



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Análise da Oferta de Resíduos Sólidos Urbanos para Dimensionamento de Estoque de Segurança para um Conjunto de Cooperativas de Coleta

Marcos Meurer da Silva

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/PGP – Universidade Estadual de Maringá

Rafael Camargo Coneglian

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/PGP – Universidade Estadual de Maringá

Marco Antonio Ferreira

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Campus Londrina

Resumo: O desenvolvimento de práticas para o gerenciamento de resíduos sólidos urbano tem recebido crescente atenção para a adoção de técnicas que promovam a reutilização ou reciclagem dos resíduos gerados, sendo considerados aspectos ambientais, sociais, políticos e econômicos. Com isso, tem-se a difusão de conceitos e mecanismos que possibilitam considerar aspectos ambientais, sociais, político-legais e econômicos. Inserido neste contexto, este artigo apresenta como objetivo o dimensionamento de estoque de segurança para cooperativas analisadas conjuntamente de maneira a garantir a disponibilidade de material a ser reciclado como suprimento para empresas compradoras. Para isso, foi realizado um estudo de caso em na cidade de Londrina – PR em nove cooperativas, considerando o período de coleta de resíduos durante cinco anos de sete tipos de papéis. Além disso, realizou-se uma revisão da literatura acerca do tema para melhor conhecimento sobre as características do objeto de estudo. A partir dos dados coletados e analisados, foram estabelecidos estoques de segurança para cada tipo de material para cada mês. Diante dos resultados, destaca-se considerável volume de estoque necessário, proveniente da variação da quantidade média dos resíduos coletados durante os anos.

Palavras-chave: Resíduo sólido urbano, Cadeia de suprimentos de ciclo fechado, Estoque de segurança, Incerteza da demanda.

Analysis of the Urban Solid Waste Supply for Safety Stock Dimensions for a Set of Collection Cooperatives

Abstract: The development of practices for urban solid waste management has received increasing attention to the adoption of techniques that promote the reuse or recycling of waste generated, considering environmental, social, political and economic aspects. With this, we have the diffusion of concepts and mechanisms that make it possible to consider environmental, social, political-legal and economic aspects. In this context, this article presents as objective the dimensioning of security stock for cooperatives analyzed jointly in order to guarantee the availability of material to be recycled as a supply for purchasing companies. For this, a case study was conducted in the city of Londrina - PR in nine cooperatives, considering the period of waste collection during five years of seven types

of papers. In addition, a literature review on the subject was carried out to better understand the characteristics of the object of study. From the data collected and analyzed, safety stocks were established for each type of material for each month. Considering the results, a considerable volume of inventory is necessary, due to the variation of the average amount of waste collected over the years.

Keywords: Solid urban waste, Closed-loop supply chain, Safety stock, Uncertainty of demand.

1. Introdução

A geração de resíduos nos centros urbanos tem despertado crescente preocupação da sociedade e dos gestores que buscam novas formas de reduzir os impactos negativos causados pelas atividades industriais e pelo descarte inadequado do resíduo sólido urbano, visto que uma ineficiente gestão dos resíduos sólidos pode resultar em diversos problemas ambientais e sanitários (JAMBECK; 2015; ARIKAN; ŞİMŞIT-KALENDER; VAYVAY; 2017).

O crescimento populacional tem acelerado o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias para atender a demanda da população, acarretando em um aumento da produção de resíduos, bem como a dispersão dos mesmos no meio ambiente (BARBIERI, 2016; LUPO; CUSUMANO, 2018). Para Laurent et al. (2014) o aumento considerável da produção de bens e serviços contribui fortemente para a o acúmulo de resíduo sólido urbano nas cidades, principalmente, se observado o aspecto cultural de consumo exagerado na busca por qualidade de vida e prazer material das pessoas e da maneira em que as indústrias lidam com a produção sustentável.

De acordo com Inoue et al. (2016) a produção de resíduos de maneira excessiva agrava ainda mais a disposição inadequada de materiais em aterros sanitários, principalmente se considerar a inexistência de programas de reaproveitamento ou reciclagem. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305/2010) possibilitou a regularização quanto ao reaproveitamento de resíduos sólidos, de maneira que ações referentes a logística reversa sejam implementadas a fim de viabilizar a coleta e reaproveitamento dos resíduos pelas empresas, seja no próprio processo produtivo ou para destinação adequada (BRASIL, 2010).

Newell e Cousins (2015) ressaltam que a busca pela destinação final adequada dos resíduos industriais e resíduo urbano tem sido objeto de estudo em pesquisas científicas há décadas. Outros autores também salientam a necessidade urgente de desenvolvimento de modelos e proposições de mecanismos para tal problema, principalmente em países emergentes (PAULIUK; HERTWICH, 2015; FUJI et al., 2012; ZURBRÜGG et al., 2012).

Nesse contexto ressalta-se a relevância das cooperativas de coleta e separação de resíduos. O desempenho da atividade de coleta realizada pelas cooperativas contribui para o processo de destinação adequada dos resíduos, assim como possibilita que os mesmos sejam reciclados e retomem o ciclo de vida sob a forma de um outro produto (GUIDE; WASSENHOVE, 2009).

No entanto, para que a reciclagem seja economicamente viável, a matéria-prima secundária, isto é, o resíduo deve estar disponível na quantidade e momento certos (SEITZ; PETTIE, 2004). Assim, uma análise da oferta de produtos com potencial de reciclagem é fundamental para que as cooperativas consigam planejar as operações quanto a oferta de resíduos aos compradores. Tal preocupação se deve ao fato de que as cadeias de suprimentos de ciclo fechado são geralmente incontroláveis no que tange a oferta, ocasionando a geração de enormes estoques decorrente da incerteza quanto a quantidade e ao tempo de retorno (CHRISTOPHER; LEE, 2004).

De acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010), para a determinação do modelo ideal de previsão de demanda é necessário um abrangente conhecimento do comportamento da demanda. Para Krapp, Nebel e Sahamie (2013) a quantidade de retorno de produtos pela logística reversa geralmente é aleatória, logo é necessário propor modelos adequados para auxiliar na redução da incerteza do retorno de produtos em cadeia de suprimentos de ciclo fechado, seja para fins de remanufatura ou gerenciamento de estoques.

Diante do contexto apresentado, este trabalho tem como objetivo a proposição de um dimensionamento de estoque regulador de papel para cooperativas, de forma a manterem a disponibilidade de fornecimento do papel às empresas recicladoras. Esse estudo foi baseado nos dados históricos de coleta de sete tipos papéis na cidade de Londrina - PR, de acordo com a coleta de resíduo sólido urbano pelas cooperativas.

2. Referencial teórico

2.1. Logística reversa

A logística reversa pode ser definida como o planejamento, implementação e controle do fluxo de bens, serviços e informações desde o fornecimento destes aos consumidores, até o processo contrário que implica em recuperar ou descartar de maneira correta do produto após o uso ou consumo pelo consumidor (ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1998). Entretanto, desde o surgimento deste conceito, houveram diversas implicações que torna a logística reversa abrangente e mais prática. Além disso, diversos conceitos são encontrados na literatura a respeito do termo Logística Reversa, inclusive também é conhecida por cadeia de suprimentos reversa (BAI e SARKIS, 2013).

Para Aitken e Harrisson (2013), a logística reversa visa gerar valor através da reutilização ou reciclagem dos produtos advindos de uma cadeia de valor. Os autores entendem que a logística reversa tem ganhado significativa importância devido ao interesse pelo desenvolvimento sustentável e pela busca de atender as demandas sociais quanto as questões ambientais.

Com isso, surge a necessidade de estabelecer mecanismos que auxiliem as empresas na integração da sustentabilidade com a cadeia de valor. Nessa premissa, a destinação adequada dos resíduos é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável. Para Sellito et al. (2013) as práticas de gerenciamento quanto a logística reversa busca amenizar os impactos negativos da atividade industrial, atendendo às legislações ambientais.

De maneira geral Dekker et al. (2004) afirma que a logística reversa tem evoluído consideravelmente, sendo que inicialmente se tratava apenas do fluxo de produtos de maneira inversa. Depois, trata-se também de questões ambientais, englobando até mesmo fatores sociais e políticos. Assim, os canais de distribuição reversos têm se tornado cada vez mais uma decisão estratégica para as empresas, assumindo ações referentes ao ciclo de vida do produto, seja para reutilização ou reciclagem a fim de promover a sustentabilidade e concomitantemente readquirir valor com o produto.

2.2 Gerenciamento de estoques

A gestão dos estoques é de fundamental importância para qualquer organização que precisa manter acondicionada toda matéria-prima ou produto acabado em instalações, configurando uma importante decisão de planejamento. Para Wanke (2006) diante da perspectiva de redução de custos e atendimento do nível de serviços, os estoques desempenham um fator importante quanto a previsão de demanda, já que o mesmo pode ser definido em função da mesma.

O cálculo do estoque de segurança permite o gestor, estabelecer uma segurança quanto ao atendimento do nível de serviço requerido para atender a demanda (SLACK; CHAMBERS; JOHNSON, 2015).

A determinação do estoque de segurança é comumente baseada em 2 abordagens: a da Quantidade de Dias de Consumo Médio e a abordagem baseada no Nível de Disponibilidade de estoque. O Nível de Disponibilidade de estoque trata-se de uma abordagem estatística que calcula o nível de estoque de segurança baseada no nível de certeza almejado para que não falte itens a serem repostos. Ritzman e Krajewski (2004) definem a equação conforme apresentado pela equação (1).

Onde:

$$ES = Z_{NS} \times \sqrt{L} \times \sigma \quad (1)$$

Z = é a constante obtida a partir da distribuição normal de acordo com o nível de serviço desejado

σ = desvio padrão da demanda no período

L = Lead time de suprimento.

2.3 Gestão da demanda em cadeias de suprimentos de ciclo fechado

A cadeia de suprimentos de ciclo fechado, constituída pelo fluxo direto de produtos inseridos no mercado e pelo fluxo reverso referente a logística reversa, consiste na atividade de aumentar a geração de valor do todo o ciclo de vida do produto (SRIVASTAVA; SRIVASTAVA, 2006). De acordo com Guide e Van Wassenhove (2009) a cadeia de suprimento de ciclo fechado, também chamada de *Closed-loop Supply Chain* (CLSC) consiste em uma dinâmica de recuperação de valor do produto sob diferentes tipos e volumes, através de um fluxo de retorno ao longo do tempo.

Para Pati, Vrat e Kumar (2010), o principal fator que leva as empresas a se interessarem pela cadeia de suprimentos de ciclo fechado são por fatores econômicos, legislação ambiental rigorosa e rigor às empresas para aderirem políticas de logística reversa. Porém, estas empresas apresentam dificuldades na implantação das atividades relacionadas a cadeia de suprimentos de ciclo fechado devido a inúmeros fatores como a quantidade, qualidade e o tempo em que os produtos por elas fabricados irão retornar pela logística reversa.

A incerteza no que se refere a demanda e os impactos da mesma na cadeia de suprimentos é um fundamental objeto de estudo para pesquisadores, principalmente aos possíveis efeitos chicote que podem ser provocadas devido a ondas de volume de retorno (PATI; VRAT; KUMAR, 2010). O retorno de produtos não possui uma característica genérica definida, essencialmente pelo fato de dependerem de fatores dinâmicos, ciclo de vida do produto e conscientização da população (TEMUR; BALCILAR; BOLAT, 2014).

Para Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto (2009) em uma cadeia de suprimentos de ciclo fechado, além de se considerar a previsão para vendas futuras, a previsão de retornos futuros também deve ser avaliada. Ainda, de acordo com Govindan, Soleimani e Kannan (2014) é extremamente difícil estruturar uma cadeia de suprimentos de ciclo fechado robusta, sem a obtenção de dados confiáveis quanto ao volume do retorno de produtos. Conforme Potdar e Rogers (2012) a estimativa da quantidade de retorno é o ponto inicial para o gerenciamento da logística reversa e estabelecimento de um ciclo fechado da cadeia de suprimentos.

Potdar e Rogers (2012) salientam que os modelos clássicos de previsão de demanda apresentam dificuldades de apresentar uma realista previsão de retorno de produtos devido

a características diferentes apresentadas pelo fluxo reverso. Na literatura, existem alguns exemplos de aplicação de métodos de previsão de demanda em uma cadeia de ciclo fechado como o realizado por Carrasco-Gallego e Ponce-Cueto (2009) que fizeram uso de uma regressão dinâmica a fim de prever a demanda do retorno de containers.

Alguns modelos também foram desenvolvidos como métodos de previsão genéricos para a cadeia de suprimento de ciclo fechado, como a pesquisa realizada por Krapp, Neberl, Sahamie (2013), na qual ainda avaliaram o modelo proposto em comparação com o modelo de previsão de Holt. Na literatura, alguns estudos abordam a função dos estoques em cadeias de suprimento de fluxo reverso de forma a reduzir incertezas como proposto por Akçali e Cetinkaya (2011) na qual são expostos modelos quantitativos no gerenciamento de estoques, enquanto que Chung, Wee e Yang (2008) desenvolveram um sistema de estoque com capacidade de remanufatura.

Conforme KENNÉ, DEJAX e Gharbi (2012) ainda que os modelos de previsão de demanda para cadeias de ciclo fechado auxiliem na redução das incertezas, os mecanismos de planejamento e coordenação de operações podem se diferenciar conforme o tipo de produto em análise. Características como a complexidade do produto interferem significativamente na qualidade, quantidade e tempo de retorno do produto e, portanto, exigem ações diferenciadas no planejamento da produção, gerenciamento de estoques e atividades ligadas a logística reversa.

Em produtos de baixa complexidade e alto volume de resíduo gerado, como por exemplo o papel, geralmente apresentam características nas cadeias de suprimentos reversa que possibilitam ter seu início dada por terceiros, isto é, o processo de retorno dos produtos pode ter abertura com agentes não participantes diretamente da organização que busca o retorno dos produtos. Neste caso, podendo ser catadores individuais ou cooperativas de coleta de resíduos sólidos (DROHOMERETSK, et al., 2017).

Assim, nota-se uma oportunidade a ser explorada referente a possibilidade de considerar as cooperativas como intermediário no retorno de produtos, na qual a mesma atua como o primeiro agente da cadeia de suprimento, absorvendo parte das incertezas, e promovendo uma relação mútua vantajosa entre empresa-cooperativa.

3. Metodologia

Como metodologia esta pesquisa pode ser classificada como estudo de caso, que consiste em um método ideal quando se objetiva testar as hipóteses levantadas em uma pesquisa, além disso, trata-se de um problema ainda sem respostas concisas, em que é necessário avaliar e propor alternativas de soluções (YIN, 2015).

Para o levantamento de dados e informações foi realizada uma análise documental de dados de coleta de resíduo (sete tipos de papel) referentes ao período de 2012 a 2017 de 10 cooperativas da cidade de Londrina – PR. Destaca-se que foram retirados os anos de 2014 e 2018 devido à ausência de dados confiáveis fornecidos pelas cooperativas.

Para tabulação dos dados, execução dos cálculos e análise dos resultados, foi utilizado uma planilha de dados. As análises foram feitas individualmente para cada tipo de papel sendo papelão, aparas de papel misto, papel branco, papel jornal, papel de terceira fino, papel de terceira grosso e papel de terceira misto.

O passo seguinte foi filtrar o volume em toneladas por mês para os 5 anos estudados. Depois, foi calculado a média das ofertas dos 5 cinco anos para cada mês. Com a média determinada, calculou-se o desvio-padrão e de acordo com a equação (1), considerando um nível de atendimento de 95% e tempo de reposição de um dia, foi estabelecido o

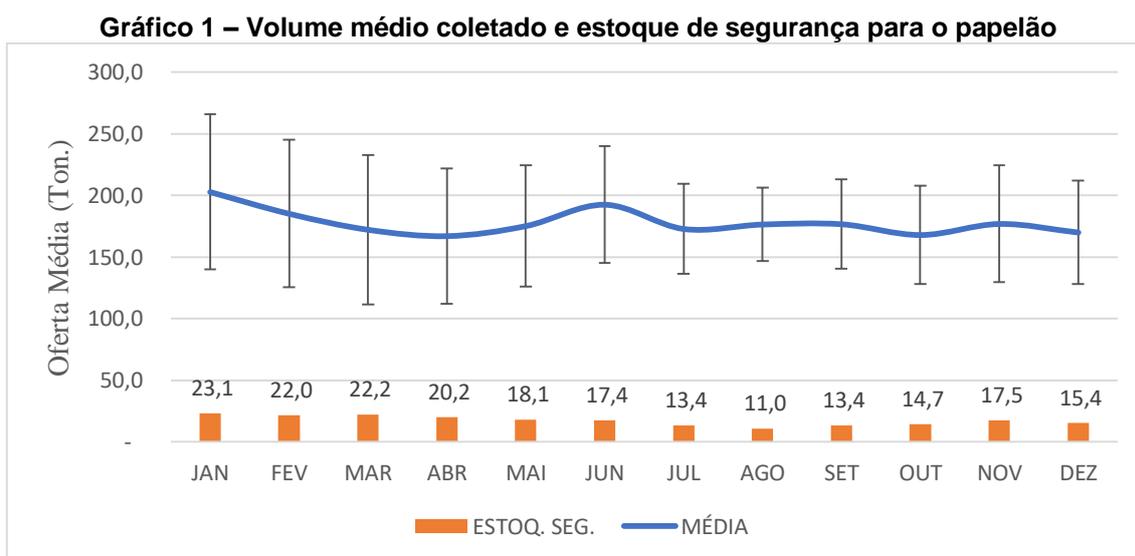
estoque de segurança necessário para cada mês. Por fim, foi encontrado o valor médio pago pelas cooperativas para os referidos tipos de materiais.

4. Resultados e Discussão

O processo de coleta realizada pelas cooperativas permite que os resíduos sejam selecionados e segregados de maneira a propiciar a venda a empresas compradoras que geralmente são indústrias recicladoras. Entretanto, sabe-se que para estabelecer um processo produtivo no qual faz uso do resíduo como matéria-prima é necessário que haja uma constância no fornecimento deste insumo para a indústria.

Desta forma, do ponto de vista das cooperativas a análise das ofertas de produtos, isto é, da quantidade de resíduos que podem ofertar aos compradores, com potencial reciclável é crucial para a gestão dos estoques e também para fortalecer o elo de ligação entre cooperativa-recicladora, permitindo estabelecer ações de planejamento assertivas.

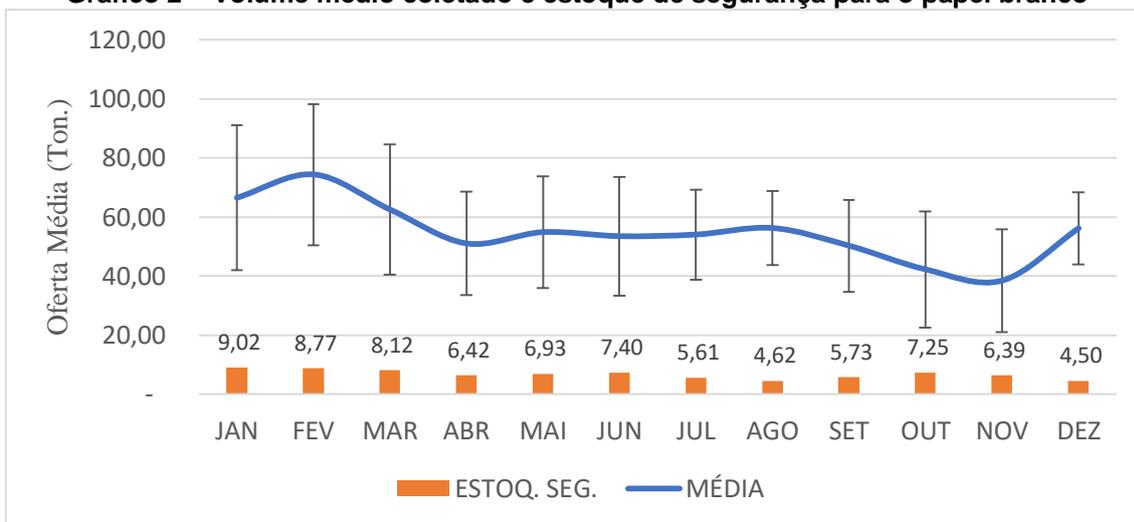
De acordo com os dados analisados, a Gráfico 1 apresenta em forma de barras, a oferta média do papelão para cada mês e o estoque de segurança necessário para que não haja falta deste material para o suprimento de um ou vários compradores, dependendo do volume de compra de cada um.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

O tipo de papel “Papelão” apresentou uma linearidade na oferta média durante os meses, comportamento esse que varia aproximadamente de 167 a 202 toneladas. Dada essa pequena diferença entre os meses, os estoques de segurança obtidos foram relativamente baixos se comparados com a oferta média. Destaca-se, que isso é resultado devido ao pequeno valor de variação do desvio-padrão obtido para o cálculo do estoque de segurança. Uma análise similar pode ser apresentada para o papel branco, conforme é mostrado na Gráfico 2.

Gráfico 2 – Volume médio coletado e estoque de segurança para o papel branco



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

No que se refere a este tipo de papel, o mesmo também apresenta uma linearidade na oferta média durante os meses, similar ao encontrado no papelão, apresentando uma variação ao longo dos meses de cerca de 38 a 74 toneladas. Os estoques de segurança variaram aproximadamente de 4 a 9 toneladas, apresentando conforme a oferta média um comportamento relativamente semelhante, que pode ser explicado pela necessidade maiores de estoque em períodos em que há uma maior variação da oferta média. Assim como no papelão, apesar do comportamento linear, faz-se necessário a manutenção de um estoque de segurança objetivando manter a disponibilidade do material para atendimento de uma demanda pelo material. Já com relação as aparas de papel misto outro comportamento pode ser observado conforme ilustra a Gráfico 3.

Gráfico 3 – Volume médio coletado e estoque de segurança para aparas de papel misto



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Quanto ao tipo de papel “aparas de papel misto”, o mesmo apresenta um comportamento com uma pequena tendência de queda de oferta ao longo dos meses e grandes picos de oferta de material conforme mostrado no gráfico. Conseqüentemente ao comportamento não-linear das médias ofertadas, os estoques de segurança foram maiores nos meses de

março, junho, outubro e novembro, estando diretamente ligados à alta variação da oferta encontrada nesses períodos.

Já para os demais tipos de papel, “papel jornal”, “papel de terceira misto”, “papel de terceira fino”, “papel de terceira grosso” todos apresentaram um comportamento linear sem tendência de alta ou baixa, no volume médio coletado. Logo, a Tabela 1 apresenta resumidamente a oferta média mensal e o estoque de segurança médio para os respectivos materiais, considerando a linearidade e constância no volume de coletado entre os anos e entre os meses.

Tabela 1 – Demanda média e estoque de segurança médio

| TIPO DE PAPEL | OFERTA MÉDIA (TON) | ESTOQUE DE SEGURANÇA MÉDIO (TON) |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| PAPEL JORNAL | 35,29 | 7,28 |
| PAPEL DE TERCEIRA MISTO | 70,68 | 21,09 |
| PAPEL DE TERCEIRA FINO | 13,36 | 4,75 |
| PAPEL DE TERCEIRA GROSSO | 33,32 | 12,77 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Cabe ressaltar ainda, o impacto financeiro proveniente em manter estes estoques de segurança. Assim, é razoável considerar o preço médio pago por quilograma pelos compradores por cada tipo de papel. A tabela 2 demonstra o valor médio praticado pelas empresas.

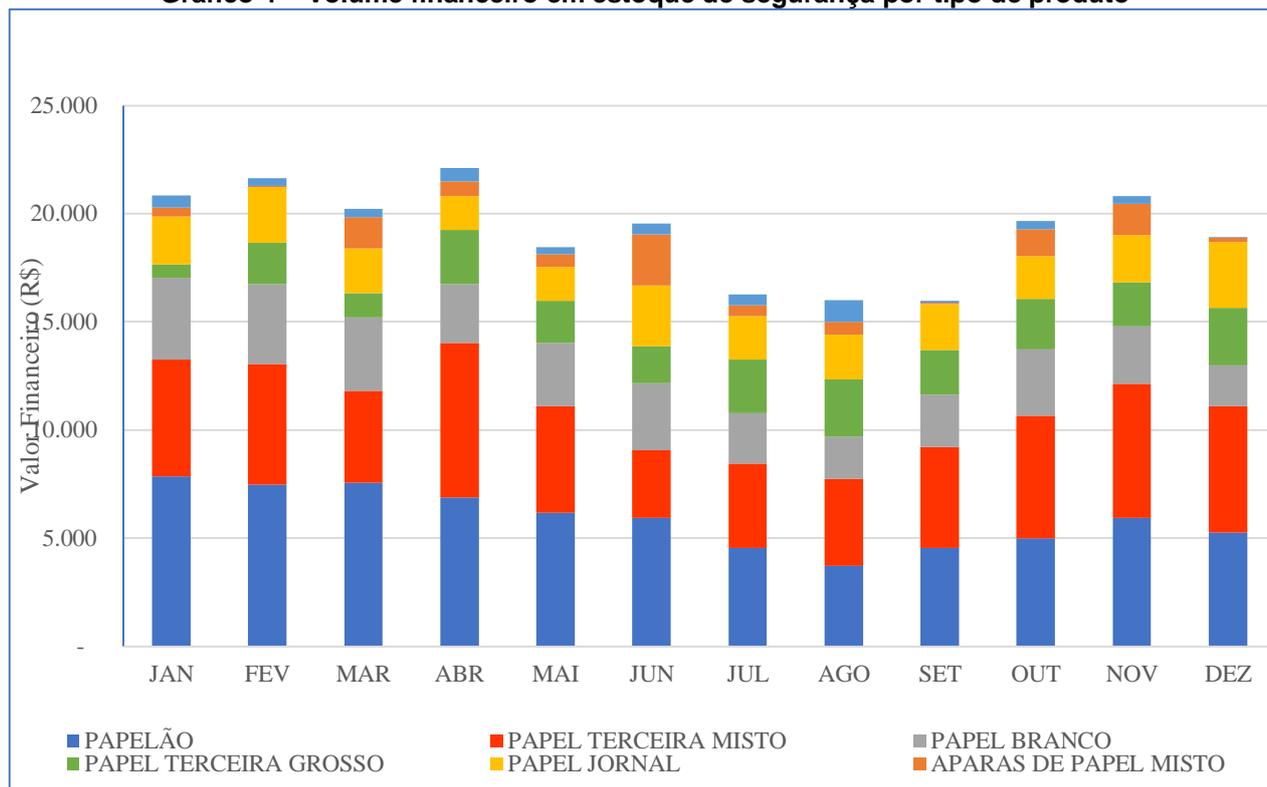
Tabela 2 – Demanda média e estoque de segurança médio

| TIPO DE PAPEL | VALOR (R\$/Kg) |
|-----------------------|----------------|
| PAPELÃO | 0,34 |
| APARAS DE PAPEL MISTO | 0,22 |
| PAPEL BRANCO | 0,42 |
| PAPEL JORNAL | 0,30 |
| PAPEL TERCEIRA FINO | 0,20 |
| PAPEL TERCEIRA GROSSO | 0,20 |
| PAPEL TERCEIRA MISTO | 0,24 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A partir destes resultados foi possível determinar quanto os estoques de segurança de cada tipo de papel representa em termos de valores financeiros para as cooperativas. O Gráfico 4 mostra o volume financeiro dos estoques determinados.

Gráfico 4 – Volume financeiro em estoque de segurança por tipo de produto



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

O volume financeiro mensal dos estoques considerando todos os tipos de papéis varia entre aproximadamente R\$ 17.000,00 e R\$ 23.000,00 sendo que pode ser considerado um valor razoavelmente alto, sendo uma consequência resultante da absorção das incertezas que as cooperativas realizam na cadeia ao garantirem o fornecimento de suprimentos às empresas recicladoras.

Assim, as cooperativas ao trabalharem com estoques de segurança como meio de assegurar a disponibilidade de fornecimento de material para as empresas compradoras tem considerável impacto nos custos, entretanto, permite que as cooperativas tenham maior poder de barganha em relação ao preço e ao volume a ser vendido para as empresas, possibilitando a adesão de contratos de fornecimento que seja viável para todos *stakeholders*. Desta maneira, o elo de ligação entre cooperativa-empresa pode ser fortalecido, além de proporcionar uma cadeia de suprimentos de ciclo fechado com reduzidas incertezas para as compradoras, já que as cooperativas passam assegurar o fornecimento contínuo do material para reciclagem.

O estabelecimento de estoques de segurança para fornecimento de papel somente é possível devido ao fato de que o volume coletado diariamente neste caso é elevado, e apresenta características diferentes de retorno, como por exemplo, de componentes eletrônicos que apresentam ciclo de vida e complexidade do produto maiores do que o papel e, portanto, análises quanto a previsão de retorno se tornam extremamente necessárias para as empresas estabelecerem um planejamento de remanufatura ou reciclagem destes produtos. Neste caso, torna-se fundamental reduzir as incertezas, por meio do conhecimento da qualidade, quantidade e tempo de retorno dos produtos, de forma que a logística reversa seja estabelecida para possibilitar as operações da empresa.

Diferentemente, no caso do papel o estoque de segurança por parte das cooperativas já permite reduzir as incertezas quanto ao tempo e quantidade em que as empresas podem ter em relação ao material, proporcionando as empresas o desenvolvimento das operações

para reinserção do material no processo produtivo e, posteriormente no mercado consumidor.

5. Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo a definição de estoque de segurança para um conjunto de cooperativas analisadas globalmente, de forma que fosse possível garantir o atendimento de uma da demanda pelos sete tipos de papéis com base nos dados de coleta de resíduos sólido das cooperativas.

Cabe ressaltar que os modelos de previsão em cadeias de suprimento de ciclo fechado que visam auxiliar as empresas no planejamento e controle da produção, reduzindo as incertezas quanto a quantidade, qualidade e tempo de retorno são comumente empregadas em produtos de alto valor agregado, onde geralmente o retorno é para a remanufatura e reinserção direta no mercado. Diferentemente, neste caso, os papéis, são considerados produtos de baixa complexidade, curto ciclo de vida e, portanto, os modelos não são utilizados sob tais características, além de não ser o objetivo central do estudo.

Para este fim, entende-se que de que para uma que deseja realizar suas operações de reciclagem com os tipos de papel analisados, é necessário que a cooperativa possua disponibilidade de material para a empresa, considerando que toda a oferta de resíduo é igual a demanda, ou seja, todo o volume coletado é demandado para a reciclagem.

Logo, manter a disponibilidade de material é essencial para a manutenção das atividades não somente da empresa compradora, como também das cooperativas que vendem o resíduo. Para tanto, os estoques de segurança permitem que a cooperativa mantenha o nível de serviço de atendimento da demanda, funcionando ainda como um primeiro elo da cadeia de retorno que será responsável por absorver grande parte das incertezas da demanda, o qual pode ser observado conforme o estudo de caso analisado que se apresenta sob a forma de consideráveis nível de estoque provenientes da variação do volume de coletado que pode ser explicado por eventual variação do número de catadores atuando.

Assim, as empresas podem enxergar como uma forma de transferir parte logística reversa no retorno de produtos às cooperativas, apresentando redução de custos logísticos, entretanto, para alguns setores pode ser mais difícil devido a questões estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Assim, deve ser considerado fatores como complexidade do produto, relação entre o volume demandado e ofertado, ciclo de vida do produto e restrições quanto a políticas e legislação ambiental.

Como proposta para trabalhos futuros sugere-se o estudo da minimização das variações quanto a oferta dos materiais, pois refletem em aumento do nível de estoque de segurança e, conseqüentemente, maior valor financeiro em estoque. Ademais, pode-se considerar a aplicação em outros conjuntos de cooperativas ou mesmo individualmente a fim de verificar a replicação do comportamento de altos níveis de estoque decorrentes da variação do volume coletado. Por fim, analisar fatores que podem interferir na variação do volume de coleta de resíduos a fim de reduzir os estoques necessários.

Referências

AITKEN, J. e HARRISON, A. Supply governance structures for reverse logistics systems. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 33 n. 6, p. 745-764, 2013.

AKÇALI, Elif; CETINKAYA, Sila. Quantitative models for inventory and production planning in closed-loop supply chains. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 8, p. 2373-2407, 2011.

- ARIKAN, Emre; ŞİMŞİT-KALENDER, Zeynep Tuğçe; VAYVAY, Özalp. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 403-412, 2017.
- BAI, C. e SARKIS, J. Flexibility in reverse logistics: a framework and evaluation approach. **Journal of Cleaner Production**, v.47, p. 306-318, 2013.
- BARBIERI, José Carlos. *Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos*. 4ª ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2016.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso: 10 jun. 2020.
- CARRASCO-GALLEGO, R.; PONCE-CUETO, E. Forecasting the Returns in Reusable Containers' Closed-loop Supply Chains. A Case in the LPG Industry. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management - XIII Congreso de Ingeniería de Organización Barcelona-Terrassa. Barcelona: [s.n.]. 2009.
- CHUNG, Shen-Lian; WEE, Hui-Ming; YANG, Po-Chung. Optimal policy for a closed-loop supply chain inventory system with remanufacturing. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 48, n. 5-6, p. 867-881, 2008.
- DEKKER, R. *Reverse logistics: quantitative models for closed-loop supplychains*. Berlin: Springer-Verlag, 2004.
- DROHOMERETSKI, Everton et al. Os impactos da logística reversa social em uma cadeia de suprimentos do setor de papel da grande Curitiba. **Gestão e Sociedade**, v. 11, n. 29, p. 1730-1760, 2017.
- FERNANDES, F. C. F. & GODINHO, F. M. *Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial*, Editora Atlas. 2010.
- FUJII, Minoru et al. Smart recycling of organic solid wastes in an environmentally sustainable society. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 63, p. 1-8, 2012.
- GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. Reverse Logistics and Closed-loop Supply Chain: A Comprehensive Review to Explore the Future. **European Journal of Operational Research**, v. 240, 2015. p. 603-626.
- GUIDE JR, V. D. R.; WASSENHOVE, L. N. V. The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. **Operations Research**, v. 57, 2009. p. 10-18.
- INOUE, C. Y.; MACHADO, T. M.; RIBEIRO, L. Sustainable consumption and production patterns: solid waste and governance challenge from local to global/Padrões sustentáveis de produção e consumo: resíduos sólidos e os desafios de governança do global ao local. **Meridiano 47**, v. 17, 2016.
- JAMBECK, Jenna R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.
- KENNÉ, Jean-Pierre; DEJAX, Pierre; GHARBI, Ali. Production planning of a hybrid manufacturing–remanufacturing system under uncertainty within a closed-loop supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 135, n. 1, p. 81-93, 2012.
- KRAPP, M.; NEBEL, J.; SAHAMIE, R. Using Forecast and Managerial Accounting Information to Enhance Closed-loop Supply Chain Management. **OR Spectrum**, v. 35, 2013. p. 975-1007.

- LAURENT, A. et al. Review of LCA studies of solid waste management systems—Part I: Lessons learned and perspectives. **Waste management**, v. 34, n. 3, p. 573-588, 2014.
- LEITE, P.R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009.
- LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
- LUPU, Toni; CUSUMANO, Massimiliano. Towards more equity concerning quality of Urban Waste Management services in the context of cities. **Journal of cleaner production**, v. 171, p. 1324-1341, 2018.
- NEWELL, J. P.; COUSINS, J. J. The boundaries of urban metabolism: Towards a political–industrial ecology. **Progress in Human Geography**, v. 39, n. 6, p. 702-728, 2015.
- PATI, R. K.; VRAT, P.; KUMAR, P. Quantifying Bullwhip Effect in a Closed Loop Supply Chain. **OPSEARCH**, v. 47, 2010. p.231-253.
- PAULIUK, S.; HERTWICH, E. G. Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies. **Ecological Economics**, v. 119, p. 83-93, 2015.
- POTDAR, A.; ROGERS, J. Reason-code Based Model to Forecast Product Returns. **Foresight**, v. 14, 2012. p. 105-120.
- RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. Administração da Produção e Operações. Pearson Prentice Hall, 2004.
- ROGERS, D. S. e TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going Backwards: reverse logistics trends and practices. University of Nevada, Reno Center for Logistics Management. Reverse Logistics Executive Council, 1998.
- SELLITTO, M. A., KADEL JR., N., BORCHARDT, M., PEREIRA, G. M. E DOMINGUES, J. Coprocessamento de cascas de arroz e pneus inservíveis e logística reversa na fabricação de cimento. **Revista Ambiente e Sociedade**, v.16, n.1, 2013.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSON, R. Administração da Produção. 4º ed. São Paulo: Editora Atlas, 2015.
- SRIVASTAVA, Samir K.; SRIVASTAVA, Rajiv K. Managing product returns for reverse logistics. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 36, n. 7, p. 524-546, 2006.
- TEMUR, G. T.; BALCILAR, M.; BOLAT, B. A Fuzzy Expert System Design for Forecasting Return Quantity in Reverse Logistics Network. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 27, 2014. p. 316-328.
- WANKE, P. Gestão de estoques na cadeia de suprimento: decisões e modelos quantitativos. São Paulo: Atlas, 2006.
- YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- ZURBRÜGG, Christian et al. Determinants of sustainability in solid waste management—The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. **Waste management**, v. 32, n. 11, p. 2126-2133, 2012.
- SEITZ, Margarete A.; PEATTIE, Ken. Meeting the closed-loop challenge: the case of remanufacturing. *California management review*, v. 46, n. 2, p. 74-89, 2004.
- CHRISTOPHER, Martin; LEE, Hau. Mitigating supply chain risk through improved confidence. *International journal of physical distribution & logistics management*, v. 34, n. 5, p. 388-396, 2004.