

**Modelo estocástico de revisão contínua para o gerenciamento de estoque de óleo vegetal na produção do biodiesel****Continuous review stochastic model for oil inventory management in biodiesel production plant**

Recebimento dos originais: 13/06/2018

Aceitação para publicação: 30/07/2018

**Andersson Eduardo Oliveira Assis**

Bacharel em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Barra do Bugres

Endereço: Rua A, S/N - São Raimundo, Barra do Bugres – MT, Brasil

E-mail: eng.andersson@hotmail.com

**Leonardo Péricles da Silva**

Graduando em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Barra do Bugres

Endereço: Rua A, S/N - São Raimundo, Barra do Bugres – MT, Brasil

E-mail: periclesleo@gmail.com

**Luiz Gustavo Leite Ortega**

Graduando em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Barra do Bugres

Endereço: Rua A, S/N - São Raimundo, Barra do Bugres – MT, Brasil

E-mail: luiz.leite.ortega@hotmail.com

**Adauto Farias Bueno**

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Barra do Bugres

Endereço: Rua A, S/N - São Raimundo, Barra do Bugres – MT, Brasil

E-mail: adauto.bueno@unemat.br

**RESUMO**

Com o crescente aumento da competitividade, as empresas buscam constantemente maneiras de reduzir seus custos, assim a administração de estoques tem-se mostrado cada vez mais eficientes no aumento da lucratividade. Este trabalho objetivou analisar e usar um modelo de revisão contínua para o gerenciamento de estoques de óleo vegetal na produção de biodiesel, de modo a verificar sua utilização e aderência ao controle de estoques. Para isso, foram usados dados disponibilizados pela empresa do estudo de caso, por observação direta, e via relatórios; outros documentos secundário da

ANP e Abiove foram utilizados. Os resultados apresentados evidenciam que o modelo estocástico de revisão contínua não adere ao controle de estoque de óleo vegetal, devido ao alto volume de produção da planta de biodiesel e a baixa capacidade de transporte, porém demonstram a importância do controle das informações relativas à estoques, principalmente para eficiência do processo de compras, já que foi observado altos custos no transporte de matéria-prima, necessidade de integração e uso do modal dutoviário para melhoria da competitividades das biorrefinarias produtoras de biodiesel.

**Palavras-chaves:** Estoques; óleo; biodiesel.

## ABSTRACT

As the increased competitiveness increases, the companies seek constantly ways to reduce their cost, so the management of stocks has been shown more efficiently in increasing profit. This work has objected to analyze and use a continuous reeviw model for the management of vegetable oil stocks in biodiesel production in order to verify its use and adherence to the control of stocks. For that, data available by the case study company were used, by direct observation, and via reports; other secondary documents of ANP and Abiove were used. the results shown that the stochastic continuous review model does not apply to vegetable oil stock control, due to the high volume of production of the biodiesel plant and the low transport capacity, but demonstrate the importance of the control of the information concerning the stocks, mainly for the efficiency of the process of purchases, since it has been observed high costs in the transport of raw material, the need for integration and use of the dutual modal to improve the competitiveness of the biodiesel producing biorrefinaries

**Keyword:** Stocks; oil; biodiesel.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a gestão de estoques é um dos maiores desafios enfrentados pelos gerentes, engenheiros, administradores e por todas as pessoas envolvidas direta ou indiretamente nas áreas produtivas (MARTINS, 2009).

A grande importância da gestão de estoque se dá através de dois pontos de vista principais, que merecem cuidados especiais: o operacional e o financeiro. Do ponto de vista operacional, manter um certo nível de estoques permite economias na produção e amortece as diferenças de demandas entre os fluxos principais de uma empresa. Do ponto de vista financeiro, como o estoque faz parte do investimento da empresa, o mesmo é contabilizado como parte do capital (MOREIRA, 2008).

Os estoques funcionam como acumuladores de recursos físicos, sendo esses processados ou não em um sistema de transformação (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Os acúmulos são necessários já que a demanda e a capacidade de suprimento não são regulares ou simétricas.

Diante do que foi descrito, pode-se definir que a gestão de estoques é uma função de suma importância para reduzir o desnivelamento entre o fornecimento e a demanda de forma eficiente e competitiva. Ao longo dos anos, as empresas acreditavam que o ideal era manter níveis de estoque próximos de “zero”, mas isso acarretava muitas vezes na falta de produto, implicava em custo de falta, minimização do nível de serviço, comprometendo a competitividade da organização (DIAS, 2005; BALLOU, 2006).

O objetivo do presente trabalho é manipular e rodar um modelo (analítico) estocástico de revisão contínua de estoques (R, Q). Com isso pretende-se determinar a quantidade ótima de matéria-prima (óleo) a ser encomendada e definir o ponto ideal (tempo) de compra do novo lote (batelada) para um Estudo de Caso em uma Biorrefinaria de Biodiesel em Mato Grosso.

## **2 BIODIESEL**

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, a partir de matérias-primas como óleos vegetais, gorduras animais ou óleos residuais. As matérias-primas vegetais são obtidas através de algumas plantas oleaginosas como: soja, mamona, canola, palma, girassol, pinhão manso, amendoim, entre outros. Os de origem animal podem ser obtidas do sebo bovino, suíno e de aves. E como matéria-prima também se inclui os óleos utilizados em frituras (PARENTE, 2003).

Esta fonte energética (biodiesel) é definida como um biocombustível derivado de biomassa renovável e tem uma grande importância mundial por ser de queima limpa, como suas propriedades são similares ao do diesel de petróleo e sua eficiência muito próxima a dos combustíveis de origem fóssil, o biodiesel pode ser utilizado em substituição total ou parcial em motores de ciclo “Diesel” (PARENTE, 2003; KNOTHE et al., 2006).

Entre os processos mais utilizados na produção do biodiesel, se destacam a transesterificação e a esterificação. No processo de transesterificação, o mais utilizado no Brasil, uma matéria-prima (óleo de soja/ gordura animal) reage por meio de um catalisador com um álcool, gerando assim o biodiesel e a glicerina, ou seja, este método consiste em reagir o triglicerídeo de um óleo ou gordura com um álcool simples (metanol ou etanol), formando ésteres (metílico ou etílico), que constituem o biodiesel e o glicerol (PARENTE, 2003; ENCARNAÇÃO, 2008; RAMOS, 2011).

### 3 ESTOQUES

Para Moreira (2008) toda quantidade de bens físicos que estão guardados de forma “improdutiva”, por algum intervalo de tempo são chamados de estoques, que podem ser tanto de matérias-primas, produtos em processamento ou produtos acabados. Corrêa (2011) declara que o objetivo dos estoques é agir como reguladores de oferta e demanda de um item estocado, podendo se pensar em vários tipos de estoques “reguladores”.

O tipo de estoque, considerando na presente pesquisa é o de matéria-prima (óleo de soja). Este estoque possui o objetivo de regular as incertezas nas taxas de suprimentos que pode ocorrer por vários motivos; o fornecedor (esmagadora) pode ser pouco confiável e não entregar a prazo, pode entregar em quantidades diferentes da encomendada, fazendo crescer ou diminuir os estoques; a taxa de consumo pelo processo produtivo pode sofrer aumento inesperado ou diminuição, (por exemplo: a quebra de uma máquina). Estas são condições técnicas, sendo que para melhor gestão de estoques ainda é necessário conhecer os custos envolvidos.

Segundo Hillier e Liberman (2013), Moreira (2008) e Ballou (2006) as políticas de estoque afetam a lucratividade, portanto é essencial para gestão o conhecimento dos custos envolvidos nos estoques. Os custos são: i) Custo do item – é o valor unitário de comprar ou montar determinado item; ii) Custo de implantação – é o custo de encomendar uma quantidade de itens (comprando ou produzindo). O custo de implantação são custos administrativos (manutenção das áreas de compra, custo de pessoal, transporte, inspeção) que incorrem desde o momento que é pedido até o momento que a mercadoria é estocada; iii) Custo de manutenção – é o custo por tempo de se manter uma mercadoria em estoque até que ela seja vendida ou utilizada. Estão inclusos o custo de capital (que não pode ser aplicado) e armazenagem (espaço ocupado, seguros, taxas, perdas); iv) Custo de falta de estoque – reflete o custo de se perder credibilidade com o consumidor.

#### 3.1 POLÍTICAS DE ESTOQUES

Segundo Hillier e Liberman (2013) e Taha (2008) existem políticas de estoque que usam os modelos determinísticos e estocásticos;

- Determinísticos – modelos utilizados com demanda constante e previsível, não consideram incertezas e assumem que não existem variáveis aleatórias.
- Estocásticos – modelos estocásticos assumem variáveis aleatórias de modo que as origens dos eventos sejam indeterminadas, como demanda imprevisível e aleatória.

Quando a demanda é totalmente previsível, é conveniente usar modelos de estoque determinísticos e quando a demanda for incerta, deve-se usar o modelo de estoques estocásticos. Na

presente pesquisa a previsão de demanda (consumo no processo) de óleo vegetal não é totalmente previsível, devido a diversos fatores, como venda nos leilões da ANP (2015), mudanças de preço do óleo de soja, mudanças de planejamento, entre outros, então será empregado um modelo estocástico, conforme descrito a seguir.

Modelo estocástico de revisão contínua, segundo Hillier e Liberman (2013) é um modelo desenvolvido para quando há incerteza na demanda e quando o nível de estoque é monitorado continuamente. O modelo de revisão contínua se baseia em dois números críticos: R = Ponto de se fazer o pedido; Q = Quantidade a ser encomendada. Sendo o R o ponto de produzir ou encomendar um lote de unidades Q, de produtos ou matéria-prima. Essa política é chamada de (R, Q).

Para determinar a quantidade a ser encomendada basta utilizar a Equação 1:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}} \quad (1)$$

Onde d é demanda, k custo de implantação, h custo de manutenção e p custo de escassez.

Esse modelo obedece a algumas hipóteses (HILLIER; LIEBERMAN, 2013):

1. Cada aplicação envolve um único produto; 2. O nível de estoques encontra-se sobre revisão contínua e, assim, seu valor atual é sempre conhecido;
2. Dever ser usada uma política (R, Q) e, portanto, as únicas decisões a ser tomadas são escolher R e Q.
3. Existe um tempo de espera entre o momento em que o pedido é feito e aquele em que a quantidade encomendada é recebida. Esse tempo de espera pode ser determinado também como variável.
4. A demanda por retirada de unidades de estoque para vende-los ou consumi-los no processo durante esse tempo de espera é incerta. Entretanto a distribuição probabilística da demanda é conhecida ou estimada.
5. Caso ocorra falta de estoque antes do pedido ser recebido, o excesso de demanda é colocado em reserva, de modo que os pedidos que não foram atendidos agora, serão atendidos tão logo o novo pedido chegue.
6. Cada vez que for feito um pedido ocorre um custo de implantação fixo (K).
7. Exceto pelo custo de implantação, o custo do pedido é proporcional à quantidade Q encomendada.
8. Incorre-se em certo custo de manutenção de estoques (h) para cada unidade em estoque por unidade de tempo.

9. Quando ocorrer falta de estoque, existe certo custo de escassez (p) para cada unidade colocada em reserva por unidade de tempo até esse pedido pendente ser atendido.

Para determinar o ponto de se fazer o pedido (R), primeiramente é necessário definir a porcentagem de atendimento ao cliente desejado pela gerência, de modo que exista um estoque de segurança com o intuito de assegurar o nível de serviço desejado (MOREIRA, 2008; AUCAMP; BARRINGER, 1987; BALLOU, 2006).

O nível de atendimento é o quanto a empresa se preocupa em atender todos os pedidos ou não de seus clientes, caso o nível de atendimento seja baixo, pode ocorrer a falta de produto de modo que cause a perda do cliente, e se, o nível de atendimento for alto, a empresa fica responsável em atender todos os pedidos não permitindo falta e aumentando os custos.

Segundo Hillier e Liberman (2013), o nível de atendimento/serviço pode ser definido de várias maneiras diferentes: 1.) A probabilidade de que não ocorra um esgotamento do estoque entre o momento em que é feito um pedido e a quantidade de encomendada for recebida; 2.) O número médio de esgotamentos de estoques por ano (usada nessa pesquisa); 3.) A porcentagem média de demanda anual que pode ser satisfeita imediatamente (sem esgotamento do estoque); 4.) O atraso médio em atender pedidos postergados em razão de um esgotamento de estoque; 5.) O atraso médio global em atender pedidos (em que o atraso sem ocorrência de esgotamento é zero).

A representação do nível de atendimento desejado é dada por L, portanto:

$L$  = probabilidade de que não ocorra esgotamento do estoque no período. É definida pela gerência.

Para identificar o R é necessário trabalhar com a distribuição probabilística da demanda que é representada por:  $D$  = Demanda no período entre o pedido e o recebimento da mercadoria. Com base em  $L$  e  $D$ , existem duas maneiras para escolher o ponto de fazer um novo pedido, o primeiro considera a distribuição uniforme, Equação 2.

Se  $D$  é uma distribuição uniforme com intervalo de  $a$  até  $b$ , faça que:

$$R = a + L(b - a) \quad (2)$$

Deste modo, o estoque de segurança é fornecido pela Equação 3:

$$\text{Estoque de Segurança} = \left(L - \frac{1}{2}\right)(b - a) \quad (3)$$

Caso a distribuição da demanda seja normal com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ , o procedimento para escolha do ponto de realizar novo pedido considera o valor de  $L$  e usa uma tabela de distribuição normal para identificar  $k_{1-L}$  e agregá-lo à Equação 4 para encontrar R.

$$R = \mu + K_{1-L}\sigma \quad (4)$$

Para encontrar a quantidade de estoque de segurança, emprega-se a Equação 5:

$$\text{Estoque de Segurança} = R - \mu \quad (5)$$

Como se pode observar, a parte teórica do modelo estocástico de revisão contínua (R, Q) adere satisfatoriamente ao problema de pesquisa visto que todas as hipóteses do modelo estão de acordo com o controle de estoque de óleo.

## **4 METODOLOGIA DA PESQUISA**

### **4.1 COLETA DE DADOS**

O levantamento de dados se iniciou por meio de contato com empresas fabricantes de biodiesel e que possuíam algum estoque de óleo vegetal, para saber do interesse das mesmas em contribuir com o presente trabalho. O critério para a escolha da empresa base do Estudo de Caso foi de que era um caso representativo (Yin, 2015). A referida empresa se dispôs a participar, fornecendo os dados e estabelecendo um canal de comunicação, outro fator favorável à escolha, foi a empresa do Caso, estar em produção, sendo que as outras empresas candidatas não estavam operando no momento ou no ano anterior. Definidas as relações entre objeto de pesquisa e pesquisadores, foi elaborado um protocolo de estudo de caso, conforme recomendado em Yin (2015). Deste modo, o objeto de estudo e os dados foram alcançados por meio de visita técnica, coletados por observação direta, através do instrumento de Protocolo de Estudo de Caso (MIGUEL, 2012). Foi utilizado ainda o procedimento de Pesquisa Documental, através de dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2015;2016) e Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), como históricos de produção e boletins mensais do biodiesel e de óleo vegetal no ano de 2016.

## **5 CARACTERIZAÇÃO DO CASO**

A indústria de biodiesel utilizada para o estudo de caso atua na região médio norte de Mato Grosso (Biorrefinaria A). Utiliza como matérias-primas o óleo degomado de soja, algodão e gorduras animais, sendo que o óleo de soja representa de 70% a 90% do total de matéria-prima.



A aquisição das matérias-primas se dá por meio de terceiros (esmagadoras localizadas em Mato Grosso) e utiliza como meio de transporte o modal rodoviário, sendo que os maiores fornecedores estão localizados a um raio de trezentos quilômetros da planta (300km).

A capacidade de produção autorizada é de 338m<sup>3</sup> de biodiesel por dia, seu estoque pode ultrapassar os 4.000 m<sup>3</sup>, porém seu estoque médio não alcança 30% dessa capacidade, com base no protocolo de pesquisa e classificação do SENAI baseada na Receita Operacional Bruta, a Biorrefinaria A se enquadra como de porte médio-grande, com faturamento entre R\$ 90 e R\$ 300 milhões/ano.

A coleta de dados primários foi realizada nos meses de setembro e novembro de 2016. Os dados de interesse requisitados pela pesquisa e fornecidos pela empresa são aqueles que compõem os parâmetros do modelo estocástico escolhido para se determinar a política ótima de estoques de óleo. Nas equações de (1) à (5) estão elencados cada parâmetro do modelo. A coleta se concentrou na obtenção desses parâmetros. Primeiramente, para compor o custo h, fez-se a análise do consumo de insumos, com histórico demonstrado na Figura 1.

Assim, calculou-se a demanda anual e mensal (d) referente ao consumo do óleo vegetal degomado. Para encontrar a demanda média aplicou-se a média aritmética, somando as entradas de matéria-prima e dividindo pelos meses e dias, como descreve a Eq. 6:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (6)$$

FIGURA 1 – Consumo mensal (2016) de óleo degomado Biorrefinaria A.



Fonte: Relatórios da Biorrefinaria A (2016).

Aplicando a Equação (6) encontrou-se as demandas médias anual e mensal de óleo vegetal, descritas na Tabela 1.



Tabela 1: Demanda de matéria-prima

<b>Demanda</b>	<b>Toneladas</b>
Média anual	48484,66
Média mensal	4040,39
Desvio padrão	66,63

Fonte: Relatórios da Biorrefinaria A (2016).

Posteriormente, foi executado um diagnóstico dos custos envolvidos no processo de aquisição e manutenção de estoques (k,he p). Para a aquisição da matéria-prima, entrou-se em contato com os maiores fornecedoras de óleo degomado a fim de entender como funciona o processo de compra e parametrizar seus valores. A Biorrefinaria A recebe o óleo vegetal no IncotermCIF (cost, insurance and freight) onde uma esmagadora 1 cobra R\$ 5,00/km/carga, como a empresa se situa a 300 km da esmagadora, o custo foi de R\$ 1.500,00 para uma carga. A esmagadora 2 precifica o óleo de forma diferente, R\$ 80,00/ton./viagem, como o pedido médio é de 35 toneladas (com base no histórico de compras) o custo foi de R\$ 2.800,00, dessa forma obteve-se um custo médio de R\$ 2.150,00.

Para determinar o custo de manutenção de estoque, é necessário compreender os fatores que influenciam na deterioração da matéria-prima estocada. A neutralização do óleo degomado é essencial para que o processo de produção do biodiesel ocorra dentro dos limites de qualidade e legislações governamentais. Existem três parâmetros críticos que são avaliados e caso algum destes esteja fora do ideal é feita a neutralização, o primeiro parâmetro é a acidez, expressa em porcentagem e quanto menor melhor, assim caso a mesma esteja acima de 1% então é feita uma correção química. O segundo parâmetro é a umidade, no qual o óleo apresenta uma certa quantidade de água, expressa em porcentagem, sendo necessário um processo de secagem para retirar a água. O terceiro é a oxidação que consiste na degradação do óleo perante a presença de oxigênio, água, traços metálicos e impurezas. Para isso a matéria-prima é preparada através da neutralização por meio de uma lavagem com uma solução alcalina de hidróxido de sódio (NaOH) ou de potássio (KOH) para corrigir a acidez, seguida de uma operação de secagem (PARENTE, 2003; GOMES, 2009).

A correção da umidade e oxidação praticamente não geram custos, devido ao curto período mantidos em estoques e controle do processo de estocagem, os custos são irrisórios, quando existem e ainda são de difícil mensuração. Então, a pesquisa se concentra na determinação dos custos de neutralização da acidez, como componente relevante do custo de manutenção de estoque. Para parametrizar esse componente de h foi disponibilizado pela empresa o histórico (1 ano) contendo as correções efetuadas e o custo para cada porcentual de acidez.

Na Tabela 2 é possível verificar o histórico de entradas de matéria-prima com seus respectivos percentuais de acidez e, na Tabela 3 os custos de correção por tonelada de matéria-

prima em relação ao seu nível de acidez. Observa-se que no histórico de compra não é possível observar todas as chegadas que ocorreram durante um ano, logo a mesma demonstra apenas uma amostra do histórico, devido à sua extensão.

Durante a análise do histórico de entradas foi possível estabelecer uma relação entre a quantidade de óleo degomado que chega com o consumo diário. Com base na capacidade disponibilizada pela ANP (2016), a empresa pode operar a uma taxa máxima de 338m<sup>3</sup>/dia de biodiesel, considerando o rendimento de 91%, a capacidade de consumo de matéria-prima é 355,78 m<sup>3</sup>/dia ou considerando a densidade, 325,19 ton./dia.

Com essa relação é possível verificar na Tabela 2 que as chegadas diárias de matéria-prima são consumidas praticamente no mesmo dia, nivelando o custo de manutenção direto, próximo a zero. Então o custo h foi estimado como R\$ 0,10/ton./mês.

Em relação ao atendimento ao cliente (L), este é definido pela gerência, considerando o fato de uma empresa de biodiesel vender em leilões e a falta do produto poder gerar despesas desnecessárias, o nível de atendimento deve ser alto, deste modo a falta de produto gera o custo de ter que comprar no varejo para ter que entregar para o consumidor, onde o preço médio por litro chega a R\$ 2,70 (ANP, 2015), multiplica-se pela quantidade de litros por toneladas, mais encargos, chega-se ao valor aproximado de R\$ 3.000,00/ton.

Para definir a quantidade ideal para um novo pedido (Q), utilizou-se a Equação

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 4040,39 \times 2150}{0,10}} \sqrt{\frac{3000 + 0,10}{3000}} = 13.181,14 \text{ ton. ou } 12.047,56 \text{ m}^3$$

Tabela 2. Histórico acidez e movimentação do volume de matéria-prima

Data de entrada	Data saída	Lead time	Produtos	Quant (kg)	Acidez (%)
05/01/15	31/12/14	5	Óleo degomado soja	28.250	8,38
05/01/15	30/12/14	6	Óleo degomado soja	53.920	4,20
09/01/15	08/01/15	1	Óleo degomado soja	37.580	3,93
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	33.740	0,84
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	35.080	0,86
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	33.740	0,85
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	33.580	0,83
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	34.500	0,88
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	34.240	0,86
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	34.150	0,88
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	34.060	0,80
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	34.620	0,84
13/01/15	12/01/15	1	Óleo degomado soja	34.420	3,90
16/01/15	15/01/15	1	Óleo degomado soja	52.840	4,30
16/01/15	09/01/15	7	Óleo degomado soja	39.380	3,95
17/01/15	16/01/15	1	Óleo degomado soja	33.680	0,51
17/01/15	16/01/15	1	Óleo degomado soja	34.280	0,58
17/01/15	16/01/15	1	Óleo degomado soja	35.140	0,57
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	52.120	2,05
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	33.940	0,62
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	33.960	0,55
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	34.420	0,53
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	33.950	0,54
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	34.440	0,48
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	53.050	2,67
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	34.120	0,53
20/01/15	19/01/15	1	Óleo degomado soja	35.200	1,12
21/01/15	20/01/15	1	Óleo degomado soja	39.840	3,21
21/01/15	20/01/15	1	Óleo degomado soja	39.520	4,11
21/01/15	20/01/15	1	Óleo degomado soja	51.320	2,85
22/01/15	21/01/15	1	Óleo degomado soja	33.920	0,49
22/01/15	21/01/15	1	Óleo degomado soja	35.450	0,45
22/01/15	21/01/15	1	Óleo degomado soja	34.820	0,58
23/01/15	22/01/15	1	Óleo degomado soja	40.120	3,52
24/01/15	23/01/15	1	Óleo degomado soja	35.550	0,39
24/01/15	23/01/15	1	Óleo degomado soja	35.320	0,42
24/01/15	23/01/15	1	Óleo degomado soja	34.640	0,37
24/01/15	23/01/15	1	Óleo degomado soja	34.450	0,34
24/01/15	23/01/15	1	Óleo degomado soja	34.420	0,38
24/01/15	23/01/15	1	Óleo degomado soja	39.180	4,07
25/01/15	24/01/15	1	Óleo degomado soja	39.540	2,40
25/01/15	23/01/15	3	Óleo degomado soja	52.140	4,36

Tabela 3. Relação de acidez, percentuais e custos com insumos de correção

Acidez (%)	Óleo (kg)	Ácido oleico (kg)	Ácido oleico (M)	Soda (M)	Soda 100% (kg)	Soda 50% (kg)	Soda 18% (kg)	Preço NaOH 50% Óleo (R\$)
0,1	1000	1	282	40	0,14	0,28	0,79	0,511
0,2	1000	2	282	40	0,28	0,57	1,58	1,021
0,3	1000	3	282	40	0,43	0,85	2,36	1,532
0,4	1000	4	282	40	0,57	1,13	3,15	2,043
0,5	1000	5	282	40	0,71	1,42	3,94	2,553
0,6	1000	6	282	40	0,85	1,70	4,73	3,064
0,7	1000	7	282	40	0,99	1,99	5,52	3,574
0,8	1000	8	282	40	1,13	2,27	6,30	4,085
0,9	1000	9	282	40	1,28	2,55	7,09	4,596
1	1000	10	282	40	1,42	2,84	7,88	5,106
1,1	1000	11	282	40	1,56	3,12	8,67	5,617
1,2	1000	12	282	40	1,70	3,40	9,46	6,128
1,3	1000	13	282	40	1,84	3,69	10,24	6,638
1,4	1000	14	282	40	1,99	3,97	11,03	7,149
1,5	1000	15	282	40	2,13	4,26	11,82	7,660
1,6	1000	16	282	40	2,27	4,54	12,61	8,170
1,7	1000	17	282	40	2,41	4,82	13,40	8,681
1,8	1000	18	282	40	2,55	5,11	14,18	9,191
1,9	1000	19	282	40	2,70	5,39	14,97	9,701
2	1000	20	282	40	2,84	5,67	15,76	10,213
2,1	1000	21	282	40	2,98	5,96	16,55	10,723
2,2	1000	22	282	40	3,12	6,24	17,34	11,234
2,3	1000	23	282	40	3,26	6,52	18,12	11,745
2,4	1000	24	282	40	3,40	6,81	18,91	12,255
2,5	1000	25	282	40	3,55	7,09	19,70	12,766
2,6	1000	26	282	40	3,69	7,38	20,49	13,277
2,7	1000	27	282	40	3,83	7,66	21,28	13,787
2,8	1000	28	282	40	3,97	7,94	22,06	14,298
2,9	1000	29	282	40	4,11	8,23	22,85	14,809
3	1000	30	282	40	4,26	8,51	23,64	15,319
3,1	1000	31	282	40	4,40	8,79	24,43	15,830
3,2	1000	32	282	40	4,54	9,08	25,22	16,340
3,3	1000	33	282	40	4,68	9,36	26,00	16,851
3,4	1000	34	282	40	4,82	9,65	26,79	17,362
3,5	1000	35	282	40	4,96	9,93	27,58	17,872
3,6	1000	36	282	40	5,11	10,21	28,37	18,383
3,7	1000	37	282	40	5,25	10,50	29,16	18,894
3,8	1000	38	282	40	5,39	10,78	29,94	19,404
3,9	1000	39	282	40	5,53	11,06	30,73	19,915
4	1000	40	282	40	5,67	11,35	31,52	20,426

Fonte: Relatórios históricos da Biorrefinaria A (2016).

Como pode-se observar, o modelo recomenda a compra de uma grande quantidade de produto, justamente devido ao baixo custo de manutenção, porém essa compra não é economicamente viável, pois o custo de oportunidade é muito alto, a ponto de que, se aplicar o valor de compra dessa matéria-prima a taxa de juros vigente, obtém-se um ganho maior do que a redução de custo causado pelo tempo que o produto permaneceria em estoque. Além da necessidade de investimento em equipamentos de armazenagem e possibilidade de surgimento do custo de

correção de umidade e oxidação, pois são parâmetros físico-químicos diretamente relacionados ao tempo de estocagem do óleo.

O modelo estocástico de revisão contínua não adere em termos práticos ao problema de estoque para o óleo degomado na produção de biodiesel, mesmo as hipóteses estando teoricamente condizentes com o problema, isto se dá devido ao elevado consumo de matéria-prima pela planta e a baixa capacidade de transporte de matéria-prima da esmagadora até a indústria, soma-se a isso o caráter de sistema contínuo da planta, com alto consumo de óleo.

Para reforçar que o volume em estoque por mais de um dia é mínimo, as Tabelas 1 e 2 demonstram a comparação entre a entrada de matéria-prima com a produção de biodiesel (b100) do ano de 2016 (vale lembrar que a taxa de conversão de óleo vegetal em biodiesel é de 95%) o óleo vegetal é praticamente todo consumido no dia em que entra nos tanques de óleo, não mantendo estoques elevados e não incorrendo custos de manutenção significativos.

Tabela 3. Comparativo entre entrada de óleo e produção de biodiesel Biorrefinaria A  
a) Entradas de óleo degomado b) Produção mensal de biodiesel B100

Mês	Entrada (m <sup>3</sup> )	Mês	Produção (m <sup>3</sup> )
Janeiro	400,54	Janeiro	4740
Fevereiro	5123,15	Fevereiro	5151
Março	5880,86	Março	5909
Abril	6023,71	Abril	6323
Maio	4083,52	Maio	3652
Junho	4779,77	Junho	4499
Julho	6717,56	Julho	7168
Agosto	6443,17	Agosto	6111
Setembro	3183,35	Setembro	2484
Outubro	2920,59	Outubro	2483
Novembro	3094,40	Novembro	3729
Dezembro	793,04	Dezembro	948
Total do ano	53046,67	Total do ano	53198

Fonte: relatórios de Biorrefinaria A (2016)

Para se calcular o ponto de ressuprimento (R) foi usada a Equação 2:

A demanda por suprimento de óleo foi considerada com uma distribuição uniforme, pelo fato de ser uma demanda dependente, conhecida a capacidade máxima de produção e a mínima, logo o intervalo de a até b, assim se utiliza na Eq. (2) os valores descritos na Tabela 4, sintetizados da Tabela 2, sendo que para o cálculo, deve-se considerar o consumo durante o Lead Time de suprimento, ou seja, a demanda entre a compra e a chegada do produto.

A gerência da Biorrefinaria A definiu o parâmetro L igual a 95% de nível de serviço, logo o resultado da Eq. (2):

$$R = 32,90 + 0,95(279,08 - 32,90) = 266,77 \text{ ton ou } 293,15 \text{ m}^3$$

Deste modo o estoque de segurança é fornecido pela Eq. (3):

$$= \left(0,95 - \frac{1}{2}\right) * (279,08 - 32,90) = 110,781 \text{ ton ou } 121,73 \text{ m}^3$$

Assim, justifica-se a grande quantidade de pedidos realizados, pois a todo momento a empresa está no ponto de encomendar um novo lote.

Tabela 4 - demanda durante o lead time

<b>Demanda</b>	<b>Toneladas</b>
Lead Time = 1 dia	
a	39,90
b	279,08

Fonte: Relatórios da Biorrefinaria A (2016).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a capacidade de produção da Biorrefinaria A e a baixa capacidade de transporte (em média 35 ton./carga), faz-se necessário vários fretes diários, maior que 10 (R/35 ton.), para suprir a demanda, caso a empresa trabalhe em sua capacidade efetiva ou nominal, e isto gera um custo muito alto de transporte( fracionado) por via rodoviária. Nesse caso o gestor teria que pedir um lote Q por dia, todos os dias do ano, em que houvesse produção. Se a empresa trabalhar 365 dias no ano, com 10 fretes por dia em média, totalizaria 3650 fretes. Apesar de o preço por tonelada de óleo já ser precificado na entrega a R\$ 2.150,00 em média, o peso do custo de transporte embutido no preço final da tonelada pago pela Biorrefinaria A é considerável para um número grande de pedidos fracionados no tempo. Esse problema não ocorre com outras Biorrefinarias que adotam a estratégia de integração de planta com a esmagadora, onde o fornecimento é contínuo e por dutos. O modelo Q, R, assim qualquer outro modelo de estoques e as políticas derivadas destes não aderem ao problema considerado. Isso gera um indicativo de que a única forma de minimizar o efeito logístico no custo de aquisição do óleo de soja e consequentemente resolver o problema de estoque é a integração via dutos (modal duto viário com a esmagadora), essa constatação é derivadas de três condições: i) Alta demanda de óleo; ii) Baixa capacidade de transporte do modal rodoviário e alto custo; iii) Processo contínuo em regime de três turnos/dia.

Os pontos de não-aderência do modelo/política e a consequente necessidade de economia de escala e integração física pode ser o indicador do sucesso/fracasso e (ou) da alta/baixa competitividade de empresas produtoras de biodiesel. No estado de Mato Grosso parte são integradas às esmagadoras (dutos) outras não. A margem de ganho nesse tipo de indústria é baixa por m<sup>3</sup>, e o custo do diesel e consequentemente do transporte é alto, isso gerou nos últimos anos sérias dificuldades para Biorrefinarias com capacidades inferiores à 300 m<sup>3</sup>, permanecendo operativas aquelas com escala acima desse montante, em sua maioria integradas, sem regime de

estocagem intermitente, atuando em regime contínuo de fluxo de óleo alimentando o processo de transesterificação para biodiesel.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEL - ANP.

*Boletim Mensal de junho de 2015*. Disponível em: <

<http://www.anp.gov.br/?pg=75425&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1431972216603>>. Acesso em: 23 de dezembro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEL - ANP.

*Produção Nacional de Biodiesel puro – B100*. Disponível em:

<[http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/DADOS\\_ESTATISTICOS/Producao\\_biodiesel/Producao\\_Biodiesel\\_m3.xls](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/DADOS_ESTATISTICOS/Producao_biodiesel/Producao_Biodiesel_m3.xls)>. Acesso em: 26-de janeiro de 2017.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Boockman, 2006.

CORRÊA, H. L. *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. 5. ed. São Paulo: ATLAS, 2011.

DIAS, J. C. Q. *Logística global e macrologística*. Lisboa: Edições Sílabo. 2005.

ENCARNAÇÃO, A. P. G. *Geração De Biodiesel Pelos Processos De Transesterificação E Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica*. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

GOMES, M. M. R. *Produção de biodiesel a partir da esterificação dos ácidos graxos obtidos por hidrolise de óleo residual de peixe*. Tese de Mestrado. Rio de Janeiro. 2009.

HILLIER, F. S.; LIBERMAN, G. J. *Introdução à Pesquisa Operacional*. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. Cap. 16, 693-723.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2016. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/\\_201404\\_1.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/_201404_1.shtm)>. Acesso em: 30 de janeiro de 2017.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. (Editores). *Manual de Biodiesel*. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 340 p. 2006.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

MIGUEL, Paulo A. C. *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operações*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO, 2012.

MOREIRA, D. A. *Administração da Produção e Operações*. 2ª ed. São Paulo: CENGAGE LEARNING, 2008.

PARENTE, E. J. S. *BIODIESEL: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado*. Fortaleza, CE: Tecbio, 2003.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. *Tecnologias de Produção de Biodiesel*. Curitiba, PR: *Revista Virtual de Química*, v.3. 2011.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2013.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. (Editores). *Manual de Biodiesel*. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: Planejamento e Métodos*. 5ª ed. Bookman. Porto Alegre, RS. 2015.

TAHA, H. A. *Pesquisa Operacional*. 8ª ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2008.