

UM ALGORITMO DE RACIONAMENTO DE INVENTÁRIO PARA LOJAS BUSINESS-TO-CONSUMER NO CONTEXTO DE INTERRUPÇÕES DE FORNECIMENTO

Hanser Jiménez Gonzalez
Tulio Orrego Rodriguez
Cristiano Virginio Cavalcante

Random – Grupo de pesquisa em Risco e Análise de Decisão em Operações e Manutenção-
Universidade Federal de Pernambuco
Av. da Arquitetura, s/n
Cidade Universitária, Recife – PE

h.s.j.gonzalez@random.org.br
tuliofor@gmail.com
c.a.v.cavalcante@random.org.br

RESUMO

Este trabalho propõe um algoritmo de racionamento de estoque para o atendimento de pedidos em lojas *business-to-consumer*, considerando a limitação de estoque sob contextos de interrupção de fornecimento, como o ocasionado pela atual pandemia do COVID-19/SARS-CoV-2. O modelo permite alocar o inventário aos pedidos em um sistema de *drop-shipping* parcial, priorizando os pedidos de acordo com aspectos como o tamanho dos pedidos, o grau em que o pedido compromete a disponibilidade de estoque, a disponibilidade de unidades de armazenamento e os bloqueios geográficos. O modelo permite otimizar o uso do estoque disponível sob as condições de interrupção de suprimento, permitindo aumentar a taxa de pedidos atendidos e o lucro total. O resultado do modelo é uma operação de atendimento mais lucrativa, com maior nível de serviço, e com maior grau de resiliência diante do impacto das interrupções de fornecimento.

PALAVRAS CHAVE. Drop-shipping, Racionamento de inventario. Interrupções no fornecimento.

Outras aplicações de PO, Logística & Transporte, Resiliência em cadeias de suprimento.

ABSTRACT

This paper proposes an inventory rationing algorithm for order fulfillment in business-to-consumer stores. It considers inventory limitation constraints under supply disruption contexts, such as that caused by the current COVID-19 / SARS-CoV-2 pandemic. The model enables the inventory allocation in a partial drop-shipping system, by prioritizing orders according to aspects such as the order size, the degree to which the order compromises the inventory availability, the availability of storage units and geographical blockages. The model allows to optimize the usage of the available inventory under supply disruption constraints, allowing to increase the order fulfillment rate and the total profit. The result of the model is a more profitable, more service-oriented, and more resilient operation regarding the impact of supply disruptions in the chain.

KEYWORDS. Drop-shipping. Inventory rationing. Supply disruptions.

Other applications on OR, Logistics & Transportation, Supply chain resilience.

1. Introdução

A demanda de comércio eletrônico é altamente dinâmica, apresentando características como alta frequência de transações, pedidos de pequeno porte, e uma alta volatilidade.

As características mencionadas anteriormente tornam o gerenciamento de pedidos complexo, fazendo com que os varejistas tenham que lidar frequentemente com falta de estoque [1][2]. A dificuldade no gerenciamento do estoque também pode ser afetada por interrupções no fornecimento. Estas podem ser causadas por eventualidades, como desastre ambiental, greves, manutenção de estradas, e mau funcionamento de sistemas, trazendo consequências tais como danos no estoque ou nos sistemas de informação, o que podem tornar os fornecedores indisponíveis para atendimento de pedidos. Além disso, o acesso a algumas áreas pode se tornar totalmente restrito, causando um aumento do lead time enquanto os pedidos estão em trânsito. Outras consequências incluem o aumento dos custos logísticos e a diminuição do nível de serviço. Um exemplo de interrupções, são os atrasos de fornecimento causados nas fronteiras terrestres dos EUA após os ataques terroristas de 11 de setembro. A situação forçou a *Ford Motor Company* a interromper intermitentemente a produção em uma das suas fábricas de montagem [3]. No mesmo incidente, a *Toyota* teve várias horas de produção interrompida em uma das fábricas, pois as peças enviadas desde Alemanha foram atrasadas devido á interdição de todo o tráfego aéreo dos EUA [4]. Outro exemplo é a greve dos caminhoneiros no Brasil, que ocorreu em 2018. Foi motivada pelo aumento do preço do diesel, e causou escassez de alimentos, medicamentos e gasolina em muitos estados [5]. Um exemplo atual é o aumento das reclamações (339 % em relação 2019) em reclamações devido a remessas atrasadas ou perdidas pelos correios no Brasil devido a atual pandemia do COVID-19/SARS-CoV-2, que tem gerado dificuldades de visualização dos produtos na cadeia logística e restrições sanitárias geográficas a nível mundial [6][7]. Os EUA por exemplo, foram forçados a trocar a cadeia de suprimentos de China por outros portos marítimos e centros de distribuição do Sudeste e do golfo do EUA devido as interrupções nas entregas [8].

Considerando a discussão anterior, o desenvolvimento de sistemas de planejamento que funcionem de forma eficiente, dada a possível ocorrência de interrupções, se torna um desafio na nova era da segurança da cadeia de suprimentos [4]. Para lidar com este problema, este trabalho propõe um algoritmo de racionamento de inventário que considera as características dos pedidos, o inventário disponível, a disponibilidade de unidades de armazenamento, e os bloqueios geográficos, para diminuir as consequências das interrupções de fornecimento.

2. Revisão da literatura

Vários estudos abordaram o desenvolvimento de políticas de atendimento de pedidos para otimizar ou gerenciar o estoque, considerando a falta de estoque e a variabilidade de demanda do comércio eletrônico [9][10]. A maioria desses trabalhos é baseada em decisões de estocagem e em modelos de racionamento de estoque. Os autores do primeiro grupo desenvolveram modelos para o dimensionamento de lote econômico, o ponto de reordenamento, a quantidade ideal de itens em sistemas de inventario de *drop-shipping* e de estoque único. Esses modelos assumem algumas considerações tais como aceitação parcial de pedidos entregues for terceirizado, diferentes distribuições de demanda, e custos de ciclo linear fixados. O segundo grupo, inclui modelos para itens não perecíveis com sistemas *drop-shipping* que permitem a priorização de clientes de acordo com a demanda, modelos que estimulam o atraso na demanda para aproveitamento das informações de estoque coletadas, e priorização de pedidos de acordo com o tamanho e a margem dos pedidos [11][12]. Outros pesquisadores fizeram a comparação entre as políticas tradicionais de inventário e *drop-shipping*, estabelecendo cenários adequados para sua aplicação [13][14].

Os estudos apresentados abordam a questão do gerenciamento de estoque e a otimização de lucro dos varejistas. No entanto, nenhum deles considera o efeito de interrupções de fornecimento no ambiente B2C. Diferentes tipos de situações inesperadas como desastres

ambientais, manutenção de estradas, mau funcionamento do sistema de gerenciamento de armazém, de entre outras, podem tornar o estoque de varejistas e fornecedores indisponível, ou bloquear o acesso ao cliente durante a entrega, impedindo ou dificultando o recebimento dos produtos em quantidade e qualidade adequadas.

3. Modelo

O objetivo do modelo de racionamento de estoque proposto é alocar pedidos de maneira eficiente aos varejistas e seus fornecedores, considerando as restrições de interrupção do fornecimento e as características dos pedidos, para maximizar o número de pedidos atendidos e o lucro do varejista. O modelo proposto divide a demanda entre os atores de atendimento, seguindo duas etapas. Primeiro, a demanda que pode ser potencialmente satisfeita por cada ator é determinada. Esta etapa captura as informações sobre o cenário de interrupção para criar as restrições de disponibilidade de ator e área. Na segunda fase do modelo, as ordens são priorizadas de acordo com as características da ordem (margem de contribuição e tamanho) e alocadas entre os atores com base nas restrições de acesso e disponibilidade de estoque identificadas na primeira fase. Essa fase é necessária, uma vez que, quando ocorre uma interrupção, existem alguns pedidos que podem ser atendidos por mais de um ator; portanto, é necessário definir qual deles deve atender ao pedido. Como um pedido gera mais lucro quando é atendido pelo varejista do que por fornecedores regulares e fornecedores de emergência, a estratégia deste artigo é alocar o maior número possível de pedidos ao varejista, de acordo com seu estoque, depois passar os pedidos restantes ao fornecedor regular e, finalmente, passar o pedido ao fornecedor de emergência.

Para priorizar pedidos, foi utilizado um conceito chamado "Criticidade Dinâmica", desenvolvido por [12]. O índice de criticidade dinâmica dá origem a quatro conjuntos de pedidos: pedidos que serão atendidos pelo estoque interno (U1), pelo fornecedor regular (U2), pelo fornecedor de emergência (U3), e os que serão atendidos no próximo período com um desconto de preço. O algoritmo de racionamento de estoque desenvolvido pelos autores, composto por duas fases, foi adaptado. Na primeira fase, o modelo classifica as ordens nos quatro grupos mencionados acima, para os quais o critério de criticidade é usado. Foi considerado não apenas o tamanho do pedido, a margem do pedido e o estoque disponível, mas também o bloqueio da unidade e o bloqueio da área. Na segunda fase, os pedidos são sequenciados pela regra "primeiro a entrar, primeiro a sair", dentro de cada grupo. O índice de criticidade é a taxa entre o nível em que o pedido compromete o estoque de itens demandados e a margem do pedido. Esse índice tem como objetivo priorizar as ordens que ofereçam maior lucro, mas que comprometam o estoque em menor extensão. Para mais detalhes sobre o índice de criticidade, leia [12].

4. Aplicação numérica e resultados

O desempenho do modelo foi avaliado a través do lucro, a taxa de pedidos atendidos pelo varejista (OFR), e a penalidade por atraso de pedidos, que representam os objetivos de produtividade e nível de serviço da operação. O algoritmo proposto foi comparado com o caso em que as restrições de interrupção não são levadas em conta. A aplicação numérica foi realizada por médio de simulação em um ambiente de 3 unidades de atendimento e 4 áreas geográficas.

Os resultados mostraram que em 82,5% dos cenários, o modelo de racionamento de estoque proposto gera mais lucro, resultando em uma taxa de melhoria de até 462,59%. Em relação à OFR, em 66,25% dos casos, a política proposta oferece um nível de serviço maior, resultando em uma taxa de melhoria de até 442,86%. Nos casos restantes (33,75%), o desempenho em OFR é o mesmo, mas o lucro da política proposta é superior. Em relação ao custo de penalidade, em 66,25% dos casos, a política proposta apresenta melhor desempenho. Esta permite atingir uma redução no custo de até 100%. No restante dos casos (33,75%), as políticas oferecem o mesmo custo de penalidade, indicando que as consequências das interrupções nesses cenários não podem ser diminuídas com um melhor gerenciamento do

estoque disponível. Apesar disso, a política proposta é superior em termos de lucro para os mesmos casos. Assim, mesmo nesses casos, se justifica o uso do modelo proposto.

A partir da análise anterior, é possível afirmar que a política de racionamento de estoque proposta, permite que os gerentes lidem com o efeito das interrupções de fornecimento em relação ao desempenho do lucro, da OFR e do custo dos atrasos.

5. Conclusões

A política proposta pode ser usada por varejistas como uma ferramenta administrativa que lhes permite diminuir as consequências da interrupção de fornecimento. A política permite uma maior eficiência de uso do estoque, uma maior lucratividade, e a redução do adiamento de pedidos, enquanto considera as restrições de interrupção. A consequência de tal política, é uma operação de atendimento mais produtiva e com maior nível de serviço.

Referências

- [1] Tarn, J. M., Razi, M. A., Wen, H. J. e Perez, A. A. (2003). E-fulfillment: the strategy and operational requirements. *Logistics Information Management*.
- [2] Vargas, M. T. (2000). Decisions, retail e-fulfillment. *Retail Industry*, <http://retailindustry.about.com/library/weekly/aa000718a.htm>. Acessado: 2020-07-01.
- [3] Rice, J. B. e Caniato, F. (2003). Building a Secure and Resilient Supply Network. *Supply Chain Manag. Rev.*, no. September/ October, pp. 22–31.
- [4] Sheffi, Y. (2001). Supply Chain Management under the Threat of International Terrorism. *Int. J. Logist. Manag.*, vol. 12, no. 2, pp. 1–11.
- [5] Moura, R. (2018). A cronologia da crise do diesel, do controle de preços de Dilma à greve dos caminhoneiros. BBC Brasil. Web page. <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44239437>. Acessado: 2019-06-24.
- [6] Agência O Globo (2020). Problemas com entregas dos Correios saltam na pandemia-Revista Exame. Web page. <https://exame.com/negocios/problemas-com-entregas-dos-correios-saltam-na-pandemia>. Acessado: 2020-07-19.
- [7] Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922.
- [8] Solomon, M. (2020). Supply chain shifts from China boost US Southeast, Gulf ports — CBRE. Web page: <https://www.hellenicshippingnews.com/supply-chain-shifts-from-china-boost-us-southeast-gulf-ports-cbre/>. Acessado: 2020-07-19.
- [9] Chen, Y. K., Chiu, F. R., Lin, W. H. e Y. C. Huang (2018). An integrated model for online product placement and inventory control problem in a drop-shipping optional environment. *Comput. Ind. Eng.*, 117: 71–80.
- [10] Bailey, J. P. e Rabinovich, E. (2005). Internet book retailing and supply chain management: An analytical study of inventory location speculation and postponement. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 41, no. 3, pp. 159–177.
- [11] Ayanso, A. Diaby, M. e S. K. Nair. (2006). Inventory rationing via drop-shipping in Internet retailing: A sensitivity analysis. *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 171, no. 1, pp. 135–152.
- [12] Jimenez, G. H. S., Orrego, R. T. F. e Cavalcante, C. A. V. (2019). Order planning policies for business-to-consumer e-tail stores. *Comput. Ind. Eng.*, 136: 106–116.
- [13] Netessine, S. and Rudi, N. (2006). Supply Chain Choice on the Internet. *Manage. Sci.*, 52(6): 844–864.
- [14] Chiang, W. K. e Feng, Y. (2010). Retailer or e-tailer? Strategic pricing and economic-lot-size decisions in a competitive supply chain with drop-shipping. *J. Oper. Res. Soc.*, 61(11): 1645–1653.