



Controle Estatístico do Processo e Indicadores de Performance em uma Agroindústria da Cidade de São Simão/GO

Thiago Castro Moreira¹, Darlan Marques da Silva²

Resumo

A agricultura vem sendo, nos últimos anos o carro chefe da economia brasileira, tendo resultados muito positivos mesmo em tempos de grande instabilidade e adversidade. Uma das formas de se garantir a sobrevivência de uma empresa neste ramo é a melhoria contínua de seus processos, reduzindo seus custos e maximizando os seus lucros. Neste trabalho foi feito um estudo de caso em uma indústria de processamento de soja e produção de lecitina e biodiesel na cidade de São Simão/GO. Foi realizado um controle estatístico do processo através dos resultados de análises laboratoriais e de parâmetros de equipamentos do processo, utilizando como base os históricos de resultados tabulados em Excel, além de informações obtidas através do sistema de automação utilizado na indústria. Estes dados foram classificados, ordenados e analisados utilizando ferramentas de controle estatístico e de qualidade com o intuito de identificar os maiores gargalos, melhores relação entre os parâmetros e assim influenciar na melhoria contínua dos indicadores que forem objetos de análise. Através desta análise foi possível concluir que entre os fatores estudados, os que apresentam maior influência no residual de óleo no farelo são a concentração de miscela no extrator e no 2º estágio.

Palavras-chave: Extração de óleo por solvente. CEP. Melhoria contínua.

¹ Acadêmico da Universidade de Rio Verde - UniRV

² Professor orientador da Universidade de Rio Verde - UniRV



1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja é um dos principais itens da agricultura, tendo este país como o 2º maior produtor mundial (116,996 milhões de toneladas) e o maior exportador da *commodity* em todo o mundo (EMBRAPA, 2018). No biênio de 2017/2018, esta cultura ocupou terreno equivalente a 35,149 milhões de hectares semeados, um aumento de 3,7% em relação à safra 2016/2017 e 69% maior que a safra 2006/07 (CONAB, 2018).

O aumento da área plantada culminou em uma produção de aproximadamente 119,2 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2018). Os maiores produtores nacionais são os estados de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2018).

Segundo Silva, Lima e Batista (2015), a soja é reconhecida como a principal oleaginosa em termos de produção e consumo em todo mundo. Isto se deve principalmente devido à grande importância de seus subprodutos tanto para o consumo animal quanto humano. Os principais subprodutos da soja são o farelo, rico em proteína e o óleo, que pode ser utilizado desde a fabricação de biocombustíveis até com finalidades culinárias.

De acordo com Macedo, Vallin e Paraíso (2006), tendo em conta a importância da soja no Brasil e no mundo, se faz necessário a implantação de algumas práticas para que sejam garantidas a integridade e inocuidade, tanto química, quanto física e biológica dos alimentos produzidos a partir da mesma. Para tal fim podem e devem ser empregadas algumas ferramentas para a garantia de que parâmetros sejam seguidos.

Macedo, Vallin e Paraíso (2006) afirmam que o APPCC (Análise de perigos e pontos críticos de controle) é uma ferramenta de gestão muito importante para a obtenção das características desejadas e da inofensibilidade dos produtos derivados da soja, para a sua implantação, algumas práticas devem ser adotadas para que se tenha êxito em seu objetivo, tais como as BPF (Boas práticas de fabricação) e PPHO (Programa Padrão de Higiene Operacional).

Segundo Júnior (2003), é muito importante que ferramentas de qualidade como BPF e PPHO sejam implantadas e tenham eficácia para que a ferramenta funcione, visto que o APPCC é uma metodologia que faz parte de um sistema de controle e depende que os processos estejam alinhados às práticas estabelecidas. Com base no exposto, se faz necessário saber que após a colheita, transporte e consecutiva armazenagem na indústria, a soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) passa por um processo



que pode ser subdividido em oito etapas, são elas: limpeza, separação de pedras, condicionamento, quebra e aspiração, laminação, expansão, extração e por último DTS (dessolvetizador, tostador e secador).

Tendo em vista os aspectos levantados anteriormente e a importância da soja no cenário nacional e mundial foram realizados vários estudos sobre o seu processamento. Conforme destaca em sua pesquisa Prado e Ayala (2014), em que o processo de extrusão aumenta a superfície de contato entre o sólido e o solvente, isto se deve devido à redução entre a distância entre o centro do grão e sua superfície, aumentando assim a capacidade de percolação e drenagem do solvente além da área de saída do óleo.

Ainda de acordo com Prado e Ayala (2014), o hexano (C_6H_{14}) é o solvente mais comumente utilizado para este processo, pois se incorpora facilmente com o óleo, não afeta outros componentes da soja, não possibilita a formação de azeótropos (mistura de substâncias que apresentam um ponto de ebulição estável) devido sua imiscibilidade em soluções aquosas, além de possuir composição homogênea e estreita faixa de temperatura para ebulição. Porém, também apresenta algumas desvantagens como sua origem, proveniente de uma fonte não renovável além de sua alta inflamabilidade e toxicidade (CUSTÓDIO; FILHO; REZENDE, 2003).

Destacado por Prata *et al.* (2016), existe uma escassez de literatura científica destinada a aplicações de técnicas de CEP (Controle Estatístico do Processo), aplicado a empresas do ramo alimentício, e existem poucos relatos sobre os impactos e benefícios que podem ser gerados através da aplicação deste método no acompanhamento deste processo produtivo.

Tendo em conta o assunto abordado e se aproveitando desta lacuna, este estudo se faz necessário com a finalidade de se medir a eficiência e aplicabilidade do CEP em uma indústria de beneficiamento de soja e produção de biodiesel, com foco na extração de óleo por solvente e o residual de óleo no farelo após a extração.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado neste trabalho um estudo de caso em uma indústria de processamento de soja e produção de lecitina e biodiesel, localizada na cidade de São Simão, no Estado de Goiás. Esta organização teve origem no estado do Paraná, mais



especificamente na cidade de Maringá, no ano de 1964 com foco na industrialização de milho.

Para a elaboração deste estudo foram utilizadas informações obtidas através de amostras coletadas pelos operadores ao longo do processo. No caso do lex (residual de óleo no farelo), são realizadas quatro coletas ao longo do turno, que ao final são homogêneas e compõem uma amostra que representa aquele turno, como são três turnos de oito horas por dia (07:00 - 15:00, 15:00 - 23:00 e 23:00 - 07:00) tem-se quatro resultados por dia (individual de cada turno) e a média do dia.

Estes turnos são compostos por quatro equipes, que são denominadas: Turno A, Turno B, Turno C e Turno D, estes, trabalham em escala 6x1, o que quer dizer que sua jornada é composta por dois dias no período matutino, dois no vespertino e dois no noturno, quando o turno sai do seu último dia no período noturno, entra de folga e o turno que estava em descanso o substitui.

As coletas são realizadas pelo operador na saída do equipamento extrator, o produto é colocado no saquinho de amostras e identificado com o turno a que pertence a amostra, como é um local que tem contato direto com o solvente, deve-se utilizar os EPI's adequados.

Estes dados foram obtidos através do histórico de análises laboratoriais realizadas ao longo do mês de julho de 2018. Estes foram tabulados e analisados através da utilização de modelos matemáticos formulados com o auxílio do Excel, utilizando ferramentas estatísticas.

Para a realização deste estudo foram observados além dos resultados do residual de óleo no farelo, os resultados de etapas do processo que tem impactos diretos neste item específico: Amostras de excesso de impurezas e avariados na entrada da soja, umidade da massa expandida, concentração de micela (mistura de óleo e hexano), além de outros parâmetros que se mostrarem relevantes na obtenção do menor residual possível.

Uma ferramenta que foi utilizada é conhecida como coeficiente de correlação, tem a finalidade de determinar o grau de relação entre duas variáveis, dado pelo coeficiente de Pearson. Este coeficiente expressa o grau de dependência linear entre duas variáveis, ou seja, o quanto uma variável, pode ou não, interferir na outra de acordo com sua variação (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). Os valores do coeficiente podem variar entre -1 e +1, o resultado é negativo em casos que uma



variável diminui com o aumento da outra e positiva quando uma variável aumenta com o aumento da outra (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009).

No caso da análise de duas variáveis quaisquer a serem testadas, x e y , o coeficiente de correlação de Pearson é calculado conforme demonstração abaixo:

$$r = \frac{\sum(x - x^\circ) * (y - y^\circ)}{(n - 1) * Sx * Sy}$$

Onde:

x° - Média do conjunto de dados da primeira variável;

Sx - Desvio padrão do conjunto de dados da primeira variável;

y° - Média do conjunto de dados da segunda variável;

Sy - Desvio padrão do conjunto de dados da segunda variável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este tópico do trabalho será voltado para os resultados obtidos e as discussões realizadas através do acompanhamento do processo a fim de se chegar a conclusões a cerca deste. Teve como base as análises e acompanhamentos realizados na indústria de beneficiamento de soja, com suporte em estudos correlatos na área de controle estatístico do processo e extração de óleo por solvente.

Após o levantamento dos dados, iniciou-se uma investigação para identificar quais, dentre as diversas variáveis envolvidas no processo de extração do óleo apresentam maiores impactos nos resultados finais.

Após esta identificação, foi possível determinar através de comparações quais parâmetros devem ser priorizados, visto que têm um maior impacto sobre o resultado esperado do indicador principal que está sendo analisado.

A Tabela 1 demonstra o mapeamento dos resultados de etapas do processo que exercem influência no indicador que foi foco deste estudo.

Tabela 1 - Resultados de análises entre os dias 01/07/2018 e 15/07/2018.

	Entrada da Soja		Expansão	% de óleo na miscela			
	Impureza da soja de entrada (>1,0%)	Avariado da soja de entrada (>8,0%)	Umidade da massa expandida (<8%)	Extrator (25 à 30%)	1º estágio (>80%)	2º estágio (>97,5%)	stripper (maior possível)
01/jul	0,3	4,88	7,65	31,82	65,8	96,54	99,9
02/jul	0,42	4,49	7,94	31,73	65,25	96,16	99,87
03/jul	0,36	4,88	9,13	34,07	71,19	96,84	99,67
04/jul	0,4	4,4	9,31	29,47	65,14	96,3	99,73
05/jul	0,33	4,69	9,76	29,82	64,74	96,33	99,68
06/jul	0,39	5,28	9,5	31,57	60,51	95,63	99,65
07/jul	0,41	5,33	9,1	30,56	67,95	96,9	99,68
08/jul	0,38	4,59	8,14	31,29	65,1	96,43	99,78
09/jul	0,36	4,21	8,97	25,54	62,03	95,66	99,79
10/jul	0,29	5,94	9,52	28,26	73,84	97,18	99,72
11/jul	0,4	4,74	9,46	28,3	61,09	96,6	99,69
12/jul	0,2	6,44	9,24	29,77	70,95	96,7	99,79
13/jul	0,5	5,28	8,98	30,21	60,87	96,68	99,8
14/jul	0,3	4,13	8,82	30,58	66,21	97,43	99,82
15/jul	0,52	5,7	8,92	28,28	68,21	96,4	99,66
Média	0,371	4,998	8,963	30,085	65,926	96,519	99,747

Fonte: Próprios autores (2019)

Pode-se observar os resultados entre os dias 01/07/2018 a 15/07/2018, na segunda e terceira coluna, são destacados os resultados referentes a soja de entrada (porcentagem de impureza e a porcentagem de avariado, respectivamente), na quarta resultados referentes à etapa de expansão (umidade da massa expandida), logo subsequente apresenta a porcentagem de óleo na miscela, em diferentes pontos do processo de extração (Extrator, 1º estágio, 2º estágio e Stripper (etapa de destilação da miscela)).

Faz-se muito importante o acompanhamento e alinhamento dos resultados, visto que todos os processos sofrem variações e quanto menos variações ocorrerem mais uniforme será o processo e conseqüentemente terá mais valor agregado (YOSHIMURA; ALMEIDA PRADO, 2017).

Analisando a entrada da soja, pode-se observar que os valores da porcentagem de impurezas variaram entre 0,2 e 0,524% e que os de avariado entre 4,135 e 6,435%,

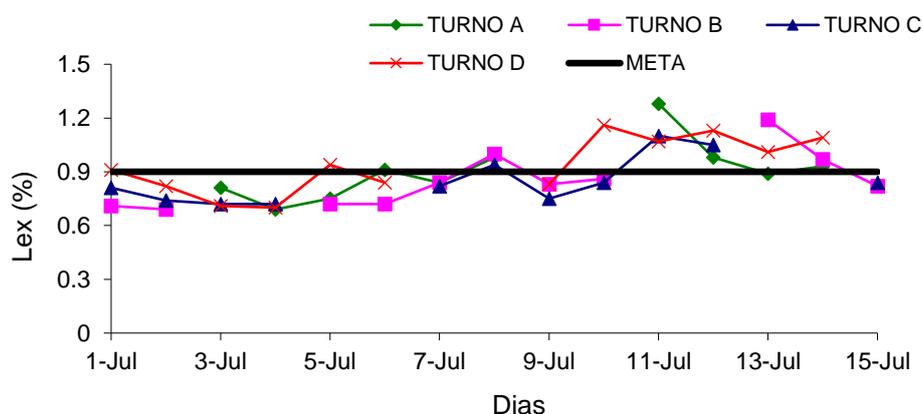
sendo que o desejável é que estes valores estejam sempre abaixo dos limites críticos, que são no caso da impureza $>1\%$ e no caso do avariado $>8\%$.

Já no caso da expansão, o ideal é que a umidade da massa expandida não seja $<8\%$, pois nesse caso a extração tende a ser prejudicada, devido a massa sair mais quebradiça em direção a extração, no período analisado os valores variaram entre 7,648 e 9,757%. Para este último, carece de investigações por apresentar valores que extrapolam o almejado pela empresa, podendo gerar perda na qualidade, produtividade e, conseqüentemente, afetando nos custos onerados (MACHADO et al., 2013).

A porcentagem de óleo na miscela é o quanto de óleo está presente no volume ocupado junto ao solvente, quanto mais óleo houver na miscela melhor, pois significa que o processo de extração está sendo mais eficaz nos quatro pontos analisados (Extrator, 1° estágio, 2° estágio e Stripper) os valores obtidos foram: 25,537 à 34,072%, 60,513 à 73,838%, 95,633 à 97,429% e 99,646 à 99,90%, respectivamente.

Na Figura 1 e Tabela 2, pode-se observar o mapeamento dos resultados do indicador Lex (%), considerado uma característica crítica que influencia na qualidade da soja, em função dos dias ao longo do mês de julho/2018, estes resultados se referem às amostras diárias do indicador analisado, individualizados por turno.

Figura 1 - Resultados do indicador individualizados por turno, ao longo do mês de julho de 2018.



Fonte: Próprios autores (2019)

Nele é possível visualizar que o turno C foi o que obteve a menor média (0,847%) e que o turno D o que teve a maior média (0,949%), com os Turnos A e B tendo respectivamente (0,903%) e (0,858%). A meta utilizada para acompanhamento



deste item é 0,9% de óleo retido no farelo após a extração, sendo ideal que os valores dos resultados estejam sempre iguais ou abaixo deste valor. As lacunas no gráfico se devem aos dias de folga dos turnos.

Já os dias em que foram obtidos os melhores resultados o processo operou em condições normais, sem grandes paradas ou variações de carga. No caso deste indicador quanto menor o resultado melhor, pois significa que a extração está sendo eficiente e que menos óleo está sendo perdido junto ao farelo.

Tabela 2 - Porcentagem média de Lex por Turno

Turno A	Turno B	Turno C	Turno D
0,90%	0,86%	0,85%	0,95%

Fonte: Próprios autores (2019)

Também pode ser observado que ao longo do período de acompanhamento houve uma grande diferença entre o menor e o maior valor alcançados para este indicador, 0,847% e 0,949%, o que demonstra que existem variações no processo, entretanto valores próximos da meta (0,9%).

No período analisado houve 3 dias em que os resultados de Lex (%) foram mais elevados, isso decorreu devido paradas no processo que ocasionam perda de parâmetros, como temperatura, pressão e vácuo, além de quedas de velocidade devido excesso de palhas de soja que vão para o processo sem terem sido retiradas pela etapa de pré-limpeza, prejudicando os resultados do residual de óleo no farelo, pois demora algum tempo para que o processo retome suas condições ideais. Conforme Lopes e Silva (2017), qualidade é o oposto de variabilidade, ou seja, quanto menos variações ocorrerem no processo melhores serão seus índices de qualidade.

Na Tabela 3, pode-se observar que foram realizadas avaliações individuais dos resultados que têm relação com o foco do estudo (Menores e maiores valores, suas Médias, Variância, Desvio padrão e Correlação em relação Lex (%)). Esta variável foi escolhida porque entre os diversos indicadores que existem nesta planta de esmagamento ela é uma das que pode trazer mais retorno, ou mais perda financeira de acordo com o seu resultado, devido a todos os fatores e equipamentos que integram esta etapa, envolvendo custos com matéria prima, solvente, energia, vapor em que todos estes têm uma grande representatividade financeira, segundo a empresa em estudo.

Tabela 3 - Aplicação de ferramentas para análise das informações.

	Maior	Menor	Média	Variância	Desvio Médio	Correlação
Excesso de impureza da soja de entrada (> 1,0%)	0,524	0,200	0,371	0,007	5386,656	-0,208
Excesso de avariado da soja de entrada (> 8,0%)	6,435	4,135	4,998	0,434	0,931	0,332
Baixa umidade da massa expandida (< 8%)	9,757	7,648	8,963	0,369	0,767	0,181
Extrator (25 à 30%)	34,072	25,537	30,085	4,052	3,364	-0,247
1º estágio (>80%)	73,838	60,513	65,926	15,831	6,410	-0,043
2º estágio (>97,5%)	97,429	95,633	96,519	0,238	3,960	0,454
Stripper (maior possível).	99,900	99,646	99,747	0,006	0,424	0,059

Fonte: Próprios autores (2019)

O coeficiente de relação de Pearson, observando-o na última coluna da Tabela 3, pode-se chegar à conclusão de que existem, dentre estes resultados que têm maior influência sobre os resultados do Lex (%), são eles: a porcentagem de avariados na soja e a concentração de miscela no segundo estágio e extrator. Apesar de nenhuma das variáveis apresentarem fortes correlações (menor que -0,8 ou maior que 0,8).

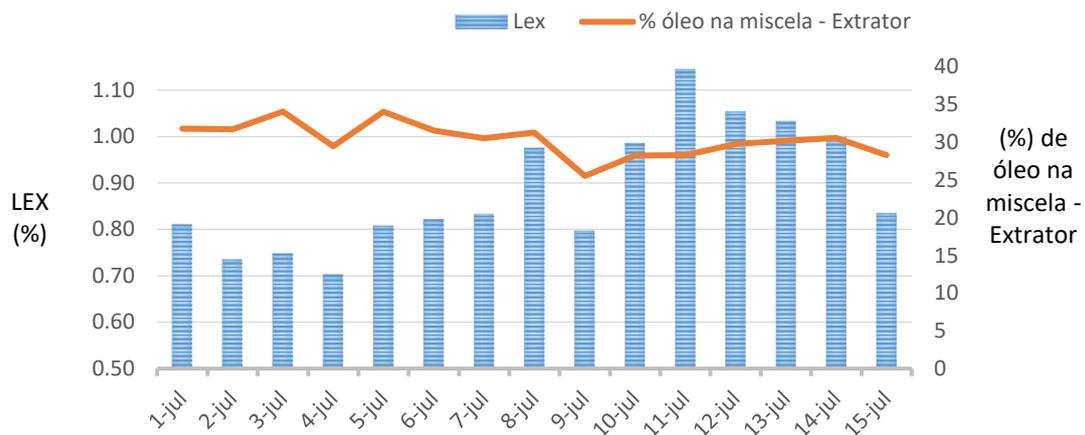
No caso da concentração de miscela no 2º estágio, que obteve o coeficiente de correlação expresso por 0,454, pode-se afirmar que por ser um resultado positivo, significa que o resultado do Lex (%) tende a aumentar com o aumento da concentração, ou seja, a retenção de óleo no farelo tende a ser maior.

Já observando a concentração de miscela no extrator, que teve como resultado a correlação de -0,247, demonstra que o resultado do Lex (%) diminui com o aumento da porcentagem de óleo na miscela, pois quanto mais óleo tiver na miscela (mistura óleo/hexano), mais eficiente está sendo o processo de extração e obtendo menores custos com o consumo de solvente.

Na Figura 2 relata a tendência de que os resultados do Lex (%) diminuam com o aumento da concentração de miscela, de forma acentuada. Conforme Figueiredo Filho

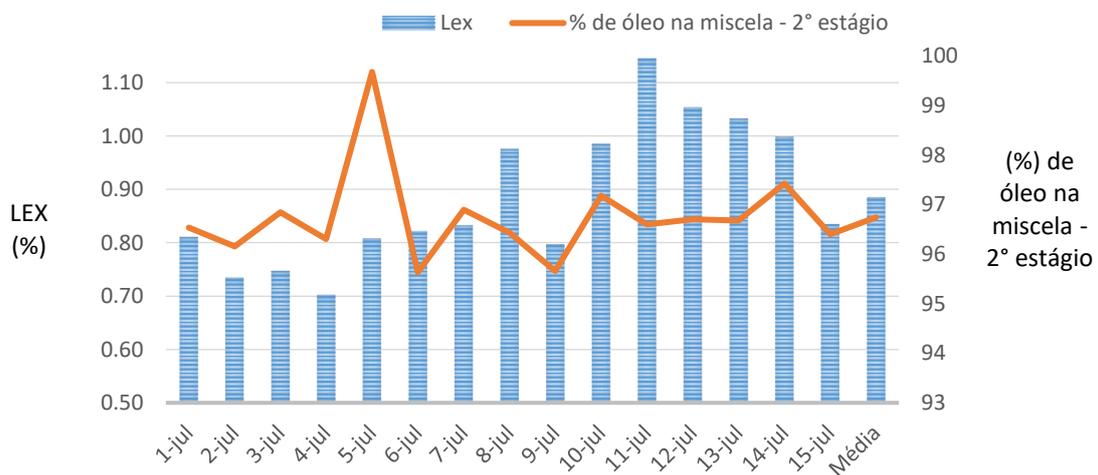
e Silva Júnior (2009), sempre que ocorre a diminuição de uma variável com o aumento de outra está presente uma correlação negativa.

Figura 2 - Gráfico de tendências, Lex (%) x % óleo na miscela - Extrator



Fonte: Próprios autores (2019)

Figura 3 - Gráfico de tendências, Lex (%) x óleo na miscela - 2° estágio.



Fonte: Próprios autores (2019)

Na Figura 3 demonstra a variação dos resultados das análises do Lex (%) em relação aos % de óleo na miscela no 2 estágio (que obteve o maior valor para correlação positiva, 0,454) e também que existe a tendência de que sempre que há um aumento na concentração neste ponto, é elevado o resultado do residual de óleo



no farelo. Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009) destacam que em casos em que há correlação positiva quando um valor está acima da média em x é esperado que ele também seja superior à média de Y .

Duas unidades de um mesmo produto, produzido por um determinado processo nunca são iguais, é inevitável que ocorra algum tipo de variação. Por exemplo, o volume líquido existente dentro de uma embalagem de óleo nunca é exatamente o mesmo de outra embalagem igual, tendo sempre uma ligeira variação de uma para a outra. A Estatística é a ferramenta científica que utiliza a identificação, coleta e análise de dados para a formulação de conclusões e soluções plausíveis para se minimizar estas variações (SANTOS; ANTONELLI, 2011).

Todo processo por mais simples ou complexo que seja está sujeito a variações, diferenças de pressão, umidade, temperatura, vácuo entre outros, podem ter pesos diferentes na composição de um resultado alcançado e medido de acordo com algum parâmetro (MONTGOMERY, 2004).

4. CONCLUSÃO

Com a implantação e a manutenção de um acompanhamento detalhado dos processos e os fatores que interferem uns nos outros tem-se maior possibilidade de diminuir as variações e conseqüentemente obter melhor qualidade.

Este estudo mostrou a importância de se realizar o acompanhamento de resultados e a aplicação de ferramentas estatísticas para análises de dados com o intuito de se obter informações plausíveis. Através desta análise é possível afirmar que existem oportunidades de melhoria no processo, sendo possível aplicar outras ferramentas, estatísticas ou de gestão com a finalidade de aprimorar os processos, trazendo resultados significativos para a instituição.

Neste caso tem-se como sugestão implementar o acompanhamento dos indicadores determinando os resultados que têm maior impacto nestes parâmetros, observou-se que esta análise pode ser aplicada a todos os indicadores levantados, e que através dela podem ser buscadas melhorias afim de diminuir as variações e obter melhores resultados.



BIBLIOGRAFIA

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acomp. safra bras. grãos, v. 12 Safra 2017/18 - **Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-148, setembro 2018**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 17 de nov 2018.

CUSTÓDIO, A. F.; FILHO, R. M.; REZENDE, D.F. **Modelagem e simulação do processo de separação de óleo de soja - hexano por evaporação**. UNICAMP, Campinas, SP, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **Soja em números (safra 2017/2018)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em 17/11/2018.

FIGUEIREDO FILHO, D. B; SILVA JÚNIOR, J, A, da. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson**. (r). 2009.

JÚNIOR, M. A. P. G. **Aplicação de HACCP e técnicas estatísticas em uma fábrica de farelo de soja**. 2003. 129f. Pós-graduação de engenharia de produção, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2003.

LOPES, M, F.; SILVA, D, M. **Aplicação do controle estatístico de processo para o beneficiamento da soja: um estudo de caso no sudoeste goiano**. Universidade de Rio Verde, GO, 2017.

MACEDO, F. F.; VALIN, L. R. G.; PARAÍSO, P. R. **Implantação do HACCP na Indústria de Alimentos**. Universidade Estadual de Maringá, PR, 2006.

MACHADO, S. T.; DOS REIS, J. G. M.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, R. V.; DELIBERADOR, L. R. **Perdas na cadeia produtiva da soja: Uma análise sob a ótica das redes de suprimentos**. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2004.

PRADO, R.; AYALA, L. A. C.; **Avaliação comparativa entre a extração do óleo de soja com hexano e com álcool anidro e as diferenças físico-químicas no farelo**. UTF-PR, Ponta Grossa, PR, 2014.

PRATA, E. R. B.; PASSOS, F, J, V.; **Controle estatístico do processo na indústria de alimentos: uma abordagem fundamentada na análise de risco**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2016.



SANTOS, A. B.; ANTONELLI, S. C.; **Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey com indústrias de alimentos de São Paulo.** Gest. Prod., São Carlos, v. 18, n. 3, p. 509-524, 2011.

SILVA, A. C.; LIMA, E. P. C.; BATISTA, H. R. **A Importância da Soja para o Agronegócio Brasileiro: Uma análise sob enfoque da produção, emprego e exportação.** Paraná, PR, 2015.

YOSHIMURA, K. A. C., ALMEIDA PRADO, E. R. **Otimização e redução do teor de óleo residual em uma planta de extração de óleo de soja.** *Engevista*, 19(2), 373-384.