

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

**RODRIGO DO PRADO**

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE A EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE  
SOJA COM HEXANO E COM ÁLCOOL ANIDRO E AS DIFERENÇAS  
FÍSICO-QUÍMICAS NO FARELO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2014**

**RODRIGO DO PRADO**

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE A EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE  
SOJA COM HEXANO E COM ÁLCOOL ANIDRO E AS DIFERENÇAS  
FÍSICO-QUÍMICAS NO FARELO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, da Coordenação do Curso de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Msc. Luis Alberto Chavez Ayala

**PONTA GROSSA**

**2014**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE A EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA COM HEXANO E COM ÁLCOOL ANIDRO E AS DIFERENÇAS FÍSICO- QUÍMICAS NO FARELO**

por

**RODRIGO DO PRADO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em trinta de janeiro de 2014, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>o</sup>. Msc. Luis Alberto Chavez Ayala  
Prof. Orientador.

---

Prof. Dr, Luciano Fernandes  
Membro titular.

---

Prof. Dr. José Luiz F. da Trindade  
Membro titular.

“O original deste termo de aprovação encontra-se assinado pelos membros da banca examinadora no Departamento Acadêmico de Alimentos”.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que nele aprendi a crer e confio muito;

Agradeço a minha esposa e minha filha, Karine e Luiza, que são a grande razão em minha vida, obrigado por estarem sempre ao meu lado, me motivando todos os dias e me fazendo lutar pelos meus sonhos;

Agradeço a meus pais, João e Rosa, que me deram educação, amor e carinho, nos momentos em que mais precisei estiveram ao meu lado, tenho orgulho imenso do grande exemplo que são para mim, tudo o que tenho e sou devo a vocês, obrigado por serem meus pais;

Agradeço ao professor Luiz Alberto Chavez Ayala, pela grande ajuda na realização deste trabalho;

Agradeço aos meus amigos, Teddy, Sandro e Jussiane, pois em momentos difíceis nos contratempos que surgiram deram grande incentivo e apoio.

*“... Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já têm a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos...”*

*Fernando Pessoa*

*“... Para entender o coração e a mente de uma pessoa, não olhe para o que ela já conseguiu, mas para o que ela almeja...”*

*Khalil Gibran*

## RESUMO

PRADO, Rodrigo. **Avaliação Comparativa Entre a Extração do Óleo de Soja com Hexano e Álcool Anidro e as Diferenças Físico-químicas no Farelo**. 2014, 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Alimentos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

A soja é muito utilizada na alimentação animal e humana, e cada vez tem que buscar formas mais saudáveis para a obtenção de um produto menos agressivo para a saúde. O hexano por sua vez é ideal na extração de óleo de soja, pois apresenta todas as características necessárias para ser um solvente apropriado: não forma azeotropos, imiscível em solução aquosa, baixa faixa de temperatura de ebulição. Em contrapartida, apresenta grande inflamabilidade e é altamente tóxico. O presente estudo testa extrações com cinco amostras de soja coletadas aleatoriamente em testes comparativos entre o álcool anidro e o hexano, pois o álcool apresenta vantagens, como menor custo, redução do risco de inflamabilidade e não é tóxico para saúde animal e humano. Porém, pode arrastar alguns compostos indesejados como: umidade e carboidratos. A metodologia adotada é a AOCS, para teor de óleo bruto, proteína, umidade e acidez. As análises foram conduzidas em triplicatas para simulações com hexano e álcool anidro. Em todas as etapas dos testes, foram realizadas análises de óleo nos grãos de soja, proteína bruta no farelo resultante das extrações, teor de umidade e acidez. As análises realizadas com álcool anidro para teor de óleo e proteína bruta apresentaram aumento nos resultados em comparação às análises com hexano, Nas simulações para teor de umidade não houve diferença significativa entre os solventes utilizados, mas para acidez teve um aumento considerável. É possível afirmar que com a utilização de equipamentos adequados, o álcool anidro torna-se um bom substituto para o hexano.

**Palavras-chave:** Hexano. Álcool anidro. Inflamabilidade. Azeotropos. Análises físico-químicas.

## ABSTRACT

PRADO, Rodrigo. **Comparative Evaluation between the Extraction of Soybean Oil with Hexane and Anhydrous Ethanol and Physicochemical differences in Bran.** 2014, 32 f. Course Final Paper in Food Technology – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

Soybeans are widely used in animal and human feed, and increasingly it is necessary to seek healthier ways to obtain a less aggressive product health. The hexane is ideal for extracting soybean oil, due to it displays all needed characteristics to be a suitable solvent: it does not form azeotropes, immiscible in aqueous solution, low boiling temperature range. On the other hand, it demonstrates highly flammability and toxicity. The present study tests extractions with five soy samples randomly collected in comparative tests between hexane and anhydrous alcohol, as the alcohol has advantages such as lower cost, reduced risk of flammability and are not toxic to animal and human health. However, it can drag unwanted compounds as moisture and carbohydrates. The methodology adopted is on AOCS, content of crude oil, protein, moisture and acidity. The analyses were conducted in triplicate for simulations with hexane and anhydrous alcohol. At all stages of testing, analyses were performed at the oil in soybeans, crude protein in the bran resulting from extractions, moisture content and acidity. The analyses carried out with anhydrous alcohol to oil content and crude protein showed an increase in results. In the simulations for moisture content there was no significant difference, although acidity had considerably increased. Therefore, it can be said that with the use of suitable equipment, anhydrous alcohol becomes a good substitute for hexane.

**Keywords:** Hexane. Anhydrous alcohol. Flammability.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição físico-química média dos nutrientes nos grãos de soja.....	11
Tabela 2 - Resultados referêntes aos valores padrões de farelos exigidos pela RDC nº 795 de 15 de dezembro de 1993.....	16
Tabela 3 - Referênte as médias dos resultados comparativos de umidade entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.....	23
Tabela 4 - Referênte as médias dos resultados comparativos de proteína bruta entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.....	24
Tabela 5 - Referênte as médias dos resultados comparativos de acidez nos grãos de soja entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.....	24
Tabela 6 - Referênte as médias dos resultados comparativos na extração de óleo bruto nos grãos de soja entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.....	25

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1 SOJA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PRINCIPAIS APLICAÇÕES .....	12
2.2 EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA COM SOLVENTE HEXANO.....	12
2.2.1 Composição do Óleo de Soja .....	14
2.3 HEXANO.....	15
2.4 ÁLCOOL ANIDRO .....	15
2.5 LEGISLAÇÕES DE QUALIDADE PARA ÓLEO E FARELO DE SOJA.....	16
2.6 PRINCIPAIS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS QUALITATIVA NA SOJA E DERIVADOS .....	17
2.6.1 Proteína Bruta.....	18
2.6.2 Teor de Fibra .....	18
2.6.3 Teor de Cinzas.....	18
2.6.4 Atividade Ureática.....	19
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	20
3.1 PREPARO DAS AMOSTRAS .....	20
3.2 TEOR DE ÓLEO .....	20
3.3 TEOR DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ACIDEZ) .....	21
3.4 UMIDADE E MATÉRIA VOLÁTIL .....	21
3.5 PROTEÍNA BRUTA – MÉTODO DE KJELDAHL.....	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSÃO</b> .....	24
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	29
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	30



## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) já era cultivada pelos chineses há aproximadamente 5.000 anos atrás. Fisicamente era uma planta rasteira que se desenvolvia na costa leste da Ásia, e foi melhorada ao longo do tempo pelos próprios cientistas chineses. Até o final do século XV era cultivada como curiosidade nos jardins botânicos da Inglaterra, França e Alemanha. Só na segunda década do século XX que seu alto valor protéico começou a despertar grande interesse nas indústrias mundiais, a partir de então houve um crescimento acelerado de sua produção com o surgimento dos primeiros cultivares comerciais. No Brasil a soja foi introduzida em meados da década de 30, mas teve seu grande salto tecnológico a partir da década de 70, com o crescimento do cultivo no sul e após centro-oeste, devido à motivação pela elevação dos preços no mercado mundial. Desde então o país passou a investir na cultura para poder se adaptar as condições de clima e ter a alta produtividade que se tem nos dias atuais (EMBRAPA, 2005).

Em 2010 a produção mundial de soja alcançou a marca de 58% de toda a produção de grãos oleaginosos (Soystats, 2011), tornando-se o Brasil o segundo maior produtor mundial com 68,5 milhões de toneladas (IBGE, 2011).

O óleo de soja é amplamente consumido em todo mundo sendo o segundo mais consumido e está somente atrás do óleo de palma. Em 2010 o consumo de óleo de soja atingiu um consumo de 29%, sendo isso decorrente de seu baixo custo de produção e por apresentar alta qualidade para o consumo (Soystats, 2011).

Os óleos vegetais comestíveis são uma das principais fontes de gordura na dieta humana, são responsáveis por auxiliar a absorção de vitaminas lipossolúveis, vitaminas e antioxidantes, além de suprirem a necessidade energética para o corpo humano, é a principal fonte de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, os quais são de grande importância para o funcionamento do organismo. Estudos comprovam que para um homem adulto constituir uma dieta equilibrada deve conter cerca de 17 g/dia de ácido linoléico, o mesmo pode ser encontrado no óleo de soja, girassol, farelo de arroz, e cerca de 10 mg/dia de vitamina E, entre outros antioxidantes que estão presentes nos óleos (Institute of Medicine, 2005).

Desde o início do século 20, há estudos de utilização do etanol como solvente para extração de óleos vegetais. Os japoneses utilizaram industrialmente o etanol na extração do óleo de soja na década de 30, mas a produção foi interrompida, pois o etanol apresentava alto custo em relação ao hexano (Hron et al., 1982; Johnson e Lucas, 1983).

Segundo Rodrigues (2011) devido ao grande interesse de substituir o hexano por outros solventes alcoólicos podem apresentar muitas vantagens do ponto de vista ambiental, pois o mesmo é produzido por via biotecnológica, não causa risco à saúde, devido ao seu menor grau de inflamabilidade e não gera resíduos tóxicos, apresenta grandes vantagens do ponto de vista econômico, uma vez que é facilmente recuperado para ser reaproveitado no processo, e o etanol é produzido em larga escala no Brasil.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é comparar a eficiência na extração do óleo vegetal de soja com álcool anidro e o hexano em uma unidade moageira de soja localizada na região dos campos gerais estado do Paraná.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Identificar as possíveis variáveis físico-químicas através da determinação do teor de óleo e a acidez na soja *in natura*, comparar o teor de proteína e umidade no farelo resultante da extração.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SOJA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Segundo RIBEIRO (2005) a soja apresenta um grande potencial econômico devido a sua elevada capacidade produtiva, e por apresentar características agrônômicas favoráveis e em sua composição química. Apresenta em média na sua composição 40% de proteínas, 20% de óleo, 35% de carboidratos (açúcares como glicose, frutose e sacarose, fibras e os oligossacarídeos como refinose e estaquiose) e 5% de minerais. Para FUNDAÇÃO CARGILL (2009) atualmente a soja é utilizada como produto e subproduto na agroindústria de alimentos e química. Como sua proteína é incorporada e diversos produtos alimentícios e apresenta um alto valor biológico que se equipara a de diversos produtos de origem animal e está presente na indústria de adesivos, alimentação animal, formulador de espumas, adubos, fabricação de fibras entre outras. Assim como o óleo que está presente na alimentação tanto humana como animal e na indústria de biodiesel.

A tabela 1 demonstra a composição físico-química em média da soja *in natura* em termos gerais em seus nutrientes.

**Tabela 1: Composição físico-química média dos nutrientes nos grãos de soja.**

Proporção de Nutrientes a cada 100g de Soja					
Energia	Umidade	Proteínas	Lipídios	Carboidratos	Cinzas
				<b>Açúcares fibras</b>	
417 Kcal	11 g	38 g	19 g	23g / 4g	5g

Fonte: Embrapa 2005.

### 2.2 EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA COM SOLVENTE HEXANO

Define-se como extração por solvente, um processo de transporte de massa que tem por objetivo de separar um ou mais componentes em uma mistura. No caso dos óleos vegetais, o óleo bruto é separado via solvente dos carboidratos e proteínas que ficaram retidos no farelo resultante da extração. Diversos solventes

têm sido utilizados comercialmente, mas o hexano é mais comumente empregado pelos processadores de óleos vegetais. Durante o processo de extração há interação de mecanismos de lixiviação, lavagem, difusão e diálise (Williams, 2005; Becker, 1978).

Para Kamper (2005), a eficiência da extração sólido-líquido, depende em grande parte do tratamento prévio dado a matriz oleaginosa. Basicamente semente oleaginosas como a soja necessitam sofrer uma primeira quebra nos grãos em 4 partes, e uma nova quebra restando assim 8 partes por moinhos. As partículas finas serão separadas por aspiração em um sistema de vácuo. As partes da soja quebrada serão conduzidas a cozedores de até 60°C com a finalidade de facilitar o processo de laminação dos pedaços por rolos. As partículas laminadas devem apresentar uma espessura média de 0,3 a 0,4 mm e de 8 a 18 mm de diâmetro.

Este material oleaginoso laminado já pode ser utilizado na extração, no entanto é viável aumentar ainda mais a eficiência de transferência de massa transformando os flocos em pellets esponjosos pela injeção de vapor. O processo de transformação dessas lâminas em pellets ocorre quando há exposição das lâminas sob aquecimento (90 a 110°C) e vapor indireto transformando os flocos em *pellets* esponjosos nos quais facilitara a percolação do solvente entre meio a massa aumentando assim a eficiência de extração. Os equipamentos utilizados para esta etapa do processo são comumente chamados de *Expanders* e o material oleaginoso resultante é chamado de material expandido (EMPRAPA, 2001).

Para Raiz (2005), o processo de extrusão aumenta a superfície de contato entre os sólidos com o solvente, traz como vantagem a inativação de fatores antinutricionais presentes nesses materiais oleaginosos. Em termos de processos, traz como vantagens facilidade na percolação e drenagem do solvente, e como consequência um menor consumo de energia no processo de dessolventização do farelo resultante da extração.

A figura 1 demonstra de maneira simplificada como funciona o processo de extração de óleos vegetais por solvente.

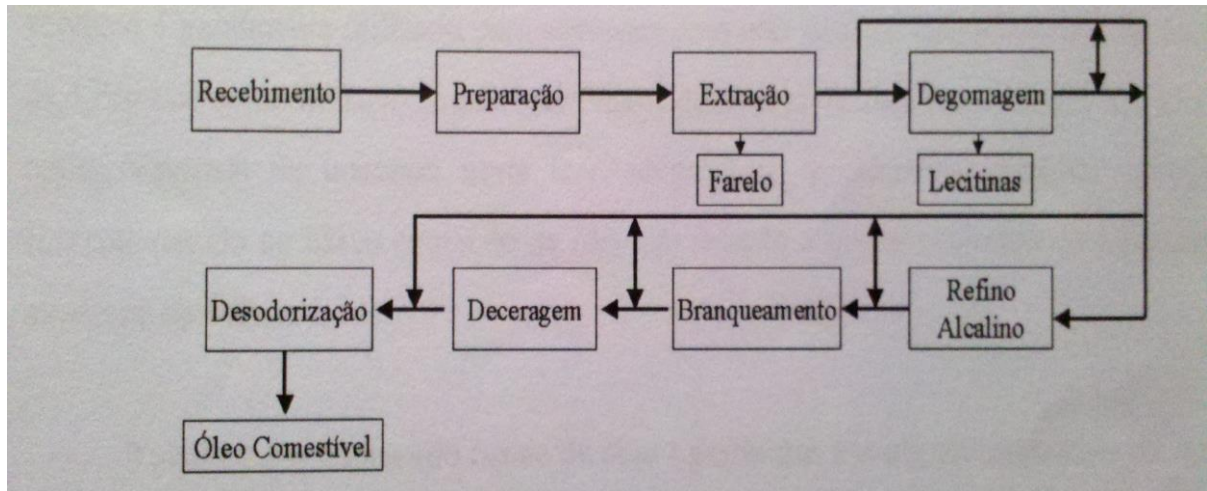


Figura 1: Processamento integrado de extração para óleos diversos. Fonte: Anderson, 2005.

Segundo Rosenthal et. al., (1996) explica que a maior parte do óleo é extraída durante o momento da ruptura das células sendo o mecanismo de transferência pelo fluxo capilar, para que ocorra de maneira eficiente depende da viscosidade do solvente e da miscela, que irá percolar na massa e das condições operacional. Uma pequena parte do óleo residual deve ser transferido por osmose e esta etapa do processo depende intimamente das moléculas de óleo e solvente.

### 2.2.1 Composição do Óleo de Soja

O óleo de soja bruto apresenta baixa acidez livre, cerca de 0,3 à 0,7%, quando comparado há outros tipos de óleos vegetais com índices entre 1,9 à 2,8% de fosfolipídios. Substancialmente todos os triacilgliceróis que compõem o óleo de soja possuem 2 ácidos graxos insaturados sendo que 57% é oriundo do ácido graxo linoléico e o ácido linolênico corresponde a 10% dos ácido graxos totais presentes no óleo de soja. A matéria insaponificável do óleo de soja, cerca de 1,5% do óleo, 16% são formados de esteróis (2000 a 4000 mg/kg), 8,5% de tocoferóis (600 a 3400 mg/kg) e 26% de hidrocarbonetos (Firestone, 1999; Swern, 1964; Hammond et al., 2005).

### 2.3 HEXANO

Hexano é o solvente mais utilizado para extração do óleo de soja, pois satisfaz diversas exigências para um solvente apropriado, incorporando-se facilmente com o óleo, não afeta outros componentes dos grãos da soja, é imiscível em solução aquosa com a qual não forma azeotropos, possui composição homogênea, estreita faixa de temperatura para ebulição, no entanto apresenta algumas desvantagens como: custo elevado e alta inflamabilidade. Assim num futuro próximo será interessante desenvolver estudos sobre o uso de outros solventes como por exemplo o etanol (EMBRAPA, 2001). Segundo Hammond et al. 2005, o hexano é conhecido industrialmente com hexano, e apresenta em sua composição de 45 a 70% de n-hexano, que é considerado uma neurotoxina devido sua alta toxicidade já comprovada nos Estados Unidos da América. O hexano se tornou o solvente mais utilizado para extração de óleos devido, a algumas características bastante particulares para a extração de óleo devido principalmente, a sua alta estabilidade, baixa corrosão, baixo conteúdo de óleo residual e um menor odor no farelo desengordurado (Williams, 2005; Johnson e Lucas, 1983; Christensen, 1983).

Durante o processo de extração há liberação de vapores altamente tóxicos que são desprendidos para o meio ambiente, além de provocar subseqüentes explosões em tanques de estocagem, nos extratores e nos equipamentos de recuperação do solvente durante a dessolventização do farelo e do óleo (Landucci et al., 2011; Wakelyn e Wan, 2006).

### 2.4 ÁLCOOL ANIDRO

Com o crescente interesse pela substituição do hexano na extração de óleos vegetais por solventes alcoólicos, além do aspecto ambiental existe o econômico. Uma vez que também oferece mais segurança ao processo produtivo devido a sua menor inflamabilidade e é considerado seguro a saúde humana. Um solvente deve ser considerado adequado quando facilita a separação das fases e é necessário ter alta solubilidade a elevadas temperaturas e baixa solubilidade em temperatura ambiente para que aja separação do solvente com o óleo em temperatura ambiente,

isso pode ser observados em alcoóis de cadeia curta (Hammond et al., 2005; Johnson e Lucas, 1983).

Segundo Sato e Ito (1932), a possibilidade da utilização de álcool etílico para a solubilização de óleo de soja, descrevendo como principal vantagem econômica e operacional, que havia a separação do solvente mais óleo extraído com o simples resfriamento da miscela.

Segundo Jhonson e Lucas et al. 1983, alcoóis de cadeia curta apresentam alta seletividade a triacilgliceróis, deixando no farelo desengordurado fosfolipídios, ceras e ácidos graxos livres, e o solvente alcoólico se demonstra inerte ao contato com equipamentos minimizando gastos com manutenção.

## 2.5 LEGISLAÇÕES DE QUALIDADE PARA ÓLEO E FARELO DE SOJA

Segundo a portaria nº 795 de 15 de dezembro de 1993, têm por objetivo definir um padrão de identidade para a comercialização do farelo de soja seja em mercado interno ou externo em todas as suas etapas de produção, armazenamento e distribuição. Entende-se por farelo de soja o produto resultante da extração do óleo dos grãos de soja (*Glicine max*), por processo mecânico e/ou químico.

A tabela 2 especifica as características físico-químicas que deve compor o farelo produzido com as seguintes características:



**Tabela 2: Resultados referêntes aos valores padrões de farelos exigidos pela RDC nº 795 de 15 de dezembro de 1993.**

<b>Tipos de Análises</b>	<b>Farelo tipo 1 (Hipro)</b>	<b>Farelo tipo 2 (Pellet)</b>	<b>Farelo tipo 3 (Lowpro)</b>
<b>Teor de Umidade</b>	Máximo de 12,5%	Máximo de 12,5%	Máximo de 12,5%
<b>Teor de Proteína</b>	Mínimo de 48%	Mínimo de 46%	Mínimo de 44%
<b>Residual de Gordura</b>	Máximo de 2,5%	Máximo de 2,5%	Máximo de 2,5%
<b>Teor de Fíbrea</b>	Máximo 5%	Máximo 6%	Máximo 7%
<b>Teor de Cinzas</b>	Máximo 6%	Máximo 6%	Máximo 6,5%
<b>Teor de Sílica</b>	Máximo de 0,3%	Máximo de 0,5%	Máximo de 0,5%
<b>Atividade Ureática</b>	pH na faixa de 0,05 a 0,25	pH na faixa de 0,05 a 0,25	pH na faixa de 0,05 a 0,25
<b>Matérias Estranhas</b>	Insento	Insento	Insento

**Fonte: MAPA, RDC 795 de 15 de dezembro de 1993.**

Para o óleo resultante do processo de extração pode se obter um teor de aproximadamente 20% de óleo bruto (Ribeiro, 2005).

## 2.6 PRINCIPAIS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS QUALITATIVA NA SOJA E DERIVADOS

As análises físico-químicas qualitativas surgiram como forma de proteger o consumidor de possíveis adulterações em produtos da soja e seus derivados, a presença de matérias estranhas como casca, detritos vegetais, corpos estranhos ou até mesmo substâncias químicas de qualquer natureza, que não sejam oriundos da espécie ou não faça parte da cultura da soja, é considerado um agente adulterante, ou seja, uma matéria estranha presente no produto.

### 2.6.1 Proteína Bruta

São compostos orgânicos contendo Nitrogênio, Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, e algumas vezes contêm Fósforo ou Enxofre. Cada proteína consiste em uma cadeia de amino-ácidos interligados por ligações peptídicas. As proteínas são importantes porque são constituintes essenciais de todas as células vivas, a vida animal pode ser mantida por longos períodos apenas por ingestão de proteínas (água e um pouco de sal incluso), enquanto que gorduras e carboidratos não têm a mesma eficiência. As proteínas da soja possuem um alto valor biológico e nutricional assemelhando-se às de origem animal, ai surge tal importância de se medir o teor de proteína no farelo de soja desengordurado.

### 2.6.2 Teor de Fibra

Originalmente os carboidratos encontrados nos farelos residuais são iguais aos que compõe as sementes de soja originais no caso os açúcares (hexoses, glicose, frutose) e carboidratos complexos como Amidos, Celulose, Pentosas e Hemiceluloses. Os carboidratos complexos supracitados contituem as paredes das células das plantas, apresentam baixa digestibilidade podendo ser digeridas apenas por ação bacteriana (trato gastrointestinal de ruminantes). De maneira simplificada fibra é todo o composto de difícil digestão, e apresenta grande importância, pois a sua detreminação reside no fato de que em excesso deprecia a qualidade do farelo residual.

### 2.6.3 Teor de Cinzas

É o residuo inorgânico remanescente após a queima da matéria orgânica de um produto alimentício. O conteúdo de mineral para farelo de soja não é elevado aproximadamente 6%, mas tem relevante importância como cada produto apresenta um percentual característico de cinzas, o conteúdo de mineral é um ótimo indicativo sobre a qualidade do mesmo. Assim, quando o teor de cinza de um produto está muito acima da faixa considerada normal é um indicativo de adulteração, pois algumas vezes os adulterantes que aumentam a % de cinzas são detectados como

areia/sílica, nesses tipos enquadram-se argilas, alguns metais, Coalim e Bentonita, mas também podem ser utilizados outros adulterantes que não aumentam o resultado de areia/sílica no caso os carbonatos e a casca de arroz que aumenta tanto a matéria mineral com o teor de fibra do produto adulterado.

#### 2.6.4 Atividade Ureática

O farelo de soja além de conter proteínas de excelente qualidade, vitaminas, fatores de crescimento e componentes minerais que o torna um farelo de alto valor biológico, apresenta dois fatores inibidores desses nutrientes: a ação anti-tripsina e hemaglutina. A anti-tripsina na soja e seus subprodutos impede a utilização completa de suas proteínas pelos organismos dos animais não ruminantes, o responsável pela ação da anti-tripsina é um composto protéico tipo globulina insolúvel em água. A hemaglutina é uma albumina, solúvel em água e têm a capacidade de aglutina os glóbulos vermelhos do sangue dos animais e do homem. Como o fator anti-tripsina, a hemaglutina são termo-sensíveis, sendo possível por meio de tratamento termico relativamente simples, inativa-los, eliminando sua ação prejudicial.

Existe no farelo de soja uma enzima chamada “urease”, sua presença é característica na soja apresenta resistência ao calor praticamente igual aos fatores anti-tripsina e hemaglutina. Sendo assim tornou-se a determinação da atividade ureática do farelo como sinal para a presença ou ausência dos fatores supracitados, pois como a análise dos fatores anti-tripsina e hemaglutina é muito complicada emprega-se a análise da atividade ureática como fator determinante para a qualidade no farelo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas em uma unidade processadora de soja localizada na região dos campos gerais no estado do Paraná.

As coletas das amostras foram realizadas em cinco dias de forma aleatória, em 2 kg de amostra composta, será quarteada com aproximadamente 500g de soja *in natura* da qual coletará em nove pontos aproximadamente 100g de amostras *in natura* e acondicionadas em cápsulas de alumínio para posterior pré-secagem e se possa ser moída. Às amostras restantes foram acondicionadas individualmente em uma embalagem de plástico lacrável para ter uma amostra que possa ser usada como uma contraprova caso seja necessário mais repetições das análises. E após essas etapas iniciaram-se as análises físico-química no laboratório de qualidade na própria unidade processadora de soja, as respectivas análises foram realizadas em triplicata. As análises serão realizadas seguindo os métodos da AOCS (1998).

#### 3.2 TEOR DE ÓLEO

Foi realizado utilizando o método de Soxhlet seguindo a metodologia da AOCS Aa 4-38 (1998), onde as amostras tanto com a utilização do solvente hexano ou com o álcool foram colocadas em triplicatas, por durante 4 horas de extração sob chapa elétrica e por fim mais 1 hora. O balão coletor foi levado para estufa 130°C com variação de 3°C para mais ou para menos para evaporar todo o residual de solvente que possa conter na amostra, depois houve o resfriamento do balão coletor e a pesagem para a aferição do resultado final da análise.

Para a determinação do percentual total de óleo presente na massa foi utilizado o seguinte cálculo:

$$\text{Óleo na amostra moída \%} = (P2 - P1) \times 100: PA$$

Onde:

P1 = Peso inicial do balão coletor;

PA = Peso da amostra;

P2 = Peso final do balão com óleo.

### 3.3 TEOR DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES (ACIDEZ)

Este método tem por objetivo determinar a quantidade em mg de hidróxido de sódio necessário para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em 1g aproximadamente de óleo removido no processo de extração com os solventes envolvidos nos testes, tomando como referência a metodologia da AOCS Ca 5a-40 (1998). Foram pesados aproximadamente 100g da amostra moída em um Becker de 500 ml e adicionado 300 ml de cada uma dos solventes em seus respectivos ensaios, depois de realizado três agitações em intervalos de 10 minutos entre cada uma delas aguda-se a amostra decantar e filtrar o líquido sobrenadante para um balão de 250 ml evapora-se o solvente e realiza-se a titulação com NaOH com o indicador de fenolftaleína para determinar o teor de acidez.

Para determinar o resultado total de ácidos graxos livres foi utilizado o seguinte cálculo:

$$\text{Ácidos graxos livres como ácido oléico \%} = \text{VG} \times \text{N} \times 2,82 : \text{PA}$$

Onde:

VG = Volume gasto na titulação;

N = É a normalidade da solução de NaOH utilizada para realizar a titulação;

PA = Peso da amostra.

2,82 = É referênte ao peso molecular do Ácido Oleico (282 / 100), utilizado para simplificar o cálculo.

### 3.4 UMIDADE E MATÉRIA VOLÁTIL

Determinou-se a umidade nos produtos especificados ou em qualquer outro material que é volátil sob as condições desse método. Considera-se como primeira umidade a análise de qualquer amostra desde que não tenha sofrido nenhum tipo de

moagem. Para a realização deste teste foi seguido a metodologia da AOCS Ba 2<sup>a</sup>-38, em triplicata para os farelos oriundos das extrações com o álcool e com o hexano, nas amostra sem qualquer tipo de moagem, utilizando latas de alumínio com tampa de vedação e estufa de ventilação a 127°C a 133°C por 2 horas para poder se determinar o teor de umidade.

Para o presente teste foi utilizado o seguinte cálculo para a determinação de umidade:

$$\% \text{ Umidade e Matéria Volátil} = (P1 - P2) \times 100 : PA$$

Onde:

P1 = Peso acumulado (lata + amostra) antes de realizar a análise;

P2 = Peso acumulado final (lata + amostra) depois da análise;

PA = Peso da amostra.

### 3.5 PROTEÍNA BRUTA – MÉTODO DE KJELDAHL

Nesse método determinou-se o teor total de nitrogênio presente na amostra que será convertido em valor protéico multiplicando o teor total de nitrogênio vezes 5,14. Nesta análise utiliza-se a metodologia da AOCS Ba 4d-90, que determina-se o teor de proteína utilizando 1,1700g de amostra com variação máxima de até 1,1750g em um digestor de proteína que se baseia em uma inicial digestão ácida com a utilização de catalisadores e por fim uma destilação alcalina usando os farelos resultantes das extrações testes com hexano e as com álcool anidro para a verificação de variações de proteínas entre as amostras teste.

Para a obtenção dos resultados obtidos nos teste, foi utilizado o seguinte calculo:

$$\% \text{ de proteína} = (Pb - Vg) \times 100 \times 5,14 \times 0,1N \times 0,017032 \times F : PA$$

Onde:

Pb = mL de NaOH gasto na provava em branco;

Vg = mL de NaOH gasto na titulação;

F = Valor obtido na fatoração do NaOH 0.1N;

0,017032 = Equivalente grama da amônia (17,032 gramas por mol);

0,1N = Normalidade do NaOH;

5,14 = Conversão para proteína vegetal;

100 = Porcentagem;

PA = Peso da amostra.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a avaliação de umidade foi possível perceber que a mesma não sofreu variação significativa entre as amostras testadas, para cada análise considerou-se uma margem de erro analítico que é uma variação mínima permitida de 0,3%. Conforme Tabela 3 podem-se verificar os resultados entre os testes com hexano e álcool anidro.

**Tabela 3: Referente as médias dos resultados comparativos de umidade entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.**

n° de Amostras	Hexano	Álcool Anidro
n° 1	12,44	12,63
n° 2	12,96	13,45
n° 3	13,06	13,21
n° 4	12,55	12,62
n° 5	12,76	12,84

Fonte: Autoria Própria.

Ressalta-se é que os resultados de umidade estão um pouco acima do máximo permitido pela legislação que é de 12,5%, mas isso é oriundo de grãos de soja que está com a umidade fora do ideal para o processo de moagem.

No processo de análise de proteína foi possível comprovar que realmente ocorre um refino na etapa de extração que causa o aumento do valor de proteína bruta na extração com álcool anidro em relação à extração com hexano nas condições e disposições de equipamentos que havia no laboratório foi possível obter uma diferença entre 4 e 5% a mais de proteína para as amostras correspondentes as extrações com álcool anidro.

A Tabela 4 foi possível verificar com maior contundência essas diferenças para os valores protéicos de cada análise com os respectivos farelos.



**Tabela 4: Referente as médias dos resultados comparativos de proteína bruta entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.**

n° de Amostras	Hexano	Álcool Anidro
n° 1	48,87	52,76
n° 2	48,86	53,57
n° 3	49,31	53,58
n° 4	49,37	53,91
n° 5	49,26	53,74

**Fonte: Autoria Própria.**

Durante o processo dos testes com a extração do óleo dos grãos para realizar a análise de acidez vale ressaltar que houve uma variação significativa para o aumento no teor de acidez nas extrações com álcool anidro em relação aos testes com hexano, as amostras já se apresentavam com grãos em início de ardência o que causou um aumento nos pigmentos que escurecem o óleo e também essa ardência nos grãos causam o início de rancificação, elevando assim a acidez do mesmo até nas análises feitas com o hexano, e apresentou resultados ainda maiores com o álcool anidro.

Na Tabela 5 foi possível verificar com maior contundência os valores médios para os resultados de acidez realizados em todas as amostras.

**Tabela 5: Referente as médias dos resultados comparativos de acidez nos grãos de soja entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.**

n° de Amostras	Hexano	Álcool Anidro
n° 1	1,12	1,37
n° 2	1,01	1,36
n° 3	1,03	1,33
n° 4	1,16	1,53
n° 5	0,99	1,38

**Fonte: Autoria Própria.**

Vale ressaltar que o processo de degomagem e posterior refino do óleo bruto são realizados de maneira para que possam ser retirados os compostos indesejáveis

aos processos, pois o óleo quando recém extraído da soja ele é muito rico em diversas substâncias que irão acelerar o processo de oxidação do óleo. Segundo Rodrigues (2011) de modo geral extração de óleo com a utilização de etanol possibilita uma forma de se aliar a extração alcoólica com uma posterior técnica de desacidificação por um processo de extração líquido-líquido, pois a extração com o etanol causa um aumento no teor de acidez complicando muito o processo de degomagem e refino. A idéia é que na mistura óleo – solvente resultante do extrator sólido – líquido, resfrie-se para que posteriormente ocorra uma separação entre o solvente e o óleo formando duas fases líquidas o que possibilitaria a pré-recuperação do solvente sem a necessidade de gastos energéticos, e a fase rica em óleo seria submetida a uma desacidificação por extração líquido-líquido.

Nos testes de extração de óleo dos grãos de soja também foi possível confirmar um aumento considerável no teor de óleo bruto, durante os teste foi observado que os óleos residuais oriundo das extrações com álcool anidro formavam aglomerado de gordura no meio do óleo, ou seja, formavam alguns grumos de goma (com teor aprox. de 50% de umidade). Em condições normais o teor de óleo fica em torno de aproximadamente 20%, em uma extração utilizando o hexano, com o uso de álcool anidro ou qualquer outro solvente de fonte biorenovável não se sabe exatamente qual é o rendimento, durante os ensaios realizados foi possível obter resultados aproximadamente 4% maiores do que os resultados com hexano.

A Tabela 6 demonstra os resultados medios para cada amostra sendo possível observar cada valor obtido.

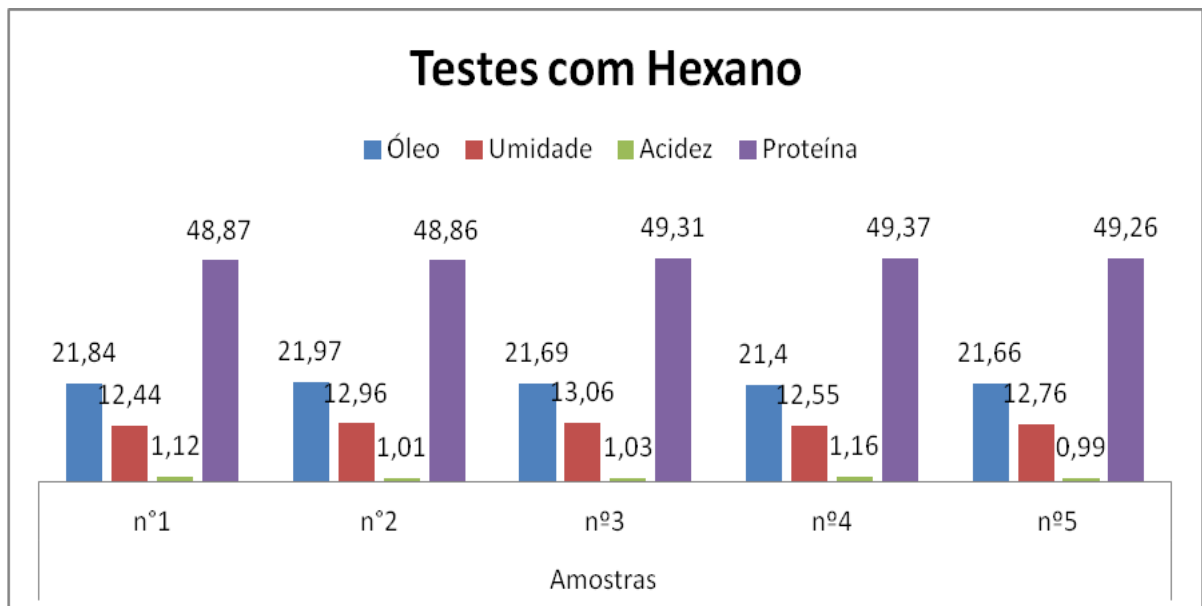
**Tabela 6: Referênte as médias dos resultados comparativos na extração de óleo bruto nos grãos de soja entre os testes com Hexano e Álcool Anidro expressos em %.**

n° de Amostras	Hexano	Álcool Anidro
n° 1	21,84	25,51
n° 2	21,97	25,31
n° 3	21,96	25,92
n° 4	21,4	25,65
n° 5	21,66	25,37

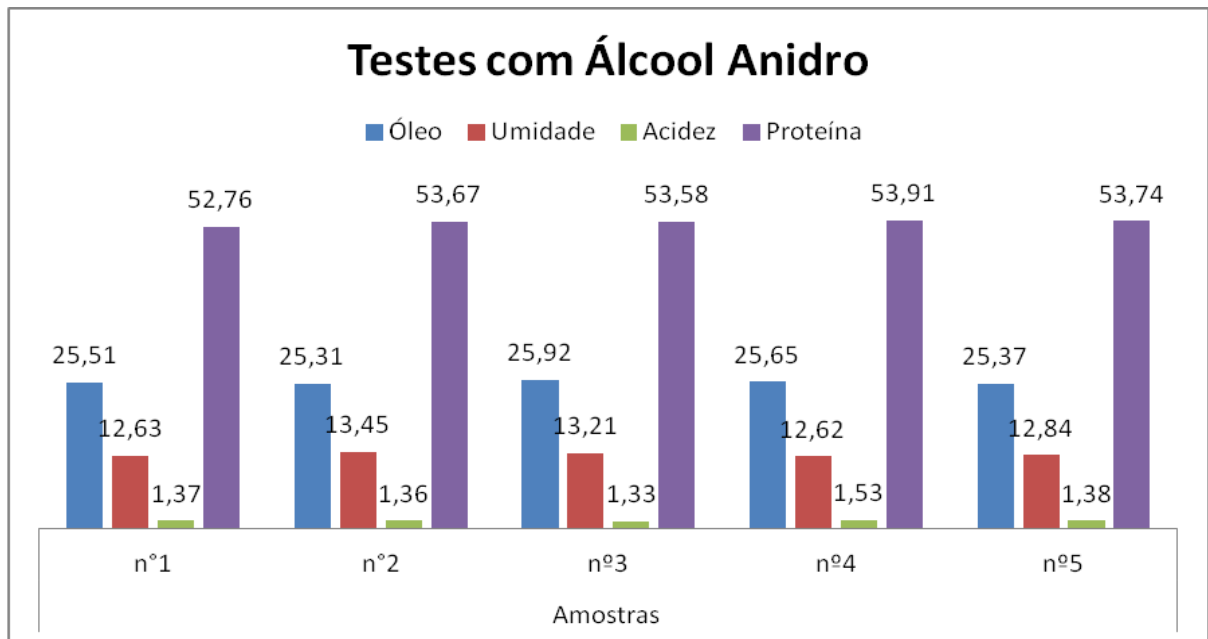
Fonte: Autoria Própria.

Segundo Rodrigues (2011) no processo de extração utilizando solvente etanólico em testes com farelo de arroz foi possível obter um óleo com alto valor nutricional, pois o etanol aumenta os valores entre ácidos graxos insaturados e saturados em uma proporção de aproximadamente 4,0:1, eleva os valores para os ácidos linoléico e palmítico acima de 2,7:1, além de causar uma razão mássica entre os ácidos linolênico e oléico próximo a 1. Sendo assim pode-se afirmar que esses componentes que são arrastados durante a extração com o uso do álcool anidro faz com que aumente os níveis de proteína bruta.

As imagens 2 e 3 são gráficos com os resultados médios para todas as análises em comparativo entre o Hexano e o Álcool Anidro.



**Figura 2: Demostra os resultados médios de todas as análises para os testes com Hexano. Fonte: Autoria Própria.**



**Figura 3: Demostra os resultados medios de todas as análises para os testes com Álcool Anidro expressos em %. Fonte: Autoria Própria.**

Durante os testes realizados foi possível observar que ao realizar as extrações para atingir o gotejamento necessário de 140 a 160 gotas por minutos segundo o procedimento adotado para realização do presente trabalho as amostras com hexano eram mantidas na manta aquecedora com aproximadamente 140°C de temperatura em contra partida as amostras com álcool anidro foi mantida na temperatura máxima em torno de 190 a 200°C. Isso causou um consumo considerável no gasto de energia para realizar as extrações.

## 5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos podemos concluir que essa substituição não seja economicamente viável, pois apesar de realmente deixar o farelo resultante da extração com um teor maior de proteína, ter menor custo, menos inflamável, ser oriundo de fonte renovável e não oferecer riscos a saúde, traz em contra partida a necessidade de realizar um processo de desacidificação do óleo bruto extraído, além de ser preciso aumentar os estágios de banhos independentemente do solvente alcoólico e de sua viscosidade, pois o mesmo também requer um consumo energético maior pela diferença do ponto de ebulição entre o álcool anidro em relação ao hexano. Para teor de umidade não houve variação significativa, amostras de farelos resultantes das extrações com álcool anidro se mantiveram com resultados muito próximos aos resultados dos farelos oriundos das extrações com hexano. Na variável de acidez já demonstra a mesma situação verificada com a extração de óleo quando resulta da extração com álcool anidro acaba por aumentar a acidez do teor de óleo resultante do ensaio. Realmente aumenta o teor de proteína de maneira positiva sendo isso muito considerável, mas com o teor de óleo acaba sendo um aumento não interessante, pois o residual de óleo que fica traz como necessidades além de ser preciso ser desacidificado também se deve fazer uma filtragem para retirar as gomas que se formam em meio ao óleo.

É importante destacar que é necessários mais estudos a respeito da utilização do álcool anidro ou outro tipo de solvente alcoólico, principalmente um estudo *in locuo* para verificar a possibilidade real em produção de larga escala.

## 6 REFERÊNCIAS

Anderson, D. (2005). **A Primer on Oils Processing Technology**. F. Shahidi (editor), Bailey`s Industrial Oil and Fat Products, (p 6-30). New Jersey: Jhon Wiley and Son.

AOCS (1998). **Official metholds and recommended practices of the American Oil Chemists` Society**. Press, 3 ed., Champaing, v. 1-2.

BECKER, W. (1978). **Solvent Extraction of Soybeans**. Journal of the American Oil Chemists` Society, 48, 753-759.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Portaria nº 795 de 15 de dezembro de 1993**. Disponível em: <[www.engetcno.com.br](http://www.engetcno.com.br)> acesso em 05 de jan de 2014.

CHRISTENSEN, P. L. (1983). **Solvent Extraction: Recent Developments**. Journal of the American Oil Chemists` Society. 60, 213-215.

DEVITTE, LILIANE ROBERTA, FUCHZ PATRICIA ANHAIA. **Avaliação e Comparação da Qualidade de Óleos Refinados de Soja Comercializados no Brasil**. Campo Mourão: UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso Superior de Tecnologia e Processamento de Alimentos Vegetais, 2010.

EMBRAPA (2005). **Tecnologia de Produção de Soja – Região Central do Brasil**. Londrina – Pr. 2005.

FIRESTONE, D. (1999). **Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, end Waxes**. AOCS Press. Washington D.C.

FUNDAÇÃO CARGILL. **Soja: uma caminhada sem fim**. CCD. Brasil, 2009.

HAMMOND, E. G., JOHNSON, L. A., SU, C., WANG, T. & WHITE, P. J. (2005). **Soyban Oil**. In: F. Shahidi (Editor), Bailey`s Industrial Oil end Fat Products, (p 577-653). New Jersey: John Wiley end Sons.

HRON, R. J., KOLTUN, S. P. & GRACI Jr., A. V. (1982). **Biorenewable Solvents for Vegetable end Oil Extraction**. Journal of the American Oil Chemists` Society, 59, 674A – 685A. .

IBGE. (2011). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Brasil. Disponível em < [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> acessado em 07 de dez de 2013.

INSTITUTE OF MEDICINE, (2005). NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein end Amino Acids (Macronutrients)**. Washington, DC: The National Academies Press.

IUPC, (1979). **Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives**. 6 th edition, part 1. PAQUOT. C. editor, Pergamon Press.

JOHNSON, L. A. & LUCAS, E. W. (1983). **Comparison of altarnative solvents for oils extractions**. Journal of the American Oil Chemists` Society, 60(2), 229-242.

KEMPER, T. G. (2005). **Oil Extraction**. In: F. Shahidi (editor), Bailey`s Industrial Oil and Fat Products, (p 46-70). New Jersey: John Wiley and Sons.

LANDUCCI, G., NUCCI, B., PELAGAGGE, L., & NICOLELLA, C. (2011). **Hazard Assessment of Edible Oil Refining: Formation of Flammable Mixtures in Storage Tanks**. Journal of Food Engineering, (p 106-110).

MANDARINO, JOSÉ MARCOS GONTIJO. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

RAIZ, M. N. (2005). **Extrusion Processing of Oilseed Meals for Food and Feed Production**. In: F. Shahidi (editor), Bailey`s Industrial Oil and Fat Products, (p 356 – 420). New Jersey: John Wiley and Sons.

ROSENTHAL, A., PYLE, D. L., & NIRANJAN, K. (1996). **Aqueous and Enzymatic Processes for Edible Oil Extraction**. Enzyme and Microbial Technology, 19, 403-417.

SATO, M. & ITO, C (1932). **Method of Extracting Fatty Oil**. Patente Americana 1892366.

SOYSTAST. (2011). Disponível em <[www.soystats.com](http://www.soystats.com)> acesso em 06 de Nov de 2013.

SWERN, D. (1964). **Bailey`s Industrial Oil end Fat Products**. John Wiley end Sons. Terceira Edição.

VRIESMAN, DRIELLY PATRICIA. **Conserva de Soja**. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Coordenação de Tecnologia em Alimentos, Curso Tecnologia em Alimentos, 2009.

WAKELYN, P.J. & Wan, P. J. (2006). **Solvent Extraction to Obtain Edible Oil Products**. In: C.C Akoh (editor), Handbook of Functional Lipids, (p. 75-122). Boca Raton: CRC Press.

WILLIAMS, M. A. (2005). **Recovery of Oils and Fats from Oliseeds and Fatty Materials**. In: F. Shahidi (editor), Bailey`s Industrial Oil and Fat Products, (p. 95-103). New Jersey: John Wiley and Sons.