



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA



THYAGO DO AMARAL SOUZA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO TEOR DE ÓLEO NA BORRA EM DIFERENTES
PROCESSOS DE REFINO DO ÓLEO BRUTO DE SOJA**

UBERLÂNDIA

2023

THYAGO DO AMARAL SOUZA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO TEOR DE ÓLEO NA BORRA EM DIFERENTES
PROCESSOS DE REFINO DO ÓLEO BRUTO DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros

UBERLÂNDIA

2023

THYAGO DO AMARAL SOUZA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO TEOR DE ÓLEO NA BORRA EM DIFERENTES
PROCESSOS DE REFINO DO ÓLEO BRUTO DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros

Uberlândia, 16 de Junho de 2023.

Banca Examinadora:

Dra. Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros - Orientadora (FEQUI - UFU)

Dra. Daniele do Espírito Santo Loredó da Silva - (FEQUI - UFU)

Mestrando Warlen Agnelo Dias - (PPGEQ – UFU)

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por ser minha fonte de força e perseverança, pela Sua maravilhosa graça e misericórdia em minha vida. *Soli Deo Gloria*.

Aos meus pais, por todo amor, sacrifícios, carinho, confiança e apoio que foram fundamentais para o meu crescimento pessoal, profissional e acadêmico.

À minha namorada, por estar sempre comigo, sendo minha melhor amiga e me dando todo apoio necessário para enfrentar os desafios dessa etapa acadêmica.

À minha querida irmã, por sempre acreditar em mim, me enchendo de conselhos valiosos e sendo uma grande amiga em todas as situações.

Aos amigos e colegas de curso, sou grato pela troca de conhecimentos, pelas horas de estudo compartilhadas e por todos os momentos de descontração.

Aos amigos e familiares, agradeço por toda paciência, confiança, momentos de diversão e apoio durante esse período acadêmico.

Agradeço à Ana Laura, Gabriel Corbani, Josiane Reis, Maria Gercélia e ao Warlen, que me proporcionaram uma experiência prática enriquecedora durante o meu período de estágio. Tenho certeza de que levarei a amizade e os conselhos de vocês para toda a minha vida.

À minha professora orientadora, Dra. Larissa, expressei minha profunda gratidão pela orientação, paciência e incentivo ao longo do processo de criação deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para a qualidade do meu trabalho.

À professora Dra. Juliana, por ser minha orientadora de estágio e pelos diversos conselhos e ajuda durante a graduação.

A todos os professores da FEQUI, agradeço por toda paciência e perseverança ao ministrarem as aulas, mesmo em períodos de grande dificuldade.

À Enactus UFU, agradeço por contribuir para a ampliação de visão de mundo, me ajudando a ter mais empatia e amor ao próximo.

A todos vocês, minha sincera gratidão. Sem o apoio, incentivo e compreensão de cada um, eu não teria chegado até aqui. Sou grato por ter cada um de vocês em minha vida.

“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes.”

Augusto Cury

RESUMO

As indústrias de processamento de soja é um dos setores que mais crescem no setor agropecuário brasileiro, a crescente utilização dos seus produtos e subprodutos clama por inovações e atualizações no processo, visando reduzir perdas por arraste e buscar um melhor aproveitamento do resíduo do processo de refino do óleo bruto de soja. Uma melhoria do processo de refino é utilizar de enzimas como catalisador biológico para emulsionar o óleo vegetal e facilitar a separação dos fosfolípidios durante a centrifugação. Neste estudo de caso, foram analisados três métodos distintos de refino utilizados em duas plantas de beneficiamento de soja (planta A e planta B). O primeiro processo, a borra é removida por meio de neutralização alcali e é utilizado na planta B. Entretanto, esse método apresentou resultados insatisfatórios em relação ao arraste de óleo neutro na borra, resultando em perdas de óleo de cerca de 15% acima do valor ideal estabelecido pela empresa em análise, que é de 32% de teor de óleo neutro na borra. O segundo método, utiliza a degomagem química e a degomagem aquosa e é empregado na planta A. Nesse caso, também foram observados valores elevados acima do ideal, atingindo uma média de 35,14% de teor de óleo na borra em relação ao último quadrimestre de 2022. Já o terceiro método, combina a degomagem aquosa e a degomagem enzimática, empregado na planta A, apresentando um valor médio de teor de óleo na borra de 28,71%, dentro dos padrões estabelecidos pela literatura e pela empresa. Analisou-se também a aplicação da borra no farelo de soja peletizado, onde observou-se valores adequados de proteína para a planta A, acima do estabelecido pela legislação. Além disso, a borra proveniente da planta A, que utiliza os processos de degomagem, apresentou melhores qualidades nutricionais, fato este identificado na análise dos parâmetros de qualidade do farelo de soja.

Palavras-chave: Degomagem; Fosfolipase C; Borra de soja; Farelo de Soja.

ABSTRACT

The soybean processing industry is one of the fastest-growing sectors in the Brazilian agricultural sector. The growing usage of their products and by-products demands innovation and updates in the process, aiming to reduce drag losses and to find better utilization of the residue of the crude soybean oil refining process. An improvement in the refining process is to use enzymes as biological catalysts to emulsify the vegetable oil and to facilitate the phospholipids division during centrifugation. In this case study, three different refining methods used in two soybean processing plants (plant A and plant B) were analyzed. In the first process, the soapstock is removed through alkali neutralization and used in plant B. However, this method presented unsatisfactory results related to the dragging of neutral oil in the soapstock, resulting in oil losses around 15% above the ideal value established by the company in the analysis— which is 32% of neutral oil content in the soapstock. The second method uses chemical degumming and water degumming and is used in plant A. In this case, high values above the ideal were also observed, reaching an average of 35.14% of oil content in the soapstock related to the last quarter of 2022. Finally, the third method combines water degumming and enzymatic degumming, and it is also used in plant A, presenting an average value of oil content in the soapstock of 28.71%, according to the patterns established by the literature and the company. The application of soapstock in the pelleted soybean meal was also analyzed and was observed appropriate protein values to plant A, above the established by legislation. Furthermore, the soapstock from plant A that uses the degumming processes showed better nutritional qualities, identified in the analysis of quality parameters of the soybean meal.

Keywords: *Degumming; Phospholipase C; Soybean soapstock; Soybean meal.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma simplificado de uma planta de processamento de soja	16
Figura 2 - Extrator horizontal, utilizando como solvente o hexano	18
Figura 3 - Caminhos de refino do óleo bruto de soja.....	20
Figura 4 - Estrutura do glicerol. Sendo R1 e R2 os radicais de hidrocarbonetos ligados a cadeia do glicerol, sendo X estruturas características dos fosfolipídios	22
Figura 5 - Fluxograma do processo de degomagem aquosa	25
Figura 6 - Reação da adição de ácido fosfórico na degomagem química	26
Figura 7 - Mecanismo de reação das fosfolipases A1, A2, C e D nos fosfolipídios...	27
Figura 8 - Parâmetros para a reação enzimática.	28
Figura 9 - Fluxograma simplificado do processo de refino e a utilização da a enzima fosfolipase C.....	29
Figura 10 - Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de setembro de 2022..	33
Figura 11 - Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de outubro de 2022	34
Figura 12 - Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de novembro de 2022	35
Figura 13 - Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de dezembro de 2022	36
Figura 14 - Comparativo do teor de proteína bruta no farelo de soja para as duas plantas industriais no último quadrimestre de 2022	39
Figura 15 - Comparativo do teor de óleo residual no farelo de soja para as duas plantas industriais no último quadrimestre de 2022	40
Figura 16 - Comparativo do teor de fibra bruta no farelo de soja para as duas plantas industriais no último quadrimestre de 2022	41

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade do farelo de soja peletizado de 46% de proteína bruta	13
Quadro 2 - Bancos de dados coletados para o presente estudo de caso, cada banco de dados contém os valores de ambas as indústrias	15
Tabela 1: Composição dos fosfatídeos presentes nos fosfolípidios da soja	23
Tabela 2: Médias do teor de óleo para cada processo (em %)	30
Tabela 3: Massa total de borra retirada do processo de refino (em toneladas).....	31
Tabela 4: Massa total de óleo neutro arrastado (em toneladas)	32
Tabela 5: Valores em reais por mês de lucro e/ou desperdiço no processo de refino com arraste de óleo neutro.....	32

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT	II
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	III
LISTA DE QUADROS E TABELAS	IV
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 - OBJETIVOS GERAIS	14
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. METODOLOGIA	14
4. PROCESSAMENTO DA SOJA	16
4.1 – CLASSIFICAÇÃO, RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO	16
4.2- PREPARAÇÃO DA SOJA.....	17
4.3- EXTRAÇÃO DO ÓLEO BRUTO	18
4.4 – DEGOMAGEM E REFINO DO ÓLEO BRUTO DE SOJA	19
5. COMPOSIÇÃO DA GOMA E DA BORRA.....	22
5.1 – ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DOS FOSFOLIPÍDIOS	22
5.2 – GOMA	23
5.3 – BORRA.....	23
6. TÉCNICAS DE DEGOMAGEM	24
6.1- DEGOMAGEM AQUOSA	24
6.2- DEGOMAGEM QUÍMICA	25
6.3- DEGOMAGEM ENZIMÁTICA	26
7. ESTUDO DO TEOR DE ÓLEO NA BORRA	30
8. ESTUDO DA APLICAÇÃO DA BORRA NO FARELO NAS DUAS PLANTAS ...	37
8.1- TEOR DE PROTEÍNA BRUTA	38
8.2- TEOR DE ÓLEO	39

8.3- FIBRA BRUTA.....	40
9. CONCLUSÃO	42
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
APÊNDICE A.....	47
APÊNDICE B.....	53
APÊNDICE C	59

1. INTRODUÇÃO

A indústria de processamento de soja desempenha um papel fundamental no suprimento global de óleo vegetal e proteínas. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2023), até maio de 2023, tal indústria representou 27% do PIB do agronegócio, gerando diversos empregos direto e indiretamente.

O beneficiamento desta oleaginosa, é composto de etapas complexas. Inicialmente, o processo inclui a classificação dos grãos e o armazenamento em condições adequadas. Em seguida, a soja passa por uma preparação para a extração do óleo contido em suas células, resultando na obtenção do farelo de soja e do óleo bruto de soja e, por fim, retira-se o solvente e o óleo bruto direcionando-o para a refinaria (MANDARINO, 2015).

O refinamento do óleo bruto de soja é um processo fundamental para a remoção de impurezas e substâncias indesejadas, como os fosfolipídios insolúveis e solúveis, clorofila, substâncias coloidais, entre outros.

Nas refinarias, a perda de óleo no processo representa cerca de 4,5% do volume total de óleo produzido. Essa perda está concentrada principalmente nas etapas de remoção da borra, subproduto da neutralização e da desodorização (RODRIGUES, 2019). Em virtude dessas perdas por arraste de óleo, uma inovação tem crescido nas indústrias de processamento de soja: a utilização de enzimas para retirada das impurezas e da goma, subproduto da degomagem.

A borra é composta por partículas sólidas presentes no óleo, resíduos de proteínas, fosfolipídios, ácido graxos livres, sabões e outros compostos. Portanto, a borra pode ser caracterizada como subproduto do processamento de soja e é comercializada para diversos tipos de indústrias, como plantas de sabões, ração animal, entre outras (WOERFEL, 2009).

Em processos que envolvem a degomagem, ocorre a formação de uma borra acidificada que é rica em ácidos graxos livres (DA FRÉ, 2009), o que favorece o seu valor comercial e nutricional. No entanto, um processo de refino sem a presença de degomagem prejudica a obtenção da borra ácida, resultando em uma borra com altos

níveis de sabões, o que prejudica sua utilização em rações animais. Neste caso, a borra é comercializada para indústrias de sabões ou biodiesel.

Além disso, a utilização da borra no farelo proteico, ocasiona melhorias em suas propriedades nutricionais para a pecuária, devido os teores de lipídios presentes na borra, representando uma boa reutilização desse subproduto. Entretanto, é fundamental ressaltar a importância de realizar a dosagem adequada da borra. O controle de qualidade deve ser baseado em análises de contaminantes, contaminação microbiológica, teores de proteína bruta, fibra bruta e óleo, garantindo que todos esses valores estejam dentro dos limites exigidos pela legislação (ESQUIVEL et al., 1998 e CALLEGARO, 2011)

No Quadro 1, são apresentados os parâmetros de qualidade do farelo de soja floculado 46% de proteína bruta, sendo esses parâmetros influenciados pela dosagem da borra durante o processo de extração. A dosagem adequada da borra não apenas contribui para a economia do processo, mas também permite a reutilização desse subproduto.

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade do farelo de soja peletizado de 46% de proteína bruta

Classe	Subclasse	Umidade (máximo)	Gordura Residual (máximo)	Fibra Bruta (máximo)	Proteína Bruta (mínimo)
Tostado	Peletizado	12,5 %	2,5%	6,0%	46,0%

Fonte: Adaptado de BRASIL, 1993 e BRASIL, 2021

Compreender as vantagens e desvantagens de cada processo de refino é fundamental para otimizar a eficiência da indústria, reduzindo perdas e melhorando a qualidade dos produtos. Por meio deste estudo, em que será realizado uma análise comparativa entre diferentes tipos de processos de refino, espera-se fornecer informações relevantes para a indústria de processamento de soja e o impacto do refino para o arraste do teor de óleo neutro na borra de soja e a sua utilização no farelo peletizado.

2. OBJETIVOS

2.1 - Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo de caso comparativo envolvendo a análise de dados do teor de óleo na borra e de parâmetros do farelo de duas plantas brasileiras de processamento de soja.

2.2 - Objetivos Específicos

- I. Destacar e diferenciar os tipos de degomagem mais utilizados;
- II. Descrever e comparar os processos de refino e obtenção da borra nos processamentos de ambas as plantas;
- III. Diferenciar a borra da goma de soja e a composição dos fosfolipídios presentes no óleo bruto de soja;
- IV. Realizar uma análise crítica dos resultados de qualidade de cada planta;
- V. Destacar os efeitos da utilização da borra para o beneficiamento do farelo de soja comparando com os diferentes tipos de processamentos.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho consiste em realizar um estudo de caso de duas plantas industriais, baseado em uma análise do teor de óleo na borra de soja e do farelo floculado de soja de 46% de proteína.

Os dados coletados deste trabalho representam o cenário de setembro a dezembro de 2022 do processo de refino e produção de farelo das duas plantas indústrias.

Os dados são do controle de qualidade, obtidos por meio de análises físico-químicas em laboratórios credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Ambas as indústrias apresentam parâmetros internos da quantidade de teor de óleo na borra, que será considerado para a análise de

estabilidade do processo, além dos parâmetros internos de qualidade do farelo de soja.

No Quadro 2, encontra-se um descritivo dos bancos de dados utilizados neste trabalho.

Quadro 2 - Bancos de dados coletados para o presente estudo de caso, cada banco de dados contém os valores de ambas as indústrias.

Banco de Dados	Item analisado	Parâmetro Analisado
1	Borra de soja da planta A	Teor de óleo na borra
2	Borra de soja da planta B	Teor de óleo na borra
3	Farelo Floculado de soja	Parâmetros de qualidade do farelo floculado de soja

Após a coleta destes dados, utilizou-se do cálculo de média aritmética mensal para cada análise. Posteriormente, comparou-se todos os métodos de retirada da borra do óleo por intermédio da diferença de média e de análises gráficas. Os resultados da perda de óleo no processo e qualidade nutricional do farelo, foram comparados com a literatura e entre as plantas.

Todos os dados adquiridos estão disponíveis nos Apêndices A, B e C deste trabalho.

4. PROCESSAMENTO DA SOJA

Define-se como indústria de processamento de soja, um setor que visa a produção de farelo de soja e/ou óleo refinado e/ou biodiesel (D'ARCE, 2006). A Figura 1, denota-se um fluxograma simplificado de uma planta industrial de beneficiamento de soja.

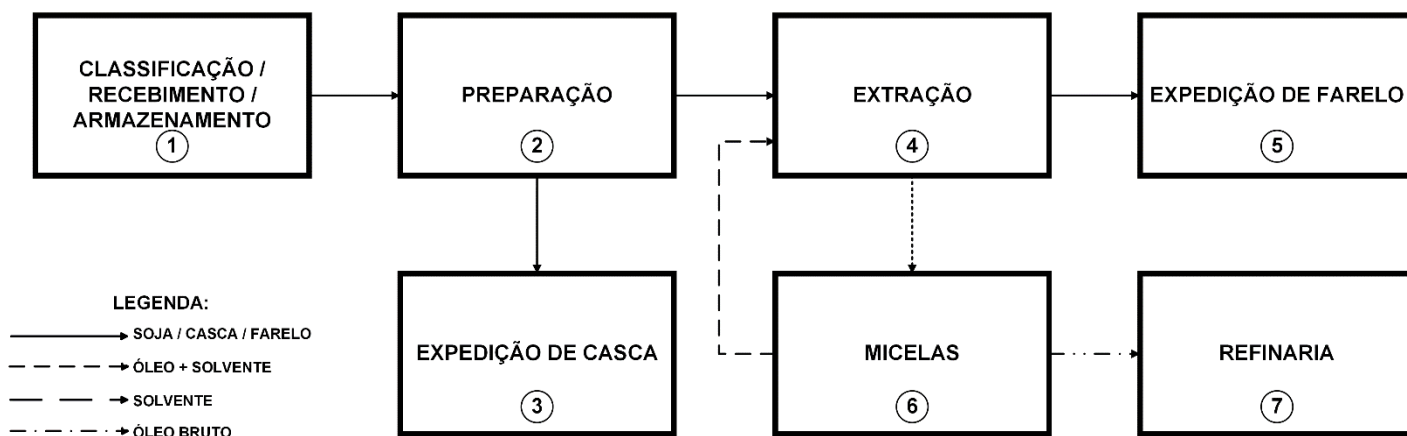


Figura 1: Fluxograma simplificado de uma planta de processamento de soja

Fonte: Autoria própria

No geral, divide-se uma indústria de processamento de soja em armazenamento, preparação do grão, extração e refinaria (MANDARINO, 2015).

4.1 – Classificação, recebimento e armazenamento

No fluxograma da Figura 1, a primeira etapa consiste na preparação para o armazenamento correto da soja, visto que, na classificação que é realizada a verificação da qualidade do grão. Neste setor é registrado o primeiro ponto crítico de controle, ou seja, um ponto de verificação para evitar contaminações cruzadas e substâncias prejudiciais no grão, como por exemplo, a semente de mamona, sementes tratadas, fermentadas, percevejos, pelos de roedores, entre outras não conformidades (SENAR, 2017).

Realizada a classificação do grão, o mesmo é direcionado para o setor do recebimento, em que, a soja passará por um processo de pré-limpeza, retirando os resíduos da colheita. Em seguida, os grãos são secados em um secador vertical e por

meio de *redler* são conduzidos para os armazéns, nos quais, são submetidos a um controle de umidade.

Segundo a Revista SENAR (2018), para o armazenamento de 1 a 2 anos da soja nos grandes armazéns, a umidade ótima é de 11 a 12%, sendo que níveis abaixo de 11% podem ocasionar o esfarelamento, prejudicando a extração do óleo. Entretanto, em níveis acima de 12%, existe a probabilidade de proliferação de microrganismos e de fermentação. Além destes danos, a semente com bastante teor de água, pode provocar danos aos equipamentos, além de dificultar o processo da preparação do grão.

4.2- Preparação da soja

No geral, a etapa da preparação divide-se em três etapas principais: quebramento, condicionamento e laminação (DORSA, 2004). No entanto, em diversas indústrias foram implementados uma etapa após a laminação, em que a massa é expandida. Nas indústrias analisadas neste trabalho utilizam-se desta etapa adicional.

Na etapa da preparação, ou esmagamento, o grão é quebrado e a casca é separada para expedição ou pelotização, visto que, a casca é um subproduto com valor agregado. Segundo Santos (2008), a casca possui cerca de 67% de teor de fibra em detergente neutro (FDN), sendo bastante utilizada para a nutrição animal. Entretanto, o FDN não é um bom parâmetro de qualidade para o farelo de soja, visto que, a alta presença da fibra reduz o teor de proteína bruta. Com isso, visando a produção de um farelo com baixo teor de fibra, a casca deve ser separada após o quebramento da soja.

Posteriormente, a soja já sem a casca é condicionada, etapa que envolve o aquecimento e a umidificação dos grãos, visando a facilitação da extração por solvente.

Após a etapa de condicionamento, os grãos de soja são laminados a fim de facilitar a extrusão da massa. Com o objetivo de aumentar a área de contato solvente-célula, a massa laminada é expandida em um extrusora, favorecendo a economia do solvente, além de aumentar a produtividade (BOGALHOS, 2010). Em seguida, a

massa expandida da soja é resfriada e direcionada para o extrator, na qual, será empregado um banho de solvente.

4.3- Extração do óleo bruto

Segundo Mandarin (2015) existem duas maneiras de extração do óleo bruto. A mais antiga e no geral com desuso, é a técnica de prensagem mecânica. A outra maneira mais utilizada atualmente é a da extração utilizando algum solvente orgânico, sendo hexano o principal solvente utilizado.

O hexano é um excelente solvente para a extração do óleo das células da soja, seguindo as principais heurísticas de extração, com uma pequena faixa de temperatura de ebulição, além de ser imiscível em água, não formará uma mistura azeotrópica. Além disso, o hexano não contamina as células do grão. Nesse sentido, após a difusão e a extração do óleo, o hexano é facilmente separado do farelo.

No geral, o processo de extração utilizando solvente, é categorizado em extração semi-contínua e a contínua. Nas plantas analisadas neste trabalho, tem-se a extração contínua por meio do extrator tipo “De Smet”, sistema esse que emprega um extrator horizontal e a técnica de banho de solvente, em estado estacionário, em que, a massa expandida de soja é alimentada em extremidade oposta à de solvente, seguindo um fluxo contracorrente no extrator, como destacado na Figura 2.

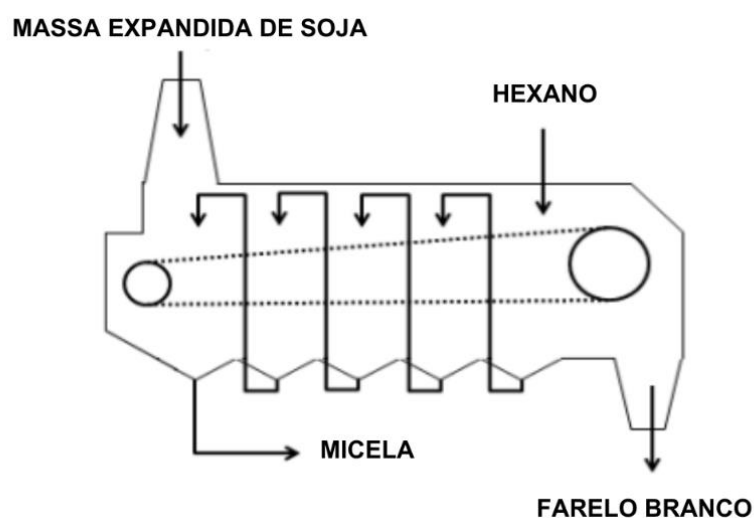


Figura 2- Extrator horizontal, utilizando como solvente o hexano

Fonte: Adaptado de NUNES, 2013

A micela, constitui-se como uma mistura do óleo bruto de soja com o hexano, a fim de aumentar a eficiência da extração, o solvente é bombeado no sentido cruzado-contracorrente em relação a massa expandida (KRIOUKOV, 1999).

A massa seca após a extração é o farelo branco, constituído de farelo + solvente, ou também denominado como *LEX* é deslocado para o dessolventizador e tostador, equipamento em que, além de retirar o solvente, é responsável por inativar substâncias nocivas para a digestibilidade do animal.

Para separação do óleo do solvente, é utilizado uma série de efeitos de evaporadores seguidos de um *stripper*. Posteriormente, o hexano é resfriado e recuperado para a linha de produção e o óleo bruto segue para o refino. Tal processo de separação é denominado como Destilação da Micela, sendo uma etapa crucial para a segurança do processo e para o meio ambiente, em que, a destilação correta do solvente, evita possíveis residuais de hexano na água, evitando danos ambientais e ecológicos (PARAÍSO, 2003).

4.4 – Degomagem e refino do óleo bruto de soja

De acordo com Mandarino (2015) o refino do óleo bruto de soja, tem por finalidade remover algumas substâncias que podem influenciar negativamente o odor, sabor e aspecto do óleo vegetal para o consumo humano. Segundo Kekre (2007) as impurezas presentes no óleo podem ser classificadas como as insolúveis e as solúveis em óleo.

As impurezas insolúveis são do tipo que podem ser removidas por meio de técnicas de separação física, sendo a filtragem a técnica mais utilizada. Devido a este fato, no início do processo de refino, há existência de filtros cestos cujo objetivo é retirar do óleo bruto substâncias sólidas insolúveis, como fragmentos de sementes, ceras, metais e outros. Para a remoção da água, que também é um contaminante insolúvel, são utilizadas técnicas de secagem, utilizando secadores em séries, removendo do óleo a umidade (KEKRE, 2007).

Para as impurezas solúveis em óleos, como, fosfatídeos, ácidos graxos livres, substâncias coloidais, clorofila, entre outros, é necessária uma série de processos

físico-químicos que removem tais impurezas, como a degomagem, branqueamento e a desodorização (MANDARINO, 2015). Embora existam diversos métodos de degomagem, iremos considerar os três diferentes caminhos descritos por Nilsen (2009) e ilustrado na Figura 3, visto que são estes métodos os utilizados nas duas plantas analisadas neste trabalho.

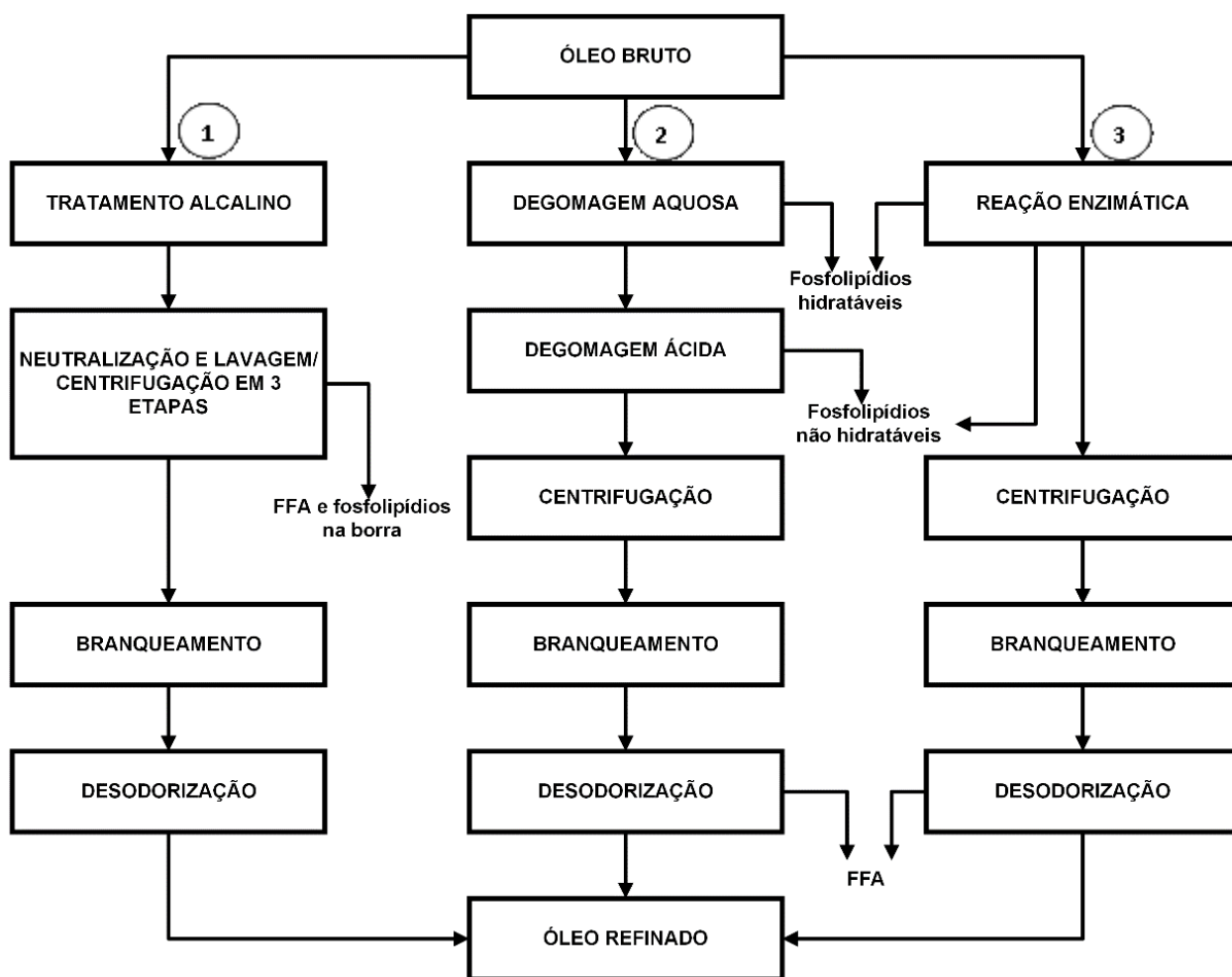


Figura 3: Caminhos de refino do óleo bruto de soja.

Fonte: Adaptado de NILSEN, 2009

As duas plantas que são a razão deste estudo de caso, possuem os três tipos de processos listados por Nilsen (2009). A planta A utiliza-se do processo 2 e 3, e a planta B, utiliza-se do processo 1.

Nos processos listados por Nilsen (2009), existem algumas etapas para a remoção das substâncias indesejadas para o óleo refinado. Observa-se que no processo 1, estas substâncias são removidas por meio de uma centrífuga na etapa de

neutralização e lavagem, sendo assim, a borra (fosfolipídios, FFA e outras substâncias) é removida.

Para o processo 2, tem-se dois tipos de degomagem (aquosa e ácida). Na degomagem aquosa é removida a goma (lecitina e fosfolipídios) e na ácida é removida uma borra com fosfolipídios não hidratáveis. Por fim, para o processo 3, ocorre um misto de degomagem (aquosa e enzimática) na etapa da reação enzimática, removendo tanto a goma, como a borra. Todos estes métodos serão detalhados na Seção 6 deste trabalho.

Após a retirada das impurezas, por meio da degomagem e neutralização, ambos os processos, encaminham-se para a etapa de branqueamento e desodorização, visando a retirada de contaminantes e aprimorar as características visuais do óleo refinado.

Embora o processo de degomagem e neutralização remova muitos dos componentes que causam a pigmentação do óleo a clorofila e outros compostos pigmentados ainda estão presentes no óleo neutro. Sendo assim, torna-se necessária a utilização de insumos com características adsorventes para remoção dessas substâncias. Tal material adsorvente utiliza de sua área superficial para retirar os pigmentos do óleo, aperfeiçoando a coloração, favorecendo um óleo com uma melhor qualidade visual (WIEDERMANN, 1981).

O óleo branqueado, é então destinado para sua última etapa de refino, a desodorização. Tal etapa visa eliminar os odores e substâncias voláteis, bem como a diminuição dos ácidos graxos livres (FFA). A desodorização trata-se de um processo de destilação em batelada, com tratamento de vapor direto, provocando a diminuição das gorduras *trans* presentes no óleo e a remoção do odor. Após este processo de destilação, o óleo estará em condições adequadas para o envase e consumo humano. Além disso, do resíduo desta etapa é possível obter subprodutos com valor agregado, como os ácidos graxos livres e o tocoferol favorecendo o aumento da lucratividade do processo (BEZERRA, 2022).

5. COMPOSIÇÃO DA GOMA E DA BORRA

A goma e a borra de soja são subprodutos do processo de refino do óleo bruto de soja. A diferença entre a goma e a borra estão na composição dos fosfolipídios, sendo que na goma, existe a presença dos lipídios hidratáveis e na borra, contém os lipídios não hidratáveis, além de resíduos de ácidos graxos e sabões.

5.1 – Estrutura e composição dos fosfolipídios

Os fosfolipídios presentes no óleo bruto de soja têm estruturas próximas aos triacilgliceróis ou também denominado como triglicerídeos (TAG). As moléculas de triglicerídeos são formadas por uma molécula de glicerol ligada a três moléculas de ácidos graxos. A sua diferença dos fosfolipídios é que ao invés do glicerol estar ligado a três moléculas de ácidos graxos, está ligado por duas moléculas de ácidos graxos e um grupo fosfato (DEFFENSE, 2009). Na Figura 4 contém a estrutura dos fosfatídeos de glicerol.

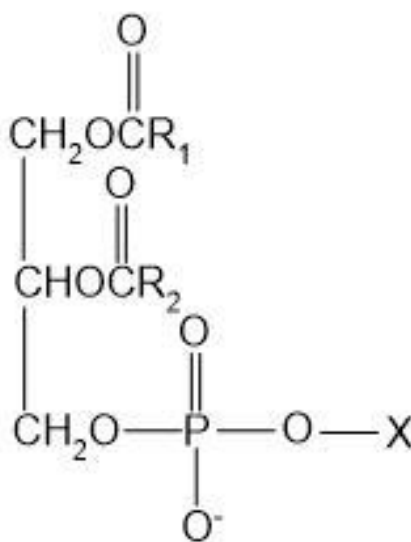


Figura 4: Estrutura do glicerol. Sendo R1 e R2 os radicais de hidrocarbonetos ligados a cadeia do glicerol, sendo X estruturas características dos fosfolipídios

Fonte: Adaptado de LIU, 2011

A Tabela 1, está representado a composição dos fosfatídeos que estão presentes na soja. A ligação dos fosfatídeos no grupo glicerol destacado na Figura 4 é responsável pela diferenciação do fosfolipídio.

Tabela 1: Composição dos fosfatídeos presentes nos fosfolipídios da soja Adaptado de SZUHAJ, 1989

Componente	Abreviação	Concentração (%)		
		Baixa	Intermediária	Alta
Fosfatidilcolina	PC	12,0 – 21,0	29,0 – 39,0	41,0 – 46,0
Fosfatidiletanolamina	PE	8,0 – 9,5	20,0 – 26,3	31,0 – 34,0
Fosfatilinositol	PI	1,7 – 7,0	13,0-17,5	19,0 – 21,0
Ácido Fosfatídico	PA	0,2 – 1,5	5,0 – 9,0	14,0
Fosfatidilserina	OS	0,2	5,9 – 6,3	-
Lisofosfatidilcolina	LPC	1,5	8,5	-
Lisofosfatidilinositol	LPI	0,4 – 1,8	-	-
Lisofosfatidilserina	LPS	1,0	-	-
Ácido Lisofosfatídico	LPA	1,0	-	-
Fitoglicolipídeos		-	14,3 – 15,4	29,6

5.2 – Goma

A goma é um subproduto obtido através da degomagem aquosa do óleo bruto de soja. Sua utilização é ampla, principalmente devido à alta concentração de lecitina. A aplicação está focalizada em indústrias de cosméticos, farmacêuticas e como estabilizante de alguns produtos alimentícios, isso deve-se as suas propriedades emulsificantes, estabilizantes e texturizantes (MANDALAWI, 2015).

Contudo, a goma de soja é composta principalmente por fosfolipídios hidratáveis, como a fosfadiletanolamina (PE), o fosfatidilinositol (PI), lisofosfatidilcolina (LPC) e a fosfatidilcolina (PC) (NIUWENHUYZEN, 2008).

5.3 – Borra

A borra de soja é um resíduo gerado durante o processo de retirada de impurezas do óleo bruto de soja na neutralização. A borra é composta por impurezas do

processo, fosfolipídios não hidratáveis, ácido fosfórico, carboidratos, óleo neutro, água, metais e hidróxido de sódio e o mais importante, ácidos graxos livres, na qual, possibilitam a sua extração, gerando assim um subproduto de valor agregado (DA FRÉ, 2009).

Segundo Callegaro (2011), a correta dosagem da borra no farelo, implica em um bom reaproveitamento deste resíduo, pois além de retirar o excesso de óleo neutro. Devido à alta quantidade de nutrientes, a dosagem deste resíduo escalona parâmetros do farelo de soja, como a proteína bruta e a fibra bruta.

No trabalho em questão, as beneficiadoras analisadas utilizam a dosagem da borra no farelo de soja para realizar a manutenção da proteína bruta, mantendo valor mínimo de 46% de proteína bruta no farelo de soja.

A planta A, que opera em dois processos distintos, é a única das duas plantas que obtém a goma. Com base nessa perspectiva, a análise deste presente trabalho se concentrará na borra oriunda da neutralização e nos parâmetros de qualidade do farelo de ambas as indústrias.

6. TÉCNICAS DE DEGOMAGEM

Seguindo as definições apresentadas por Nilsen (2009), como já mencionado na Figura 3, destaca-se a degomagem aquosa, a degomagem química e a degomagem enzimática, pois são as três técnicas de processamento mais utilizadas nas indústrias.

6.1- Degomagem aquosa

Segundo O'Brien (2008), o óleo é aquecido e misturado com água em uma proporção adequada para formar uma emulsão. Em seguida, a água e o óleo são alimentados em um misturador por 30 minutos. A Figura 5, ilustra o processo de degomagem aquosa.

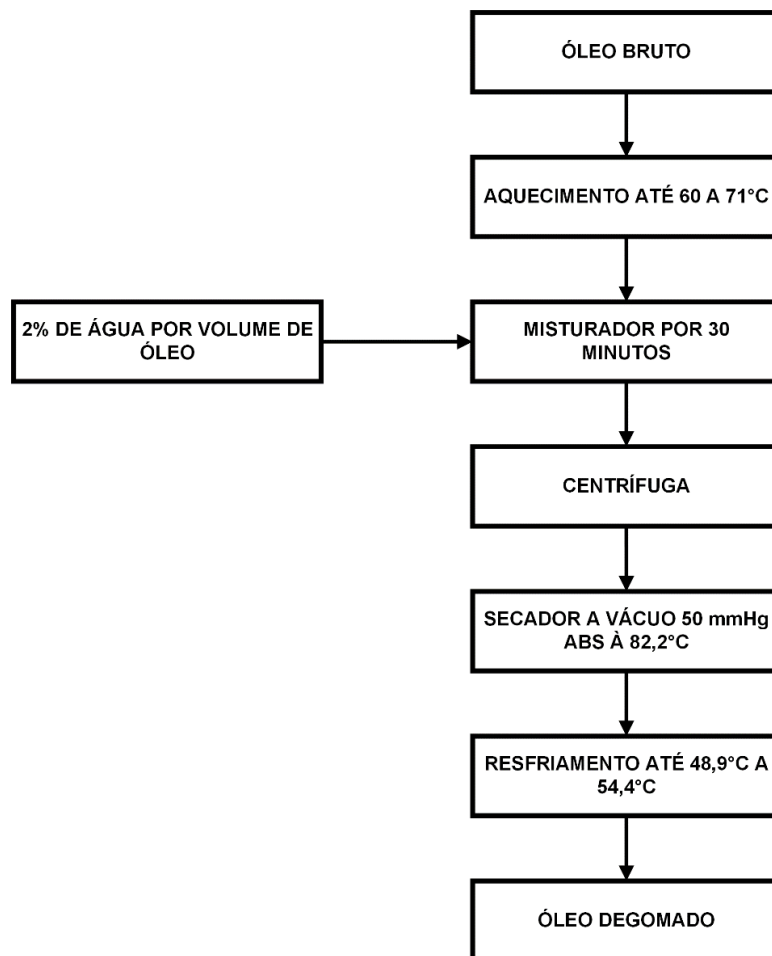


Figura 5- Fluxograma do processo de degomagem aquosa

Fonte: Adaptado de O'BRIEN, 2008

Os fosfolipídios hidratáveis formarão um complexo água-fosfolipídios, esses complexos de gomas são então removidos por centrifugação, separando-se a goma do óleo. Ainda conforme O'Brien (2008) o óleo já sem a goma deve passar por um processo de secagem para a remoção da umidade, posteriormente o óleo deve ser resfriado.

6.2- Degomagem química

A finalidade da degomagem química é a remoção dos fosfolipídios insolúveis em água. O principal reagente para a retirada dessas impurezas é o ácido fosfórico (H_3PO_4) em uma concentração de 85%, visto que, nesta concentração, o ácido fosfórico realizará a quebra dos fosfolipídios que são insolúveis em água, estes

fosfolipídios são a fosfatidiletanolamina e o ácido fosfatídico (DEFFENSE, 2009). Na Figura 6 tem-se a descrição da reação química e as etapas da degomagem química.

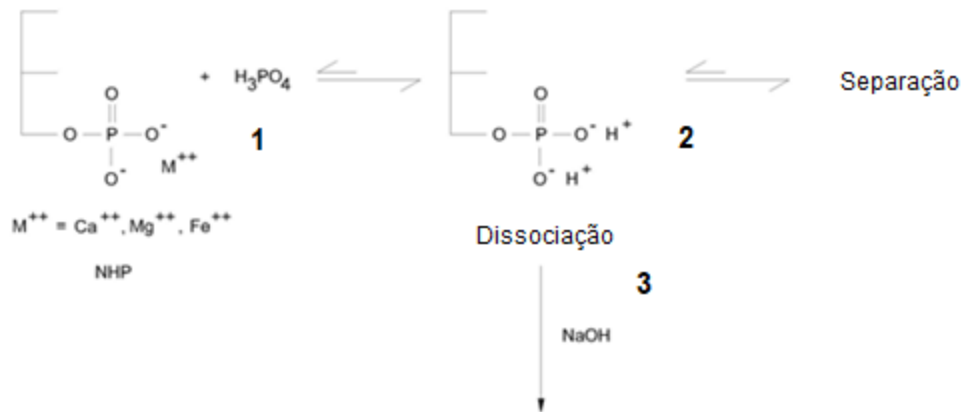


Figura 6: Reação da adição de ácido fosfórico na degomagem química

Fonte: Adaptado DEFFENSE, 2009

A etapa 1 descreve a adição do ácido fosfórico e a quebra das ligações dos fosfatídeos insolúveis em água. O resultado desta reação favorece a formação de compostos que são solúveis em água. Portanto, é na etapa 2 adiciona-se a água para remover tais compostos. Essa remoção ocorre em centrifugas e assim é retirado a borra. Por fim, na etapa 3, o óleo já sem a goma (ou a borra), é encaminhado para a etapa de neutralização, com a adição do hidróxido de sódio (NaOH), a fim de neutralizar o óleo que está acidificado devido a adição do ácido fosfórico (DEFFENSE, 2009).

6.3- Degomagem enzimática

A utilização de enzimas no processamento da soja é considerada uma grande inovação, tendo como benefícios a garantia de um bom rendimento de processo, evitando maiores perdas de óleo na centrifugação e uma reação enzimática que demanda de poucas enzimas (O'BRIEN, 2004).

A principal enzima para a degomagem do óleo bruto de soja é a fosfolipase. No processo de degomagem utiliza-se a fosfolipase A₁, A₂, C ou a D e a eficiência da reação enzimática está diretamente ligada com o ataque da fosfolipase nos fosfolipídios, como expresso na Figura 7.

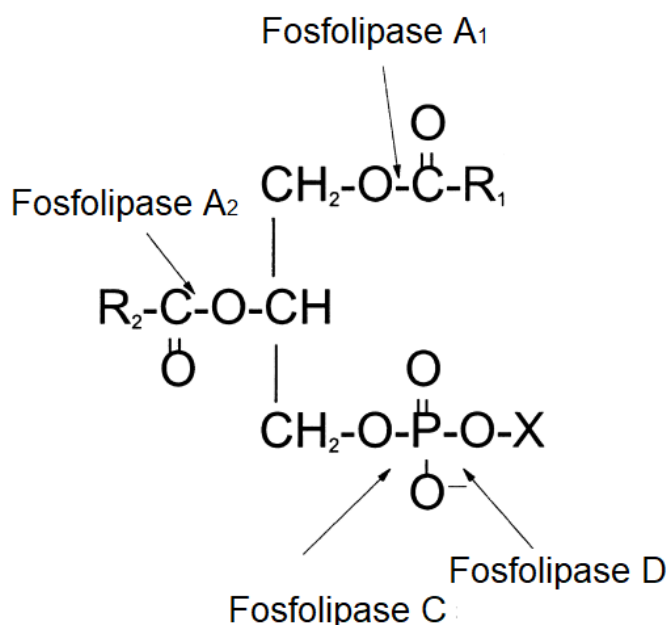


Figura 7- Mecanismo de reação das fosfolipasas A₁, A₂, C e D nos fosfolipídios

Fonte: Adaptado de CLAUSEN, 2013

A fosfolipase A₁ (PLA₁) atua no ácido graxo ligado ao carbono 1 do glicerol, enquanto a fosfolipase A₂ (PLA₂) ataca a ligação do carbono 2 do glicerol. A fosfolipase C (PLC), por sua vez, age no grupo fosfato, produzindo diacilgliceróis (DAG). Por fim, a fosfolipase D (PLD) hidrolisa a ligação fosfodiéster, gerando metabólitos (CLAUSEN, 2013).

No presente trabalho, a fosfolipase C é a enzima utilizada para a degomagem enzimática que ocorre na planta A. Como já mencionado, a PLC hidrolisa o grupo fosfato. Os lipídios ligados a este grupo fosfato, composto por fosfatidilcolina (PC), fosfatilinositol (PI) e a fosfatidiletanolamina (PE). São convertidos em diacilgliceróis (DAG). Os diacilgliceróis são pouco solúveis no óleo, portanto, essa reação enzimática favorece a precipitação do DAG e promove uma melhor separação na centrífuga. A

PLC não reage com o fosfolípido PA, o ácido fosfatídico, visto que não é hidrolisável, (JIANG et al, 2014 e NILSEN et al, 2009).

Por se tratar da utilização de enzimas, o processamento para a retirada da borra e da goma depende de ajustes de processo, como o pH ótimo (5 a 5,5), temperatura (55°C) e concentração ideal dos reagentes. O hidróxido de sódio (NaOH) é adicionado duas vezes, a primeira, visando o pH ótimo do meio e a segunda favorecendo a neutralização do óleo, após a etapa reacional. Na Figura 8, tem-se os parâmetros do processo de degomagem enzimática, adaptado do artigo de Nilsen et. al. (2009).

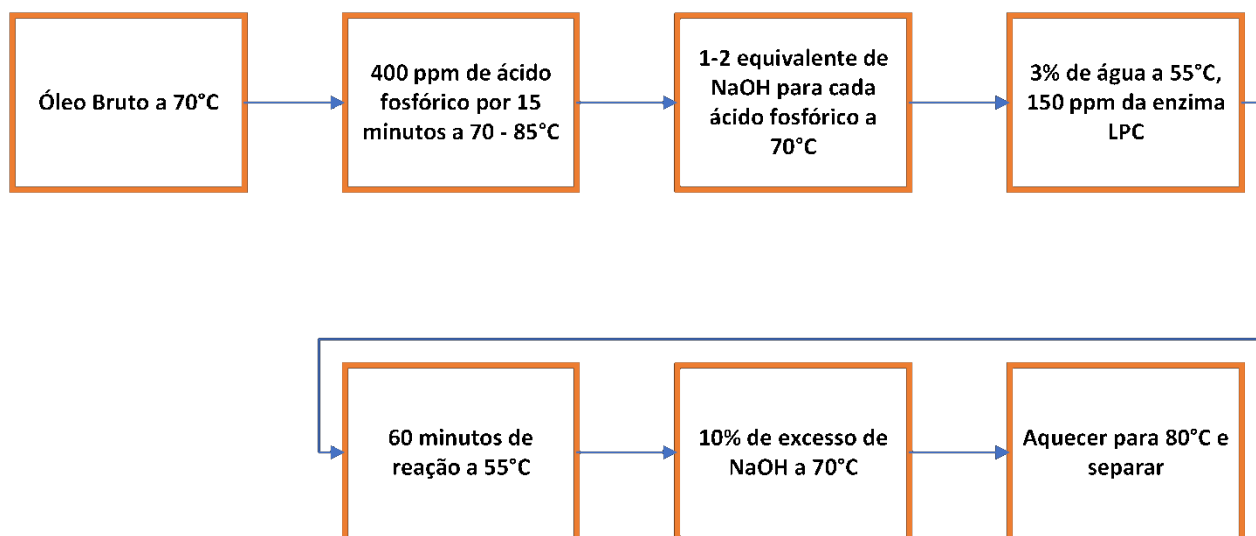


Figura 8- Parâmetros para a reação enzimática.

Fonte: Adaptado de NILSEN et. al., 2009

A remoção da goma e da borra no processo enzimático é realizado em duas etapas na indústria A. A primeira etapa visa a remoção da goma, e a etapa posterior remove a borra, visto que, existirá impurezas devido ao acréscimo da soda cáustica. Portanto, é necessário a presença de duas centrífugas, sendo a primeira para remoção da goma (para a comercialização da lecitina) e a segunda para remoção da borra, vale ressaltar, que a utilização de ambas centrífugas aumenta o custo do processo, sendo assim, a produção da goma é apenas para situações comerciais.

A Figura 9 representa o fluxograma simplificado do processo 3 descrito por Nilsen (2009), o foco desta análise está na remoção da borra, portanto, não está aplicável o processo de retirada da goma.

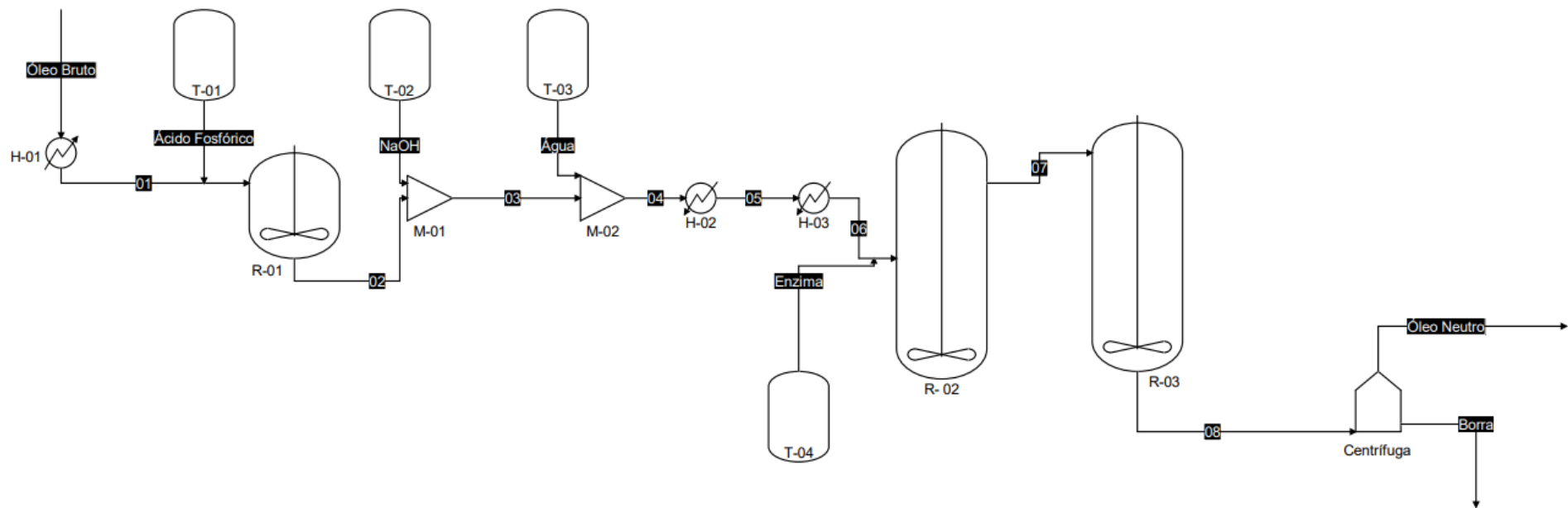


Figura 9- Fluxograma simplificado do processo de refino e a utilização da a enzima fosfolipase C. Aplicação da enzima fosfolipase C e o processo para adequar aos parâmetros de utilidade da enzima, com a adição do ácido fosfórico e do hidróxido de sódio, com a finalidade de tamponar o óleo e uma rede de trocadores de calor para manter uma temperatura ótima para a reação enzimática, posteriormente a separação física da borra do óleo de soja.

Fonte: Autoria própria

7. ESTUDO DO TEOR DE ÓLEO NA BORRA

No processo da neutralização do óleo bruto de soja, a perda da eficiência de refino está no quanto de óleo neutro é arrastado na borra (MANDARINO, 2015). Quanto maior o arraste deste óleo, maior será a perda da lucratividade do processo, visto que, o valor de venda da borra é inferior ao do óleo refinado.

Coletou-se os dados das duas plantas industriais de grande porte localizadas no cerrado brasileiro, sendo a indústria A operando tanto no processo 2 e 3, listados na Figura 3 e a indústria B utiliza-se do processo 1 para o refino do óleo bruto de soja. Ambas as indústrias são do mesmo grupo industrial, pertencentes a uma multinacional no ramo do processamento de soja.

A empresa em questão, adotou como padrão de qualidade e processo, um teor máximo de óleo na borra de 32%. Este valor é superior, ao que a literatura destaca, isto deve-se ao tipo de processo de refino e da soja empregada na indústria. No geral, o valor adequado é de 20% a 30% de óleo neutro na borra (WOERFEL, 2009)

Na Tabela 2, está expresso a média do teor de óleo na borra para cada processos.

Tabela 2: Médias do teor de óleo para cada processo (em %)

Processo	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
Processo 1	37,08	37,69	35,73	36,24	36,68
Processo 2	34,06	-*	34,91	36,46	35,14
Processo 3	30,02	29,66	29,76	25,41	28,71

* A planta A, não utilizou do processo 2 no refino do óleo em outubro de 2022.

O processo que proporciona menor perda de óleo residual na borra é o processo 3, com uma média do último quadrimestre de 2022 de 28,71%. Estando abaixo do limite da indústria e dentro da quantificação destacada por Woerfel (2009). Já os outros processos de refino, obtiveram valores acima da especificação

máxima da empresa e da literatura, destacando-se que a utilização das enzimas, favorecem a retirada da borra e diminui o arraste do óleo no processo.

Durante o intervalo compreendido entre setembro e dezembro de 2022, foram coletados os dados relativos à quantidade de borra gerada. Essa informação é crucial para quantificar, em toneladas a presença de óleo neutro no resíduo. Os valores correspondentes às toneladas de borra de soja removidas do processo podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 3: Massa total de borra retirada do processo de refino (em toneladas)

Processo	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Processo 1	800,93	315,81	340,75	191,68	1649,17
Processo 2	103,40	-*	61,55	179,11	344,06
Processo 3	236,05	351,76	95,79	40,51	724,11

* A planta A, não utilizou do processo 2 no refino do óleo em outubro de 2022.

A Equação 1 expressa a quantidade, em toneladas, de óleo neutro removido na borra durante o processo de refino do óleo bruto de soja. Deve-se lembrar que a quantificação da massa é de total importância para a análise econômica.

$$W_{\text{óleo}} = \frac{M_T \times T_{\text{óleo}}}{100} \quad (1)$$

Sendo $T_{\text{óleo}}$, o teor de óleo neutro e M_T a massa total de borra produzida.

Portanto, utilizando-se dos valores da Tabela 2, referentes ao teor de óleo neutro, juntamente com as quantidades produzidas de borra fornecidas pela Tabela 3 e por meio da Equação 1 foi possível calcular a massa total de óleo neutro retido na borra. Esses resultados estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4: Massa total de óleo neutro arrastado (em toneladas)

Processo	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Processo 1	296,98	119,03	121,75	69,46
Processo 2	35,21	-*	21,49	65,30
Processo 3	70,86	104,33	28,51	10,29

* A planta A, não utilizou do processo 2 no refino do óleo em outubro de 2022.

Segundo o site da Associação Brasileira de Produtos de Higiene & Limpeza (ABISA), o valor de um quilo da borra de soja atualizado em maio de 2023 é de R\$ 0,65 a R\$ 0,80, enquanto o quilo do óleo de soja refinado está entre R\$ 5,50 a R\$ 5,60. Considerando o maior valor para ambos os produtos, a Equação 2 descreve o valor de óleo neutro recuperado para cada processo.

$$V(R\$) = (M_{32\%} - M_{\text{óleo}}) \times 1000 \times 5,60 \quad (2)$$

Sendo, $M_{32\%}$ a massa de óleo no limite de 32% de teor de óleo na borra, que é o parâmetro máximo aceito pela empresa. $M_{\text{óleo}}$, é a massa real de óleo presente na borra. Se o valor da Equação 2 for positivo, tem-se lucro, pois uma maior quantidade de óleo neutro prosseguirá o processo de refino. No entanto, se o valor for negativo, o arraste está retirando valor do processo, visto que a venda da borra é 7 vezes menor do que a do óleo refinado. A Tabela 5, retrata esses valores por mês.

Tabela 5: Valores em reais por mês de lucro e/ou desperdício no processo de refino com arraste de óleo neutro

Processo	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Processo 1	- R\$ 227706,75	- R\$ 95651,18	- R\$ 71678,64	- R\$ 45280,02
Processo 2	- R\$ 11932,27	-*	- R\$ 10022,20	- R\$ 44862,27
Processo 3	R\$ 26316,46	R\$ 46027,47	R\$ 12042,41	R\$ 14930,07

* A planta A, não utilizou do processo 2 no refino do óleo em outubro de 2022.

Portanto, de acordo com a Tabela 5, o processo 3 de refino é o único processo em que atingiu os objetivos propostos pela empresa, estando em saldo positivo em relação ao teor máximo de óleo presente na borra.

Para uma análise mensal, plotou-se as curvas para cada mês. Para o mês de setembro, os três processos de refino estão apresentados na Figura 10.

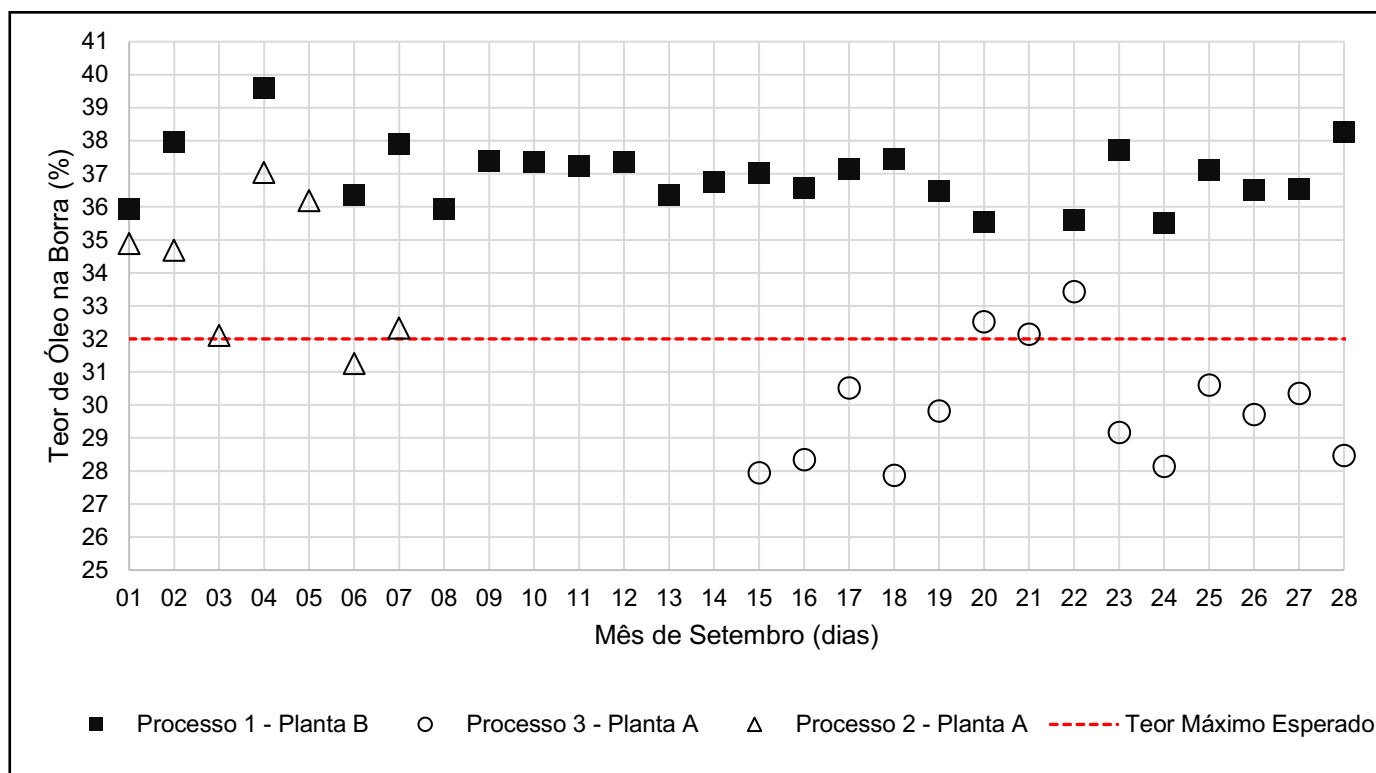


Figura 10 – Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de setembro de 2022. A linha pontilhada é o teor máximo de óleo na borra esperado pela companhia, sendo 32% de óleo, a Planta A é destacada pelo processo 2 e 3 e a Planta B é caracterizado pelo processo 1.

Nota-se na Figura 10 que o processo 1, em que o óleo bruto já é direcionado para a neutralização, retirando apenas a borra (FFA e fosfolipídios), a concentração de sabão na borra será alto, devido ao tratamento alcalino. Em consequência da reação de saponificação, o arraste do óleo neutro será maior, por isso, em setembro a média para o processo 1 foi de 37,08% de óleo neutro na borra.

Em setembro, o processo 2, em que utiliza da degomagem aquosa e química, além de obter a goma, a concentração de óleo neutro na borra é menor que no processo 1,

portanto, a presença da degomagem é um dos fatores que diminuem o vestígio de óleo na borra.

Por fim, no processo 3, após a aplicação da degomagem aquosa para remoção da goma, seguida pela degomagem enzimática, o teor de óleo na borra reduziu em 7,06% em comparação com o processo que não envolve a remoção da goma. Essa abordagem resultou em uma maior eficiência do processo, mantendo-se dentro dos parâmetros internos estabelecidos pela companhia.

A Figura 11, contém as curvas dos processos de refino do mês de outubro, no entanto, no mês de outubro não ocorreu o processo 2 de refino na planta A, utilizou-se apenas a utilização de enzimas.

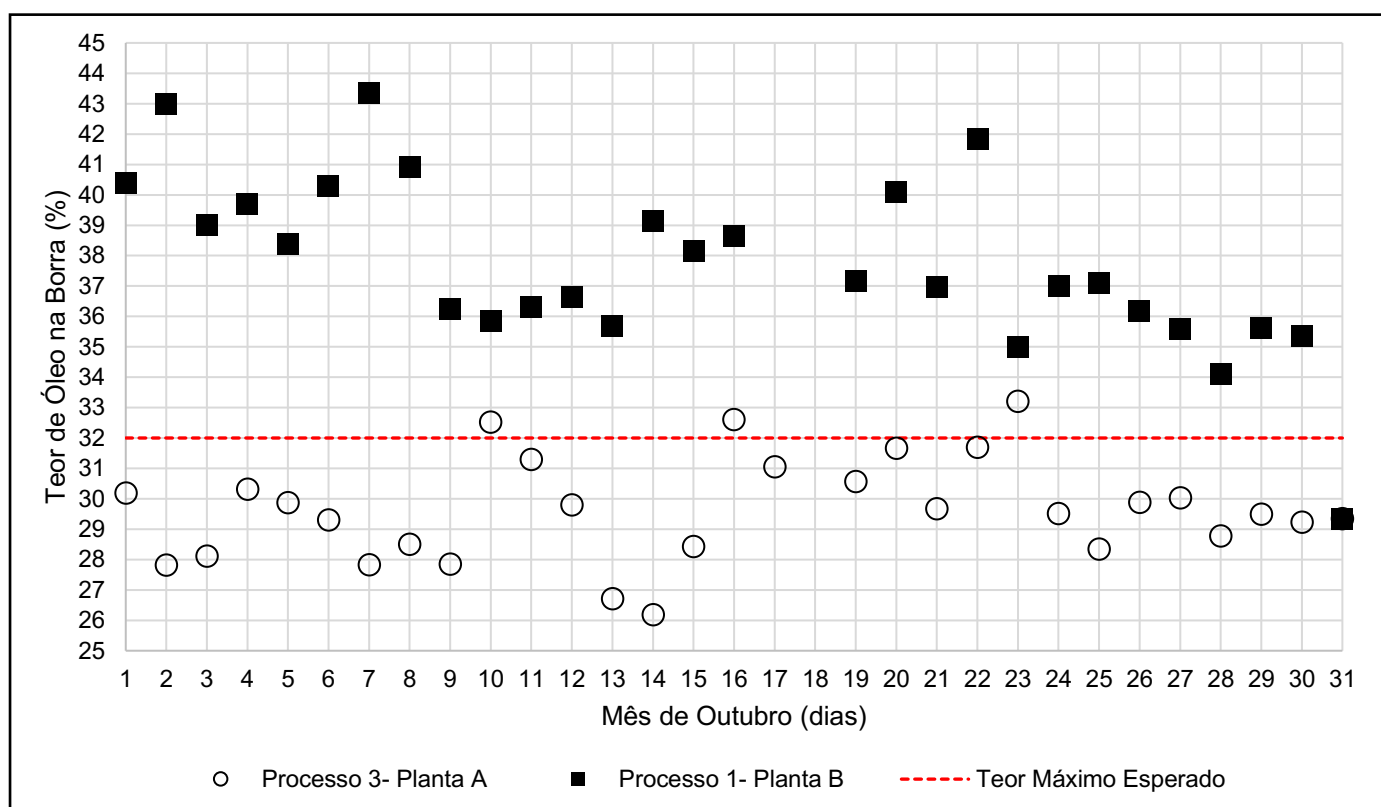


Figura 11 – Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de outubro de 2022, a linha pontilhada é o teor máximo de óleo na borra esperado pela companhia, sendo 32% de óleo, a Planta A é destacada pelo processo 2 e 3 e a Planta B é caracterizado pelo processo 1. No mês de outubro não ocorreu o refino por meio do processo 2 na planta A.

Novamente, o processo utilizando enzimas apresentou menos arraste de óleo neutro, no entanto, em três dias o processo extrapolou o nível máximo permitido, mas

a média mensal foi 2,34% de diferença do teor máximo aceitável pela empresa que é de 32% de óleo neutro na borra.

O processo 1, apresentou valores de arraste de 1,2 vezes maior que o parâmetro máximo da empresa, destacando o dia 07/10/2022, com 43,36% de óleo, ou seja, 1,4 vezes maior que os requisitos máximos da empresa, apenas o último dia do mês o resultado ficou abaixo do requerido.

No mês de novembro de 2022, a planta A operou nos dois tipos de processos, o processo 2 e 3, como exposto na Figura 12.

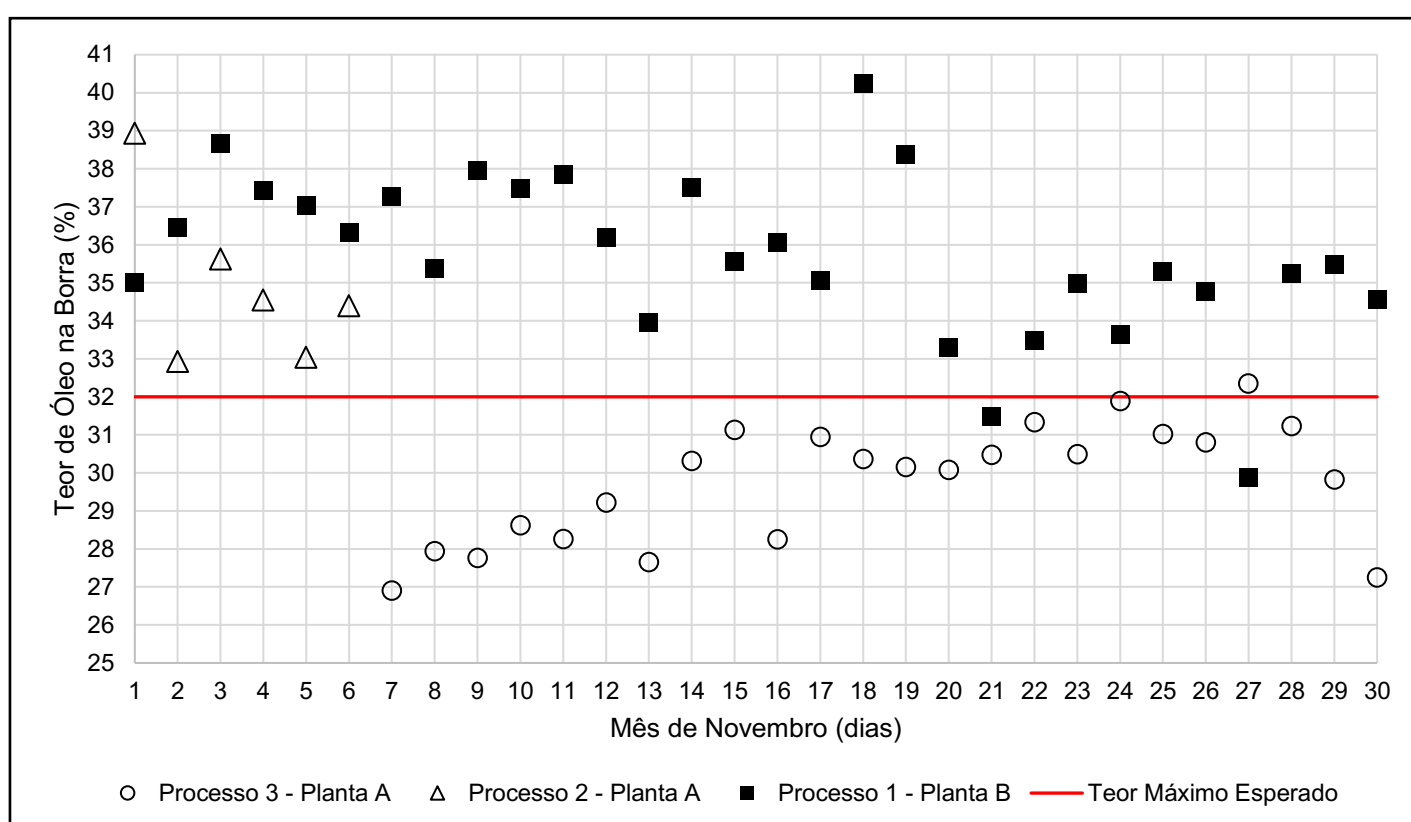


Figura 12 – Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de novembro de 2022, a linha pontilhada é o teor máximo de óleo na borra esperado pela companhia, sendo 32% de óleo, a Planta A é destacada pelo processo 2 e 3 e a Planta B é caracterizado pelo processo 1.

Verificou-se neste mês, um crescimento do teor de óleo arrastado, entretanto, os valores do processo 3 continuaram abaixo do máximo, apresentando apenas um resultado fora do esperado. Em relação a médias mensais, o processo 1 ainda tem um maior resultado. A presença da degomagem no processo de refino indica uma significativa economia em termos de arraste de óleo. Isso é evidenciado pelo fato de

que o processo 1, o único que não utiliza da técnica de degomagem, apresentou os valores mais altos nesse aspecto.

Conforme indicado na Tabela 3, durante os meses de novembro e dezembro, tanto a planta A, como a B tiveram uma atividade de refino reduzida, ou seja, refinou-se uma quantidade menor de óleo bruto. Isso se deve às paradas de manutenção na refinaria, que geralmente ocorrem no final do ano.

Por fim, a Figura 13 contém as curvas dos processos no mês de dezembro de 2022.

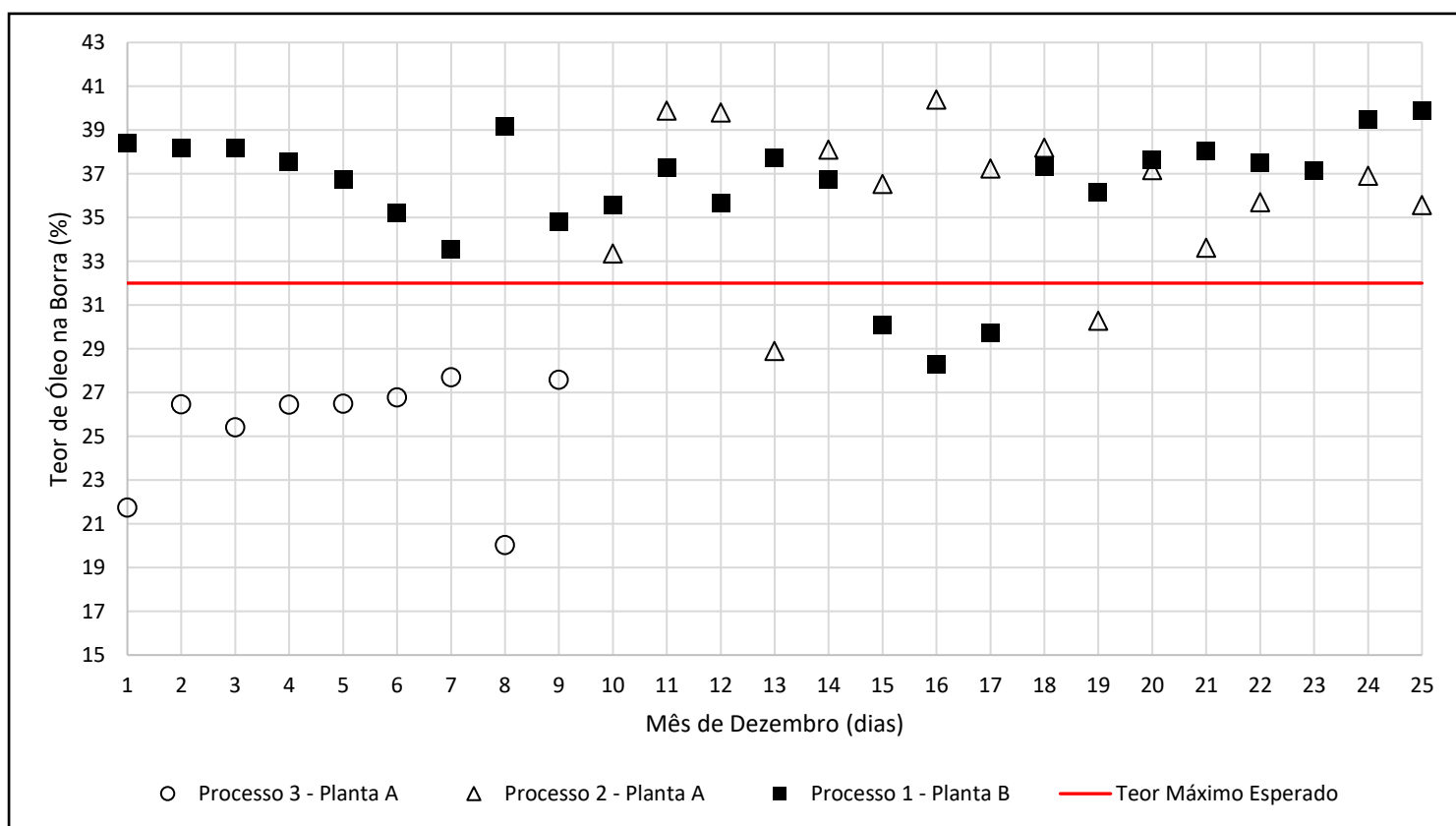


Figura 13 – Curvas de teor de óleo dos três processos para ambas as plantas no mês de dezembro de 2022, a linha pontilhada é o teor máximo de óleo na borra esperado pela companhia, sendo 32% de óleo, a Planta A é destacada pelo processo 2 e 3 e a Planta B é caracterizado pelo processo 1.

O processo 3 novamente demonstrou ser o mais eficiente na redução do arraste de óleo, alcançando no dia 08/12/2022 um valor de 20,04%, o menor resultado de todo o período de análise.

Em relação as médias mensais, tanto o processo 1, quanto o processo 2 exibiu valores muito próximos, entretanto, ambos apresentaram valores de aproximadamente 14% maior que o parâmetro requerido.

Diante dos dados apresentados, a produção da planta B é a menos eficaz, devido a neutralização álcali, ocasionando reações de saponificação, reduzindo a precipitação da borra e arrastando óleo neutro (MANDARINO, 2015). De acordo com Dorsa (2004) e Nilsen (2009) o teor de óleo ideal na borra deve ser entre 20 e 30%, com isso, o processo 3, utilizando a enzima fosfolipase C é o que melhor representa este cenário.

A utilização da fosfolipase C, impactou o processo de maneira positiva, sua adição favoreceu um processo mais brando, com menores taxas de arraste de óleo neutro na borra. Ademais, a estabilidade e a fluidez do processo de refino utilizando reações enzimáticas está relacionado com a seletividade das enzimas, favorecendo utilização de menos reagentes para a neutralização, conseqüentemente, ocasiona em uma economia de insumos (LENZI, 2017).

No entanto, vale destacar que o custo da utilização de enzimas ainda é muito caro, devido a sua aplicação na forma livre. Sendo assim, é necessário aplicar a imobilização, como por exemplo com esferas de alginato de cálcio (KEMPKA et. al., 2018), sendo necessário um maior aprofundamento sobre imobilização desta enzima, além do impacto da aplicação da imobilização no processo de refino do óleo bruto de soja.

8. ESTUDO DA APLICAÇÃO DA BORRA NO FARELO NAS DUAS PLANTAS

Na seção 5.3, está destacado que a aplicação da borra no farelo é uma excelente maneira para reaproveitar a borra, aumentando teores nutricionais do farelo. Sua adição é realizada todos os dias, com quantidade máxima de 1 tonelada por dia, a borra é dosada no extrator, em que, ocorre a retirada do excesso do óleo neutro e a parte orgânica é encaminhada para o processo do farelo.

Analisou-se os parâmetros de qualidade do farelo das duas unidades, todos os parâmetros de qualidades foram mensurados através de via seca, utilizando o equipamento NIR, presente em cada uma das indústrias. O restante da borra não dosada é comercializado para indústrias de sabão, indústrias de rações e biodiesel (FRÉ, 2009).

Na planta A, que possui os dois processos de refino, as borras de ambos os processos se misturam no tanque de dosagem não ocorrendo uma separação delas antes da dosagem e/ou comercialização, portanto tem-se apenas uma análise para o farelo, associada aos dois processos.

8.1- Teor de proteína bruta

A proteína é um dos fatores cruciais para a qualidade do farelo, sendo comumente comercializada com 46% de proteína bruta (GARCIA, 2020), em ambas as indústrias o farelo comercializado é o farelo de 46% de proteína.

A dosagem de borra é um dos fatores que podem aumentar o teor de proteína bruta do farelo de soja, mas o principal fator que pode aumentar a proteína é a diminuição da dosagem da casca de soja (GARCIA, 2020).

Para a análise em questão, considerou-se a dosagem diária de borra no processo. O aumento do teor de proteína deve ser favorecido pela qualidade da borra, ou seja, um resíduo com maior quantidade de fosfolipídios em vez de sabões favorecerá um aumento no teor nutritivo.

A Figura 14 contempla o teor de proteína bruta (%) durante o último quadrimestre de 2022.

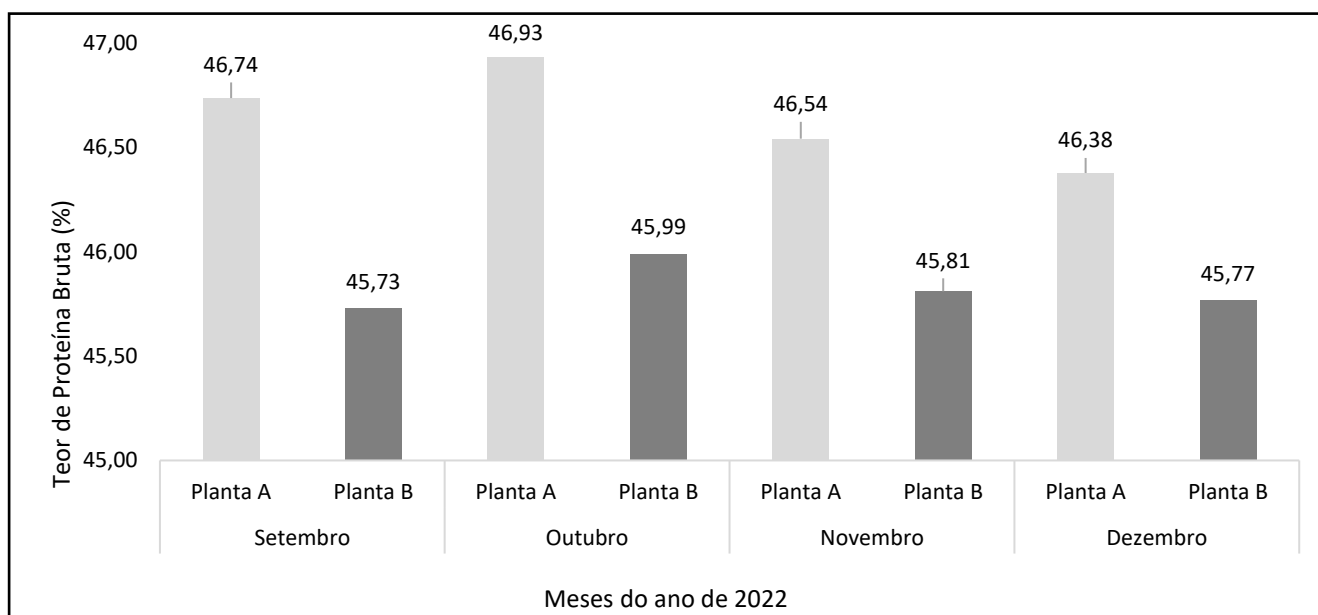


Figura 14– Comparativo do teor de proteína bruta no farelo de soja de 46% de proteína bruta para as duas plantas industriais no último quadrimestre de 2022, a planta B encontra-se abaixo do mínimo esperado, que é de 46,00%.

De acordo com a Figura 14, em todos os meses, o teor de proteína bruta nos farelos produzido na planta A é maior do que os alcançados na planta B. Ainda que a dosagem de borra não seja a principal fonte de proteína para este farelo, é notável que a dosagem incrementa teores proteicos, visto que, a borra de soja contém cerca de 3,4% de proteína bruta (CALLEGARO, 2011).

8.2- Teor de óleo

Outro parâmetro de grande importância é o teor de óleo no farelo, visto que, o excesso de óleo poderá ocasionar emagrecimento, danos da digestão, baixa absorção de fibras (CALLEGARO,2011). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o parâmetro máximo de gordura para o farelo de soja é de 2,5%, no entanto, a companhia em questão adota valor máximo de 1,5%, a fim de favorecer uma margem de segurança e de qualidade.

Todavia, quanto maior o teor de óleo, maior a reutilização da borra no processo, visto que, é adicionada ao extrator, favorecendo um aumento na gordura residual. Na Figura 15, apresenta-se o teor de óleo no farelo durante o último quadrimestre de 2022.

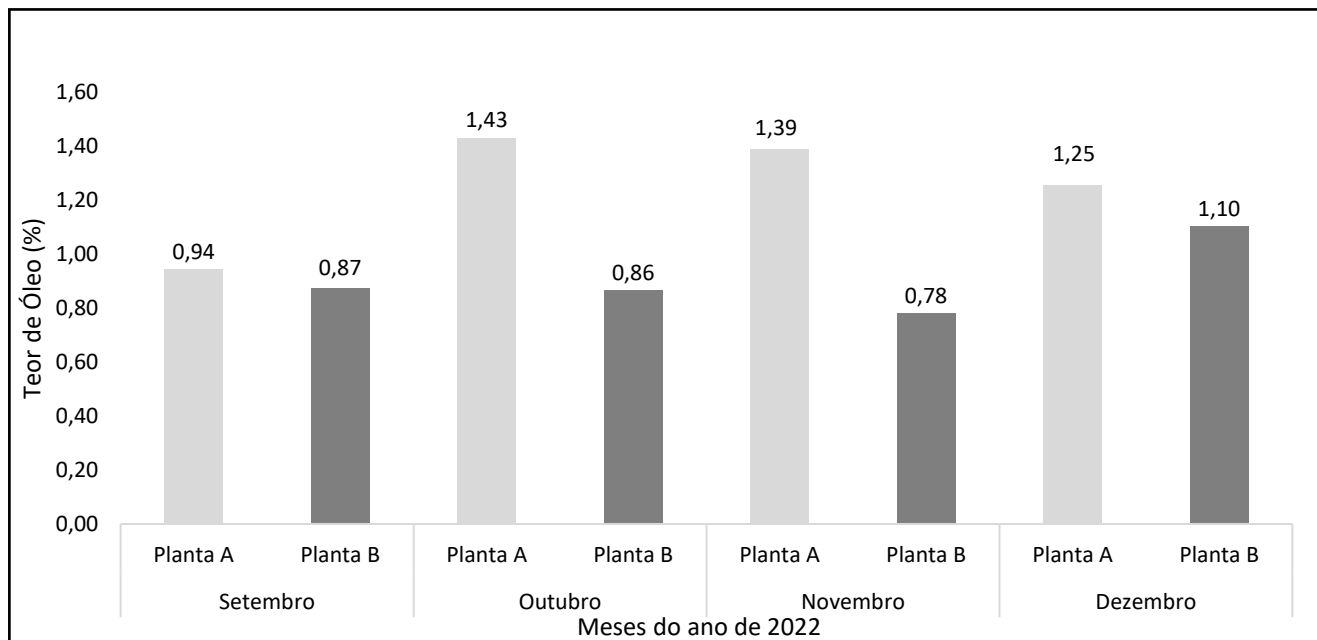


Figura 15 – Comparativo do teor de óleo residual no farelo de soja para as duas plantas industriais no último quadrimestre de 2022

A quantidade de óleo no farelo descrito na Figura 15, destaca que a planta A possui um maior teor de gordura, embora esteja dentro dos padrões internos, que é de 1,5% de teor de óleo residual. Esse resultado comprova que a planta A realmente dosa mais borra que a planta B. Uma maior dosagem de borra na planta A em comparação com a planta B significa que a borra é mais nutritiva. Na verdade, a presença de mais insumos e sabões na borra da planta B torna-se uma desvantagem nutricional sua utilização no farelo de soja.

8.3- Fibra bruta

A fibra bruta, presente em grande quantidade na casca de soja é o principal fator de controle de proteína em uma indústria de processamento de soja, sendo assim,

quanto maior o teor de fibra, menor será o teor de proteína, os parâmetros internos da indústria, destaca um teor máximo de fibra de 6%.

A digestibilidade do farelo de soja está diretamente ligada com a fibra bruta presente no farelo, de acordo com Esquivel, et. al. (1998), quanto maior a fibra, menor a digestibilidade, sendo assim, o teor adequado é abaixo de 5%, visando uma melhor digestão do animal. A Figura 16 destaca o valor de fibra bruta nas duas plantas industriais.

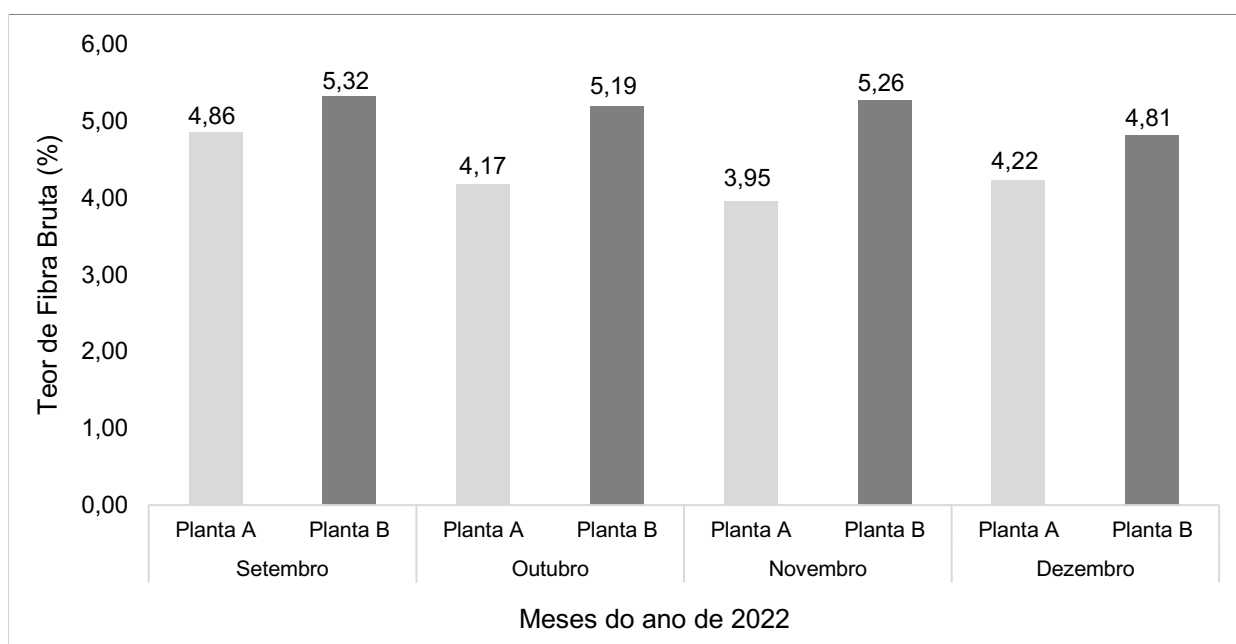


Figura 16 – Comparativo do teor de fibra bruta no farelo de soja para as duas plantas industriais no último quadrimestre de 2022

Observa-se que o processo da Planta B, possui maior quantidade de fibra bruta, sendo que em todos os meses, exceto dezembro, o valor ultrapassou os 5% de fibra, que é o teor máximo adequado para uma boa digestibilidade do farelo (ESQUIVEL, et. al., 1998).

9. CONCLUSÃO

O processamento de soja é um ramo de grande valia nacional, sendo um processo com grandes ramificações, utilizando de diferentes meios para a obtenção do produto desejado, seja o óleo de soja refinado, farelo ou o biodiesel. Todavia, o processo de refino do óleo bruto de soja é um processo complexo e com diferentes caminhos para o objetivo final, muito embora, uma etapa crucial é a remoção dos fosfolipídios solúveis e insolúveis, adequando a diferentes técnicas de separação.

A borra de soja, é um subproduto com baixo valor comercial, portanto, quanto mais baixo o teor de óleo na borra, mais vantajoso será para o processo, visto que, maior é a quantidade de óleo que virá a ser refinado. A análise em questão baseou-se em três processos de refino, cada um com suas especialidades e identidades.

A análise dos diferentes tipos de refino nestas indústrias expressou uma maior perda de óleo neutro por arraste nos processos em que não utilizam enzimas, este fato está diretamente ligado por ser uma rota mais branda, por utilizar menos reagentes na neutralização e por ser um processo bastante seletivos.

Além disso, a aplicação da borra de soja no extrator, promove um aumento no teor nutricional do farelo de soja, embora a sua aplicação exija cuidados para evitar danos nutricionais para a pecuária, principalmente o aumento do teor de óleo no farelo e o aumento do teor de fibra bruta.

Conclui-se, portanto, que o processo que utiliza a reação enzimática apresentou bons resultados em termos de arraste de óleo neutro na borra. Além disso, os parâmetros de qualidade do farelo da indústria A apresentaram uma melhoria nutricional ao adicionar a borra de soja, ou seja, conclui-se que, além de diminuir o teor de óleo na borra, a utilização de um processo mais brando, como o empregado com a enzima, favoreceu uma melhor qualidade da borra em comparação com o processo que não utiliza a degomagem em seu processo de refino.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE. **Cadeia da Soja e do Biodiesel Representou 27” do PIB do Agronegócio e Gerou 2 Milhões de Empregos em 2022**. ABIOVE. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://abiove.org.br/abiove-na-midia/cadeia-da-soja-e-do-biodiesel-representou-27-do-pib-do-agronegocio-e-gerou-2-milhoes-de-empregos-em-2022/>. Acesso em 20/05/2023.

BEZERRA, I. D., BELISÁRIO, C. M., FAVARETO, R., TAHAM, T., CASTEJON, L. V. **Industrially concentrated tocopherols from Soybean oil deodorizer distillate**. Brazilian Journal of Food Technology, n.25, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA. **Instrução Normativa Mapa nº 49, de 22 de Dezembro de 2006, sobre a regulamentação e outras providências**.

BOGALHO G.H.B; BARBIERI, Naieri Peroto. **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE MASSA EXPANDIDA (SOJA) NA EXTRAÇÃO DE ÓLEOS**. Revista OMNIA. v.13, n.1, 2010.

CALLEGARO, A. M. **Utilização da borra de soja na terminação de novilhos em confinamento**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

CLAUSEN, Kim. **Enzymatic oil-degumming by a novel microbial phospholipase**. European journal of lipid science and technology, v. 103, n. 6, p. 333-340, 2001.

D'ARCE, Marisa. **O processamento industrial do óleo vegetal e do farelo**. Visão Agrícola, São Paulo, n.5, p. 140-141, 2006.

DA FRÉ, N. C. **Obtenção de ácidos graxos a partir da acidulação de borra de neutralização de óleo de soja**. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DEFFENSE, E. **From Organic Chemistry to fat and oil chemistry**. Charleroi: Oléagineux Corps Gras Lipides/OCL v16, 2009.

DORSA, R. **Tecnologia de óleos Vegetais**. Campinas: Ideal, 2004.

GARCIA, L.R. **Qualidade nutricional de farelos de soja comerciais processados no município de Uberlândia**. TCC (Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020.

JIANG, Xiaofei; CHANG, Ming; WANG, Xiaosan; JIN, Qingzhe; WANG, Xingguo. **A Comparative Study of Phospholipase A1 and Phospholipase C on Soybean Oil Degumming**. Journal of the American Oil Chemists' Society. AOCS, 2014.

KEMPKA, Aniela; FAGUNDES, Elisandra; SANTOS, Graciélen; MAFESSONI, Katiane; HEINZEN, Vanessa. **Fosfolipase imobilizada na hidrólise da fração lipídica de efluente de frigorífico de suínos: comparação com a enzima livre**. Engenharia Sanitária e Ambiental. SCIELO. p. 395-403, 2018.

LENZI, Cecília. **Recuperação enzimática de ácidos graxos de borra de soja**. Dissertação (Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

LIU, Daicheng; MA, Fucui. **Soybean Phospholipids**. Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products: InTech. p. 483-500, 2011.

MANDALAWI, H. A. ; LÁZARO, R. ; REDÓN, M. ; HERRERA, J. ; MENOYO, D. ; MATEOS, G.G. **Glycerin and lecithin inclusion in diets for brown egg-laying hens: effects on egg production and nutrient digestibility**. Animal Feed Science and Technology, v.209, p.145-156, 2015.

MANDARINO, J.M.G. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. 2ª. ed. Londrina PR: Embrapa Soja, 2015.

MORETO, E.; ALVES, R. F. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. Florianópolis: UFSC, 1986, 179p.

NILSEN, Per M.; COWAN, David. **Chapter 11- Enzymatic Degumming of Edible Oils and Fats**. In: LIST, Garry R. Bleaching and Purifying Fats and Oills Theory and Practice. 2ªEd. Academic Press and AOCS Press, 2009.p. 221-240.

NIEUWENHUYZEN, W.V. **Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies.** Eur. J. Lipid Sci. Technol, n.110, p 472-486, 2008.

NUNES, C.A. **Tecnologia de Óleos e Gorduras para Engenharia de Alimentos.** Texto Acadêmico, Lavras: UFLA n.71, 2013.

O'BRIEN, Richard D. **Fats and Oils Formulating and Processing for Applications.** CRC Press, 3ªed, 2008.

PARAÍSO, Paulo; ANDRADE, Cid; ZEMP, Roger. **Destilação da Micela I: Modelagem e Simulação da Evaporação do Hexano.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, n.23(3), p. 459-467, 2003.

RODRIGUES, Fábio. **Evitando desperdício: degomagem enzimática aumenta rentabilidade das usinas.** Biodieselbr., 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/evitando-desperdicio-degomagem-enzimatica-aumenta-rentabilidade-das-usinas-041119>. Acesso em 20/05/2023.

ROHR, R. **Óleos e gorduras vegetais: seus subprodutos protéicos.** 4.ed. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1972.

SANTOS, José Walter; CABRAL, Luciano da Silva; ZERVOUDAKIS, Joanis Tilemahos; SOUZA, Alexandre Lima; ABREU, Joadil Gonçalves; BAUER, Maristela de Oliveira. **Casca de soja em dietas para ovinos.** Revista Brasileira de Zootecnia. v. 37, n. 11, p. 2049-2055, 2008.

SEKIYA, F. **Phospholipase C.** Encyclopedia of Biological Chemistry. 2 ed, p.467-471, 2013.

SENAR. **Grãos: classificação de soja e milho.** Coleção SENAR, Brasília, 178, p. 42-53, 2017.

SENAR. **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café.** Coleção SENAR, Brasília, 216, p. 8-13, 2018.

WIEDERMANN, L.H. **Degumming, refining and Bleaching Soybean oil.** J Am Oil Chem Soc, n.58, p 159-166, 1981.

WOERFEL, John B. **Chapter 17 Soybean Oil Processing Byproducts and Their Utilization**. In: LIST, Garry R. Bleaching and Purifying Fats and Oils Theory and Practice. 2^aEd. Academic Press and AOCS Press, 2009.p. 297-313.

APÊNDICE A

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para setembro de 2022 para a planta A.

PLANTA A – (1 A 10 DE SETEMBRO DE 2022)*										
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-
TONELADAS	18,5860	15,0070	14,7690	14,0640	13,1860	15,1880	12,5960	-	-	-
TEOR DE ÓLEO (%)	34,8800	34,6800	32,1000	37,0400	36,1800	31,2500	32,3200	-	-	-

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido a manutenção do processo.

PLANTA A – (11 A 20 DE SETEMBRO DE 2022)*										
DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3
TONELADAS	-	-	-	-	-	12,7780	12,9420	7,4150	12,2920	15,2970
TEOR DE ÓLEO (%)	-	-	-	-	-	28,3500	30,5200	27,8700	29,8200	32,5200

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido a manutenção do processo.

PLANTA A – (21 A 30 DE SETEMBRO DE 2022)

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PROCESSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TONELADAS	16,1460	15,0740	17,7030	17,8420	18,3330	12,7030	17,3940	16,1780	19,2070	18,2710
TEOR DE ÓLEO (%)	32,1400	33,4300	29,1700	28,1400	30,6000	29,7100	30,3500	28,4700	30,8500	30,3700

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para outubro de 2022 para a planta A.

PLANTA A – (1 A 10 DE OUTUBRO DE 2022)

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TONELADAS	18,971	17,440	19,670	18,866	17,002	8,059	2,960	15,765	15,077	15,263
TEOR DE ÓLEO (%)	30,190	27,820	28,110	30,320	29,870	29,300	27,830	28,500	27,850	32,520

PLANTA A – (11 A 20 DE OUTUBRO DE 2022)*

DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	3	3	3	3	3	3	3	-	3	3
TONELADAS	11,988	14,636	14,555	10,550	11,106	10,335	1,725	-	4,877	12,242
TEOR DE ÓLEO (%)	31,300	29,800	26,710	26,190	28,430	32,610	31,050	-	30,570	31,660

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido a manutenção do processo.

PLANTA A – (21 A 31 DE OUTUBRO DE 2022)

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PROCESSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TONELADAS	9,606	11,905	10,632	12,297	5,293	10,340	11,039	10,555	8,838	9,854	10,316
TEOR DE ÓLEO (%)	29,670	31,690	33,210	29,520	28,350	29,880	30,030	28,780	29,490	29,230	29,350

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para novembro de 2022 para a planta A.

PLANTA A – (1 A 10 DE NOVEMBRO DE 2022)										
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
TONELADAS	10,248	8,192	7,141	13,558	11,627	10,788	5,213	3,871	1,914	3,761
TEOR DE ÓLEO (%)	38,930	32,930	35,620	34,540	33,040	34,390	26,900	27,940	27,760	28,620

PLANTA A – (11 A 20 DE NOVEMBRO DE 2022)										
DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TONELADAS	3,709	3,943	3,543	4,175	4,201	3,138	3,389	4,185	3,460	4,164
TEOR DE ÓLEO (%)	28,260	29,220	27,650	30,310	31,130	28,250	30,940	30,360	30,150	30,080

PLANTA A – (21 A 30 DE NOVEMBRO DE 2022)

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PROCESSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TONELADAS	3,798	3,332	5,354	5,297	3,940	4,160	4,234	4,376	4,321	4,307
TEOR DE ÓLEO (%)	30,470	31,330	30,490	31,890	31,020	30,800	32,350	31,230	29,820	27,250

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para dezembro de 2022 para a planta A.

PLANTA A – (1 A 10 DE DEZEMBRO DE 2022)

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
TONELADAS	5,418	4,169	4,442	4,465	5,672	4,906	3,491	3,835	4,108	0,79
TEOR DE ÓLEO (%)	21,75	26,47	25,42	26,46	26,50	26,79	27,71	20,04	27,59	33,36

PLANTA A – (11 A 20 DE DEZEMBRO DE 2022)

DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TONELADAS	11,697	10,011	13,734	13,815	13,53	13,675	12,483	11,839	13,346	11,697
TEOR DE ÓLEO (%)	39,90	39,80	28,89	38,11	36,54	40,40	37,24	37,14	30,28	39,90

PLANTA A – (21 A 31 DE DEZEMBRO DE 2022)*

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PROCESSO	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-
TONELADAS	12,081	10,74	10,354	8,55	10,832	-	-	-	-	-	-
TEOR DE ÓLEO (%)	37,17	31,61	37,71	42,66	36,91	-	-	-	-	-	-

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido ao início da manutenção anual do processo.

APÊNDICE B

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para setembro de 2022 para a planta B.

PLANTA B – (1 A 10 DE SETEMBRO DE 2022)*

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	36,0900	33,5000	-	25,7100	-	28,9700	28,4500	31,4400	26,0800	31,8500
TEOR DE ÓLEO (%)	35,9400	37,9600	-	39,6100	-	36,3600	37,8900	35,9400	37,4000	37,3700

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido a manutenção do processo.

PLANTA B – (11 A 20 DE SETEMBRO DE 2022)

DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	28,1600	27,6300	27,0600	31,5400	31,0100	30,9000	32,2200	29,3200	28,0600	32,0800
TEOR DE ÓLEO (%)	37,2500	37,3500	36,3700	36,7700	37,0200	36,5800	37,1500	37,4600	36,4900	35,5300

PLANTA B – (21 A 30 DE SETEMBRO DE 2022)*

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	-	33,4300	35,6100	31,1400	31,7200	33,7700	31,7400	30,1900	33,2600	-
TEOR DE ÓLEO (%)	-	35,6100	37,7300	35,5200	37,1100	36,5200	36,5400	38,2600	40,2300	-

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido a manutenção do processo.

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para outubro de 2022 para a planta B.

PLANTA B – (1 A 10 DE OUTUBRO DE 2022)

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	12,959	11,172	11,618	11,716	13,780	11,183	7,705	11,859	8,213	0,857
TEOR DE ÓLEO (%)	40,38	42,99	39	39,71	38,38	40,3	43,36	40,93	36,23	35,85

PLANTA B – (11 A 20 DE OUTUBRO DE 2022)*

DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	12,333	11,508	9,844	9,609	12,310	12,536	10,349	5,759	7,674	9,070
TEOR DE ÓLEO (%)	36,32	36,64	35,69	39,13	38,16	38,65	-	-	37,18	40,11

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido a manutenção do processo.

PLANTA B – (21 A 31 DE OUTUBRO DE 2022)

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	9,788	10,708	11,843	8,063	7,884	9,960	11,954	8,609	11,581	11,953	11,416
TEOR DE ÓLEO (%)	36,96	41,85	35,01	37	37,09	36,18	35,58	34,11	35,61	35,37	29,35

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para novembro de 2022 para a planta B.

PLANTA B – (1 A 10 DE NOVEMBRO DE 2022)										
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	8,958	6,899	10,041	10,197	6,310	8,150	11,042	8,844	12,723	42,434
TEOR DE ÓLEO (%)	35,000	36,460	38,670	37,420	37,020	36,320	37,270	35,380	37,940	37,490

PLANTA B – (11 A 20 DE NOVEMBRO DE 2022)										
DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	11,150	11,524	9,932	10,167	11,686	11,140	10,362	13,163	11,769	13,557
TEOR DE ÓLEO (%)	37,840	36,180	33,940	37,510	35,550	36,060	35,070	40,250	38,360	33,300

PLANTA B – (21 A 30 DE NOVEMBRO DE 2022)*

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	10,378	3,635	11,381	10,640	10,949	14,355	9,653	16,738	12,975	-
TEOR DE ÓLEO (%)	31,490	33,470	34,970	33,640	35,300	34,770	29,860	35,240	35,470	-

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido a manutenção do processo.

Banco de dados com valores diários do teor de óleo neutro na borra para dezembro de 2022 para a planta B.

PLANTA B – (1 A 10 DE DEZEMBRO DE 2022)*

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	11,262	8,767	11,135	9,603	10,778	11,936	13,953	13,312	10,656	-
TEOR DE ÓLEO (%)	38,420	38,180	38,170	37,560	36,760	35,200	33,540	39,170	34,800	35,590

*Valor da tonelada da borra no dia 10/12/2023 não foi repassado ao setor de qualidade.

PLANTA B – (11 A 20 DE DEZEMBRO DE 2022)*

DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	8,722	5,793	12,365	-	4,480	12,332	4,876	9,031	4,087	0,344
TEOR DE ÓLEO (%)	37,270	35,670	37,720	36,740	30,060	28,280	29,700	37,330	36,160	37,640

*Valor da tonelada da borra no dia 14/12/2023 não foi repassado ao setor de qualidade.

PLANTA B – (21 A 31 DE DEZEMBRO DE 2022)*

DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PROCESSO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TONELADAS	5,396	9,099	13,757	-	-	-	-	-	-	-	-
TEOR DE ÓLEO (%)	38,050	37,520	37,130	39,480	39,900	-	-	-	-	-	-

*Valores em brancos refletem a planta parada, devido ao início da manutenção anual do processo. Valores de toneladas do dia 24 e 25/12 não foram repassados para o setor de qualidade.

APÊNDICE C

Banco de dados com valores dos parâmetros de qualidade do farelo floculado para a planta A e B

Parâmetro	Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
	Planta A	Planta B	Planta A	Planta B	Planta A	Planta B	Planta A	Planta B
Areia e sílica (%)	0,07	0,03	0,09	0,03	0,09	0,02	0,09	0,03
Atividade ureática (%)	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04
Cinzas (%)	6,69	6,03	6,73	6,06	6,65	6,02	6,71	5,64
Fibra (%)	4,86	5,32	4,17	5,19	3,95	5,26	4,22	4,81
Proteína (%)	46,74	45,73	46,93	45,99	46,54	45,81	46,38	45,77
Solubilidade (%)	81,72	78,97	83,66	78,18	81,21	80,00	79,98	79,12
Teor de óleo (%)	0,94	0,87	1,43	0,86	1,39	0,78	1,25	1,10
Umidade (%)	10,57	11,28	10,40	11,26	10,65	11,30	10,65	11,57