



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA**



i

**VITOR AUGUSTO CAMPIONI OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO NO SISTEMA DE VÁCUO DA INTERESTERIFICAÇÃO E  
DESODORIZAÇÃO REFINARIA UBERLÂNDIA**

**UBERLÂNDIA**

**2023**

**VITOR AUGUSTO CAMPIONI OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO NO SISTEMA DE VÁCUO DA INTERESTERIFICAÇÃO E  
DESODORIZAÇÃO REFINARIA UBERLÂNDIA**

Projeto de Monografia de graduação apresentada a Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de curso I, do curso de Engenharia Química.

Professora: Prof. Dr. Cláudio Roberto Duarte

**UBERLÂNDIA**

**2023**

# **AVALIAÇÃO NO SISTEMA DE VÁCUO DA INTERESTERIFICAÇÃO E DESODORIZAÇÃO REFINARIA UBERLÂNDIA**

Uberlândia, 19 de junho de 2023

Monografia aprovada para a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Química, da Universidade Federal de Uberlândia (MG) pela banca examinadora formada por:

---

Prof. Dr. Cláudio Roberto Duarte, FEQUI/UFU (Orientador)

---

Gisele Márcia de Souza, Mestre em Engenharia Química, FEQUI/UFU

---

Paulo Sérgio de Andrade, Mestre em Engenharia Química, FEQUI/UFU

## DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho primeiramente aos meus pais, que sempre me apoiaram e ajudaram durante todo o período de graduação.*

*A minha supervisora que deu a oportunidade para ingressar no mercado de trabalho e com isso realizar esse projeto importante para minha vida profissional.*

*Aos meus colegas de trabalho que me ajudaram a desenvolver esse projeto.*

*Aos meus professores da FEQ UFU, por passarem todo o conhecimento teórico de suma importância para minha futura carreira profissional.*

*E a todos os meus amigos que me acompanharam durante essa trajetória.*

## RESUMO

A tecnologia do vácuo é essencial em várias indústrias e atividades científicas. Seu principal objetivo é modificar a atmosfera dentro de recipientes, alterando tanto a pressão quanto a composição da mistura gasosa. O vácuo é obtido usando ejetores a vapor, condensadores barométricos de mistura e bombas de vácuo. Os ejetores a vapor são amplamente utilizados em indústrias que possuem vapor d'água disponível. O desempenho eficiente desses equipamentos é fundamental para o bom funcionamento das plantas industriais. Para a fabricação da margarina, é necessário o refino do óleo e gordura e a formação desta última. O refino do óleo começa na neutralização alcalina de óleos vegetais envolvendo o contato entre o óleo e uma solução de soda cáustica para transformar os ácidos graxos livres em sabões de sódio, que são posteriormente removidos. O processo evoluiu de uma abordagem descontínua em tanques para um processo contínuo com separadores centrífugos. Em seguida o óleo de soja passa para um processo de clarificação que envolve a eliminação de várias impurezas resultantes do processo de neutralização. Isso é importante para garantir a qualidade do produto final e evitar problemas durante etapas subsequentes, como a hidrogenação e a estabilidade do produto. A hidrogenação tem como principal objetivo reduzir as duplas ligações nos ácidos graxos, tornando o óleo mais sólido para uso em produtos alimentícios como margarinas, sorvetes, biscoitos, entre outros. Além disso, a hidrogenação também aumenta a estabilidade dos ácidos graxos, prevenindo a oxidação e a formação de sabores desagradáveis. A estabilidade organoléptica do ácido graxo depende do nível e do tipo de insaturação presente. A degradação oxidativa pode resultar na formação de compostos voláteis que afetam negativamente o odor e o sabor do produto. A desodorização é a última etapa da refinação de óleos vegetais, na qual substâncias indesejáveis são removidas por destilação a vapor, resultando em melhorias no sabor, aroma, cor e estabilidade. Após a desodorização, a qualidade intrínseca dos óleos tende a deteriorar-se nos processamentos subsequentes, como o envase para a produção de margarinas e maionese. Portanto, o objetivo do processador é manter o nível de qualidade alcançado após a desodorização.

**Palavras-chave:** Óleo de Soja, Gordura, Interesterificação, Desodorização, Vácuo, Refinaria, Hidrogenação.

## ABSTRACT

*Vacuum technology is essential in various industries and scientific activities. Its main objective is to modify the atmosphere inside containers, altering both the pressure and the composition of the gas mixture. Vacuum is achieved using steam ejectors, barometric mixing condensers, and vacuum pumps. Steam ejectors are widely used in industries that have available steam. The efficient performance of these equipment is crucial for the proper functioning of industrial plants. To manufacture margarine, oil and fat refining and the formation of the latter are necessary. Oil refining begins with the alkaline neutralization of vegetable oils, involving the contact between the oil and a caustic soda solution to transform free fatty acids into sodium soaps, which are subsequently removed. The process has evolved from a batch approach in tanks to a continuous process with centrifugal separators. Then, soybean oil undergoes a clarification process that involves the removal of various impurities resulting from the neutralization process. This is important to ensure the quality of the final product and avoid issues during subsequent stages such as hydrogenation and product stability. Hydrogenation aims to reduce double bonds in fatty acids, making the oil more solid for use in food products such as margarines, ice creams, cookies, among others. Additionally, hydrogenation also increases the stability of fatty acids, preventing oxidation and the formation of unpleasant flavors. The organoleptic stability of the fatty acid depends on the level and type of unsaturation present. Oxidative degradation can result in the formation of volatile compounds that negatively affect the odor and taste of the product. Deodorization is the final stage of vegetable oil refining, where undesirable substances are removed through steam distillation, resulting in improvements in taste, aroma, color, and stability. After deodorization, the intrinsic quality of oils tends to deteriorate in subsequent processes such as packaging for margarine and mayonnaise production. Therefore, the processor's goal is to maintain the level of quality achieved after deodorization.*

**Keywords:** Soybean Oil, Fat, Interesterification, Deodorization, Vacuum, Refinery, Hydrogenation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma dos Processos da Refinaria.....	1
Figura 2: Esquema de Ejetor a Vapor.....	2
Figura 3: Fluxograma Neutralização.....	4
Figura 4: Reação dos fosfolipídios com ácido fosfórico.....	4
Figura 5: Esquema Molecular da Reação de Saponificação .....	6
Figura 6: Esquema de Ligação da Centrífuga Automática .....	6
Figura 7: Clarificação Contínuo de Óleos Vegetais .....	8
Figura 8: Fluxograma Simplificado da Hidrogenação Descontínua .....	10
Figura 9: Fluxo Processo de Interesterificação.....	12
Figura 10: Fluxograma Simplificado Desodorizador Semi Contínuo.....	14
Figura 11: Porca Sextavada .....	18

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVOS GERAIS .....	3
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	3
2.1	NEUTRALIZAÇÃO.....	3
2.2	CLARIFICAÇÃO .....	7
2.3	HIDROGENAÇÃO .....	9
2.4	INTERESTERIFICAÇÃO .....	11
2.5	DESODORIZAÇÃO .....	12
3	METODOLOGIA.....	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
4.1	DESODORIZAÇÃO .....	16
4.2	INTERESTERIFICAÇÃO .....	17
5	CONCLUSÕES.....	19
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19



# 1 INTRODUÇÃO

A composição da margarina é dada por gorduras vegetais hidrogenadas, óleos vegetais, leite, água e sal aditivos (DORSA, 2004), sendo os dois primeiros itens formulados pela área da refinaria de óleo e gorduras vegetais.

O óleo de soja, assim como outros óleos vegetais, passa por um processo de refino para se tornar adequado para consumo e produção de margarinas. O refinamento químico do óleo de soja envolve diferentes etapas, incluindo principalmente a degomagem (remoção de gomas), a neutralização, a clarificação e a remoção de odores (ALMEIDA, 1994). Para a produção de margarina são necessários mais dois processos, sendo a hidrogenação e interesterificação para a produção de gorduras vegetais.

Para o refino de óleo de soja e gordura vegetal o sistema de vácuo encontra-se em todos os processos de uma refinaria, sendo estes esquematizado na Figura 1 para melhor entendimento. Para o presente trabalho, a interferência do vácuo foi observada nos pontos de controle dos processos de Interesterificação e Desodorização.

Figura 1: Fluxograma dos Processos da Refinaria



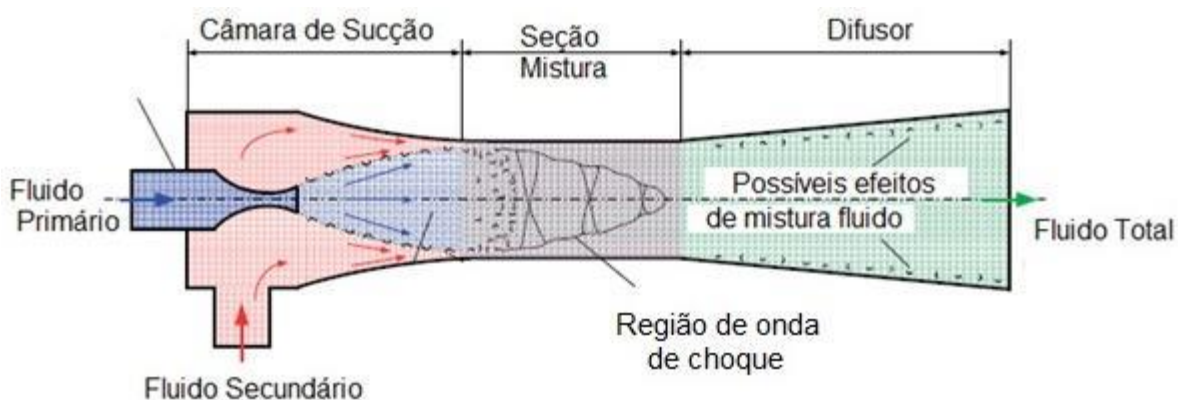
Fonte: Autor

Na fundamentação teórica será apresentado cada etapa do processo listado no fluxograma da Figura 1, com seus respectivos fluxos de processo.

A tecnologia do vácuo é utilizada em uma ampla variedade de processos industriais e atividades tecnológicas e científicas. Em alguns casos, o vácuo é crucial e indispensável para uma ou mais etapas do processo ou fabricação. O principal objetivo de formar o vácuo é modificar a atmosfera dentro de um recipiente. Ao alterar a atmosfera do recipiente, tanto a pressão quanto a composição da mistura gasosa original são modificadas. Geralmente, esses dois efeitos ocorrem simultaneamente. Em algumas situações, o objetivo será reduzir a pressão na câmara de vácuo, enquanto em outras situações, estaremos mais interessados em remover os gases ativos (DEGASPERI, 2006).

Para produção do vácuo são geralmente utilizados ejetores a vapor (Figura 2), combinados com condensadores barométricos de mistura e bombas de vácuo para melhorar a eficiência do sistema.

Figura 2: Esquema de Ejetor a Vapor



Fonte: Elbel e Hrnjak, 2008

Os principais equipamentos para o sistema de vácuo são os ejetores a vapor que são amplamente utilizados em indústrias que possuem vapor d'água disponível para

gerar vácuo em seus processos. O desempenho eficiente desses equipamentos é essencial para o funcionamento adequado das plantas industriais (BRASIL, 2002).

O ejetor da Figura 2 trata-se essencialmente de um bico que introduz um jato de vapor em uma câmara de expansão, onde ocorre o efeito Venturi. Em decorrência do tempo de uso e condições de processo, é necessária manutenção e/ou substituição desses equipamentos para garantir o vácuo desejável na operação.

### **1.1 OBJETIVOS GERAIS**

Em virtude do que foi apresentado, o objetivo geral foi a avaliação e aumento do rendimento no processo de Interesterificação e Desodorização com a melhoria no sistema de vácuo da planta.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos, pode-se listar:

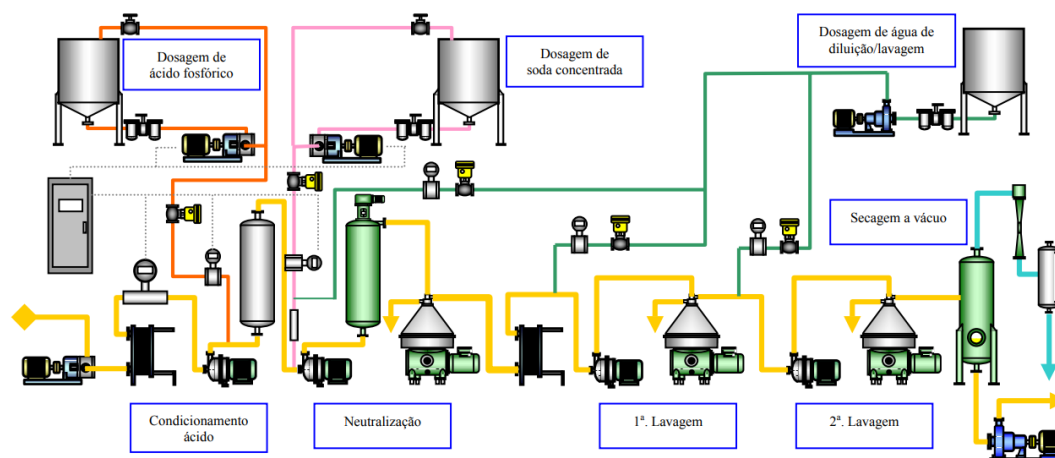
- Diagnóstico do sistema de vácuo da Interesterificação e Desodorização;
- Atender a eficiência da Desodorização e Interesterificação;
- Redução do consumo de químicos (metilato de sódio e ácido fosfórico);
- Redução do imposto taxado pelo transporte rodoviário da gordura inter A interesterificada de 12% para 4%.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 NEUTRALIZAÇÃO**

O processo de neutralização alcalina de óleos vegetais representado na Figura 3, consiste basicamente em promover o contato entre o óleo e uma solução de soda cáustica, quando então os ácidos graxos livres existentes originalmente no óleo são transformados em sabões de sódio e posteriormente removidos do mesmo por meios físicos e físico-químicos. Paralelamente aos ácidos graxos livres, outras substâncias como os fosfolipídios são também separadas (DORSA, 2004).

Figura 3: Fluxograma Neutralização



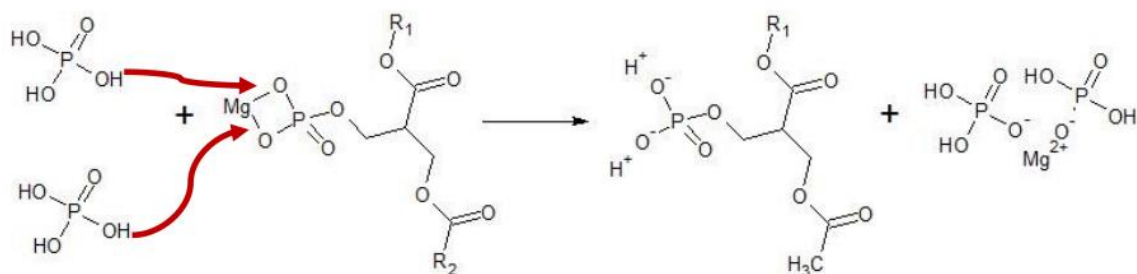
Fonte: Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados, 2004

Seguindo o fluxo do processo, inicialmente é dosado o ácido fosfórico no óleo degomado afim de tornar os fosfatídeos hidrofóbicos (fosfatidiletanolamina e ácido fosfatídico associado a um metal) em moléculas solúveis em água.

Ao combinar ácido fosfórico com ácido fosfatídico ligado a um metal alcalino, o ácido reage com as ligações entre o oxigênio e o metal, resultando na conversão da molécula do ácido fosfatídico para sua forma iônica, tornando-a solúvel em água. O metal, que pode ser magnésio, cálcio ou ferro, estabelece ligações iônicas com o ácido fosfórico mostrado na Figura 4 (OLIVEIRA, 2012).

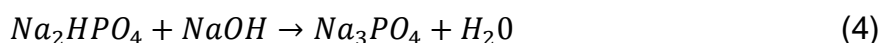
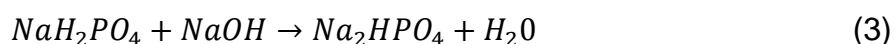
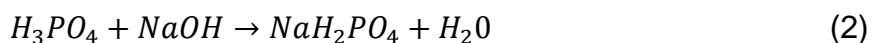
Em seguida é dosado a soda cáustica ao óleo sob agitação e aquecimento a 80 - 90 °C. O óleo neutralizado e a borra são separados por meio de centrifugação. A concentração da solução alcalina, o tempo de mistura com o óleo e a temperatura de neutralização podem variar de acordo com o processo adotado (MORETTO e FETT, 1998).

Figura 4: Reação dos fosfolipídios com ácido fosfórico



Fonte: Processo Cavitation – Inovação em Refino de Óleo de Soja, 2017

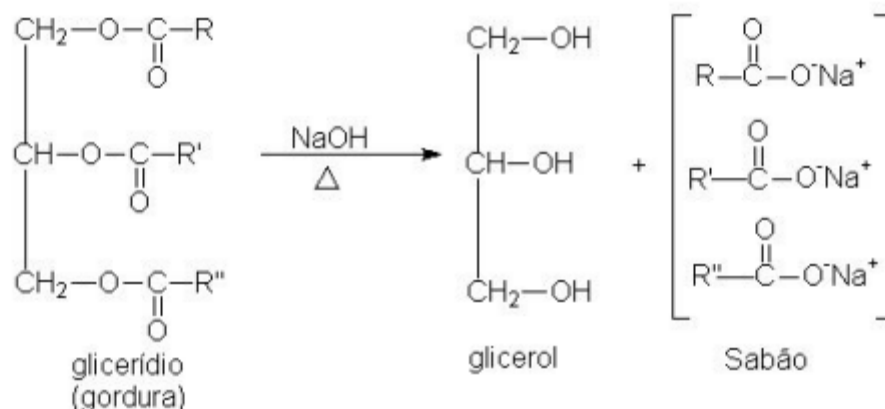
Nessa etapa do processo a soda cáustica reage com os ácidos graxos livres formando sabões de sódio (Equação 1) e com o ácido fosfórico usado no pré-tratamento (Equações 2, 3 e 4). Ambas as reações são desejáveis para o processo, sendo a primeira para diminuir a acidez no óleo de soja e a segunda para neutralizar o ácido fosfórico remanescente no processo.



Todavia, a soda cáustica reage também com os triglicerídeos, sendo uma reação evidentemente indesejável, pois perde-se óleo neutro sob forma de sabões, como mostrado na Figura 5.

A mistura de óleo e soda é encaminhada para a primeira centrífuga. Essa centrífuga (Figura 6) possui um tambor de pratos projetado especialmente para separar substâncias pastosas (borras, lecitinas) dos óleos comestíveis e também é equipada com rodetes (bombas centrípetas) especiais para lidar com altas vazões. Tanto as borras (sabões) separadas do óleo quanto o próprio óleo purificado saem do tambor sob

Figura 5: Esquema Molecular da Reação de Saponificação



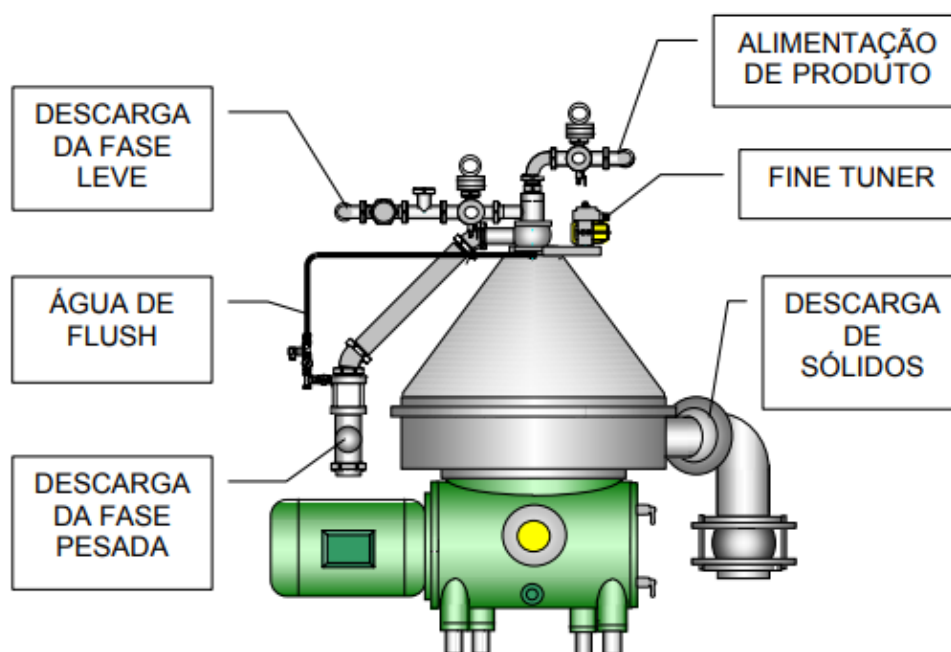
Fonte:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2274192/mod\\_resource/content/0/Resumo\\_08\\_Gr10.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2274192/mod_resource/content/0/Resumo_08_Gr10.pdf). Acesso em 08/05/2023

pressão, impulsionados pelos rodetes centrípetos, e são enviados para a etapa de lavagem. Nesse estágio, o óleo é aquecido no trocador de calor a placas até atingir a temperatura de lavagem (95°C). A água de lavagem abrandada é adicionada à linha de óleo por meio de um sistema semelhante ao utilizado para o ácido/soda e é direcionada ao misturador. O misturador envia a mistura de óleo e água para a centrífuga, onde a água e os sabões são separados do óleo. Essa solução pode ser usada para diluir a borra ou encaminhada para um tanque de decantação. O óleo lavado é bombeado pelo rodetes da centrífuga para a etapa de secagem (DORSA, 2004).

A “secagem” tem a finalidade de retirar a umidade do óleo, reduzindo a acidez e retirando os últimos componentes voláteis através do sistema de vácuo adapta ao tanque de secagem.

Figura 6: Esquema de Ligação da Centrífuga Automática



Fonte: Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados, 2004

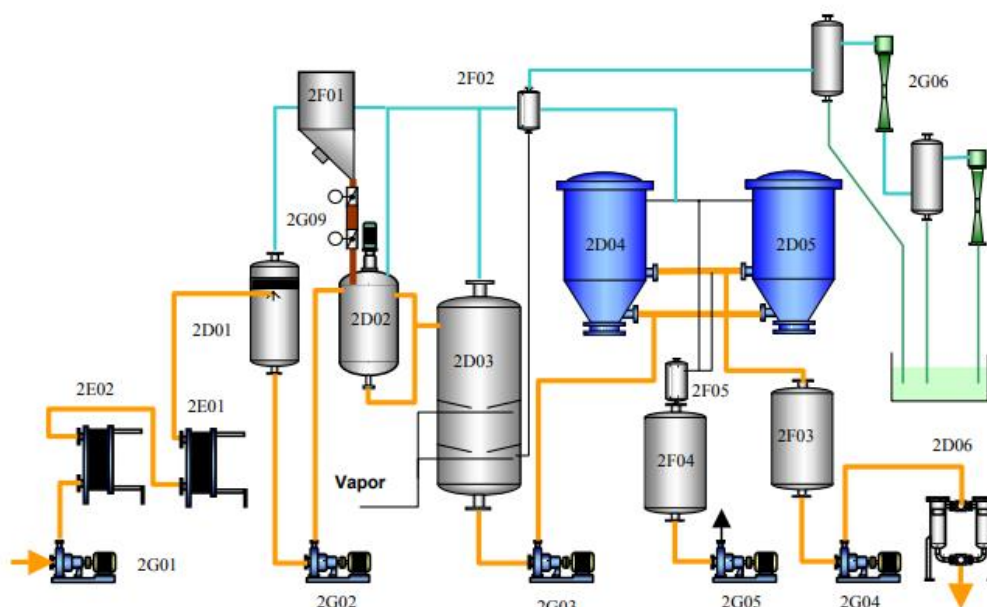
## 2.2 CLARIFICAÇÃO

A clarificação tem como principal objetivo a remoção vindo do processo de Neutralização. Além disso, Andersen (1962) cita que outras impurezas são removidas do óleo, são elas:

- Fosfolipídios;
- Sabões;
- Peróxidos (produtos de oxidação);
- Metais;
- Umidade.

Embora o pré-tratamento com ácido fosfórico e a subsequente refinação alcalina eliminem a maior parte dos fosfolipídios e ácidos graxos livres, o óleo neutro ainda contém uma série de impurezas cuja concentração deve ser anteriormente reduzida para que produto final venha a apresentar características organolépticas aceitáveis e estáveis (Apostila Escola Técnica Margarina, 2012). Segue Figura 7 do processo de clarificação do óleo de soja.

Figura 7: Clarificação Contínua de Óleos Vegetais



Fonte: Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados, 2004

Normalmente, nas refinarias de óleos vegetais, a etapa de clarificação envolve um tanque com agitação (chamado de vaso adsorvedor) e filtros prensa do tipo folha para separar o material adsorvente do óleo. Nas condições industriais, o óleo é introduzido no vaso adsorvedor a uma temperatura predefinida. Em algumas refinarias, a mistura entre o óleo e a terra adsorvente ocorre em uma linha principal que conduz a mistura para o



tanque (Zardo, 2000), enquanto em outras refinarias, a mistura é feita dentro do próprio tanque (Arruda, 1997), como é o caso da planta de Uberlândia (UBE). O processo de clarificação começa imediatamente após o contato entre a terra adsorvente e o óleo, e para evitar a oxidação, todo o processo é realizado em condições de vácuo, com uma pressão negativa de aproximadamente 700 mmHg. Após cerca de 20 minutos de contato no vaso adsorvedor, a mistura de óleo e adsorvente passa através das placas do filtro, que foram previamente preparadas com a pré-capa (Arruda, 1997).

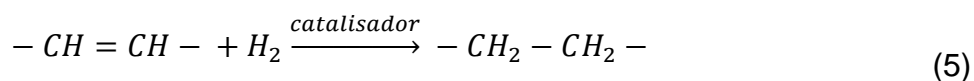
Depois disso o óleo branqueado passa por um filtro de pequenas partículas (filtro GAF) para filtrar possíveis resquícios de terra clarificante e é bombeado até os tanques de estocagem.

### 2.3 HIDROGENAÇÃO

A principal função da hidrogenação é reduzir o número de duplas ligações existentes nos ácidos graxos, para que o óleo se torne mais sólido, ou seja, aumentar o ponto de fusão da matéria prima a ser produzida; e a redução do índice de iodo (nível de poli-insaturados).

Além disso, a hidrogenação é usada amplamente na indústria química para estender a vida útil dos óleos ou para produzir as gorduras vegetais hidrogenadas. Isso ocorre com o objetivo de aumentar o tempo de validade dos óleos e para a fabricação das gorduras vegetais hidrogenadas. (PINHO, 2013).

A hidrogenação de uma dupla ligação carbono-carbono envolve uma reação química simples como mostrado na Equação 5.

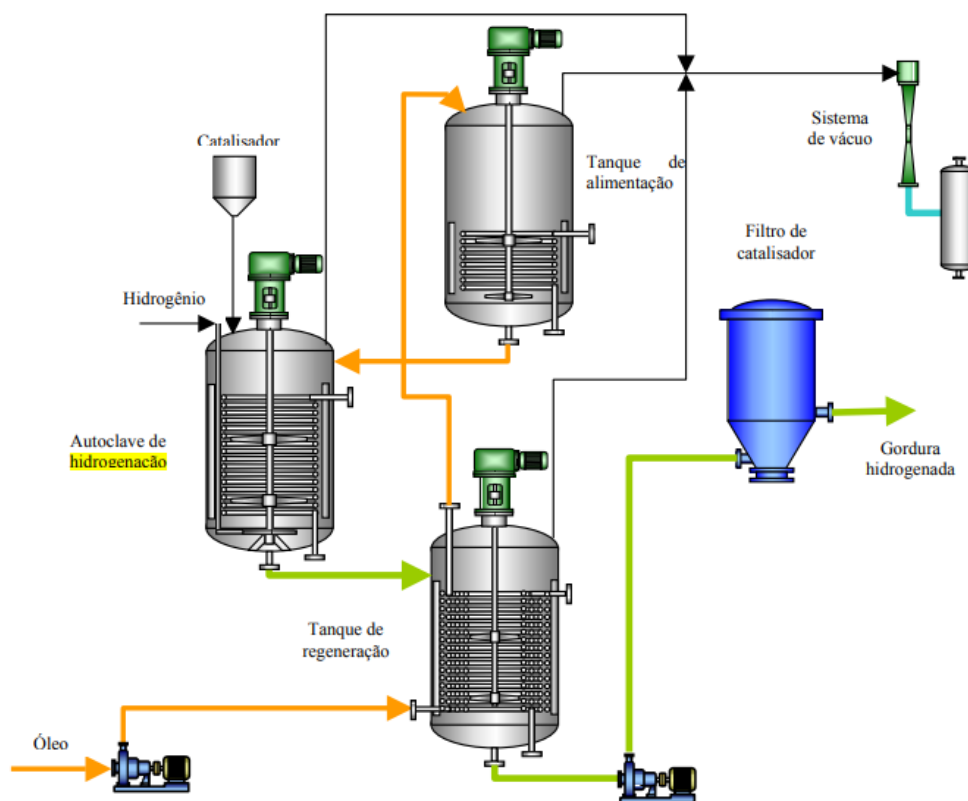


No processo de hidrogenação, o hidrogênio (na forma de gás), o óleo (na forma líquida) e um catalisador (comumente níquel em uma concentração de 0,05% a 0,1%) são utilizados em uma reação que ocorre em um sistema fechado. Esse sistema é aquecido a temperaturas entre 140°C e 220°C e submetido a alta pressão, variando de

35 a 140 kPa. Após alcançar o grau de saturação desejado, o sistema é resfriado, a pressão é reduzida e o catalisador é removido por meio de filtração (NUNES, 2013).

Para este processo, esquematizado na Figura 8, é geralmente utilizado um sistema descontínuo, que permite um melhor controle, em relação ao contínuo, das características do produto final, além de oferecer maior flexibilidade para compensar flutuações de qualidade da matéria-prima.

Figura 8: Fluxograma Simplificado da Hidrogenação Descontínua



Fonte: Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados, 2004

Nesse processo mostrado na Figura 8, é possível realizar um reaproveitamento do calor gerado. Considerando que a hidrogenação é um processo exotérmico, durante

a reação ocorre um aumento da temperatura do óleo, que precisa ser controlado para manter as condições ideais. Além disso, é necessário resfriar o produto final obtido, que é a gordura hidrogenada, antes da etapa de filtração. O calor gerado durante esse resfriamento pode ser reaproveitado para aquecer a matéria-prima que entra no processo, proporcionando uma economia de vapor de aquecimento e água de resfriamento (DORSA, 2004).

A matéria prima a ser hidrogenada é bombeada na serpentina do tanque de regeneração, trocando calor com a gordura já hidrogenada. Além da economia energética, há também uma economia de tempo até atingir a temperatura de reação, aumentando a produção. Lembrando que a regeneração só é possível ser feita a partir da terceira carga alimentada na planta.

## **2.4 INTERESTERIFICAÇÃO**

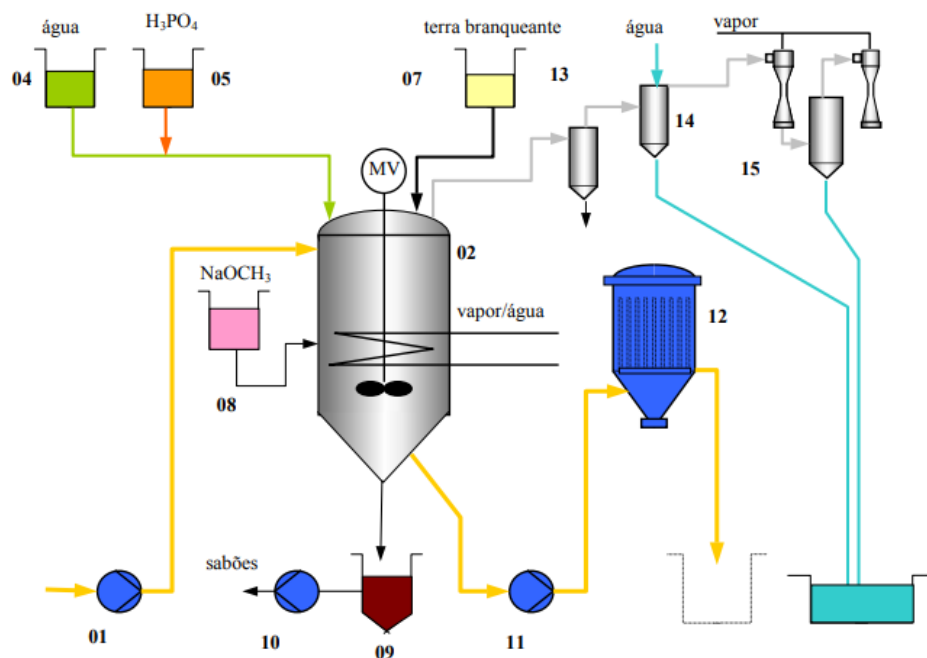
A interesterificação de misturas de óleos vegetais totalmente hidrogenados com óleos líquidos representa, atualmente, a melhor opção para produção de gorduras low trans com diversas finalidades industriais (RIBEIRO, 2009).

A modificação de óleos e gorduras pela intreresterificação pode ocorrer por via química ou enzimática, um conceito relativamente novo da modificação de lipídeos (LOPES-HERNANDEZ; GARCIA; HILL, 2005). A rota química, em geral, utiliza como catalisador sódio metálico e metilato de sódio, conduzindo à redistribuição aleatória dos ácidos graxos nas cadeias dos triacilgliceróis (NUNES ,2010).

Diferentemente do processo de hidrogenação, a interesterificação não causa a transformação dos ácidos graxos de configuração cis para trans, uma vez que os ácidos graxos em si não são alterados, mas sim redistribuídos nas ligações éster do glicerol, gerando novas configurações estruturais. Dessa forma, a interesterificação representa uma opção à hidrogenação para a obtenção de produtos livres de ácidos graxos trans, sendo utilizada em margarinas e substitutos da manteiga de cacau. (LIU & LAMPERT, 1999).

Na planta da unidade para o processo de Interesterificação, representada na Figura 9, a gordura hidrogenada vinda do processo de Hidrogenação, logo após passar no filtro para retirada do catalisador de níquel, é alimentada no tanque.

Figura 9: Fluxo Processo de Interesterificação



Fonte: Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados, 2004

## 2.5 DESODORIZAÇÃO

A Desodorização é a etapa final do processo de aprimoramento dos óleos e gorduras comestíveis, e tem o propósito de eliminar as substâncias ainda presentes que causam odores desagradáveis ao produto. Essa etapa busca também. Algumas substâncias a serem eliminadas nesse processo (aromas desagradáveis, compostos orgânicos e impurezas) são normalmente pouco voláteis, porém têm pressão de vapor significativamente maior do que os triacilgliceróis. Portanto, sob vácuo e aquecimento, é possível eliminá-las com grande eficácia por meio de destilação (CLEITON, 2013).

Existe quatro variáveis operacionais inter-relacionadas que influenciam a qualidade do óleo desodorizado. São elas: vácuo, temperatura, vapor direto (*stripping steam*) e tempo de retenção.

Se os ácidos graxos e as substâncias odoríferas devem ser destilados a menor temperatura possível, a destilação deve ser realizada em baixas pressões absolutas, efetuadas pelo sistema de vácuo. O ponto de ebulição dos ácidos graxos e a pressão de vapor dos materiais odoríferos diminuem à medida que a pressão absoluta diminui. A baixa pressão absoluta requerida, geralmente entre 2 e 4 mbar, é comumente gerada por sistemas de vácuo compostos por uma combinação de ejetores de vapor, condensadores de vapor e bombas de vácuo mecânicas (O'BRIEN, 2008).

A temperatura pode provocar no óleo/gordura reações indesejáveis, sendo elas listadas a seguir:

- Hidrólise ou cisão;
- Decomposição dos produtos de oxidação;
- Decomposição dos carotenoides;
- Isomerização;
- Polimerização;
- Pirólise;
- Interesterificação.

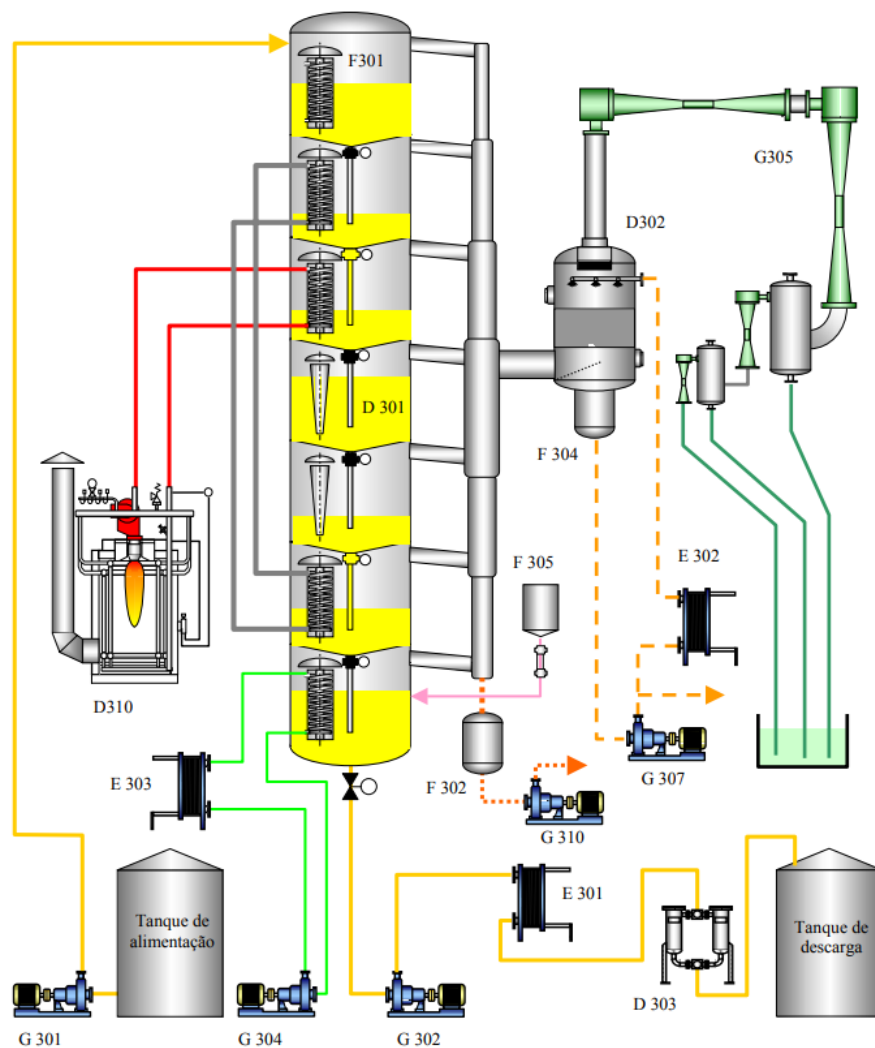
Quanto maior for a temperatura do óleo, maior será a velocidade das reações acima (DORSA, 2004).

O tempo de retenção no desodorizador é o período em que a gordura ou o óleo está na temperatura de desodorização e submetido ao vapor de arraste. O tempo de vaporização para a desodorização deve ser longo o suficiente para reduzir os componentes odoríferos dos produtos de gorduras e óleos ao nível requerido. Esse tempo varia de acordo com o projeto do equipamento (O'BRIEN, 2008).

Representado na Figura 10, o óleo/gordura a ser desodorizado é bombeado para o desaerador (F301). Nele a matéria prima é aquecida (através de uma serpentina interna) com o vapor fornecido pela Caldeira, atingindo temperatura de 140°C. No próximo estágio (denominado 1º estágio), o insumo é aquecido até aproximadamente 200°C usando um sistema de recuperação de calor. Segundo Dorsa em 2004, citou que esse sistema basicamente é uma troca de calor efetuada entre o "batch" de óleo a desodorizar e o "batch" de óleo desodorizado. Durante o tempo de retenção, que era

igual ao tempo disponível para a troca térmica, a temperatura do óleo a desodorizar é aumentada e a temperatura do óleo desodorizado é reduzida.

Figura 10: Fluxograma Simplificado Desodorizador Semi Contínuo



Fonte: Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados, 2004

No 2º estágio, a matéria prima é aquecida até 240-255°C com auxílio de um aquecedor de fluido térmico (D310), normalmente movida a gás GLP. Esse sistema é utilizado, pois o calor gerado pelo vapor da Caldeira consegue atingir temperaturas de no máximo 160°C. No 3º e 4º estágio é onde acontece a desodorização de fato, retirando as “impurezas” do óleo e gordura através do arraste de ácido graxo, coletado no tanque F304. Para esses 3 estágios, sempre ter o cuidado com a temperatura não passar de 255°C, pois pode acarretar as reações indesejáveis citadas acima por Dorsa em 2004.

Os estágios 5º e 6º são para resfriamento da matéria prima para ser armazenado nos tanques de estocagem. O 5º estágio tem o sistema de recuperação de calor e o 6º estágio é resfriado por uma serpentina passando água fria (aproximadamente 28°C). Antes do insumo ser armazenado, ele é bombeado para um trocador de calor para atingir temperatura de aproximadamente 65°C, sendo que no 6º estágio ele é resfriado até 90°C.

A seguir será apresentada o desfecho da Metodologia explicando quais fatores foram utilizados para a realização do projeto.

### **3 METODOLOGIA**

Existe três principais possibilidades de analisar a eficiência do sistema de vácuo de uma refinaria, sendo elas:

- Vazamentos na tubulação de vapor;
- Eficiência da bomba de vácuo do sistema;
- Obstrução dos ejetores a vapor e/ou condensadores.

As etapas foram analisadas e testadas para essas três possibilidades na planta antes de partir para a aquisição de novos equipamentos. Como não foi encontrado problemas com o sistema listado acima, foi requisitado um orçamento para a substituição de todo sistema de vácuo da desodorização e interesterificação.

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram coletados dados dos principais pontos de controle de dois meses de processo (novembro e dezembro de 2022) da Interesterificação e Desodorização.

O problema priorizado no projeto foi a falta de vácuo no padrão especificado para o processo de Interesterificação e Desodorização, com uma meta de restabelecer o sistema de vácuo, reduzir consumos de químicos, aumentar a eficiência da planta destes dois processos e mitigar os riscos de paradas de linha por falta de gordura. Além de reduzir a compra de óleo refinado do mercado e eliminar a transferência de gordura inter A interesterificada da unidade de Paranaguá (PNG), para evitar tributações.

#### **4.1 DESODORIZAÇÃO**

No processo de desodorização é aplicada a técnica de alteração da temperatura de evaporação destes materiais por mudança da pressão parcial de evaporação com auxílio de um gás ou vapor, ou seja, o óleo é tratado com vapor direto, em baixa pressão (da ordem de 2 a 3 mbar) e alta temperatura. Disto resulta que os componentes voláteis e os ácidos graxos de baixo peso molecular são evaporados do óleo.

O vácuo é medido pela pressão manométrica (ou relativa), através de um manômetro localizado no primeiro estágio do desodorizador, sendo calibrado periodicamente considerando a pressão atmosférica da cidade de Uberlândia/MG de aproximadamente 1018 mbar.

Para a confidencialidade dos dados da empresa, os valores analisados serão expressos em porcentagem. Na planta de UBE nesses dois meses de análise dos pontos de controle, o óleo de soja refinado teve média do tempo de retenção (permanência do produto no desodorizador nas condições de processo) de 6,85% acima do padrão e a média para o vácuo de 33,43% abaixo do padrão. Lembrando que quanto menor o tempo de retenção, maior será a produção.

Quanto melhor for o sistema de vácuo, maior será o arraste de ácidos graxos, e com isso, menor o tempo de desodorização (tempo de retenção), aumentando a produção. Em vista disso, a meta será atingir um padrão para o vácuo superior a 28,57% do ponto de controle padrão atual. Uma observação importante é que não é interessante ter um vácuo muito alto para o sistema, já que isso acarretaria no arraste de óleo de soja/gordura vegetal (produto final desejável).

Com a melhora do sistema de vácuo para o desodorizador, terá uma melhor eficiência de processo, sendo a eficiência do desodorizador considerada um indicador



para a unidade, que apresentou uma média de 8,32% abaixo do valor padrão nesses últimos 60 dias.

Com a meta atingida para um valor de vácuo superior a 28,57% do ponto de controle padrão atual, outro indicador que seria otimizado, é o tempo de retenção para o óleo refinado, podendo até diminuir para valores menores que o padrão.

## **4.2 INTERESTERIFICAÇÃO**

A principal vantagem do uso do vácuo na Interesterificação é a máxima eliminação de oxigênio e o aumento da eficiência de secagem no processo. No período da coleta de dados, o vácuo para interesterificar variava entre valores de 20,21 e 11,70% abaixo do padrão, com isso era necessário dosar quantidades a mais de metilato de sódio para ocorrer a reação. Em resultado desta alta dosagem de catalisador, forma-se uma emulsão de difícil separação, tendo como consequência, uma alta dosagem de ácido fosfórico, deixando o insumo final com acidez fora do padrão.

No período observado, foram feitas 63 cargas de inter A/B interesterificada. No documento Padrão Técnico de Processo (PTP) é solicitado uma dosagem específica de metilato de sódio por carga. Porém, entre esses 60 dias a média de dosagem do catalisador por carga foi de 53,33% maior que o padrão, consumindo um total de 51,32% a mais de metilato de sódio com perda de R\$12.163,80.

A quantidade de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) dosado no processo de Interesterificação para o PTP é de 30 ciclos por carga. Cada ciclo tem um valor específico em Kg de  $H_3PO_4$ . Foi dosado 4665 ciclos ao total dos dois meses avaliados, dando uma média de 74 ciclos/carga, variando de 30 a 140 ciclos com perda de R\$ 32.523,00.

Com uma alta dosagem de  $H_3PO_4$ , a acidez do produto final fica fora do padrão.

Com a baixa produção de inter A interesterificada e a alta demanda da parte da Margarina, é necessário transferir da unidade de PNG algumas cargas para suprir. Nesses 60 dias de produção foi consumido aproximadamente 98 cargas de inter A interesterificada. Com isso, foi necessário transferir 35 cargas de PNG. No código CKM3N pelo sistema SAP, é possível verificar o preço médio da matéria prima final, sendo a inter A interesterificada uma delas.

Para esse tipo de transferência há uma tributação, sendo ela o valor do ICMS/Base de Cálculo = 12% (LCP87, 1996). Ou seja, para cada R\$/Kg de matéria prima é taxado 12% de imposto, já que esse tipo de transferência interna não há incentivo fiscal.

Fazendo uma manipulação para essas 35 cargas serem realizadas na planta de UBE, teria uma economia de R\$415.184,00 em dois meses.

Além disso, o processo de Interesterificação impacta diretamente no processo de Desodorização, uma vez que, quando a acidez da matéria prima a ser processada no desodorizador estiver muito alta, tem-se que aumentar o tempo de retenção na bandeja de 20 a 66,67% a mais que o padrão, impactando bastante na produção diária e eficiência do desodorizador. Nos dois meses observados, o tempo de retenção médio para a gordura inter A interesterificada foi de 39,33% superior ao padrão.

Em janeiro, foi aberto os injetores de vapor do processo de Interesterificação para higienização e possível melhora no vácuo do processo. Foi encontrado uma porca sextavada (Figura 11) em um dos injetores de vapor, impedindo o fluxo de vapor para a formação do vácuo.

Figura 11: Porca Sextavada



Fonte: <https://www.wurth.com.br/p/7599641/porca-sextavada-rosca-grossa-classe-6-zincado-din934-m10-x-150mm-embalagem-com-100-unidades-wurth-031700010-kit#wrapper>

Com essa simples correção no sistema, o vácuo para interesterificar foi aumentado em até 26,06%, gastando menos insumos químicos e maior produção de inter A interesterificada, diminuindo a transferência dessa matéria prima de PNG.

## **5 CONCLUSÕES**

Como a empresa está passando por um processo de desinvestimento, o projeto ainda não foi realizado.

Na Desodorização, as análises continuam semelhantes com as de novembro e dezembro para o vácuo e tempo de retenção.

Para o processo de Interesterificação, com a manutenção interna de dois ejetores a vapor, foi possível atingir um vácuo de 13,33% superior ao sistema que estava em operação. Com esses valores, foi possível reduzir a transferência interna de gordura inter A interesterificada de PNG para 3 cargas semanais, porém a planta de UBE ainda não é independente para produzir esse insumo, já que o vácuo ideal para o processo de Interesterificação é de -1020 mbar, cujo valor só seria atingido com a compra de novos equipamentos para o sistema de vácuo do processo em questão. Além de algumas limitações da planta, como o start do processo, e a pressão de vapor da Caldeira. Este último fator é uma variável de processo que não depende da área da Refinaria.

## **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALMEIDA, M. E. M.; GUSMAN, E. C.; CARVALHO, P. R. N.; RUSIG, O. Avaliação de destilado da desodorização do óleo de soja para a extração de vitamina E. Arquivos de Biologia e Tecnologia, v. 37, n. 4, p. 1003-1011, 1994.

ANDERSEN, A. J. C., Refining of Oils and Fats Edible Purposes, 2a ed., Pergamon Press, 1962.

ARRUDA, K. P. Relatório de Estágio – Ceval Alimentos S.A., Curso de Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

BRASIL, N. I. Sistemas de geração de vácuo. Ed. UP. Rio de Janeiro, 2002.

DECS. Descritores em Ciências da Saúde. Disponível em: <https://decs.bvsalud.org/thz/resource/?id=22934>. Acesso em: 08 mai. 2023.

- DEGASPERI, F. T. (2006). Contribuições para a Análise, Cálculo e Modelagem de Sistemas de Vácuo. Orientador: Dr. Vitor Baranauskas. FEEC–UNICAMP. Campinas, SP–Brasil.
- DORSA, R. Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados, ed. 3, 2004.
- ELBEL, S.; HRNJAK, P. Ejector refrigeration: an overview of historical and presente developments with an emphasis on air-conditioning applications. International Refrigeration and Air Conditioning Conference, p. 884, 2008.
- LIU, L., LAMPERT, D. Monitoring chemical interesterification. J. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, v.76, n.7, p.783-787, 1999.
- LOPES-HERNANDEZ, A.; GARCIA, H. S.; HILL, Jr. C. G. Lipase – catalyzed transesterification of médium – chain triacylglycerols and a fully hydrogenated soybean oil. Journal od Food Science, v. 70, n. 6, p. 365-372, 2005.
- MORETTO, E.; FETT, R. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. São Paulo: Varela, 1998.
- NUNES, C. A. Tecnologia de óleos e gorduras para engenharia de alimentos. Lavras:[sn], 2013.
- NUNES, G. F. M.; PAULA, A. V.; DE CASTRO, H. F.; SANTOS, J. C. Modificação bioquímica da gordura do leite. Química nova, v. 33, n. 2, p. 431-437, 2010.
- O'BRIEN, Richard D. Fats and oils: formulating and processing for applications. CRC press, 2008.
- OLIVEIRA, S. Estudo das unidades de degomagem e neutralização. 2012. 85 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. A hidrogenação de Óleos e Gorduras e suas Aplicações Industriais. Revista Virtual de Química, v. 5, nº.1, jan/fev 2013. p. 47- 62.
- POWER, R. B. Steam jet ejectors for the process industries. Ed. McsGraw-Hill. USA, 2005.
- RAMALHO, H. F.; Suarez, P. A. Z. Rev. Virtual Quim., 2013, 5 (1), 2-15.
- RIBEIRO, A. P. B., Masuchi, M. H., Grimaldi, R., & Gonçalves, L. A. G. (2009). Interesterificação química de óleo de soja e óleo de soja totalmente hidrogenado: influência do tempo de reação. Química Nova, 32, 939-945.

WURTH. Disponível em: <https://www.wurth.com.br/p/7599641/porca-sextavada-rosca-grossa-classe-6-zincado-din934-m10-x-150mm-embalagem-com-100-unidades-wurth-031700010-kit#wrapper>. Acesso: 18 jun. 2023.

ZARDO, C. Relatório de Estágio - ADM Exportadora e Importadora S.A., Curso de Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.