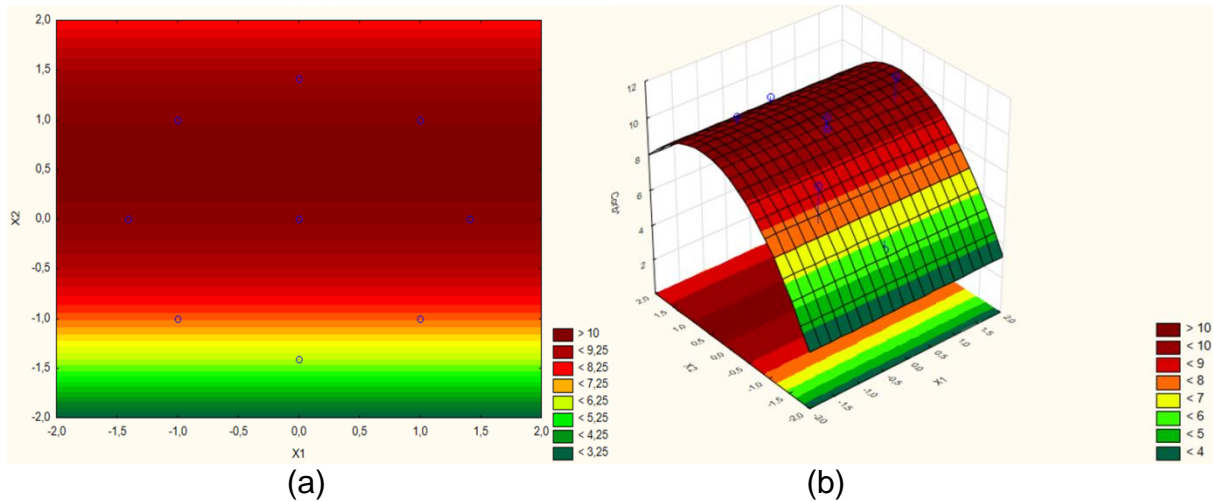


Figura 6 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta Cor b\* em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).

A Figura 6 mostra as curvas de contorno e a superfície de resposta para a variável cor b\* no extrato como função das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato. Pode-se observar que a cor b\*

não muda com o tempo de batimento e aumenta com o aumento da concentração do extrato. O que é esperado, pois quanto maior o valor de  $b^*$  significa uma maior intensidade para cor amarelo, a qual aumenta a medida que se concentra mais o extrato.

Comparando os valores encontrados no extrato de gergelim, é possível a partir da figura 6, verificar que os ensaios que mais se assemelham com os valores encontrados nas bebidas comerciais para cor  $b^*$  são os ensaios 1, 3, 4 e 6.

Alguns resultados podem ter sido inferiores devido à adição de corantes nas bebidas comerciais, o que altera a cor do produto final.

#### **4.2.5 Análise do pH**

O valor de pH do extrato aquoso de gergelim variou de 6,74 (ensaio 4) a 7,15 (ensaio 2). Para as amostras comerciais de extrato hidrossolúvel de soja esses valores foram poucos superiores, variando de 7,42 a 7,98, já para as amostras de leite de vaca, a variação foi semelhante às amostras de gergelim, variando entre 6,73 e 6,77.

Luiz et al (2010) analisou 4 diferentes marcas comerciais de leite de vaca vendidos no Brasil e encontrou valores de pH variando de 6,76 a 6,82, os quais foram semelhantes aos encontrados no presente estudo. Lima et al (2009) também encontraram resultados semelhantes para 4 amostras que variaram de 6,62 a 6,72.

Para extrato de soja, Jaekel et al (2010) encontrou resultados um pouco inferiores para pH em 3 distintas amostras (5,95 a 6,23), Carvalho et al (2011) também analisou 3 diferentes amostras, porém os valores encontrados (6,64 a 6,75) foram próximos aos encontrados no presente estudo.

Apenas a variável concentração de extrato influenciou para a resposta dessa análise (Tabela 14).

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, o seguinte modelo foi obtido para expressar a relação funcional entre o pH e as variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração de extrato ( $x_2$ ):

$$pH = 6,8654 - 0,1325 x_2$$

O modelo ajustado foi significativo ( $p < 0,05$ ) pela análise de variância da regressão, conforme pode ser observado na Tabela 20, e apresentou um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,7315, indicando um ajuste satisfatório. O gráfico está representado pela Figura 7.

Tabela 14 - ANOVA para pH

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>calc</sub>	p-valor
Regressão	0,140099	1	0,140099	29,97*	0,0001
Resíduos	0,051424	11	0,004675		
Total	0,191523	12			

\*: Significativo ( $p < 0,05$ )

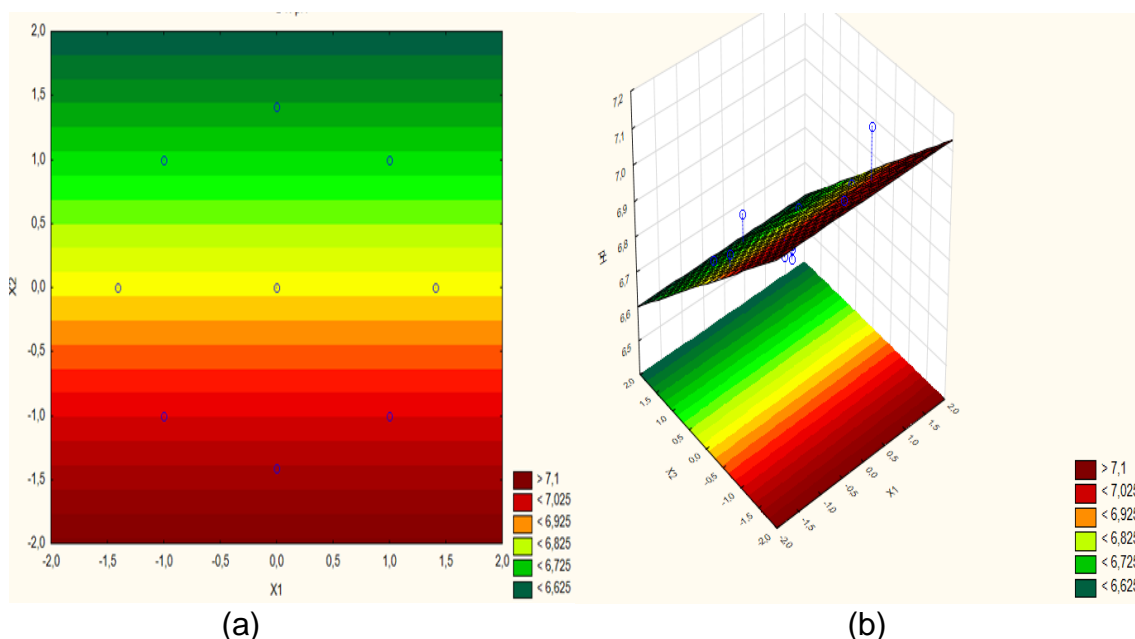


Figura 7 - Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta Cor b\* em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).

A Figura 7 mostra as curvas de contorno e a superfície de resposta para a variável pH no extrato como função das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato. Pode-se observar que o pH diminuiu com o aumento da concentração do extrato e que o tempo de batimento não

influenciou no pH do produto. O que era esperado visto que o pH pode variar de acordo com a concentração de algumas substâncias no produto (como ácidos, sais minerais, metais, etc).

Comparando os valores encontrados no extrato de gergelim, é possível a partir da figura 7, verificar que todos os ensaios se assemelham com os valores encontrados nas bebidas comerciais para pH.

#### 4.2.6 Análise do Rendimento

De acordo com os resultados obtidos para rendimento líquido pode se destacar os ensaios 7 e 5 que obtiveram maior e menor rendimento respectivamente. O rendimento baixo do ensaio 5 (58,86%) pode ser explicado pelo pouco tempo de batimento, apenas 45 segundos. Já o ensaio 7 pode ser explicado pela baixa concentração de extrato, ou seja, a quantidade de água do produto é superior aos dos demais ensaios.

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, o seguinte modelo foi obtido para expressar a relação funcional entre o rendimento e as variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração de extrato ( $x_2$ ):

$$\text{Rendimento} = 74,6023 + 5,8027 x_1 - 4,9319 x_2$$

O modelo ajustado foi significativo ( $p < 0,05$ ) pela análise de variância da regressão, conforme pode ser observado na Tabela 23, e apresentou um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,6099, indicando um ajuste satisfatório.

O gráfico está representado pela Figura 8.

Tabela 15 - ANOVA para rendimento

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>calc</sub>	p-valor
Regressão	462,5222	2	231,2611	7,8178*	0,0001
Resíduos	295,8120	10	29,5812		
Total	758,3342	12			

\*: Significativo ( $p < 0,05$ )

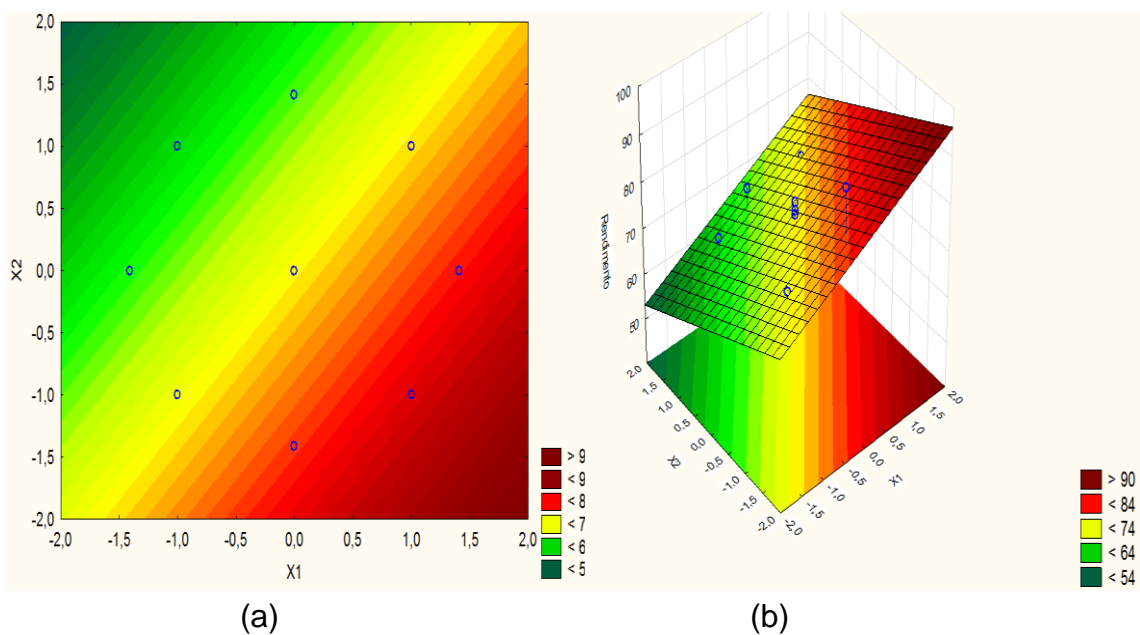


Figura 8- Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta Rendimento em função das variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração do extrato ( $x_2$ ).

A Figura 8 mostra as curvas de contorno e a superfície de resposta para a variável rendimento como função das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato. Pode-se observar que o rendimento aumenta com o aumento do tempo de batimento e diminui com o aumento da concentração do extrato, o que é esperado, uma vez que um tempo de batimento maior diminui o tamanho das partículas sólidas, expondo mais soluto em contato com a fase líquida podendo ocorrer maior solubilização dos solutos e um aumento da concentração do extrato implica em menor volume de extrato em relação à massa de sólidos, levando a um menor rendimento da extração. Além disso, é possível observar que o efeito da concentração do extrato é inferior ao efeito do tempo de batimento. Dentro da região experimental testada nota-se, pela Figura 8, que o tratamento que obteve maior rendimento foi aquele em que os valores das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato foram, respectivamente, 1 e -1, o qual corresponde ao tratamento que utilizou um tempo de batimento de 12,5 min e uma concentração de extrato de 5,0%.

#### 4.2.7 Análise da viscosidade

É possível verificar que os resultados de viscosidade foi o esperado, sendo que o tratamento com maior concentração de extrato (ensaio 8) foi mais viscoso ( $5,3801 \times 10^{-3}$  Pa.s) e o com menor concentração (ensaio 7) foi menos viscoso ( $9,4297 \times 10^{-4}$  Pa.s).

Os valores encontrados nos produtos comerciais, os quais foram usados para comparação, foi de  $1,2866 \times 10^{-3}$  a  $1,3645 \times 10^{-3}$  Pa.s para as amostras de extrato aquoso de soja e de  $2,2775 \times 10^{-3}$  a  $4,8067 \times 10^{-3}$  Pa.s para as amostras de leite de vaca. Com isso é possível estabelecer uma comparação entre os produtos, visto que os produtos comerciais possuem uma viscosidade semelhante com algumas amostras obtidas no delineamento.

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, o seguinte modelo foi obtido para expressar a relação funcional entre a viscosidade e as variáveis codificadas para tempo de batimento ( $x_1$ ) e concentração de extrato ( $x_2$ ):

$$\mu = 1,605292 + 0,099154 x_1 + 1,391256 x_2 - 0,213405 x_1^2 + 0,800546 x_2^2$$

O modelo ajustado foi significativo ( $p < 0,05$ ) pela análise de variância da regressão, conforme pode ser observado na Tabela 26, e apresentou um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual 0,9787, indicando um ajuste satisfatório.

Tabela 16- ANOVA para viscosidade

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>calc</sub>	p-valor
Regressão	20,63512	4	5,15878	0,25*	0,0001
Resíduos	0,44849	8	0,05606		
Total	21,08161	12			

\*\* : Significativo ( $p < 0,05$ )

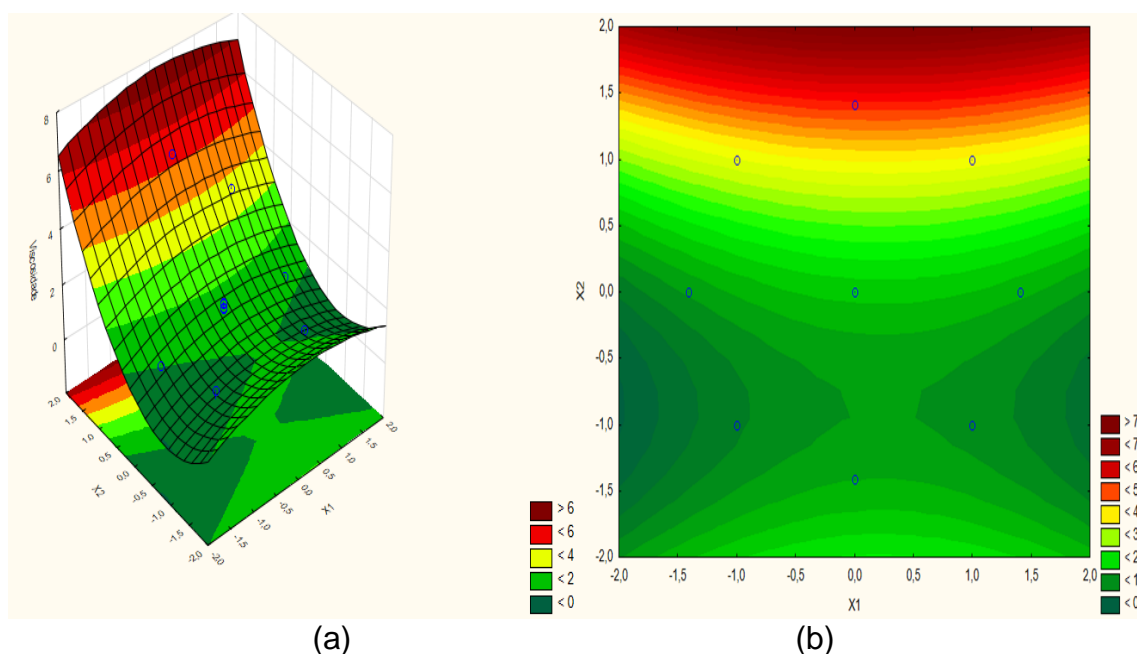


Figura 9- Curvas de contorno (a) e superfície resposta (b) para a resposta Viscosidade em função de tempo de batimento (min) e concentração do extrato (%).

A Figura 9 mostra as curvas de contorno e a superfície de resposta para a variável viscosidade como função das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato. Pode-se observar que o efeito das variáveis tempo de batimento e concentração do extrato foi não linear, obtendo-se um ponto de sela pouco abaixo do ponto central. Além disso, é possível observar que o efeito da concentração do extrato é muito maior que do tempo de batimento, ou seja, a viscosidade varia mais quando se varia a concentração do extrato do que quando se varia o tempo de batimento. Dentro da região experimental testada nota-se, pela Figura 9, que o tratamento que obteve maior viscosidade foi aquele em que os valores das variáveis codificadas para o tempo de batimento e concentração de extrato foram, respectivamente, 0 e 1,41, o qual corresponde ao tratamento que utilizou um tempo de batimento de 7,5 min e uma concentração de extrato de 23,07 %.

Comparando os valores encontrados no extrato de gergelim, é possível a partir da figura 9, verificar que os ensaios que mais se assemelham com os valores encontrados nas bebidas comerciais para viscosidade\* são os ensaios 1, 2, 5, 6, 7 e os valores do ponto central (PC). Para os outros ensaios

os valores encontrados no delineamento são inferiores aos dos produtos comerciais.

As análises das amostras comerciais de extrato de soja e de leite de vaca integral foram muito importantes para que fosse possível a comparação do extrato hidrossolúvel de gergelim em suas diferentes amostras do delineamento.

Com o objetivo de chegar a um produto com as características mais próximas as encontradas no mercado, selecionaram-se as amostras que mais se assemelharam com as marcas comerciais estudadas. Nas amostras selecionadas (ensaios 1, 2, 6, 7, PC) realizaram-se as análises físico-químicas.

### 4.3 Análises Físico-químicas

#### Caracterização físico-química do extrato hidrossolúvel de gergelim

Na Tabela 17 são apresentados os resultados das análises físico-químicas do extrato hidrossolúvel de gergelim para as 5 amostras escolhidas no DCCR.

Tabela 17 - Composição centesimal aproximada média (g/100g)\* de extrato hidrossolúvel de gergelim em 5 amostras

Amostras	Sólidos totais (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Carboidratos** (%)
1	5,26 <sup>bc</sup>	1,7 <sup>c</sup>	0,4 <sup>b</sup>	1,43 <sup>bc</sup>	96,86 <sup>b</sup>
2	5,01 <sup>bc</sup>	2,17 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>	1,87 <sup>b</sup>	95,98 <sup>b</sup>
6	22,14 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	90,37 <sup>c</sup>
7	1,35 <sup>c</sup>	0,83 <sup>d</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,65 <sup>c</sup>	98,51 <sup>a</sup>
PC	10,7 <sup>b</sup>	5,83 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	3,75 <sup>a</sup>	90,43 <sup>c</sup>

\*Os valores estão expressos em % de matéria seca.

\*\*Carboidratos totais: incluindo os valores de fibras.

É possível observar na Tabela 17, que o conteúdo de sólidos totais na amostra 6 é superior as demais amostras, diferindo estatisticamente das demais amostras. Já para o teor de lipídios, cinzas e proteínas encontrados

nas amostras 6 e PC foram maiores que as demais amostras, a amostra 7 é a que contém o menor teor de lipídios e proteínas, considerando o teor de cinzas as amostras 1,2 e 7 foram estatisticamente iguais. O teor de carboidratos calculado por diferença foi superior na amostra e 7 e com o menor valor nas amostras 6 e do ponto central (PC).

A comparação entre composição do extrato hidrossolúvel de soja com o extrato hidrossolúvel de gergelim está apresentada na Tabela 18, comparando os resultados do presente trabalho e de outros autores.

Tabela 18- Composição centesimal (g/100g)\* de resultados da literatura para extrato de gergelim e extrato de soja

Componentes (g/100g)	Silva et al., (2012 a) (gergelim)	Rodrigues et al., 2008 (soja)	Luz et al., 2008 (soja)
Sólidos totais	10,27	5,88	6,14
Cinzas	1,85	0,23	0,32
Lipídios	18,77	0,89	1,50
Proteínas	5,50	3,03	2,99
Carboidratos	10,34	-	-

Comparando os resultados encontrados no estudo (Tabela 17) com os da literatura (Tabela 18), nota-se que o extrato de gergelim do presente estudo apresentou teores superiores de sólidos totais na amostra 6, já a amostra PC se mostrou com o conteúdo de sólidos totais aproximados aos encontrados por Silva et al. (2012). As amostras 1 e 2 possuem o teor de sólidos totais próximos aos encontrados por Rodrigues et al. (2008) e Luz et al., (2008) ambos para extrato de soja.

Quanto ao teor de lipídios, com excessão da amostra 7, todas as outras se mostraram superiores quando se compara as amostras de extrato de soja. Silva et al. (2012 a) encontrou um teor de lipídios até 3 vezes maior que o encontrado na amostra mais concentrada (6), sendo então superior quando comparado as amostras analisadas neste experimento.

Os resultados de cinzas, para todas as amostras de extrato de gergelim foram superiores aos de soja, e inferiores ao extrato de gergelim estudado por Silva et al. (2012).

Quando comparamos o teor de proteínas é possível verificar que este é maior nas amostras 6 e PC que os valores encontrados por Rodrigues et al. (2008) e Luz et al. (2008), já para o extrato de gergelim estudado por Silva et al (2012a) todos os valores da pesquisa são inferiores.

#### 4.4 Atividade Antioxidante e Compostos fenólicos

Foi possível determinar as concentrações correspondentes de atividade antioxidante e concentração de polifenóis das amostras a partir da equação da reta (curva padrão de TROLOX e curva padrão de ácido gálico, respectivamente) e das absorvâncias obtidas de cada amostra (Tabela 19).

Tabela 19 – Médias de atividade antioxidante e concentração de polifenóis em 5 diferentes amostras

Amostras	Média em $\mu\text{M}$ TROLOX/ g de amostra	Média em mg de GAE/100g de amostra
1	4,85 <sup>a</sup>	16,96 <sup>a</sup>
2	4,67 <sup>a</sup>	17,37 <sup>a</sup>
6	4,3 <sup>a</sup>	16,29 <sup>a</sup>
7	4,64 <sup>a</sup>	16,73 <sup>a</sup>
PC	4,66 <sup>a</sup>	17,73 <sup>a</sup>

Notas: EAG: equivalente ácido gálico; Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey com confiança de 95%.

Nota-se que os valores de capacidade antioxidante e compostos fenólicos não se diferenciaram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

## 5. CONCLUSÕES

Quanto à etapa de maceração, foi possível concluir que a temperatura influencia significativamente no tempo de absorção de água pela semente de gergelim. A temperatura não interfere na quantidade final de água absorvida, e conclui-se que o binômio *tempo x temperatura* ótimo para a absorção de água pelo gergelim, nas condições avaliadas, é de 45 °C/ 70 min ou 30 °C/108 min, devido ao menor tempo para o equilíbrio do processo de absorção e economia de energia, porém como não foi constatado que essa etapa influencia no rendimento do processo, sugere-se que se o objetivo for rendimento, esta da etapa de maceração torna-se desnecessária.

A partir do DCCR (delineamento composto central rotacional) puderam-se selecionar as amostras que mais se assemelham com as características físicas das amostras comerciais estudadas. É indicado a adição de sacarose, pois o teor de sólidos solúveis obtido foi muito baixo em relação a tais amostras, além de prover sabor adocicado.

A partir das análises físico-químicas, concluiu-se que o extrato hidrossolúvel de gergelim em determinadas amostras apresentou um melhor desempenho quanto ao valor nutricional comparado ao extrato de soja. A partir disso, pode-se selecionar um tratamento com maior valor nutricional.

A elaboração do extrato hidrossolúvel de gergelim pode ser indicada por ser uma alternativa para o consumo de alimento à base de gergelim, levando-se em conta o pouco aproveitamento industrial da matéria prima no Brasil. Além de poder ser considerado um substituto lácteo, para pessoas intolerantes à lactose ou com alergia a alguma proteína do leite.

O extrato hidrossolúvel de gergelim pode também substituir os extratos de soja, visto que o sabor desse produto ainda tem uma rejeição no mercado, mas para isso será necessário estudos posteriores de análise sensorial objetivando o melhor sabor do produto perante aos consumidores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOU-GHARBIA, H.A.; SHEHATA, A.A.Y.; SHOHIDI, F. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. **Food Research International**. v.33, p.331-340, 2000.

**AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA).** Comissões tecno-científicas de assessoramento em alimentos funcionais e novos alimentos. Disponível em:<<http://www.anvisa.gov.br/legislações/regulamentos>>. Acesso em: 07/09/2013.

**ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Resolução CNNPA nº 14 , de 28 de junho de 1978.** Estabelece o padrão de identidade e qualidade para farinha desengordurada de soja, proteína texturizada de soja, proteína concentrada de soja, proteína isolada de soja e extrato de soja. 1978.

ARRIEL, N. H. C.; DI MAURO, A. O.; ZINGARETTI, S. M.; BAKKE, O. A.; TREVISOLI, S. H. U.; COSTA, M. M.; CAPELOTO, A.; CORRADO, A. R. Técnicas multivariadas na determinação da diversidade genética em gergelim usando marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p. 801-809, maio 2009.

BARROS, M. A.; SANTOS, R. F. dos; BENATI T.; FIRMINO, P. de T. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.

BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. B. Situação do Gergelim nos Mercados Mundial e Nacional, 1995 a 2002. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento- circular 67**, Campina Grande, 2002.

BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F. **Gergelimcultura no trópico semi-árido nordestino**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 52 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 18).

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G.; PEREIRA, J. R. Fitologia In: **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Algodão/ Campina Grande, 348p, 2001.

BOATTO, D. A.; MESOMO, M. C.; MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; MATUMOTO-PINTRO, P. T. Desenvolvimento e caracterização de queijo tipo *petit suisse* de soja comum e de soja livre de lipoxigenase, enriquecidos com cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n. 3, p. 766-770, jul./set. 2010.

BOLOORFOROOSHAN, M. e P. MARKAKIS, Protein supplementation of navy beans with sesame. **Journal of Food Science.**, v.44 p. 390-391, 1979.

BRASIL. Decreto n.º 6.871, de 4 de junho de 2009, Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 jun. 2009.

CARVALHO, W. T.; REIS, R. C. dos; VELASCO, P.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELO, P. Z.; CALIARI, M. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja. **Pesquisa Agropecuária Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 422-429, jul./set. 2011.

COSTA, E. **Desenvolvimento de uma Bebida à Base de Proteína de Soja, Enriquecida com Vitaminas A e D**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

DELIZA, R.; CASÉ, F.; ROSENTHAL, A.; MANTOVANI, D.; FELBERG, I. Produção de "leite" de soja enriquecido com cálcio. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v.25, n.1, p. 86-91, 2005.

ELDIN, A.K.; MOAZZAMI, A.; WASHI, S. Sesame Seed Lignans: Potent Physiological Modulators and Possible Ingredients in Functional Foods & Nutraceuticals. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**. v.3, p.17-29, 2011.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; MAAZOUN, B.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Improving halva quality with dietary fibres of sesame seed coats and date pulp, enriched with emulsifier. **Food Chemistry**. v.145, p.765–771, 2014.

ELLEUCH, M.; BESBES S.; ROISEUX O.; BLECKER C.; ATTIA H. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. **Food Chemistry**, p. 641-650, 2006.

EVANS, R. J. 8/: BANDEMER, S. L. Nutritive value of some oilseed proteins. **Cereal Chemistry**. v.44. p. 417, 1967.

FAO (ROMA) **Dados Agrícolas do FAOFAST**. Disponível em <<http://data.mongabay.com/commodities/category/1-Production/1-Crops/289-Sesame+seed/111-Seed/39-Chad>> Consultado em janeiro de 2015.

FIRMINO, P. de T. et al. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.

FUKUDA, Y.; OSAWA, T.; NAMIKI, M.; OZAKI, T.; Studies on antioxidative substances in sesame seed. **Agric. Biol. Chem. Tokyo**. v.49, p. 301-306. 1986.

GUERREIRO, L. Produtos de Soja. Dossiê Técnico. **REDETEC Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro**. Dezembro, 2006.

HWANG, L. S. e SHYU, Y-S, Antioxidative activity of the crude extract of lignan glycosides from unroasted Burma black sesame meal. **Food Research International**, p.357-365, jul. 2001.

IDE, T.; LIM, J.S.; ODBAZAR, T-O.; NAKASHIMA, Y. Comparative study of sesame lignans (Sesamin, Episesamin and Sesamolin) affecting gene expression. Profile and fatty acid oxidation in rat liver. **Journal Nutrition Science Vitaminol.** v.55, p.31-43, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos.** v. 1, 4 ed. Brasília, 2005. 1020p.

JAEKEL, L. Z.; RODRIGUES, R. S.; SILVA, A. P. Avaliação físico-química e sensorial de bebidas com diferentes proporções de extratos de soja e de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, 30(2): 342-348, abri-jun. 2010.

KAHYAOGLU, T., & KAYA, S. Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. **Journal of Food Engineering,** v.75, p.167-177, 2006.

KAPADIA, G.J; AZUINE M. A.; TOKUDA, H.; TAKASAKI, M. MUKAINAKA, T.; KONOSHIMA T.; NISHINO, H. Chemopreventive effect of resveratrol, sesamol, sesame Oil and sunflower oil in the epstein–barr virus early Antigen activation assay and the mouse skin two-stage Carcinogenesis. **Pharmacological Research,** Vol. 45, No. 6, 2002.

KAYA, S.; DENIZ, C.; KAHYAOGLU T.; KAPUCU S. Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. **Journal of food Engineering 87,** p.428-435, 2008.

KONG, W.; WEI, R.; LOGRIECO, A.F.; WEI, J.; WEN, J.; XIAO, X.; YANG, M. Occurrence of toxigenic fungi and determination of mycotoxins by HPLC-FLD in functional foods and spices in China markets. **Food Chemistry.** v.146, p.320–326, 2014.

LIMA, F. M.; BRUNINI, M. A.; MACIEL JÚNIOR, V. A.; MORANDIN, C. S.; RIBEIRO, C. T. Qualidade de leite UHT integral e desnatado, comercializado na cidade de São Joaquim da Barra, SP. **Nucleus Amimalium**. Vol. 1, n 1, maio, 2009.

LUIZ, D. J.; SIMÕES, B. N.; TAMOSTU, S. R.; CASALE, A. A. L. WALTER, S. E. H. Avaliação físico-química e microbiológica do leite UHT comercializado em três países do Mercosul (Brasil, Argentina e Paraguai). **Archivos latino Americanos de nutricion**. Vol. 60. n.3, 2010.

LUZ, L. M. ; SANTOS, M. S. ; CHEMIN, M. H. C. ; FRANCISCO, A. C. . Concentração do Extrato Hidrossolúvel de Soja. **4º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**. Ponta Grossa, p. 1-6, 2008.

MOHAMED, H. M. A., & AWATIF, I. I. The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. **Food Chemistry**, v.62, p.269-276, 1998.

MUNDIM, S. A. P. Elaboração de iogurte funcional com leite de cabra, saborizado com frutos do cerrado e suplementado com inulina. **Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola de Química**, Rio de Janeiro, 2008.

NAMIKI, M. The chemistry and physiological functions of sesame. **Food Review International**, v.11, p.281-329, 1995.

OSHODI, A.A., H.N. OGUNGBENLE AND M.O. OLADIMEJI. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamum radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours. **Journal of Food Scenci and. Nutrition**. v.50. p.325-331, 1999.

PEREIRA, D. G. **Obtenção do extrato de soja e okara por diferentes métodos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

PINHO, C. R. G. **Processamento de leite desnatado através da tecnologia de homogeneização a ultra alta pressão (HUAP).** Tese (Doutorando em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

PRUDÊNCIO, E. S.; BENEDET, H. D. Aproveitamento do soro de queijo na obtenção do extrato hidrossolúvel de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 97-101, 1999.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**. v.26, p.1231-37, 1999.

ROSSI JR, J. A.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144-158, 1965.

RODRIGUES, R.S., MORETTI R. H., Caracterização físico-química de bebida protéica elaborada com extrato de soja e polpa de pêssegos. **B.CEPPA**, Curitiba v. 26, n. 1, p. 101-110 jan./jun. 2008.

SANTOS, M. da S.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; BARROS, H. M. M.; SAMPAIO, M. V.; MARTINS, E. S. C. S. Produção de gergelim sob irrigação com água residuária tratada e adubação com torta de mamona. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.4, n.1, p.31-35, mar. 2009.

SHYU, Y.-S., & HWANG, S. L. Antioxidative activity of the crude extract of lignan glycosides from unfrosted Bruma black sesame meal. **Food Research International**, v.35, p.357-365, 2002.

SILVA, G.B.; NUNES, S.P.; TEIXEIRA, L.J.Q.; SARAIVA, S.H.; CARNEIRO, J.C.S.; SARTORI, M.A. Desenvolvimento e caracterização de extrato hidrossolúvel de gergelim. **XVI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**. Outubro, 2012a.

SILVA, G.B.; MOTEBELLER, D.C.; NUNES, S.P.; SARAIVA, S.H.; TEIXEIRA, L.J.Q.; JUNQUEIRA, M.S.; SARTORI, M.A. Influência da temperatura no processo de maceração para produção de extrato hidrossolúvel de gergelim. **XVI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**. Outubro, 2012b.

SILVA, J. B.; OLIVEIRA, G.B.A. DE; SILVA, S.O.; OLIVEIRA, E.F.; CAMPOS FILHO, P.J.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. Avaliação da Preferência Sensorial de Extratos Solúveis de Soja, obtidos de cultivares Especiais para a Alimentação Humana. **III Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**. 2009.

TASHIMA, E. H.; CARDELLO, H. M. A. B. Perfil Sensorial de Extrato Hidrossolúvel de Soja (*Glicine Max L. Merrill*) Comercial Adoçado com sacarose e com sucralose. **Boletim Ceppa**. Curitiba, v. 21, n. 2, p. 409-428, jul-dez. 2003.

YOSHIDA, H., SHIGEZAKI, J., TAKAGI, S., & KAJIMOTO, G. Variations in the composition of various acyl lipids, tocopherols and lignans in sesame seed oils roasted in microwave oven. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.63, p.407-415, 1995.

WANG, S. H.; FERNANDES, S. M.; CABRAL, L. C. Solubilidade de nitrogênio, dispersibilidade de proteína e propriedades emulsificantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 12-17, abr. 2000.

ZADINELLO, R. E.; COELHO, S. R. M., TEO, C. R. P. A.; NÓBREGA, L. H. P. Métodos de extração, formulação e avaliação sensorial de produto à base de extrato hidrossolúvel de soja. Revista Varia Scientia Agrárias, v.01, n.01, p.111-120, jan. 2010.