

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS
TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

DEBORAH CORSO

**INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE CONTAMINANTES FÍSICOS NA
PRESSÃO DOS FILTROS TIPO BOLSA DA LECITINA E DO ÓLEO
REFINADO DE SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2015

DEBORAH CORSO

**INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE CONTAMINANTES FÍSICOS NA
PRESSÃO DOS FILTROS TIPO BOLSA DA LECITINA E DO ÓLEO
REFINADO DE SOJA**

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

Orientador: Prof. Msc. Luiz Alberto Chavez Ayala

PONTA GROSSA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional



TERMO DE APROVAÇÃO

INFLUENCIA DA PRESENÇA DE CONTAMINANTES FÍSICOS NA PRESSÃO DOS FILTROS TIPO BOLSA DA LECITINA E DO ÓLEO REFINADO DE SOJA

por

DEBORAH CORSO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em dois de dezembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^o. Msc. Luis Alberto Chavez Ayala
Prof. Orientador.

Prof^a Dra. Safi Amaro Monteiro
Membro titular.

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

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devo agradecer a Deus, nosso Pai, pela vida e por todas as oportunidades e desafios que nela surgem. Agradeço pelas pessoas que colocou ao meu lado, pois sem elas a caminhada seria mais difícil.

Agradeço aos meus queridos pais Valmor e Izabel, que com seu amor, apoio e persistência me ajudaram a crescer e a buscar meus objetivos.

Aos meus irmãos Michele, Vanessa e Fábio, ao meu esposo Aljoir e demais familiares que acompanharam e torceram por mim nesta jornada.

Ao meu orientador Prof. Luiz Alberto Chavez Ayala, pela compreensão, auxílio e ensinamentos.

Gostaria de agradecer também aos meus colegas de trabalho, em especial os senhores Peterson de Ávila, José Henrique Marcondes e Eleandro Elias Branco, por me auxiliarem neste trabalho e por compartilharem sua grande experiência na área.

Enfim, a outras tantas pessoas que me auxiliaram eu agradeço.

RESUMO

CORSO, Deborah. **Influência da Presença de Contaminantes Físicos na Pressão dos Filtros tipo bolsa da Lecitina e do Óleo Refinado de Soja.** 2015. 50 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

A soja é um grão com a capacidade de fornecer inúmeros produtos, entre os principais estão o óleo refinado e a lecitina de soja. Como a produção destes produtos em sua maioria é destinada ao consumo humano, são exigidos vários requisitos com relação à segurança de alimentos para se evitar a contaminação do produto e danos ao consumidor. Um dos sistemas mais empregados para se evitar possíveis contaminações aos alimentos é a metodologia do APPCC/HACCP, onde são aplicados os PCC's (pontos críticos de controle), que são etapas determinantes para a redução ou eliminação de possíveis contaminações. Neste estudo, tanto para o óleo quanto para a lecitina, as etapas finais de produção que contemplam a filtração foram caracterizadas como PCC's, sendo uma medida empregada de controle para perigos físicos, por se tratarem de fluidos. O presente trabalho consistiu em avaliar a eficiência destes controles através do acompanhamento das pressões dos filtros e de testes com corpos de prova nestas etapas de filtração. O óleo refinado não apresentou variações relevantes, mantendo sua pressão constante durante a filtração. A lecitina de soja apresentou variações de pressão dentro dos padrões de medição normal, não demonstrando que haja interferência do corpo de prova.

Palavras-chave: Lecitina de soja. Óleo refinado de soja. PCC. Filtros tipo bolsa.

ABSTRACT

CORSO, Deborah. **Influence of Contaminants of Physical Presence in the Bag Pressure Filters from Lecithin and Oil Refined Soybean.** 2015. 50 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2015.

Soybean is a grain with the capability of providing many products, among the main are refined soybean oil and lecithin. Considering that the production of these products is mostly for human consumption, several requirements are mandatory with regard to food safety in order to avoid product contamination and harm to the consumer. The most common systems applied to avoid possible food contamination the methodology of HACCP, where CCPs are applied (critical control points), which are decisive steps for reducing or eliminating possible contamination. In this study, both for oil and for the lecithin, were characterized as CCPs the final stages of production that include the filtering, as being a measurement used to control physical hazards, as they are fluid. This study was to evaluate the efficiency of these controls by monitoring the pressures and testing specimens in these filtering steps and observe the influence on the values of filter pressure. Refined oil did not shows relevant variations, keeping the pressure constant during filtration. Lecithin showed variations in pressure during the tests but cannot be effectively assigned to the specimens because the variations are quite similar with filtering without specimens.

Key words: Soybean lecithin. Soybean refined oil. CCP. Filter bag.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Fluxograma do processamento e obtenção da Lecitina de soja e óleo refinado de soja.....	13
Figura 02 – Tabela com levantamento dos perigos e medidas de controle da etapa de filtragem da lecitina de soja.....	14
Figura 03 – Tabela com levantamento dos perigos e medidas de controle da etapa de polimento do óleo refinado de soja.....	15
Figura 04 – Modelo do sistema de funcionamento de um filtro tipo bolsa.....	16
Figura 05 – Tabela de dados referentes aos filtros bolsa (fabricante).....	20
Figura 06 – Etapa de higienização/ esterilização dos corpos de prova no laboratório da indústria.....	21
Figura 07 – Esquema da etapa de filtragem e circulação da lecitina pelo tanque de ajuste de viscosidade (TV).....	22
Figura 08 – Gráfico da comparação do levantamento das médias das pressões dos filtros do TV01 da lecitina nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015.....	25
Figura 09 – Gráfico da comparação do levantamento das médias das pressões dos filtros do TV02 da lecitina nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015.....	26
Figura 10 - Tabela com os dados de desvio padrão das pressões dos filtros dos TV's nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set de 2015.....	26
Figura 11 - Tabela das médias das pressões dos filtros dos TV's e das respectivas viscosidades nos períodos de 01 à 16 de agosto de 2015.....	27

Figura 12 – Dados levantados durante o acompanhamento das pressões dos TV's da lecitina nos dias 03, 07 e 12 de agosto de 2015.....	28
Figura 13 – Gráfico de comparação do levantamento das médias das viscosidades da lecitina nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015.....	29
Figura 14 – Desvio padrão das viscosidades da lecitina no período de janeiro a setembro de 2015.....	31
Figura 15 – Dados referentes aos testes realizados com corpo de prova na lecitina de soja e os respectivos períodos de 2015.....	32
Figura 16 - Gráfico das médias das pressões dos filtros dos TV's para os testes com corpo de prova realizados no período de março e maio de 2015.....	33
Figura 17 – Gráfico das médias das pressões dos filtros dos TV's para os testes com corpo de prova realizados no período de julho e setembro de 2015.....	33
Figura 18 – Médias e desvios de pressão e viscosidade referentes aos testes realizados com corpo de prova na lecitina de soja e os respectivos períodos de 2015.....	34
Figura 19 – Gráfico da comparação das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015.....	36
Figura 20 – Tabela com os dados de desvio padrão das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado de soja.....	36
Figura 21 – Tabela com os dados referentes às médias das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado de soja.....	37
Figura 22 – Dados levantados durante o acompanhamento das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado nos dias 02, 06 e 10 de abril de 2015.....	38

Figura 23 – Dados levantados durante os testes práticos nos filtros de polimento do óleo refinado nos dias 02, 06 e 10 de abril de 2015.....	40
Figura 24 – Gráfico das médias das pressões dos filtros de polimento para os testes com corpo de prova realizados no período de março e maio de 2015.....	41
Figura 25 – Gráfico das médias das pressões dos filtros de polimento para os testes com corpo de prova realizados no período de julho e setembro de 2015.....	41
Figura 26 – Tabela com os dados das médias e desvios de pressão referentes aos testes realizados com corpo de prova no óleo refinado e os respectivos períodos de 2015.....	42
Figura 27 – Termômetro da etapa de filtração do óleo refinado de soja.....	43
Figura 28 – Tabela de valores de viscosidade para diferentes tipos de óleos vegetais à diferentes temperaturas.....	44
Figura 29 – Estrutura molecular da fosfatidilcolina. “R” representa longa cadeia hidrocarbonada que pode conter insaturações.....	45
Figura 30 – Gráfico do comportamento da viscosidade da lecitina em relação a umidade, durante a etapa de secagem à temperatura de 70°C.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. OBJETIVOS GERAIS.....	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. METODOLOGIA.....	19
2.1. LECITINA – TESTES PRÁTICOS NO PERÍODO DA MANHÃ.....	23
2.2. LECITINA – TESTES PRÁTICOS NO PERÍODO DA TARDE.....	23
2.3. ÓLEO – TESTES PRÁTICOS NOS PERÍODOS DA MANHÃ/TARDE.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.1. LECITINA.....	25
3.1.1. Testes Práticos com a Lecitina.....	31
3.2. ÓLEO REFINADO.....	35
3.2.1. Testes Práticos com o Óleo Refinado.....	39
4. CONCLUSÃO.....	48
5. REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é um legume anual de importância para a economia pelo seu grão comestível de ampla utilização. É cultivada há milhares de anos na Ásia, mas foi só a partir do último século que ela teve uma expansão significativa. Nos últimos 50 anos, a produção de soja aumentou de 27 para 269 milhões de toneladas. Hoje o cultivo de soja ocupa uma área de mais de um milhão de quilômetros quadrados – o que equivale à área total da França, Alemanha, Bélgica e Holanda juntas. O crescimento mais rápido nesses últimos anos ocorreu na América do Sul, onde a produção aumentou em 123% entre 1996 e 2004. (EMBRAPA, 2013)

Embora o ser humano possa comer a soja em grão (consumo direto), a maior parte dos grãos é esmagada para produzir farelo de soja, que é um produto rico em proteínas, bem como óleo vegetal de soja e seus subprodutos -- como a lecitina, que é um emulsionante natural. O farelo de soja é usado principalmente como ração animal, destinada à animais de corte. O óleo de soja é usado na alimentação, na fabricação de outros produtos de consumo, tais como cosméticos e sabonetes, e também como biocombustível. (WWF, 2014)

Cerca de 6% da soja em grão são consumidos diretamente pelo homem, como tofu e molho de soja, principalmente nos países asiáticos. A soja também é usada como ingrediente de muitos produtos assados ou fritos, como na margarina, em gorduras usadas em fritura, ou é engarrafada como óleo para uso culinário. A lecitina, derivada de soja, é um dos aditivos mais comuns em alimentos processados, sendo encontrada em vários alimentos processados, desde barras de chocolate até *Smoothies* (iogurte líquido misturado com suco ou polpa de fruta). (WWF, 2014).

O processamento dos grãos de soja para obtenção de alguns de seus principais produtos, como o caso do óleo e da lecitina, abrangem várias etapas desde o condicionamento adequado da matéria prima, preparo, até a purificação e refino de seus compostos finais.

Inicialmente a soja recebida na planta de processamento é removida dos caminhões através de um tombador para uma moega de recepção. Desta, a soja é enviada a uma seção de pré-limpeza, onde as impurezas são removidas através de

peneiras com diferentes diâmetros, e em seguida as sementes são secas antes de serem transferidas para o silo de estocagem. Para o processamento, os grãos são enviados para moinhos de rolos estriados, para que sejam quebrados e separados da casca. Após a quebra o grão é enviado para o cozimento, em seguida de laminação e posterior extrusão/ expansão (formação de massa oleosa). No processo de extração, o óleo é extraído da massa expandida em um extrator contínuo por percolação, usando-se hexano como solvente. A solução de óleo em solvente, chamada miscela, é então transferida à um sistema de recuperação de solvente, no qual o solvente é removido, deixando o óleo livre do mesmo. A torta residual (farelo) é desolvenizada, seca e tostada, sendo destinada aos moinhos e silo. Os vapores de solvente são condensados e voltam ao processo. (DORSA, 1998)

A próxima etapa à qual o óleo bruto é destinado, denominada de degomagem, tem a finalidade de remover do óleo os fosfatídeos que irão compor a lecitina e facilitar o posterior processo de refino. O método de degomagem com água para a obtenção da lecitina consiste na adição de 1-3% de água o óleo bruto aquecido para floculação dos fosfatídeos, que são em seguida removidos por centrifugação. Este precipitado de fosfatídeos, chamado de “goma” é adicionado de peróxido de hidrogênio, e destinado à secagem sob vácuo e aquecimento, onde sua umidade será reduzida de aproximadamente 50% para até 1-2%, e assim poderá ser denominado de Lecitina. Em seguida é enviada para a filtragem e ajuste de viscosidade. (MORETTO, 1998)

O óleo degomado é então seco, resfriado e transferido ao tanque de estocagem de óleo para posterior refino. O processo de refino do óleo consiste na neutralização dos ácidos graxos livres, através da adição de hidróxido de sódio e de ácido fósfórico, seguida de lavagem com água para retirada dos sabões e secagem. Em seguida o mesmo é encaminhado ao branqueamento para retirada de pigmentos, pela adição de “terra de branqueamento” e filtragem, sendo após enviado ao processo de desodorização à vácuo para retirada de odor, cor e sabor indesejáveis. Após esta etapa o óleo já refinado é resfriado e encaminhado à filtragem, para posterior estocagem em tanques. (DORSA, 1998)

A figura 01, representa de forma simplificada e esquematizada o processo de obtenção do óleo refinado e da lecitina de soja.

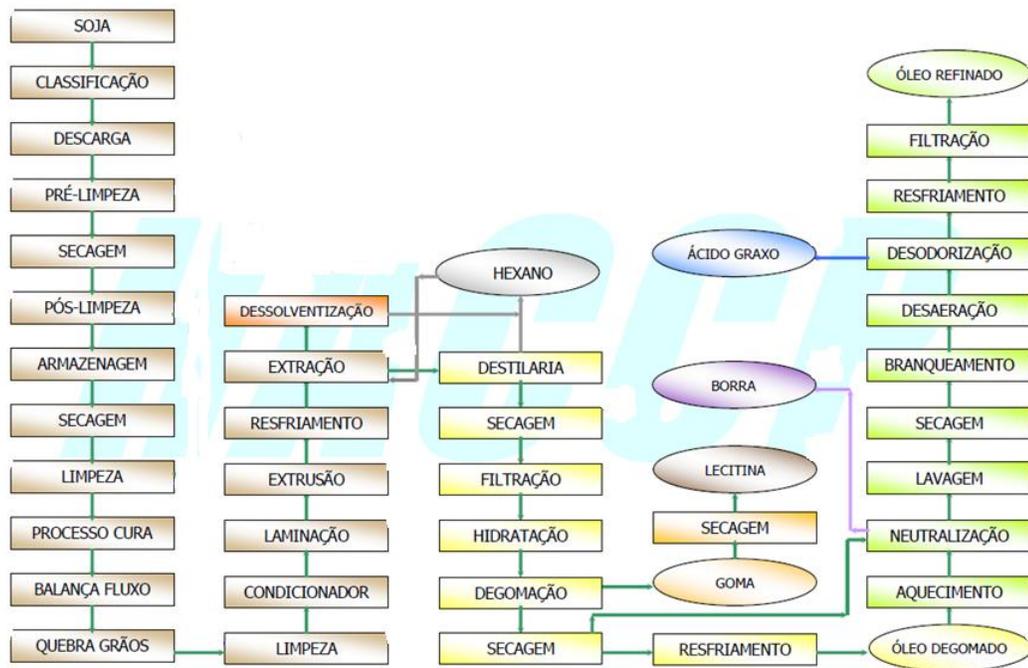


Figura 01 – Fluxograma do processamento e obtenção da Lecitina de soja e óleo refinado de soja
Fonte: Plano APPCC/LDC, 2014.

Tanto a lecitina quanto óleo refinado de soja são em sua maioria, destinados à produção de alimentos para o consumo humano, conforme já citado anteriormente. Devido a isso a cadeia de produção está cada vez mais exigente de um controle eficaz de higiene, para se evitar consequências prejudiciais à saúde humana e a economia, tendo as empresas à responsabilidade de garantir que o alimento seja seguro e adequado ao consumo. (ANVISA, 2006)

Auxiliando nesta questão, temos a ferramenta APPCC (Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle) ou do inglês HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*) que tem como fundamento reduzir o risco de se produzir alimentos que não sejam seguros, adotando medidas preventivas que garantam a segurança e adequação dos alimentos, mediante o controle dos perigos. Este sistema consiste em identificar todas as etapas críticas do processo para a segurança do alimento, implementar controles efetivos nestas etapas, e monitorar e revisar periodicamente estes controles e procedimentos de controle. (CODEX, 2003)

O APPCC/HACCP tem como finalidade principal o controle dos PCC's (Pontos Críticos de Controle), onde caso for identificado um perigo crítico para a segurança do produto, e que não seja eliminado em etapas posteriores, este deverá ser eliminado ou reduzido à níveis aceitáveis para que não chegue ao produto final e principalmente ao consumidor. (LOPES, 2007)

De acordo com o plano de HACCP (APPCC) 2014, de uma unidade processadora de soja, durante avaliação das etapas de produção da lecitina e do óleo refinado, para levantamento dos perigos relativos à segurança de alimentos (plano APPCC), foi considerado que durante o processo, tanto no produto lecitina de soja, quanto no óleo de soja, podem ocorrer contaminações relativas à fragmentos metálicos dos equipamentos. Portanto, de acordo com o sistema APPCC do *Codex Alimentarius*, todo o perigo levantado que seja significativo para a segurança do produto, deve ser aplicado de uma medida de controle para que seja eliminado ou reduzido à níveis aceitáveis.

Na avaliação, as últimas etapas do processo foram consideradas como PCC's por, estas serem as responsáveis por eliminar estes tipos de contaminantes físicos. Como podem ser observadas nas figuras 02 e 03 à seguir, na etapa de ajuste de viscosidade para a lecitina e polimento para o óleo refinado.

Produto: Lecitina de Soja							
Etapa	Perigo	Significância			Justificativa	Medidas de Controle	PCC/ PC
		Humano					
		S*	P**	R***			
Tanques de ajuste de viscosidade /Filtragem da lecitina	Físicos						
	Materiais estranhos provenientes de etapas anteriores (fragmentos metálicos, vidro, etc.)	A	B	M	Se produto final estiver contaminado com um fragmento poderá causar lesões no trato digestivo.	Controle da pressão do filtro de lecitina/ troca do filtro, e análise de impurezas pelo controle de qualidade antes de enviar para estoque.	PCC
Legenda S* - Severidade; P** - Probabilidade; R***- Risco. A – Alto; M – Média; B – Baixa.							

Figura 02 – Tabela com levantamento dos perigos e medidas de controle da etapa de filtragem da lecitina de soja. Fonte: Plano APPCC/LDC, 2014.

Produto: Óleo refinado de Soja							
Etapa	Perigo	Significância			Justificativa	Medidas de Controle	PCC/PC
		Humano					
		S*	P**	R***	Humano		
Físicos							
Polimento/ filtragem do óleo refinado	Materiais estranhos provenientes de etapas anteriores (fragmentos metálicos, vidro, etc.)	A	B	M	Se produto final estiver contaminado com um fragmento poderá causar lesões no trato digestivo.	Controle da pressão do filtro de polimento/ troca do filtro, e análise de impurezas pelo controle de qualidade antes de enviar para estoque.	PCC
Legenda <i>S* - Severidade; P** - Probabilidade; R***- Risco.</i> <i>A – Alto; M – Média; B – Baixa.</i>							

Figura 03 – Tabela com levantamento dos perigos e medidas de controle da etapa de polimento do óleo refinado de soja. Fonte: Plano APPCC/LDC, 2014.

Como pode ser observado nos dados fornecidos pelo plano APPCC, o método empregado no processo para o controle deste tipo de perigo (contaminante físico) foi a etapa de polimento, onde todo óleo produzido passa por filtração e a etapa de ajuste de viscosidade, em que a lecitina também passa por sistema de filtros.

A filtração é um método físico de separação de misturas heterogêneas, quando temos um sólido disperso em um líquido ou gás. Basicamente, passa-se a mistura heterogênea por um filtro, isto é, um material poroso, no qual ficam retidas as partículas sólidas suspensas, e a parte líquida ou gasosa atravessa o filtro.

A filtragem, com a utilização de filtros com diferentes micragens é uma das formas mais utilizadas para se reter partículas indesejáveis de fluidos de várias viscosidades. Esta técnica é bastante empregada também no processo de fabricação de óleos vegetais, para que sejam retiradas impurezas provenientes do processo de extração do óleo, como por exemplo, cascas e polpa das sementes. (DIAS, 2007)

A filtragem também é um método utilizado para controle de possíveis contaminantes físicos (como fragmentos metálicos, vidro, etc.) que podem ser provenientes dos equipamentos do qual o produto está sendo processado, e que se estiverem presentes no produto final podem trazer sérios riscos à saúde do consumidor. Neste caso, além da purificação, a filtragem está sendo utilizada como uma medida de

controle/ eliminação do contaminante (perigo físico), sendo considerada um possível PCC (Ponto Crítico de Controle), de acordo com a metodologia APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP) – do *Codex Alimentarius*.

A pressão de passagem do fluido pelos filtros é uma das formas utilizadas para o controle da eficiência de retenção, pois conseqüentemente quanto mais particulados forem retidos no filtro, maior será a dificuldade de passagem deste fluido e assim maior será a pressão realizada pela força de passagem. Se esta pressão for superior ao limite suportado pelo filtro, este pode romper-se, deixando que o material que foi retido volte a se misturar com o fluido. Para o controle de contaminantes, a pressão máxima suportada pelo filtro para que ele ainda mantenha sua capacidade de retenção e não ocorra o rompimento é determinada como o “limite crítico” dos PCC’s. (DIAS, 2007)

O tipo de filtragem utilizada na indústria de processamento de grãos de soja para a produção de óleo e lecitina, consiste na forma de filtros tipo “Bag” ou bolsa.



Figura 04 – Modelo do sistema de funcionamento de um filtro tipo bolsa.

Fonte: DIAS, 2007

O princípio de funcionamento deste sistema de filtração por bolsa é considerado uma das mais básicas entre as tecnologias, e constitui um sistema que utiliza um elemento filtrante em forma geométrica de bolsa (por isso também conhecido como

Filtro *Bag*), semelhante a um “coador de café”. Dessa maneira, o produto a ser filtrado é geralmente bombeado para o filtro (pode ser também por gravidade), passando por dentro do elemento filtrante tipo bolsa, fazendo com que desta forma as partículas sólidas fiquem retidas dentro da bolsa. (DIAS, 2007)

O sistema de filtração consiste em três partes: carcaça, cesto (suporte) e a bolsa filtrante. O líquido a ser filtrado é introduzido na parte superior da bolsa filtrante suportada pelo cesto. Isto assegura uma distribuição completa do líquido pela superfície da bolsa, resultando em um fluxo distribuído por todo o meio filtrante. O líquido flui de dentro para fora da bolsa filtrante e os contaminantes retidos permanecem na parte interna da bolsa, evitando uma possível contaminação durante a troca do elemento filtrante. (LAVRINI, 2014)

As alças adaptadas dentro das bolsas tornam a substituição mais rápida e fácil. Já o cesto em aço inoxidável tem as aberturas em tamanho padrão de 1,4mm. Isto garante a grande superfície livre da filtração. O fluxo direto pressurizado é o princípio operacional da filtração de líquidos através das bolsas. (LAVRINI, 2014)

A filtragem por bolsa é utilizada nas etapas de “Polimento” do óleo refinado e de “Ajuste de Viscosidade” para a lecitina de soja, sendo estas as etapas finais do processo de produção, responsáveis pelo controle de possíveis contaminantes físicos.

1.1. OBJETIVOS GERAIS

Partindo da avaliação de perigos no plano APPCC, onde é levantada a possibilidade de contaminação física nos produtos óleo refinado e lecitina de soja, e aplicada à etapa final de controle, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar se há influência significativa na pressão dos filtros tipo bolsa através de testes com a simulação da presença de contaminantes físicos ao produto, verificando se o mesmo irá atingir mais rapidamente seu limite crítico de pressão e de troca dos filtros.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a metodologia do APPCC para o processo de produção do óleo refinado e da lecitina de soja através da análise de perigos nas etapas de polimento e ajuste de viscosidade;
- Realizar um levantamento através do histórico dos registros do processo (acompanhamento das pressões realizadas pelos colaboradores), dos períodos de janeiro à dezembro de 2013 e 2014 e janeiro à setembro de 2015.
- Realizar acompanhamento periódico in loco do processo de filtragem dos produtos, utilizado para controle do PCC, e das respectivas pressões dos filtros;
- Realizar testes periódicos em lotes aleatórios dos produtos, utilizando-se de “corpo de prova” inerte, simulando um contaminante físico, para verificar se há influência significativa na pressão dos filtros pela presença do contaminante;
- Analisar a viscosidade da lecitina e sua influência na pressão dos filtros.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em uma unidade de oleaginosas, processadora de grãos de soja, localizada no parque industrial desta cidade. As atividades foram focadas especificamente no setor de degomagem e refino durante os períodos de janeiro à setembro de 2015.

Durante este período foram efetuadas verificações e acompanhamentos dos processos de filtração da lecitina e do óleo refinado *in loco*, sendo realizados três vezes por semana no horário das 08h00min às 17h00min. O acompanhamento ocorreu através de observações das condições dos equipamentos de filtração e inspeção durante a troca de filtros (*bag's* e cestos de inox). Da mesma forma, nos períodos de circulação dos produtos pelos filtros foram observadas as pressões indicadas pelos manômetros e sua variação, sendo as mesmas registradas a cada hora. Conjuntamente foram feitos os levantamentos das pressões dos filtros, através dos registros de produção, dos períodos de janeiro a dezembro de 2013/2014, para se observar o comportamento destas pressões e sua variação.

Também foram realizadas as verificações dos laudos de calibração e aferição dos manômetros indicadores de pressão dos filtros, para confirmar sua confiabilidade de medição, assim como foram levantadas as informações dos laudos do fabricante dos *bag's* sobre suas especificações, e avaliados os valores das análises de viscosidade do produto, para verificar sua influência no processo de filtração.

Para a filtração, os filtros do tipo *bag* (ou bolsa) utilizados são de diferentes micragens, sendo o de 200 μ (micras) utilizado para o produto lecitina e para o óleo refinado o de 25 μ (micra). Ambos apresentam as seguintes especificações de acordo com o certificado de análise e conformidade fornecido pelo fabricante, conforme pode ser observado nos dados da tabela da figura 05, abaixo:

Especificação técnica para os filtros tipo *bag's* (bolsa)

Características		Para 200 μ	Para 25 μ
1	Eficiência em remoção	99,90%	99,90%
2	Resistência mecânica	$7 \pm 2,5 \text{ Kgf/cm}^2$	$7 \pm 2,5 \text{ Kgf/cm}^2$
3	Composição da bolsa	Tecido fabricado em Nylon, destinado a entrar em contato com alimentos.	Tecido tipo feltro branco, destinado a entrar em contato com alimentos.
4	Temperatura de trabalho	90°C	90°C
5	Diâmetro	$18,0 \pm 0,5 \text{ cm}$	$18,0 \pm 0,5 \text{ cm}$
6	Largura	$29,0 \pm 1,0 \text{ cm}$	$29,0 \pm 1,0 \text{ cm}$
7	Comprimento	$84,0 \pm 1,0 \text{ cm}$	$84,0 \pm 1,0 \text{ cm}$

Figura 05 – Tabela de dados referentes aos filtros bolsa (fabricante).

Fonte: Technical Filter, 2015.

Conforme informações da figura 05, o limite de pressão estabelecido pelo fabricante dos filtros do tipo *bag* é de em média $7,0 \text{ kgf/cm}^2$, porém devido às características e comportamentos dos produtos filtrados, o valor máximo de pressão (limite crítico) estipulado para o processo de filtragem da lecitina e do óleo refinado de soja é de $3,5 \text{ Kgf/cm}^2$.

Nos meses de janeiro, março, maio, julho e setembro de 2015 foram realizados os testes em lotes aleatórios dos produtos, utilizando-se de corpo de prova. O corpo de prova consiste em um conjunto de oito esferas metálicas de aço-inox, com peso total de 450,5 g e diâmetro aproximado de 23,7 mm cada. Este tipo de material foi utilizado para simular um contaminante físico metálico, como partes de equipamentos, por exemplo.

Todos os corpos de prova foram higienizados e passados por processo de esterilização em banho de álcool 70% por 30 minutos, em seguida eram levados à estufa à 130°C por 2 horas, antes de cada experimento, para se evitar possíveis contaminações microbiológicas ao produto. A figura 06 representa como foram realizadas as preparações dos corpos de prova, antes dos testes práticos.



Figura 06 – Etapa de higienização/ esterilização dos corpos de prova no laboratório da indústria

Fonte: Autoria própria

Após a higienização, os corpos de prova foram colocados em sacos plásticos estéreis e levados até o local dos testes.

Os testes com corpo de prova foram realizados 01 vez por semana, em ambos os produtos, durante os períodos de acompanhamento, tanto no período de manhã quanto da tarde. Para os testes com o produto lecitina de soja, procedeu-se da seguinte forma:

Após passar pelos secadores e ter sua umidade padronizada a 1%, a lecitina é encaminhada posteriormente aos tanques de ajuste de viscosidade. O ajuste de viscosidade tem por objetivo padronizar a viscosidade da lecitina, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela indústria e por seus clientes. Este ajuste consiste na adição ou não do próprio óleo refinado de soja na lecitina, mantendo a mesma em circulação para homogeneidade. (CASTEJON, 2010)

A lecitina é bombeada do interior do tanque por tubulação que conduz o produto até o interior do filtro, sendo este fluxo contínuo. O esquema representado na figura 07 representa simplificada a forma com que a lecitina circula no interior do tanque de ajuste de viscosidade:

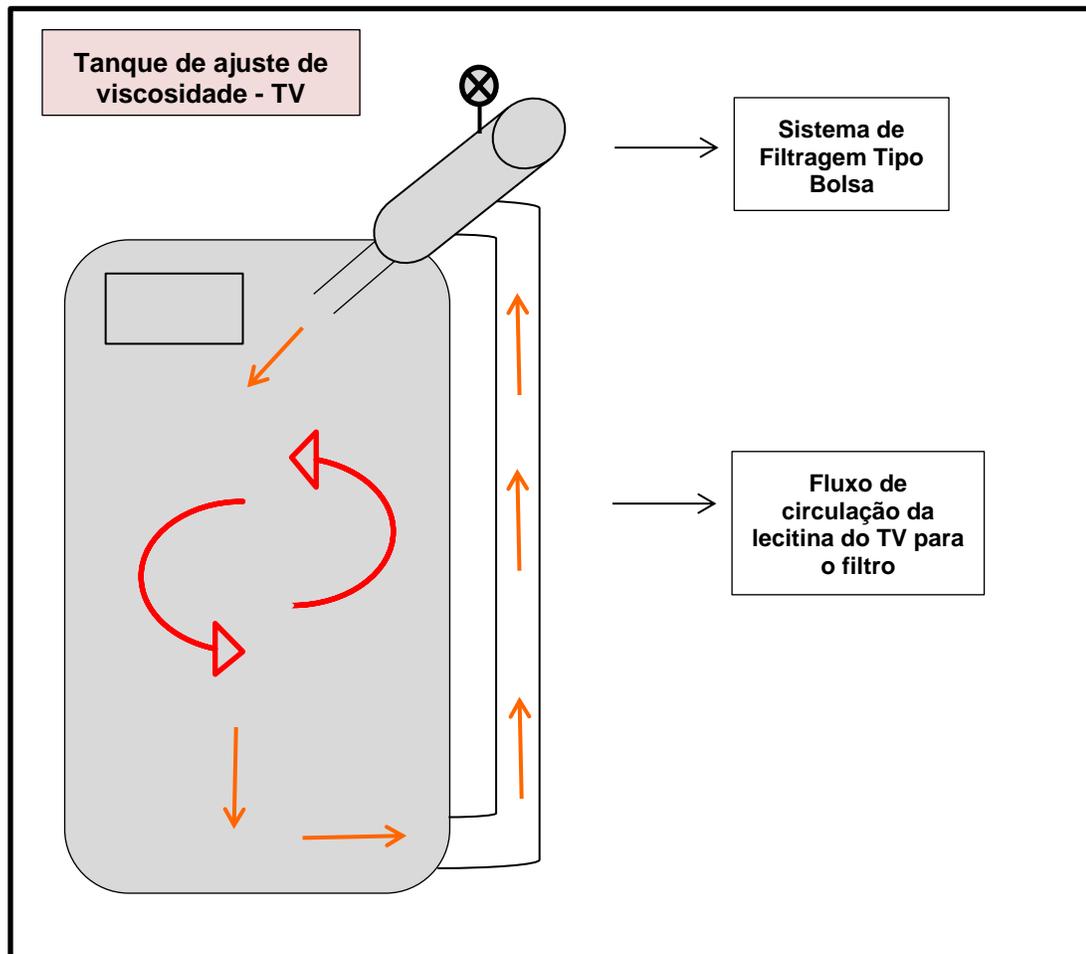


Figura 07 – Esquema da etapa de filtragem e circulação da lecitina pelo tanque de ajuste de viscosidade (TV). Fonte: Autoria própria

O setor onde foram efetuados os trabalhos possui dois tanques de ajuste de viscosidade, denominados de TV 01 e TV 02, onde ambos possuem o sistema de filtragem tipo bolsa. O enchimento destes tanques é através do sistema de bateladas, e o período em média para se completar sua capacidade de 24.000 ton. (cada) é de aproximadamente 24 horas. Após o tanque estar completo é iniciada a circulação do produto pelos filtros, sendo o período de circulação em média de 24 horas.

Os TV's funcionam em um sistema de rodízio, ou seja, enquanto um dos tanques está cheio e inicia o processo de circulação pelos filtros, o outro fica parado, apenas recebendo o produto que está vindo da etapa de secagem. Finalizado o período de circulação e após liberação pelo controle de qualidade, o conteúdo do tanque é destinado ao envase ou tanques de estocagem e, é iniciado o processo de circulação e filtragem no tanque que estava parado.

Após o entendimento do funcionamento do processo e de acompanhamentos periódicos, foram iniciados os testes aleatórios no produto.

2.1. LECITINA - TESTES REALIZADOS NO PERÍODO DA MANHÃ:

No início do turno, depois da inspeção no filtro e da troca do bag, eram introduzidos os corpos de prova esterilizados no interior do *bag*, fechado o equipamento de filtragem e dado início a circulação do produto, através da abertura da válvula de passagem de ar comprimido e de lecitina. O produto ficava em circulação por um período de 04 horas, e eram anotadas as pressões iniciais e do acompanhamento a cada hora dos manômetros (medidas em Kgf/cm^2), observando possíveis alterações de pressão. Estes valores também eram registrados pelos colaboradores do setor em planilha de produção. Após esse período era interrompido o fluxo de produto e retirados os *bags* com os corpos de prova, que foram recolhidos para serem utilizados em outros testes. Este bag foi descartado e substituído por um novo *bag*.

2.2. LECITINA - TESTES REALIZADOS NO PERÍODO DA TARDE:

Com o produto já em circulação a pressão dos filtros era verificada até às 12h00min, em seguida o fluxo de produto para o filtro era interrompido e aguardado a pressão chegar ao zero. Após, abria-se o equipamento e eram colocados os corpos de prova esterilizados no interior do *bag*. Fechado o equipamento, retornava-se o fluxo normal do produto. Assim como nos testes realizados no período da manhã, o produto ficava em circulação por um período de 04 horas, e eram anotadas as pressões iniciais e realizados o acompanhamento a cada hora dos manômetros (medidas em Kgf/cm^2), observando possíveis alterações de pressão. Estes valores também eram registrados

pelos colaboradores do setor em planilha de produção. Após esse período foi interrompido o fluxo de produto e retirados os *bag's* com os corpos de prova, que foram recolhidos para serem utilizados em outros testes.

Durante estes testes também foram verificados os índices de viscosidade do produto, para avaliar possível influência nos resultados, sendo a especificação com padrão máximo de viscosidade para o produto de 120 cP (centi Poise). Os testes foram realizados tanto no TV 01 quanto no TV 02, conforme o funcionamento de ambos nos dias dos testes. (Viscosidade analisada através do viscosímetro de Brookfield, com leitura direta em cP (centi poise)).

2.3. ÓLEO - TESTES REALIZADOS NO PERÍODO DA MANHÃ / TARDE:

Para os testes realizados com o produto óleo refinado de soja, procedeu-se da seguinte forma: o óleo refinado vindo da etapa de desodorização e posteriormente da etapa de resfriamento pelos trocadores de calor, é encaminhado para a etapa de polimento, onde esta contém dois filtros denominados de PL 01 e PL 02, que funcionam em sistema de rodízio assim como no caso dos TV's. Porém este revezamento só é realizado para poder ser efetuada a troca dos filtros saturados. Um filtro fica em funcionamento por 24 horas, com a passagem de óleo por ele.

Passado este período de filtragem o fluxo é desviado para o outro filtro, que estava parado e já com os *bag's* trocados, para que o processo de filtragem não seja interrompido, enquanto são trocados os *bag's* do filtro que estava em funcionamento.

Para o teste com o processo de filtragem do óleo refinado de soja, procedeu-se da mesma forma que os testes realizados com a lecitina de soja, durante os períodos da manhã e tarde. Porém não foi necessário verificar os índices de viscosidade do óleo, por este ser um parâmetro constante e por apresentar uma viscosidade mais baixa que a lecitina, que não influencia significativamente nas pressões dos filtros. Os testes foram realizados tanto no PL 01 quanto no PL 02, conforme o funcionamento de ambos nos dias dos testes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A partir dos levantamentos realizados, através dos registros de produção, das pressões dos filtros tanto para a lecitina, quanto para o óleo refinado dos períodos de janeiro a dezembro de 2013/2014 e do acompanhamento de janeiro a setembro de 2015, podem-se avaliar as variações normais dos produtos durante os processos de filtração.

3.1. LECITINA

Inicia-se pela verificação do levantamento das pressões em ambos dos filtros dos TV's da lecitina, através de suas médias mensais, comparando-se os períodos, que podem ser observadas nos gráficos abaixo:

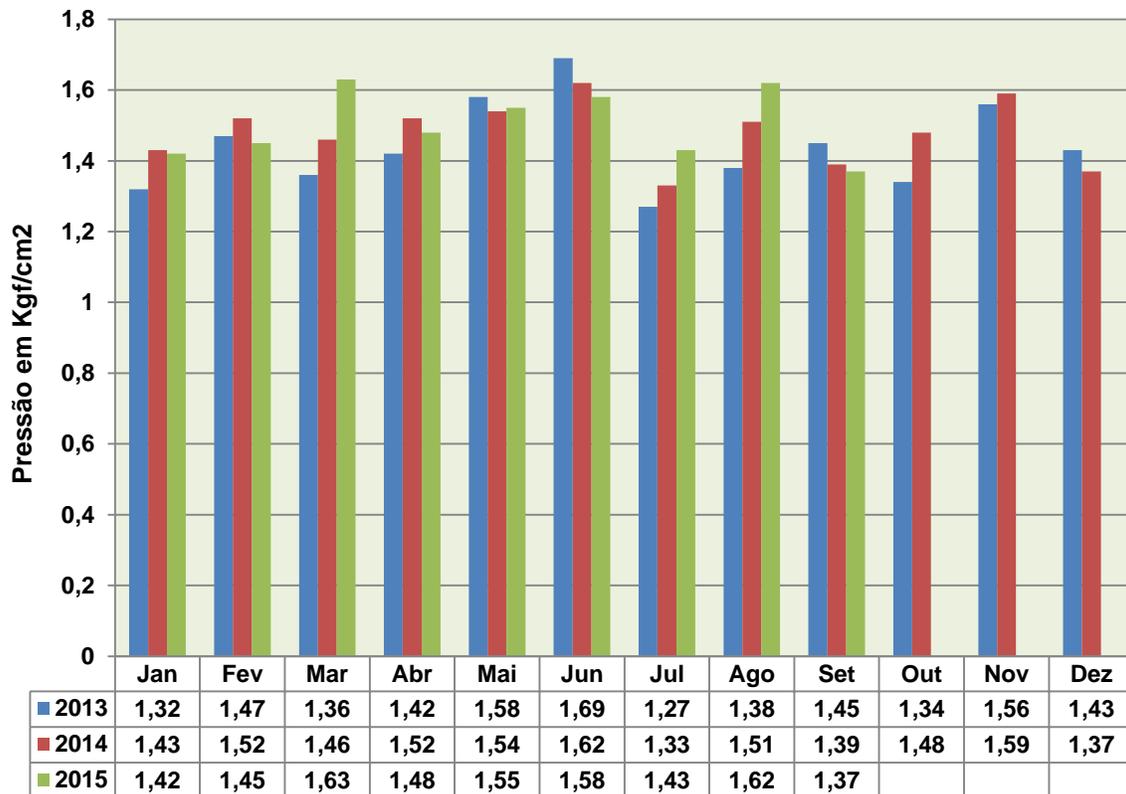


Figura 08 – Gráfico da comparação do levantamento das médias das pressões dos filtros do TV01 da lecitina nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015.

Fonte: Autoria própria

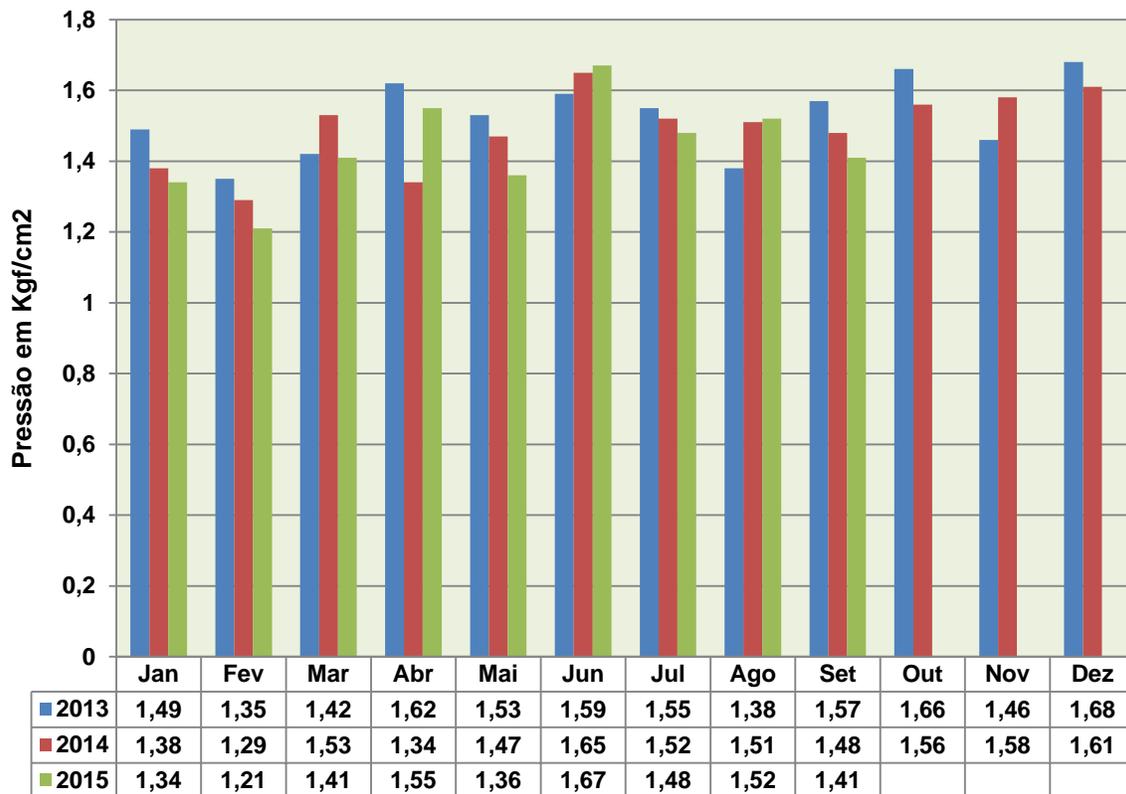


Figura 09 – Gráfico da comparação do levantamento das médias das pressões dos filtros do TV02 da lecitina nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015. Fonte: Autoria própria

Ao analisar os dados dos gráficos com o levantamento das médias mensais das pressões de filtragem, pode-se observar de forma mais abrangente que em seu funcionamento normal e de rotina as pressões apresentam poucas variações, e estatisticamente chegam a ser constantes o que pode ser confirmado analisando seu desvio padrão, pelos dados fornecidos pela seguinte tabela:

Desvio Padrão das Pressões dos Filtros da Lecitina

Período	Desvio TV01	Desvio TV02
2013 (jan/dez)	0,12	0,11
2014 (jan/dez)	0,09	0,11
2015 (jan/set)	0,09	0,13

Figura 10 - Tabela com os dados de desvio padrão das pressões dos filtros dos TV's nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set de 2015. Fonte: Autoria própria

Comparando os desvios, o filtro que apresentou maior variação foi o filtro do TV02, em relação ao filtro do TV01, mesmo assim não sendo de caráter considerável.

Ao avaliar isoladamente as pressões diárias em apenas um período, consegue-se observar mais claramente as variações de pressões ocorridas. Para representar essas variações diárias de pressão, segue abaixo a figura 11, como modelo, do levantamento da primeira quinzena do mês de agosto de 2015:

Médias de pressão e viscosidade dos TV's da lecitina

DIA	Média TV1 (Kgf/cm²)	Média TV2 (Kgf/cm²)	Viscosidade (cP)
01	x	1,63	83
02	1,71	x	89
03	x	0,91	65
04	1,62	x	72
05	x	1,16	84
06	x	1,14	70
07	1,56	x	92
08	x	1,67	94
09	1,73	x	99
10	x	1,25	78
11	1,32	x	79
12	x	2,20	109
13	1,48	x	84
14	x	1,74	92
15	1,77	x	99
16	x	2,34	118

Figura 11 - Tabela das médias das pressões dos filtros dos TV's e das respectivas viscosidades nos períodos de 01 à 16 de agosto de 2015. Fonte: Autoria própria

Considerando os dados da tabela acima, pode-se observar que durante o período, sendo rotina de circulação do produto pelo filtro, que alguns dias apresentaram uma variação considerável de pressão em relação à média, tendo valores acima de 2,0 Kgf/cm². Neste período também podem ser observados valores abaixo de 1,5 Kgf/cm², pois este tipo de variação pode estar relacionada com as características do produto, que não são constantes durante o processo.

Para melhor compreensão, selecionam-se apenas os dias 03, 07 e 12 de agosto, que apresentaram diferentes valores de pressões entre si, e analisam-se as pressões medidas a cada hora, onde apresentaram os seguintes valores, conforme a figura 12, abaixo:

Pressão dos filtros dos TV's nos dias 03, 07 e 12 de agosto de 2015

03/08/2015		07/08/2015		12/08/2015	
Horário	Pressão TV 02 (Kgf/cm2)	Horário	Pressão TV 01 (Kgf/cm2)	Horário	Pressão TV 02 (Kgf/cm2)
08:00	0,1	08:00	0,6	08:00	0,8
09:00	0,2	09:00	0,7	09:00	0,9
10:00	0,3	10:00	0,8	10:00	1,1
11:00	0,3	11:00	0,8	11:00	1,3
12:00	0,4	12:00	0,9	12:00	1,5
13:00	0,5	13:00	1,1	13:00	1,6
14:00	0,6	14:00	1,2	14:00	1,8
15:00	0,7	15:00	1,3	15:00	1,9
16:00	0,8	16:00	1,3	16:00	2,0
17:00	0,8	17:00	1,4	17:00	2,1
18:00	0,9	18:00	1,5	18:00	2,2
19:00	0,9	19:00	1,5	19:00	2,3
20:00	0,9	20:00	1,6	20:00	2,3
21:00	0,9	21:00	1,6	21:00	2,4
22:00	1,0	22:00	1,7	22:00	2,5
23:00	1,1	23:00	1,7	23:00	2,5
00:00	1,1	00:00	1,8	00:00	2,6
01:00	1,2	01:00	1,9	01:00	2,7
02:00	1,3	02:00	2,1	02:00	2,8
03:00	1,4	03:00	2,2	03:00	2,9
04:00	1,5	04:00	2,3	04:00	2,9
05:00	1,5	05:00	2,4	05:00	3,1
06:00	1,6	06:00	2,5	06:00	3,2
07:00	1,8	07:00	2,6	07:00	3,3
média	0,91	média	1,56	média	2,20
desvio	0,47	desvio	0,59	desvio	0,72

Figura 12 – Dados levantados durante o acompanhamento das pressões dos TV's da lecitina nos dias 03, 07 e 12 de agosto de 2015. Fonte: Autoria própria

Pela figura 12, observa-se que à cada hora a pressão tende a aumentar entre 0,1 e 0,2 Kgf/cm², e mesmo que a média de pressão entre os dias seja diferente, o comportamento das variações de pressão é o mesmo. O que pode ser considerada é a diferença inicial de pressão à cada dia. No demais dias de acompanhamento “in loco” das pressões, algumas apresentaram uma leve variação nas horas finais da etapa de filtragem, que pode estar relacionado à proximidade do período de saturação do filtro.

Outro fator importante e que interfere diretamente e significativamente nas pressões dos filtros é a viscosidade da lecitina. Coincidentemente os períodos, dentro da quinzena de agosto, que apresentaram maiores valores de pressão nos filtros, apresentaram os maiores valores de viscosidade.

Para analisar este tipo de influência, foram levantados os valores das médias mensais de viscosidade da lecitina nos mesmos períodos de janeiro a dezembro de 2013/2014 e do acompanhamento de janeiro a setembro de 2015, conforme representado na seguinte figura:

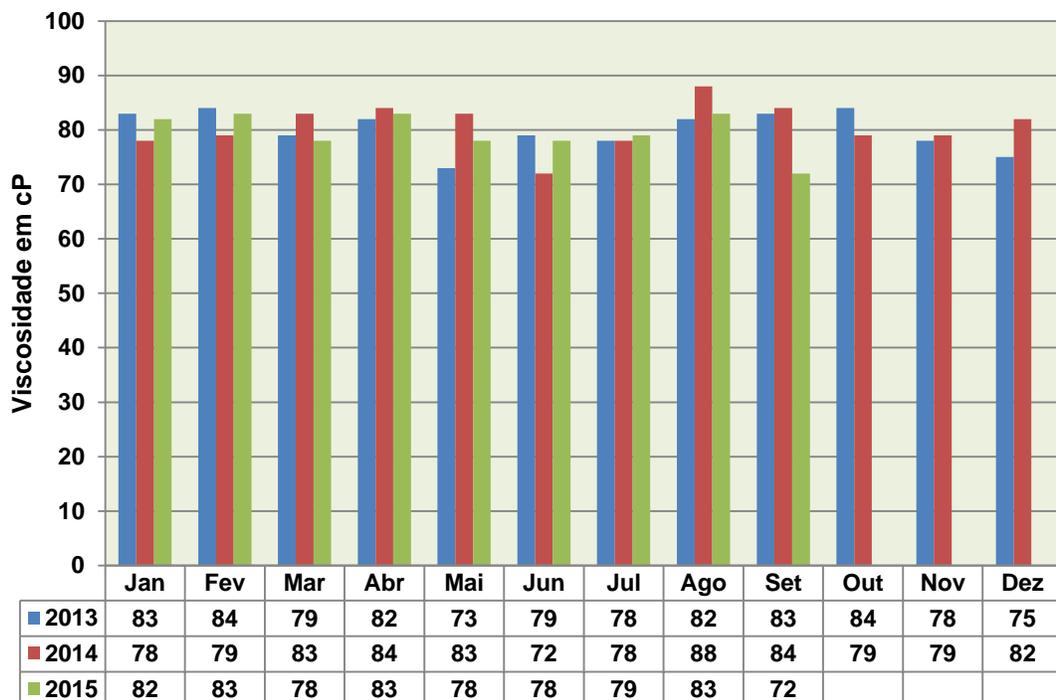


Figura 13 – Gráfico de comparação do levantamento das médias das viscosidades da lecitina nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015. Fonte: Autoria própria

Avaliando os valores do levantamento das médias das viscosidades contido no gráfico, observa-se pouca variação, assim como para as pressões, porém este parâmetro é bastante variável durante o processo de produção da lecitina.

A lecitina como qualquer fluido, tem a capacidade de escoar quando submetida à uma força externa. Porém por ser um fluido que apresenta uma viscosidade considerável, sendo esta o atrito interno entre suas moléculas durante um movimento, ocasiona uma certa resistência ao escoamento (resistência que todo o fluido oferece ao movimento relativo de suas partes), podendo esta interferir diretamente na pressão de passagem deste fluido pelo filtro. (BRUNETI, 2008). Outro fator importante em relação à viscosidade é a sua variação em relação à temperatura do fluido, sendo que o a diminuição da temperatura irá aumentar a viscosidade do mesmo.

A temperatura da lecitina ao sair dos secadores é de aproximadamente 85-90°C e ao final do período de circulação de filtragem, chega aos 65-70°C. Portanto ao longo do período de circulação, a lecitina vai perdendo calor apara o meio e sua temperatura tende à diminuir, sendo assim a viscosidade tende à aumentar e provocar maior resistência de passagem pelo filtro. Este tipo de ocorrência pode justificar, por exemplo, o aumento gradativo de pressão dos filtros com o passar do tempo.

Observando-se apenas o período de 2015, verifica-se que a viscosidade da lecitina apresentou maior variação. Essa variação pode ser visualizada mais claramente se forem verificados os desvios apresentados nos valores diários de viscosidades sobre a média mensal.

Viscosidades da lecitina de soja de janeiro à setembro de 2015

2015	Variações da viscosidade
Jan	82 ± 8,72
Fev	83 ± 11,65
Mar	78 ± 16,19
Abr	83 ± 12, 23
Mai	78 ± 9,33
Jun	78 ± 12,45
Jul	79 ± 9,38
Ago	83 ± 13,07
Set	72 ± 9,53

Figura 14 – Desvio padrão das viscosidades da lecitina no período de janeiro a setembro de 2015. Fonte: Autoria própria

Pelos dados obtidos, observa-se que o mês de março foi o que apresentou maior variação de viscosidade dentro do mesmo período, com valores de viscosidades entre 62 à 138 cP.

A justificativa para esta grande variação pode estar relacionada ao tempo de permanência da lecitina nos secadores, que regulam o teor de umidade do produto e onde é feita parte da dosagem de óleo refinado para ajustar sua viscosidade. Durante a realização do trabalho, observou-se que a lecitina apresentou variações significativas de viscosidade durante os períodos de acompanhamento de janeiro a setembro de 2015.

Além da viscosidade, outro aspecto que pode influenciar na pressão dos filtros são os “gomos” de lecitina que podem ser originados do contato do produto com as partes mais quentes do secador, e que são retidos na etapa de filtragem.

3.1.1. Testes Práticos com a Lecitina

Para os testes realizados com o corpo de prova no produto lecitina de soja, em dias aleatórios dos meses de março, maio, julho e setembro de 2015, tanto no período da tarde como pela manhã, os dados obtidos foram:

Dados obtidos dos testes práticos com corpo de prova na lecitina de soja

Março 2015						Maio 2015					
Dias	Lotes	Período	Viscosidade	Média da pressão	Tanque	Dias	Lotes	Período	Viscosidade	Média da pressão	Tanque
6	014/15	manhã	73	0,96	TV1	4	020/15	manhã	84	1,28	TV2
11	014/15	tarde	102	2,25	TV1	15	021/15	manhã	69	1,88	TV2
20	016/15	tarde	82	1,14	TV2	22	021/15	manhã	73	1,22	TV2
25	016/15	tarde	101	2,42	TV1	29	022/15	tarde	62	0,97	TV2

Julho 2015						Setembro 2015					
Dias	Lotes	Período	Viscosidade	Média da pressão	Tanque	Dias	Lotes	Período	Viscosidade	Média da pressão	Tanque
10	025/15	tarde	90	1,43	TV1	8	027/15	tarde	61	1,59	TV1
16	025/15	tarde	76	1,18	TV2	11	028/15	manhã	81	1,54	TV2
21	026/15	tarde	82	1,71	TV2	16	028/15	manhã	69	1,1	TV1
27	026/15	manhã	89	1,58	TV2	28	029/15	tarde	68	1,15	TV1

Figura 15 – Dados referentes aos testes realizados com corpo de prova na lecitina de soja e os respectivos períodos de 2015. Fonte: Autoria própria

Conforme os dados das tabelas acima podem ser verificados que durante a realização dos testes com o corpo de prova, o período que apresentou maior variação de pressão nos filtros foi o mês de março, sendo inclusive o que apresentou maior variação de viscosidade. Os demais períodos, onde os testes foram realizados apresentaram valores mais próximos, sem ter uma variação considerável.

Avaliando-se os dados obtidos dos testes em cada período, comparando através de gráficos é possível analisar mais facilmente a variação das pressões ocorridas. Nas imagens abaixo (Figuras 16 e 17) são representados em gráficos os períodos de filtragem onde foram realizados os testes práticos com o corpo de prova, no produto lecitina de soja.

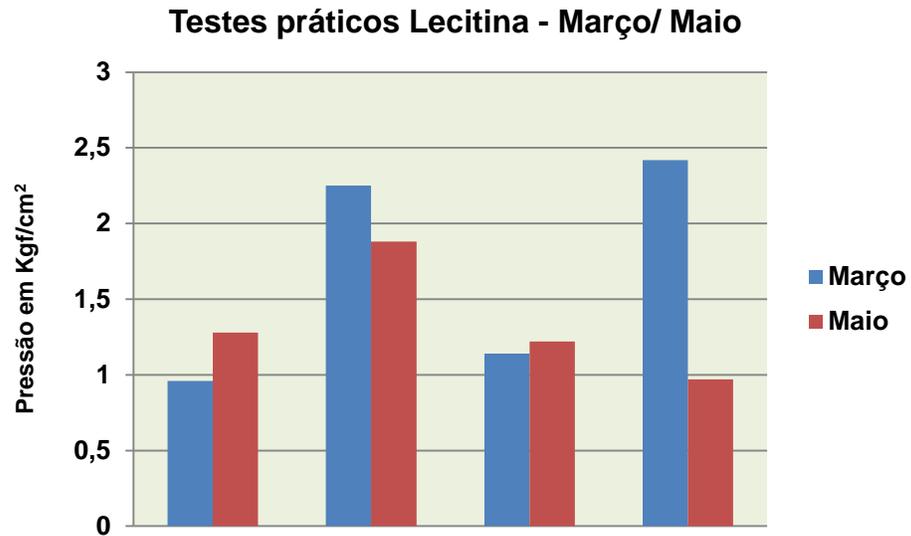


Figura 16 - Gráfico das médias das pressões dos filtros dos TV's para os testes aleatórios com corpo de prova realizados no período de março e maio de 2015. Fonte: Autoria própria

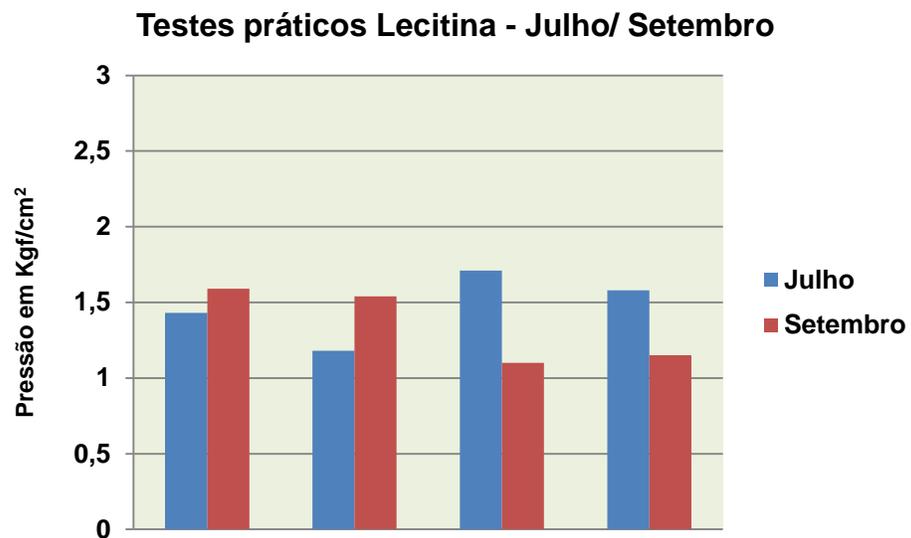


Figura 17 – Gráfico das médias das pressões dos filtros dos TV's para os testes aleatórios com corpo de prova realizados no período de julho e setembro de 2015. Fonte: Autoria própria

Observando os valores das médias das pressões pelos gráficos acima, percebe-se que os testes realizados nos meses de julho e setembro tiveram praticamente os mesmos comportamentos, sem apresentar uma variação relevante. Já os testes nos

meses de março e maio apresentaram pressões menores do que $1,0 \text{ Kg/cm}^2$ e próximas ou superiores à $2,0 \text{ Kg/cm}^2$, que demonstra uma variação maior de pressão se comparada aos períodos posteriores.

Avaliando-se os testes através das médias e desvios entre pressões e viscosidades, consegue-se observar melhor essas variações, conforme a figura 18, através dos seguintes valores calculados:

Valores das médias e desvios de pressão e viscosidade				
Período	Médias das pressões	Desvio padrão das pressões	Média das viscosidades	Desvio padrão das viscosidades
Março	1,69	0,75	89,5	14,34
Maio	1,33	0,39	72	9,20
Julho	1,47	0,23	84,2	6,55
Setembro	1,34	0,26	69,7	8,30

Figura 18 – Médias e desvios de pressão e viscosidade referentes aos testes realizados com corpo de prova na lecitina de soja e os respectivos períodos de 2015. Fonte: Autoria própria

Conforme pode ser verificado pelos dados referentes aos testes práticos, a presença dos corpos de prova não pode ser considerada como um fator que influencie nas pressões dos filtros, pois em ambos os testes (realizados em diferentes filtros e em períodos diferentes de filtragem), a pressão apresentou valores entre $0,96$ à $2,42 \text{ kgf/cm}^2$.

Se forem comparados aos períodos de acompanhamento, onde há a ausência do corpo de prova, as pressões também apresentaram esse tipo de comportamento variável. Para que o contaminante (corpos de prova) fosse considerado como um fator que ocasionou a variação de pressão, seria esperado que em ambos os testes as pressões apresentassem valores acima da média esperada ($>1,9 \text{ Kg/cm}^2$), e isso deveria ser um comportamento constante em todos os testes, para quaisquer períodos e filtros nos TV's.

Entende-se então que a variação de pressão neste caso, pode ter sido ocasionada por outros fatores entre eles a viscosidade que apresentou uma variação

maior, principalmente no mês de março como pode ser observado pelo valor do desvio padrão de 14,34 cP. Este parâmetro pode ser considerado relevante, pois se comparados com os períodos de acompanhamento, observou-se que as viscosidades acima de 95 cP geraram uma maior pressão nos filtros dos TV's.

Outro fato importante foi que observado durante os testes realizados no mês de março e maio, após o acompanhamento da pressão e retirada dos corpos de prova dos bag's, foram observados no interior dos mesmos vários "gomos" de lecitina, que também podem ser os causadores das variações de pressão. Esses gomos podem ter ocorrido pela maior permanência da lecitina nos secadores neste período, para controle de sua umidade.

3.2. ÓLEO REFINADO DE SOJA:

Assim como para o produto lecitina de soja também foram realizados os levantamentos, através dos registros de produção, das pressões dos filtros do óleo refinado de soja, dos períodos de janeiro a dezembro de 2013/2014. Efetuado também o acompanhamento in loco no setor de produção de janeiro a setembro de 2015, onde foram verificadas as variações normais do produto durante os processos de filtração.

Após o acompanhamento, através do levantamento do histórico das pressões do óleo refinado de soja, podem ser observadas as seguintes variações, que estão representadas nos dados do gráfico da figura 19.

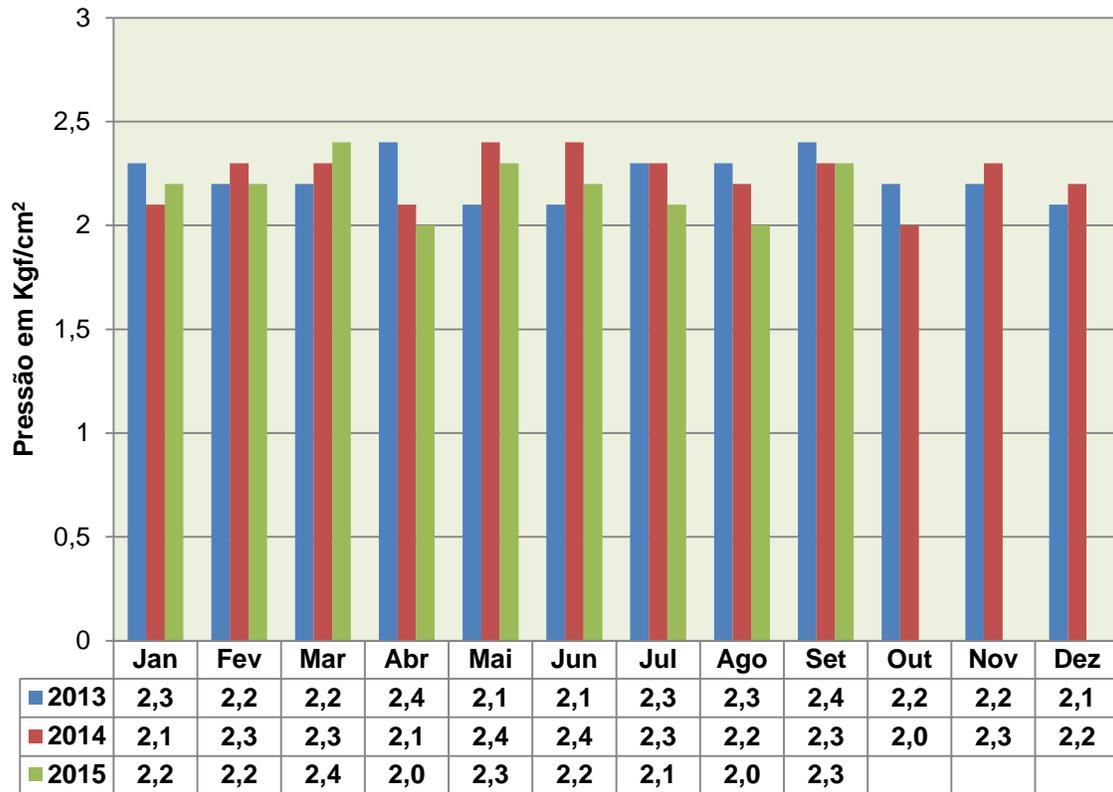


Figura 19 – Gráfico da comparação das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado nos períodos de jan/dez de 2013/ 2014 e jan/set 2015. Fonte: Autoria própria

Pelos dados do gráfico acima, onde apresenta o levantamento das médias mensais das pressões de filtragem do óleo refinado, observar-se que em seu funcionamento normal e de rotina as pressões, estatisticamente chegam a ser constantes, apresentando mínimas variações. A figura 20, representa o desvio padrão das pressões do filtro de polimento do óleo refinado dos respectivos períodos.

Desvio padrão das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado de soja

Período	Desvio Polimento
2013 (jan/dez)	0,12
2014 (jan/dez)	0,09
2015 (jan/set)	0,09

Figura 20 – Tabela com os dados de desvio padrão das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado de soja. Fonte: Autoria própria

Avaliando-se os valores dos desvios de ambos os filtros representados na tabela, observa-se que a variação é pequena para ser considerável.

Para demonstrar melhor esse desvio e explicar o comportamento mais constante da pressão do óleo refinado em relação à filtragem, segue abaixo como referência os valores da tabela da figura 21, obtidos pelo levantamento das médias de pressão diária do óleo refinado da primeira quinzena do mês de abril de 2015.

Médias das pressões do filtro de polimento do óleo refinado de soja

DIA	Média Polimento (Kgf/cm²)
01	2,2
02	2,2
03	2,2
04	2,3
05	2,3
06	2,1
07	2,2
08	2,2
09	2,3
10	2,3
11	2,2
12	2,2
13	2,1
14	2,2
15	2,2
16	2,2

Figura 21 – Tabela com os dados referentes às médias das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado de soja da primeira quinzena de agosto de 2015. Fonte: Autoria própria

Pelos valores da tabela acima, percebe-se que a variação da pressão do óleo refinado é pouca, sendo praticamente constante, ao contrário da lecitina, por exemplo, onde era possível observar mais facilmente as variações, que ocorriam com um aumento gradativo ao passar das horas durante a filtragem.

Para uma compreensão e análise mais aprofundada da pouca variação das pressões do óleo refinado, selecionam-se apenas os dias 02, 06 e 10 de abril, que

apresentaram diferentes valores de pressões entre si, onde as pressões foram medidas a cada hora e apresentaram os seguintes valores, demonstrados na figura 22.

Pressões dos filtros de polimento do óleo refinado nos dias 02, 06 e 10 de abril de 2015.

02/04/2015		06/04/2015		10/04/2015	
Horário	Pressão (Kgf/cm ²)	Horário	Pressão (Kgf/cm ²)	Horário	Pressão (Kgf/cm ²)
08:00	2,2	08:00	2,1	08:00	2,3
09:00	2,2	09:00	2,1	09:00	2,3
10:00	2,2	10:00	2,1	10:00	2,3
11:00	2,2	11:00	2,1	11:00	2,3
12:00	2,2	12:00	2,1	12:00	2,3
13:00	2,2	13:00	2,1	13:00	2,3
14:00	2,2	14:00	2,1	14:00	2,3
15:00	2,2	15:00	2,1	15:00	2,3
16:00	2,2	16:00	2,1	16:00	2,3
17:00	2,2	17:00	2,1	17:00	2,3
18:00	2,2	18:00	2,1	18:00	2,3
19:00	2,2	19:00	2,1	19:00	2,3
20:00	2,2	20:00	2,1	20:00	2,3
21:00	2,2	21:00	2,1	21:00	2,3
22:00	2,2	22:00	2,1	22:00	2,3
23:00	2,2	23:00	2,1	23:00	2,3
00:00	2,2	00:00	2,1	00:00	2,3
01:00	2,2	01:00	2,1	01:00	2,3
02:00	2,2	02:00	2,1	02:00	2,3
03:00	2,2	03:00	2,1	03:00	2,3
04:00	2,2	04:00	2,1	04:00	2,3
05:00	2,2	05:00	2,1	05:00	2,3
06:00	2,2	06:00	2,1	06:00	2,3
07:00	2,2	07:00	2,2	07:00	2,3
média	2,2	média	2,1	média	2,3
desvio	0	desvio	0,02	desvio	0

Figura 22 – Dados levantados durante o acompanhamento das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado nos dias 02, 06 e 10 de abril de 2015.

Fonte: Autoria própria

Durante o acompanhamento das pressões e pela análise dos dados acima, que representam uma parte do conjunto de observações realizadas, verifica-se que a pressão dos filtros do óleo refinado permanece constante durante todo o período de

filtragem. No restante dos dias de acompanhamento “in loco” das pressões, alguns apresentaram uma leve variação nas horas finais da etapa de filtragem, aumentando apenas $0,1 \text{ Kg/cm}^2$, que pode estar relacionado à proximidade do período de saturação do filtro.

Esse comportamento das pressões, não apresentando grandes variações com o passar do tempo, se deve ao fato de o óleo refinado apresentar características constantes durante toda a etapa de filtragem, entre elas a viscosidade em aproximadamente 30 cP e a temperatura à 40°C , que é a temperatura em que o óleo sai dos trocadores de calor e permanece na etapa de filtragem.

Comparada à viscosidade da lecitina, a viscosidade do óleo, além de ser constante é menor, o que confere ao óleo uma maior fluidez em seu escoamento e passagem pelos filtros.

Outro aspecto observado nos acompanhamentos são os valores das pressões iniciais, que não partem de valores baixos como na lecitina, mesmo logo após a liberação da válvula que alimenta os filtros com o óleo. Esse tipo de comportamento pode ser justificado devido à pressão estar relacionada com o controle de vazão que abastece o equipamento (filtro). A vazão normal de operação da refinaria trabalha em torno de 24.000 Kg/h à 26.000 Kg/h , sendo que conforme maior for a vazão liberada do fluido, maior será a sua pressão de passagem.

O óleo refinado também não sofre a influência em sua pressão pela presença de impurezas do próprio produto, como residual de cascas ou farelo da soja, por exemplo, pois o óleo passa por várias etapas de filtrações anteriores de seu processamento, como o caso da etapa de branqueamento, onde há filtragem para a retirada de terra clarificante e outras impurezas.

3.2.1. Testes Práticos Com o Óleo Refinado

Para os testes realizados com o corpo de prova no produto óleo refinado de soja, em dias aleatórios dos meses de março, maio, julho e setembro de 2015, tanto no período da tarde como pela manhã, os dados obtidos com relação à pressão observada estão dispostos conforme a tabela 12:

Desvio das pressões dos filtros de polimento do óleo refinado de soja

Março 2015					Maio 2015				
Dias	Lotes	Período	Média pressão	Filtro	Dias	Lotes	Período	Média pressão	Filtro
4	003/15	manhã	2,2	PL 01	8	004/15	manhã	2,1	PL 02
13	003/15	tarde	2,3	PL 02	11	005/15	tarde	2,2	PL 02
18	003/15	tarde	2,2	PL 01	20	005/15	tarde	2,2	PL 01
27	003/15	tarde	2,3	PL 01	25	005/15	tarde	2,3	PL 01

Julho 2015					Setembro 2015				
Dias	Lotes	Período	Média pressão	Filtro	Dias	Lotes	Período	Média pressão	Filtro
6	007/15	manhã	2,0	PL 01	10	009/15	manhã	2,2	PL 01
17	007/15	tarde	2,2	PL 02	18	009/15	tarde	2,3	PL 02
24	007/15	tarde	2,1	PL 01	21	009/15	tarde	2,3	PL 02
29	007/15	tarde	2,1	PL 02	30	009/15	tarde	2,3	PL 01

Figura 23 – Dados levantados durante os testes práticos nos filtros de polimento do óleo refinado nos dias 02, 06 e 10 de abril de 2015. Fonte: Autoria própria

Pela análise dos dados da tabela acima podem ser verificados que durante a realização dos testes com o corpo de prova, a pressão dos filtros não apresentou uma variação considerável, tendo praticamente as mesmas pressões que foram observadas nos períodos de acompanhamento.

Avaliando-se os dados da figura 23, obtidos dos testes em cada período, e colocando-se esses valores em gráficos, é possível analisar mais facilmente a pouca variação das pressões ocorridas. Os gráficos das figuras 24 e 25 representam as médias de pressão dos dias onde foram realizados os testes práticos com os corpos de prova no interior dos *bag's* de filtragem.

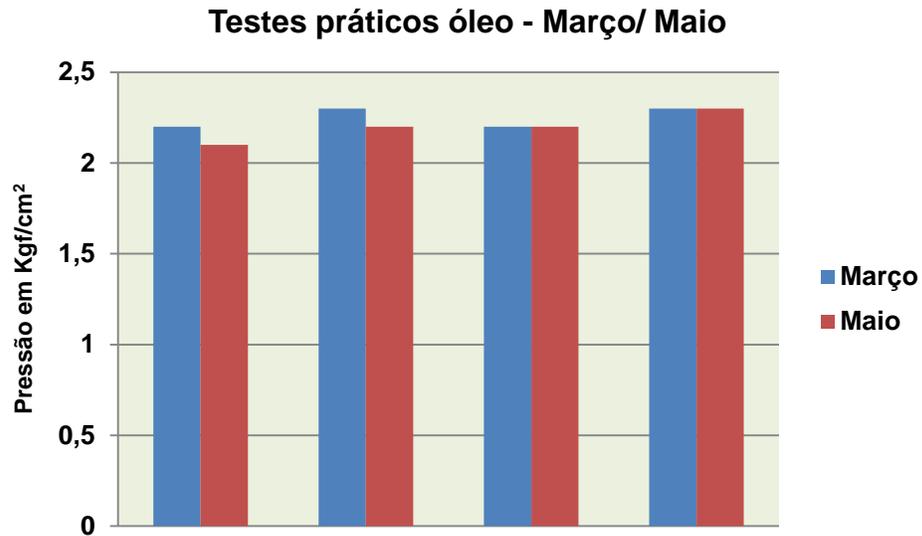


Figura 24 – Gráfico das médias das pressões dos filtros de polimento para os testes aleatórios com corpo de prova realizados no período de março e maio de 2015. Fonte: Autoria própria

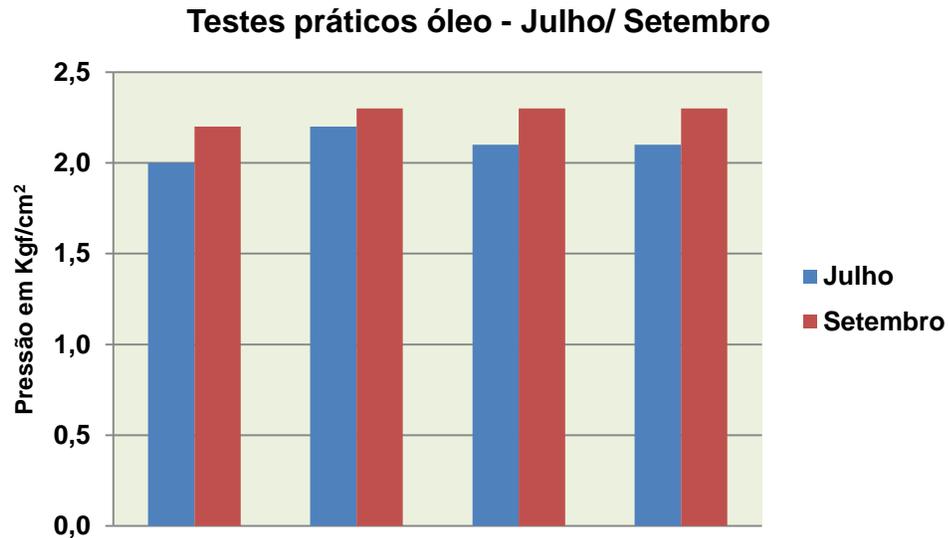


Figura 25 – Gráfico das médias das pressões dos filtros de polimento para os testes aleatórios com corpo de prova realizados no período de julho e setembro de 2015. Fonte: Autoria própria

Observando os valores das médias das pressões pelos gráficos acima, percebe-se que os testes realizados nos meses de março, maio, julho e setembro tiveram praticamente os mesmos comportamentos, sem apresentar uma variação relevante, como em alguns casos de 0,1 Kgf/cm².

Analisando-se os testes através das médias e desvios entre as pressões, apresentados na figura 26, consegue-se observar a pouca variação:

Médias e desvios de pressão referentes aos testes com óleo refinado de soja e os respectivos períodos de 2015.

Período	Médias das pressões (Kgf/cm²)	Desvio padrão das pressões
Março	2,25	0,06
Mai	2,20	0,08
Julho	2,10	0,08
Setembro	2,27	0,05

Figura 26 – Tabela com os dados das médias e desvios de pressão referentes aos testes realizados com corpo de prova no óleo refinado e os respectivos períodos de 2015.

A figura da tabela acima demonstra que o desvio padrão referente às pressões dos filtros do óleo refinado nos testes práticos, não chega à 0,1 Kgf/cm². Confirma-se que a pressão praticamente não apresentou variação com a presença dos corpos de prova e que permaneceu constante.

Conforme pode ser verificado pelos dados referentes aos testes práticos, a presença dos corpos de prova no óleo refinado não pode ser considerada como um fator que influencie nas pressões dos filtros, pois em ambos os testes (realizados em diferentes filtros e em diferentes períodos de filtragem), a pressão apresentou os mesmos valores observados nos períodos de acompanhamento, com a ausência do corpo de prova.

Uma das justificativas para este comportamento pode estar relacionada com a maior fluidez do produto, devido à menor viscosidade. Também pelo fato de que os corpos de prova não conseguiram bloquear a passagem contínua do óleo refinado.

Analisando-se de forma geral, ambos os produtos, após o acompanhamento periódico das pressões e testes práticos, que o produto lecitina de soja foi o que mais apresentou variações de pressão, se comparado ao óleo refinado de soja, e isto pode

ser justificado pelas próprias características dos produtos serem muito diferentes, principalmente com relação à viscosidade.

O comportamento diferente com relação à pressão de filtragem se deve ao fato de tanto o óleo quanto a lecitina serem fluídos de classificações diferentes de acordo com reologia. “A reologia é o estudo do escoamento e deformação da matéria fluida, ou seja, é o estudo do comportamento de fluidez”. Os componentes dos fluídos podem apresentar diferentes formas geométricas, características diversas de ligação, tamanhos variados, que lhe conferem comportamentos distintos. (BRUNETI, 2008)

Devido à sua composição, alguns produtos possuem uma única viscosidade a uma dada temperatura, independente da força de cisalhamento (deformação) e são denominados de fluídos newtonianos, como é o caso do óleo refinado de soja. (BRUNETI, 2008)

O óleo refinado é composto basicamente de ácidos graxos (glicerídeos) em média, contém predominantemente em sua composição lipídica o ácido linoleico (C18:2), em torno de 55% e significativo teor de ácido linolênico (C18:3), ao redor de 7%. (MORETTO e FETT, 1998). Além de apresentar uma composição simples, o óleo refinado de soja permanece durante toda a etapa de filtragem com a temperatura constante de aproximadamente 40°C, conforme pode ser observado durante a realização dos acompanhamentos e testes. A figura 27 apresenta o termômetro que marca a temperatura o óleo que passa pelo filtro.



Figura 27 – Termômetro da etapa de filtragem (polimento) do óleo refinado de soja
Fonte: Autoria própria

Como a viscosidade está diretamente relacionada com a temperatura do fluido, os dados da figura da tabela abaixo demonstram as viscosidades de diversos óleos vegetais a diferentes temperaturas:

Tabela 3. Valores de viscosidade medidos para os diferentes óleos vegetais em função da temperatura.

T(°C)	Viscosidade (mPa.s)						
	Soja	Milho	Girassol	Arroz	Algodão	Oliva	Canola
20,0	59,0	67,6	58,3	73,8	67,7	79,7	73,1
30,0	41,2	47,4	41,3	50,5	47,3	55,4	50,5
40,0	29,5	32,3	29,1	34,3	33,4	37,8	35,6
50,0	22,3	24,8	21,3	24,5	24,6	26,2	25,2
60,0	16,7	18,5	16,4	19,2	18,0	21,4	19,1
70,0	12,6	14,0	12,6	14,2	14,0	14,9	14,5

Figura 28 – Tabela de valores de viscosidade para diferentes tipos de óleos vegetais à diferentes temperaturas

Fonte: BROCK, 2008

Conforme a tabela, observa-se que a viscosidade do óleo de soja à temperatura de 40°C é de 29,5 (mPa.s), igual à 29,5 cP (centi poise), que é considerada uma viscosidade baixa.

O óleo refinado, por apresentar-se como um fluido newtoniano não apresenta característica elástica ou estrutura em gel, nem possui alta viscosidade, e ao ser submetido à uma tensão constante (força) escoará enquanto a tensão for mantida. Isto pode justificar o comportamento constante da pressão do óleo ao passar pelos filtros, já que o mesmo recebe uma força constante para escoamento e possui uma vazão constante (velocidade de escoamento) de 24.000 à 26.000 Kg/h.

Conforme já descrito anteriormente, para que a pressão de passagem pelos filtros tivesse uma alteração significativa, os corpos de prova deveriam gerar algum bloqueio de passagem deste fluido, sendo assim seria necessária maior força para manter o fluxo e conseqüentemente haveria um aumento na pressão.

Para a lecitina de soja, analisando-a como um fluido, esta apresenta um comportamento reológico bastante variável e complexo, sendo considerada como um fluido não-newtoniano, pois sua viscosidade não é constante à determinada temperatura e seu escoamento depende da tensão de cisalhamento aplicada.

Também este comportamento pode ser considerado pela sua composição ser uma mistura de compostos orgânicos como os fosfatídeos ou fosfolípídeos, constituída por um ou mais ácidos graxos, ligados à um radical glicerina, que por sua vez pode estar associado à um radical fosfatidilcolina, ou fosfatidiletanolamina ou a um fosfatilinositol (MORETTO, 1998).

A figura 29 representa a estrutura química da fosfatidilcolina e de suas ligações:

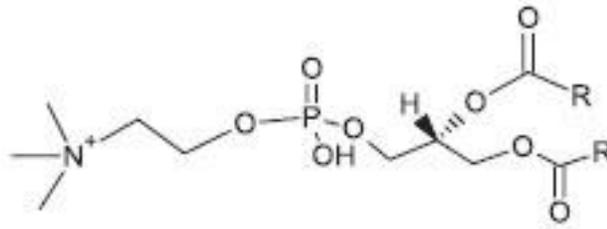


Figura 29 – Estrutura molecular da fosfatidilcolina. “R” representa longa cadeia hidrocarbonada que pode conter insaturações.

Fonte: Moretto, 1998

As propriedades da lecitina são determinadas pelas conformações estruturais de seus compostos, os fosfolípídios, que apresentam tanto o caráter hidrofílico quanto hidrofóbico, sendo o hidrofílico que permite sua afinidade pela água na etapa de degomagem do óleo por hidratação. Na figura 29, são observadas ligações polares e pontes de hidrogênio por onde a molécula de água conseguirá interagir com a substância.

A degomagem ocasiona a formação de um precipitado que é retirado por centrifugação e posteriormente precisa ser seco para atingir as características esperadas para o produto lecitina.

A secagem da lecitina corresponde a uma etapa bastante crítica do processo de produção, devido à possibilidade de ocorrência de variação gradativa da viscosidade na medida em que a umidade vai sendo reduzida. Este comportamento pode ser representado pela figura 06, aonde a viscosidade inicial da lecitina bruta com 20% de umidade vai aumentando gradativamente até atingir 9.000 P (Poise) e umidade de 7 a 8%. Quando a umidade decai de 6 a 4%, a viscosidade passa a cair continuamente até atingir os 300 P (Poise) (DORSA, 1998).

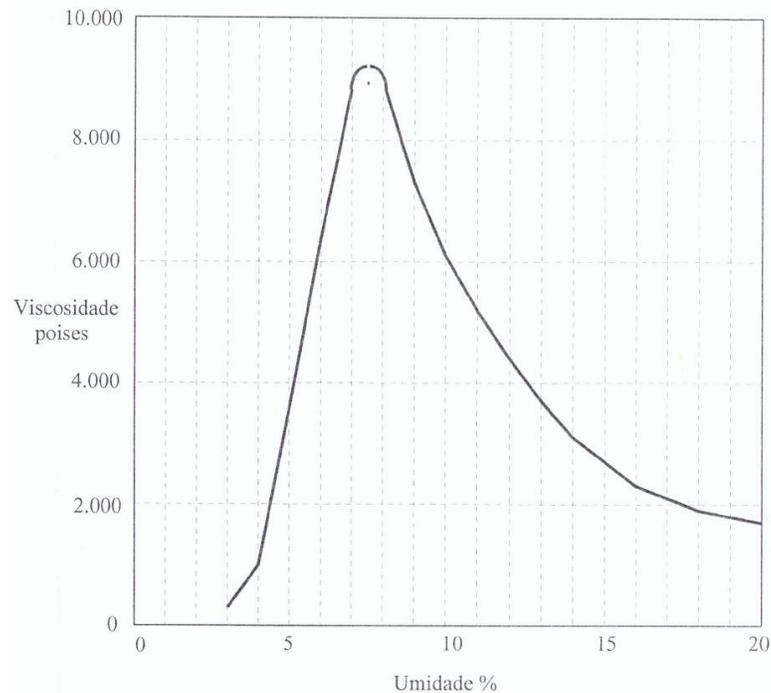


Figura 30 – Gráfico do comportamento da viscosidade da lecitina em relação a umidade, durante a etapa de secagem à temperatura de 70°C

Fonte: Dorsa, 1998

A figura acima demonstra mais claramente essa variação que a lecitina pode apresentar em sua viscosidade e justifica a necessidade de se fazer as dosagens de óleo refinado ao produto para poder adequar sua viscosidade de acordo com especificações técnicas e de clientes.

Mesmo sendo realizados os ajustes, a viscosidade da lecitina ainda é considerada alta em relação à viscosidade do óleo refinado, sabendo que esta viscosidade causa uma certa resistência ao escoamento, o que pode justificar seu comportamento variável nas pressões dos filtros.

Mesmo que a lecitina tenha apresentado variações de sua pressão durante os testes com corpo de prova, não é possível afirmar que esta variação seja causada pelos mesmos, já que o produto também apresentou variações durante os períodos de acompanhamento, onde não havia a presença dos contaminantes.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir através do acompanhamento do processo que o comportamento da lecitina é mais variável que o óleo refinado em relação à viscosidade e temperatura. Assim como, à pressão dos filtros, durante as

atividades normais de filtração demonstraram que a lecitina apresentou maior variação em relação ao óleo refinado, chegando a ter pressões entre $0,1 \text{ Kg/cm}^2$ a $3,3 \text{ Kg/cm}^2$.

A viscosidade da lecitina apresentou índices que variaram entre 60 à 138 cP e temperaturas de 90 à 65°C, diferentes do óleo refinado que mantém sua viscosidade à 29,5 cP e temperatura constante de 40°C, durante toda a etapa. Verificaram-se neste caso que ambos são fatores influentes na pressão de filtração destes produtos.

O óleo refinado apresentou sua pressão constante durante o acompanhamento não apresentando variações durante o período normal de filtração.

4. CONCLUSÃO:

Através dos testes práticos com os corpos de prova era esperado que ocorressem variações (alterações na pressão) dos filtros, porém esse comportamento não foi observado para o óleo refinado, pois este permaneceu com a pressão constante. Já a lecitina apresentou variações nas pressões dos filtros, porém essa variação não pode ser exclusivamente atribuída à presença do corpo de prova, já que o comportamento normal de pressão do produto, durante o acompanhamento também apresentou essa variação. Esta variação observada pode estar relacionada com a viscosidade do produto ou outros tipos de impurezas, como os “gomos” de lecitina, oriundos do processo de secagem.

Conclui-se que a presença de contaminantes físicos de tamanho menor ou igual à 26,7mm e peso até 450,5 g não interferem significativamente nas pressões tanto do óleo refinado quanto da lecitina. Pode-se atestar através deste experimento a eficiência do método de filtragem do tipo bolsa para a retenção de partículas metálicas nestas dimensões.

Para que ocorresse uma influencia nas pressões o tamanho e o peso dos contaminantes deveriam ser maiores a ponto de não permitir o escoamento normal do fluído, tendo que praticamente bloquear sua passagem. Neste caso seria um contaminante com dimensões maiores que o esperado para uma possível ingestão ou que pudesse causar danos aos consumidores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária - **Higiene dos Alimentos – Textos Básicos**. – Brasília: 2006.
 Fonte: http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/alimentos/codex_alimentarius.pdf - Acesso em 20 de outubro de 2015.
- BROCK, J. *et. al* - **Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais**. – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, pág. 564-570, jul/set. 2008.
- BRUNETTI , F. **Mecânica dos Fluidos** – 2º Edição, Ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2008. Pág. 05 – 12.
- CASTEJON, L. V.; FINZER, J.R.D. **Avaliação da viscosidade da lecitina de soja**. Anais da VI Jornada Científica da Fazu, Uberada, 2007.
- CASTEJON, L. V.; Finzer, J.R.D. **Estudo da Clarificação da lecitina de soja**, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
- Codex Alimentarius* – **Princípios Gerais de Higiene de Alimentos**. CAC/RCP 1 – 1969, Rev 4 (2003);
- DIAS, T. **Sistema de Filtragem tipo bolsa** – Revista Meio Filtrante, Ano V, Edição nº 24 – Jan/Fev 2007.
- DIAS, T. **Filtros Garantem Pureza dos Alimentos** – Revista Meio Filtrante, Ano V, Edição nº 26 – Mai/Jun 2007.
- DORSA, R. **Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados**, 3º Edição, Guia *GEA Mechanical Separation Division*, São Paulo, 1998. Pág. 04 - 26 e pág. 39 – 115 e 206.
- EMBRAPA. **Histórico da soja no Brasil**. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=7&op_page=113 - Acesso em: 20/10/2015.

LAVRINI, B. **Conheça o Sistema de Filtragem Tipo Bolsa** - Revista Meio Filtrante, Ano XII, Edição nº 67 – Mar/Abr, 2014.

LOPES, R. L. T. – **Implementação do Sistema APPCC na Indústria de Alimentos** - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais CETEC novembro 2007 - <http://www.respostatecnica.org.br>. Acesso em 09 de novembro de 2015.

MORETTO, E. e FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos** – Ed. Varela, São Paulo, 1998. Pág. 67 – 78.

Plano APPCC do Óleo refinado de Soja e da Lecitina de Soja, LDC 2014. Pág 22 e 34

Technical Filter Indústria e Comércio de Filtros LDTA-ME, Certificado de Análise e Conformidade dos lotes de filtros 4487/15 e 4423/15, 2015

WWF. **The growth of Soy: Impacts and Solutions**. (O crescimento da soja: impactos e soluções) WWF-International (secretariado internacional da Rede WWF), em Gland, na Suíça, 2014. Pág. 07 – 19.