



## **Política ótima de pedidos considerando dois fornecedores não confiáveis e retenção de clientes: Uma abordagem *Newsvendor***

**Mísia Macedo Dantas**

Universidade Federal de Pernambuco - CAA  
Rodovia BR-104, Km 59, s/n - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55002-970  
misiadantas@gmail.com

**Rodrigo Sampaio Lopes**

Universidade Federal de Pernambuco - CAA  
Rodovia BR-104, Km 59, s/n - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55002-970  
rodrigoengep@gmail.com

### **RESUMO**

O gerenciamento de estoque é um problema de grande interesse para os decisores na cadeia de suprimentos, pois a falta de produto no momento da venda pode levar à insatisfação do consumidor. Neste artigo um modelo *Newsvendor* é proposto considerando que a satisfação do consumidor está relacionada ao número de *stockout* durante o período de vendas, onde existe uma probabilidade de reter o consumidor que é assumida como uma função do *stockout*. O objetivo é determinar a política ótima de pedidos que maximiza o lucro esperado em uma cadeia de suprimentos com dois fornecedores não confiáveis. Os fornecedores têm diferentes preços de compra, probabilidades de interrupção e atendimentos de pedidos e abastecem um varejista com demanda aleatória de clientes. O modelo considera o impacto do risco de interrupção bem como a probabilidade de reter o consumidor. Os resultados numéricos mostram que a retenção de clientes exerce impacto no lucro.

**PALAVRAS CHAVE.** Problema *Newsvendor*, Fornecedor não confiável, Retenção de clientes

**PM – Programação Matemática, IND – PO na Indústria, L&T – Logística e Transportes**

### **ABSTRACT**

Inventory management is a problem of great interest to supply chain decision makers, because the lack of product at the time of sale can lead to customer dissatisfaction. In this paper a *Newsvendor* model is proposed considering that customer satisfaction is related to stockout number during the sales period, where there is a probability of retaining the customer that is assumed as a stockout function. The goal is to determine the optimal ordering policy that maximizes expected profit in a supply chain with two unreliable suppliers. Suppliers have different purchase prices, interruption probabilities and order fulfillment and provide to a retailer with random customer demand. The model considers the impact of disruption risk as well as the probability of retaining the customer. The numerical results show that customer retention has an impact on profitability.

**KEYWORDS.** *Newsvendor* problem, Unreliable supplier, Customer retention

**MP - Mathematical Programming, IND - OR in Industry, L&T - Logistics and Transportation**



## 1. Introdução

No atual ambiente de negócios, a capacidade de planejar e controlar os estoques é essencial para o sucesso das organizações [Stevenson 1996]. Para qualquer empresa que necessita entregar produtos a seus clientes, o controle de estoque na cadeia de suprimento desempenha um papel fundamental para a competitividade [Kim et al. 2015]. Neste contexto, o clássico problema do jornaleiro, também chamado de problema *Newsvendor* ou problema de inventário estocástico de período único, exerce um importante papel na teoria do controle de estoques.

Devido a sua vasta aplicabilidade, o problema *newsvendor* atraiu atenções de muitos estudiosos ao longo das últimas décadas [Khanra 2017]. Tal modelo foi desenvolvido para determinar a política ótima de pedidos para produtos com ciclo de vida relativamente curto, por exemplo, jornais, revistas, produtos agrícolas perecíveis ou da indústria da moda [Zhang e Yang 2016].

No problema clássico, antes da temporada de venda o varejista enfrentando uma demanda estocástica precisa decidir a quantidade a pedir do fornecedor de forma a maximizar o lucro esperado. Se a demanda for menor que a quantidade pedida haverá estoque em excesso ao final da temporada, caso contrário, se a demanda for maior que a quantidade pedida haverá falta de estoque o que gera uma penalidade para o varejista em razão das vendas perdidas [Dada et al. 2007]. Portanto, sob a incerteza da demanda, o varejista deve considerar o trade-off entre o risco do estoque em excesso e o risco do estoque em falta [Zhang e Yang 2016].

Diversas extensões do modelo *Newsvendor* são discutidas na literatura, como demonstrado nas revisões propostas por Petruzzi e Dada [1999], Khouja [1999] e Qin et al. [2011]. Uma modificação considerada é a introdução do risco de interrupção, uma vez que as empresas estão sujeitas a risco em sua cadeia de suprimentos. Além disso, o impacto de uma interrupção pode ser catastrófico para produtos com ciclos de vida curtos, pois pode levar à parada total do fluxo de produtos na cadeia. Desse modo, as interrupções podem ter um forte impacto no desempenho dos fornecedores.

Silbermayr e Minner [2016] afirmam que a probabilidade de interrupções aumenta devido a operações cada vez mais globalizadas e à crescente interconectividade das redes de suprimento, e que as consequências de uma interrupção são ainda mais graves quando a encomenda é feita somente a um único fornecedor do que quando é feita a dois fornecedores. Portanto, uma diversificação da base de fornecedores para reduzir o risco de interrupção na cadeia de suprimentos pode resultar em um maior lucro. O ponto chave passa a ser, então, como alocar adequadamente a demanda a mais de um fornecedor.

Nesse contexto, o modelo exposto neste artigo é uma extensão do modelo apresentado por Xanthopoulos et al. [2012] que considera dois fornecedores não confiáveis com diferentes probabilidades de interrupção. A extensão proposta diz respeito ao custo associado à perda de vendas decorrente da falta de estoque quando o produto não está disponível para o cliente. Como parte do processo de venda, os clientes esperam encontrar o produto disponível para compra, assim, a falta do produto no momento da venda pode levar à insatisfação do consumidor em relação ao varejista e à perda do cliente.

Neste sentido, cada cliente perdido pode impactar em vendas futuras e isso tem sérias implicações para o varejista, as quais incluem a perda de vendas de repetição quando os clientes decidem mudar para um concorrente, pois uma vez que o produto tem um ciclo de vida curto será necessário realizar uma nova compra na próxima temporada de vendas. Além disso, o alto custo de aquisição de novos clientes quando comparado ao baixo custo de atendimento aos clientes antigos é uma importante razão pela qual as empresas são aconselhadas a aumentar os níveis de retenção de clientes [Edward e Sahadev 2011].

A insatisfação associada à falta de produto pode diminuir a base de clientes e prejudicar a reputação da empresa. Logo, a retenção de clientes (ou o grau de lealdade do consumidor para com a empresa) será maior quanto maior for o nível de satisfação do consumidor [Garín-Muñoz et al. 2016]. A ideia central é que a satisfação do consumidor aumenta a lealdade dos clientes, o que reflete na sua intenção de recompra, ou seja, na retenção de clientes. Neste contexto, o



objetivo da empresa deve ser o de alcançar a maior satisfação tentando evitar o risco de interrupção e que haja falta de estoque. Porém, as falhas podem ocorrer e, portanto, é importante aprender a gerenciá-las para tentar obter uma segunda chance do cliente [Garín-Muñoz et al. 2016].

Neste artigo, considera-se que a satisfação do consumidor está estreitamente relacionada ao número de *stockout* durante o período de vendas. Assim, existe uma probabilidade de reter o consumidor que é assumida como sendo uma função decrescente do *stockout*, conforme ilustra a Figura 1.

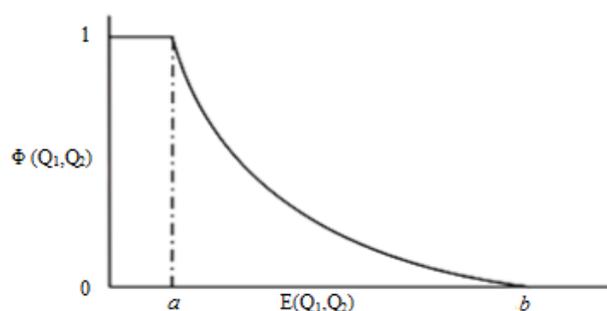


Figura 1- Probabilidade de reter o consumidor

Esta probabilidade reflete que os clientes definitivamente voltarão a comprar naquele varejista a menos que mais do que 'a' produtos estejam em falta no momento da compra. A probabilidade de reter o consumidor diminui à medida que o valor esperado do *stockout* aumenta até o momento em que atinge 'b', valor do *stockout* no qual os clientes não voltam mais a fazer negócios com o varejista. Neste sentido, os valores dos parâmetros 'a' e 'b' definem os níveis de serviço máximo e mínimo aceitáveis pelo varejista, ou seja, se o *stockout* for menor que 'a' não haverá perda de vendas futuras; entretanto quando o *stockout* aumenta, ou seja, quando o nível de serviço diminui haverá perda de vendas futuras (perda de clientes). É importante destacar que a curva de decaimento pode ser expressa por diversas formas, contanto que tenha um caráter decrescente.

Assim, este artigo apresenta uma estrutura de modelagem do tipo *newsvendor* com o propósito de determinar a quantidade a pedir de cada fornecedor considerando uma cadeia de suprimentos de duas camadas em que dois fornecedores não confiáveis abastecem um varejista com demanda aleatória de clientes. O objetivo é maximizar o lucro esperado, levando em consideração que a probabilidade de reter o consumidor exerce um impacto na política de pedidos.

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira. Na seção seguinte, é apresentada a literatura relacionada ao modelo *Newsvendor* e suas extensões. Na terceira seção, o problema em estudo e o modelo são definidos. Na quarta seção é realizada uma aplicação numérica com análise de sensibilidade. A quinta seção traz algumas implicações gerenciais e, por fim, a conclusão.

## 2. Literatura relacionada

Diversas extensões do modelo *newsvendor* têm sido estudadas ao longo dos anos. A consideração de diferentes objetivos de otimização, critérios de aversão ao risco, múltiplos fornecedores, determinação do preço e quantidade, e desconto por quantidade são alguns exemplos. Uma breve revisão da literatura é apresentada a seguir.

Hsieh et al. [2008] desenvolveram três modelos coordenados combinando o mecanismo de compartilhamento de informações da demanda, desconto por quantidade e política de retorno. Chiu e Choi [2010] discutiram os casos de distribuição de demanda linear e multiplicativa dependente do preço e derivaram analiticamente as soluções ótimas para estoque e preço com objetivo de valor em risco (VaR). Arcelus et al. [2012] avaliaram as políticas de preço e estoque sob diferentes graus de tolerância ao risco e quatro objetivos de otimização. Chen e Ho [2013]



investigaram um problema em que os descontos por quantidade são permitidos considerando uma demanda fuzzy. Wu et al. [2013] estudaram o efeito da incerteza da capacidade sobre um decisor avesso ao risco em que dois critérios de risco foram considerados como restrição. Wu et al. [2014] analisaram as decisões ótimas de quantidade e preço em que os decisores são avessos ao risco, com base no critério de valor condicional em risco (CVaR) em um ambiente de competição. Xinsheng et al. [2015] incluíram a aversão à perda e apresentaram uma nova política de pedidos para minimizar a “perda esperada de legado”, o valor condicional em risco (CVaR) e a combinação da “perda de legado” e valor condicional em risco.

Chopra et al. [2007] examinaram um modelo com demanda determinística e dois fornecedores, um confiável e outro sujeito a rendimento incerto e interrupções. Em seus resultados, foram derivadas expressões para a quantidade ótima de pedido para o fornecedor não confiável e a quantidade ótima de reserva para o fornecedor confiável. Giri [2011] estudou um modelo em que um varejista averso ao risco pode encomendar de dois fornecedores, um mais barato com fornecimento aleatório e outro confiável, porém mais caro. O fornecimento aleatório foi modelado com uma distribuição de probabilidade dependente da quantidade do pedido e a aversão ao risco através de uma função de utilidade exponencial. Keren [2009] abordou o problema de período único com demanda determinística e fornecimentos estocásticos aditivo e multiplicativo para determinar a quantidade de produção ideal.

Tang et al. [2012] abordaram uma estratégia de preços dinâmicos para o problema *newsvendor* com rendimento aleatório e demanda determinística e outra extensão para rendimento e demanda aleatórios. Okyay et al. [2014] apresentaram várias variações do modelo *newsvendor* as quais consideram demanda estocástica e diferentes incertezas no fornecimento: rendimento aleatório, capacidade aleatória e ambos. Além disso, também consideraram o caso em que tanto a demanda, a capacidade e o rendimento aleatórios são dependentes. Serel [2015] e [2017] desenvolveu um modelo para determinar conjuntamente a política ótima de estoque e preço. Em Serel [2015] dois fornecedores são considerados, porém o fornecedor local é utilizado reativamente como uma fonte de emergência após a realização da demanda aleatória. Já Serel [2017] considerou que embora a demanda em excesso possa ser satisfeita através de um fornecedor de emergência, não é garantido que o fornecedor atenderá totalmente a ordem de emergência, visto que possui capacidade incerta.

Dada et al. [2007] construíram um modelo *newsvendor* com múltiplos fornecedores os quais diferem em custo e são perfeitamente confiáveis ou não confiáveis. Serel [2008] integrou a decisão de estoque e preço em um problema que considera uma cadeia de suprimentos com dois fornecedores concorrentes, um dos quais é aleatoriamente disponível de acordo com um processo de Bernoulli. Federgruen e Yang [2008] desenvolveram modelos para um problema de seleção de fornecedores e alocação de pedidos com demanda incerta e múltiplos fornecedores com rendimentos aleatórios. Tomlin [2009] considerou um problema com dois produtos em que a demanda é incerta e os fornecedores estão sujeitos a falhas.

Zhang [2010] estendeu o modelo *newsvendor* considerando multi-produtos e incorporando restrições orçamentárias e descontos por quantidade na presença de múltiplos fornecedores. Masih-Tehrani et al. [2011] estudaram uma cadeia de suprimentos de duas camadas, na presença de múltiplos fornecedores não confiáveis e sob a incerteza no fornecimento e demanda. Vários fatores como o nível de interrupção, a dependência entre interrupções e a demanda dos clientes foram investigados sobre o desempenho total dos sistemas considerados. Zhu et al. [2016] apresentaram um modelo *newsvendor* que consiste em um varejista e dois fornecedores, um dos quais fornece produtos através de um canal duplo, e demanda dependente dos preços. Ray e Jenamani [2016] consideraram uma abordagem de variância média para o problema de alocação de pedidos de um varejista averso ao risco entre vários fornecedores não confiáveis, dentro de uma estrutura *newsvendor* com demanda aleatória de clientes.

A evolução dos trabalhos ao longo dos anos mostra que a incerteza na demanda, assim como o risco no fornecimento e mais de um fornecedor vêm sendo considerados. Nota-se que vários são os problemas de decisão, no entanto, a retenção de clientes ainda é um fator a ser explorado.



### 3. Formulação do Modelo

A seguinte notação é usada para desenvolver o modelo.

Notação:

$X$	Variável aleatória para a demanda
$f(x)$	Função densidade de probabilidade para a demanda
$F(x)$	Função de distribuição acumulada para a demanda
$g_i$	Preço de compra do fornecedor $i$ ( $i = 1,2$ )
$w$	Preço de venda
$v$	Valor residual
$h$	Penalidade associada à perda de clientes
$p_i$	Probabilidade de interrupção do fornecedor $i$ ( $i = 1,2$ )
$z_i$	Porcentagem da quantidade pedida que é entregue pelo fornecedor $i$
$E(Q_1, Q_2)$	Valor esperado do <i>stockout</i>
$\varphi(Q_1, Q_2)$	Probabilidade de retenção de clientes
$P_{mn}(Q_1, Q_2)$	Lucro esperado ( $m = 0,1$ ) ( $n = 0,2$ )
$P(Q_1, Q_2)$	Lucro esperado total

O objetivo é determinar a quantidade pedida de cada fornecedor de modo a maximizar o lucro esperado considerando uma cadeia de suprimentos com um varejista e dois fornecedores concorrentes, não confiáveis e suscetíveis a interrupções as quais podem acarretar a perda de clientes através do não fornecimento de um produto que apresenta uma demanda  $X$  considerada uma variável aleatória estocástica positiva com função de densidade de probabilidade  $f(x)$  e função de distribuição acumulada  $F(x)$ .

O varejista paga  $g_i$  ao fornecedor  $i$  ( $i = 1,2$ ) pelo produto que será vendido durante o período de vendas com duração de  $T$  unidades de tempo. Por sua vez, ao consumidor é repassado um preço de venda unitário  $w$  (assume-se que  $w > g_i$ ). O estoque em excesso ao final do período de vendas pode ser vendido a um mercado secundário por um valor residual  $v$  em que  $v < g_i$ . Além disso,  $h$  indica uma penalidade associada à perda de potenciais vendas futuras decorrente da falta do produto e que está relacionada à probabilidade de retenção dos clientes  $\varphi(Q_1, Q_2)$  em função do valor esperado do *stockout*  $E(Q_1, Q_2)$ .

Os seguintes pressupostos são considerados para formular o modelo.

1. O *stockout* gera perda de vendas futuras e reduz a probabilidade de reter clientes.
2. A demanda é estocástica com distribuição conhecida.
3. As probabilidades de interrupção de cada fornecedor são independentes.
4. Quando uma interrupção ocorre, apenas uma parte do pedido é entregue.
5. Ambos os fornecedores possuem capacidade ilimitada.
6. O decisor é avesso ao risco
7. O produto tem ciclo de vida curto

A premissa 1 indica a consequência gerada pela falta de estoque. A premissa 2 assinala que pode ser assumida qualquer distribuição que melhor represente a demanda. A premissa 3 estabelece que a interrupção de um fornecedor não afeta o outro fornecedor. A premissa 4 determina o impacto de uma interrupção no fornecimento do pedido. A premissa 5 sugere que os fornecedores são capazes de fornecer qualquer tamanho de pedido. A premissa 6 representa a atitude do decisor em relação ao risco de perder clientes. A premissa 7 está relacionada ao ciclo de vida do produto e representa a necessidade de recompra do produto na próxima temporada, uma vez que tem ciclo de vida curto. A Equação (1) representa a probabilidade de retenção do consumidor em função do *stockout*, onde  $\gamma > 0$ .



$$\varphi(Q_1, Q_2) = \begin{cases} 1 & \text{se } 0 \leq E(Q_1, Q_2) \leq a \\ \left(\frac{b-E(Q_1, Q_2)}{b-a}\right)^Y & \text{se } a < E(Q_1, Q_2) < b \\ 0 & \text{se } b \leq E(Q_1, Q_2) < \infty \end{cases} \quad (1)$$

Os valores dos parâmetros ‘a’ e ‘b’ determinados pelo decisor definem o seu grau de aversão ao risco e representam os limites inferior e superior de *stockout* que os clientes podem aceitar. A função de probabilidade de retenção de clientes pode ser qualquer função com caráter decrescente. Conforme desenvolvido por Xanthopoulos et al. [2012], o *stockout* pode ser determinado pela Equação (2).

$$E(Q_1, Q_2) = (1 - p_1)(1 - p_2) \int_{Q_1+Q_2}^{\infty} (x - Q_1 + Q_2) f(x) dx + p_1(1 - p_2) \int_{z_1 Q_1 + Q_2}^{\infty} (x - z_1 Q_1 + Q_2) f(x) dx + (1 - p_1)p_2 \int_{Q_1+z_2 Q_2}^{\infty} (x - Q_1 + z_2 Q_2) f(x) dx + p_1 p_2 \int_{z_1 Q_1 + z_2 Q_2}^{\infty} (x - z_1 Q_1 + z_2 Q_2) f(x) dx$$

A probabilidade de uma interrupção para um fornecedor denotada por  $p_i$  modela os casos de interrupção no fornecimento, na produção e na distribuição. Quando ocorre uma interrupção, assume-se que apenas uma percentagem da quantidade pedida, isto é,  $z_i Q_i$  estará disponível a tempo para satisfazer a demanda durante o período de venda.

A extensão de que trata este artigo está inserida nos 4 possíveis cenários de interrupção que são descritos a seguir.

### Cenário 1

Quando nenhuma interrupção ocorre em nenhum dos dois canais de fornecimento, ambos os fornecedores entregam 100% da quantidade pedida. O lucro esperado é representado pela Equação (3).

$$P_{00}(Q_1, Q_2) = (1 - p_1)(1 - p_2) \left\{ \int_0^{Q_1+Q_2} [wx - g_1 Q_1 - g_2 Q_2 + v(Q_1+Q_2 - x)] f(x) dx + \int_{Q_1+Q_2}^{\infty} [w(Q_1 + Q_2) - g_1 Q_1 - g_2 Q_2 - h(x - Q_1 + Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))] f(x) dx \right\} \quad (3)$$

### Cenário 2

Quando apenas o fornecedor 1 sofre uma interrupção, uma fração de sua quantidade pedida é entregue. Em contrapartida, o fornecedor 2 entrega 100% do pedido. O lucro esperado diante desta situação é expresso pela Equação (4).

$$P_{10}(Q_1, Q_2) = p_1(1 - p_2) \left\{ \int_0^{z_1 Q_1 + Q_2} [wx - g_1 z_1 Q_1 - g_2 Q_2 + v(z_1 Q_1 + Q_2 - x)] f(x) dx + \int_{z_1 Q_1 + Q_2}^{\infty} [w(z_1 Q_1 + Q_2) - g_1 z_1 Q_1 - g_2 Q_2 - h(x - z_1 Q_1 + Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))] f(x) dx \right\} \quad (4)$$

### Cenário 3

Quando uma interrupção ocorre apenas no canal de fornecimento 2, apenas uma parte da quantidade pedida ao fornecedor 2 é entregue; por outro lado, o fornecedor 1 entrega 100% do pedido. Neste caso, o lucro esperado é descrito pela Equação (5).

$$P_{02}(Q_1, Q_2) = (1 - p_1)p_2 \left\{ \int_0^{Q_1+z_2 Q_2} [wx - g_1 Q_1 - g_2 z_2 Q_2 + v(Q_1+z_2 Q_2 - x)] f(x) dx + \int_{Q_1+z_2 Q_2}^{\infty} [w(Q_1 + z_2 Q_2) - g_1 Q_1 - g_2 z_2 Q_2 - h(x - Q_1 + z_2 Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))] f(x) dx \right\} \quad (5)$$

### Cenário 4

Quando ambos os fornecedores sofrem uma interrupção, ambos entregam apenas uma fração de suas quantidades pedidas. Logo, o lucro esperado é descrito pela Equação (6).



$$P_{12}(Q_1, Q_2) = p_1 p_2 \left\{ \int_0^{z_1 Q_1 + z_2 Q_2} [wx - g_1 z_1 Q_1 - g_2 z_2 Q_2 + v(z_1 Q_1 + z_2 Q_2 - x)] f(x) dx + \int_{z_1 Q_1 + z_2 Q_2}^{\infty} [w(z_1 Q_1 + z_2 Q_2) - g_1 z_1 Q_1 - g_2 z_2 Q_2 - h(x - z_1 Q_1 + z_2 Q_2)] (1 - \varphi(Q_1, Q_2)) f(x) dx \right\} \quad (6)$$

Portanto, o modelo de otimização que maximiza o lucro esperado total, considerando os quatro cenários de interrupção, é encontrada pela Equação (7).

$$\begin{aligned} \text{Max } P(Q_1, Q_2) &= P_{00}(Q_1, Q_2) + P_{10}(Q_1, Q_2) + P_{02}(Q_1, Q_2) + P_{12}(Q_1, Q_2) \\ \text{s. a: } Q_1, Q_2 &> 0 \end{aligned} \quad (7)$$

O lucro máximo é obtido para os tamanhos de lote ótimos  $Q_1^*$  e  $Q_2^*$ .

#### 4. Aplicação Numérica

Nesta seção uma aplicação numérica é apresentada para ilustrar o modelo proposto. Supõe-se uma demanda com uma função de distribuição Normal com valor médio  $\mu = 550$  e desvio-padrão  $\sigma = 105$ . Os demais parâmetros foram  $g_1 = 18$ ,  $g_2 = 21$ ,  $w = 40$ ,  $r = 8$ ,  $h = 15$ ,  $p_1 = 0,1$ ,  $p_2 = 0,05$ ,  $z_1 = 0,1$ ,  $z_2 = 0,25$ ,  $a = 30$ ,  $b = 55$ ,  $\gamma = 0,5$ . Através da Equação (7), a quantidade ótima de pedido resultante foi  $Q_1^* = 457$  e  $Q_2^* = 199$  e o lucro máximo encontrado foi  $P(Q_1^*, Q_2^*) = 9,451 \times 10^3$ . A Figura 2 a seguir ilustra o comportamento do lucro sob o cenário descrito anteriormente.

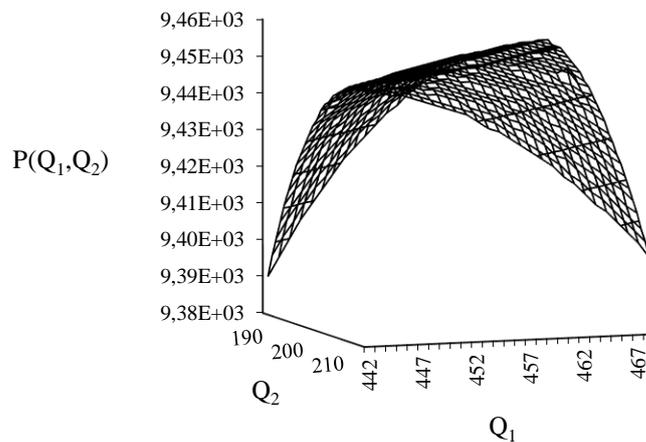


Figura 2 - Comportamento do lucro

Conforme a Figura 2 a curva do lucro apresenta um ótimo global. Inicialmente o lucro se encontra em aproximadamente  $9,39 \times 10^3$  e cresce à medida que as quantidades pedidas de cada fornecedor aumentam até o ponto em que o atinge o seu valor máximo de  $9,451 \times 10^3$ . A partir deste ponto o lucro começa a cair até atingir um valor de aproximadamente  $9,395 \times 10^3$ . Observa-se que um pedido muito pequeno assim como um pedido muito grande de ambos os fornecedores simultaneamente são os que fornecem os menores lucros, sendo assim, é necessário haver um balanceamento para alcançar o lucro ótimo.

##### 4.1. Análise numérica da retenção de clientes

A análise de sensibilidade será realizada para os parâmetros referentes à probabilidade de retenção de clientes  $a$ ,  $b$ ,  $\gamma$ , assim como à penalidade associada à perda de clientes  $h$ . A alteração



corresponde a 10, 15 e 20% para mais e para menos. Os resultados são mostrados nas Tabelas 1 à 4.

#### 4.1.1. Efeito do parâmetro $a$

A Tabela 1 mostra os resultados quando o valor do limite inferior  $a$  de aceitação do *stockout* varia. É possível verificar que a quantidade ótima de pedido e lucro aumentam à medida que o valor de  $a$  aumenta. Isto significa que quando os clientes estão dispostos a aceitar maiores valores de *stockout*, maior será a probabilidade de reter os clientes, o que reduz a perda de vendas futuras e aumenta o lucro esperado.

Por outro lado, quando os clientes são muito exigentes e não toleram um valor alto de *stockout*, a probabilidade de reter os clientes é reduzida. Assim, os pedidos são menores e o lucro esperado total é reduzido. Percebe-se que o lucro ótimo permaneceu em  $9,498 \times 10^3$  com os valores de  $a$  iguais a 33 e 34,5. Além do mais, a alteração de  $a$  para 36 aumentou o lucro em 0,71% quando comparado com o caso base, sendo esta a variação mais expressiva.

Tabela 1 – Resultados ótimos para diferentes valores de  $a$

	$a$	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_1^* + Q_2^*$	$P(Q_1^*, Q_2^*)$	$E(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Phi(Q_1^*, Q_2^*)$
-20%	24	463,592	192,774	656,366	$9,404 \times 10^3$	41,978	0,648
-15%	25,5	462,898	193,577	656,475	$9,415 \times 10^3$	41,908	0,666
-10%	27	462,204	194,411	656,615	$9,46 \times 10^3$	41,83	0,686
Base	30	457,434	199,191	656,625	$9,468 \times 10^3$	41,522	0,734
+10%	33	458,989	198,271	657,26	$9,498 \times 10^3$	41,472	0,784
+15%	34,5	455,974	201,226	657,2	$9,498 \times 10^3$	41,294	0,818
+20%	36	460,987	197,041	658,028	$9,535 \times 10^3$	41,421	0,845

#### 4.1.2. Efeito do parâmetro $b$

A Tabela 2 fornece os resultados para diferentes valores de  $b$ . Observa-se que a quantidade pedida diminui enquanto que o lucro esperado aumenta conforme o valor de  $b$  cresce. Isto pode ser explicado pelo fato de que quanto maior for o valor de  $b$  mais lenta é a curva de decaimento da probabilidade de retenção de clientes tornando, assim, mais difícil perder vendas futuras.

Em contrapartida, quando o valor de  $b$  é menor, a curva decai mais rapidamente, tornando necessário aumentar a quantidade pedida para evitar a perda de clientes. Entretanto, o lucro é reduzido, pois o aumento da quantidade pedida não é suficiente para diminuir o *stockout*. De acordo com a Tabela 2, o lucro aumenta 0,65% quando  $b$  é igual a 66. Por outro lado, o lucro reduz 1,16% quando  $b$  é igual a 44.

Tabela 2 – Resultados ótimos para diferentes valores de  $b$

	$b$	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_1^* + Q_2^*$	$P(Q_1^*, Q_2^*)$	$E(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Phi(Q_1^*, Q_2^*)$
-20%	44	395,734	273,054	668,788	$9,358 \times 10^3$	35,01	0,801
-15%	46,75	413,607	251,817	665,424	$9,381 \times 10^3$	36,8	0,771
-10%	49,5	430,416	231,939	662,355	$9,405 \times 10^3$	38,506	0,751
Base	55	457,434	199,191	656,625	$9,468 \times 10^3$	41,522	0,734
+10%	60,5	487,049	165,115	652,164	$9,493 \times 10^3$	44,524	0,724
+15%	63,25	499,072	150,976	650,048	$9,512 \times 10^3$	45,852	0,723



+20%	66	510,337	137,733	648,07	9,53x10 <sup>3</sup>	47,114	0,724
------	----	---------	---------	--------	----------------------	--------	-------

#### 4.1.3. Efeito do parâmetro $\gamma$

O parâmetro  $\gamma$  é o fator de decaimento da curva de probabilidade de retenção de clientes. A partir da Tabela 3, a quantidade pedida aumenta enquanto que o lucro diminui à medida que o fator de decaimento cresce. Isto ocorre pois com valores mais elevados de gama a probabilidade de retenção de clientes decai mais rapidamente forçando a pedir mais para evitar a perda de clientes. Porém, o lucro diminui em razão de uma menor probabilidade de reter clientes.

Por outro lado, quando o fator de decaimento diminui, a curva torna-se mais suave o que aumenta a probabilidade de reter clientes. Com isso o lucro cresce mesmo que a quantidade pedida seja reduzida. Observa-se que o lucro aumenta 0,16% quando o parâmetro  $\gamma$  é igual a 0,4; por outro lado, o lucro diminui 0,27% quando o parâmetro  $\gamma$  é igual a 0,6. Para  $\gamma$  igual a 0,45 a alteração no lucro é quase nula.

Tabela 3 – Resultados ótimos para diferentes valores de  $\gamma$

	$\gamma$	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_1^* + Q_2^*$	$P(Q_1^*, Q_2^*)$	$E(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Phi(Q_1^*, Q_2^*)$
-20%	0,4	474,799	179,55	654,349	9,483x10 <sup>3</sup>	43,187	0,741
-15%	0,425	471,08	183,935	655,015	9,474x10 <sup>3</sup>	42,784	0,738
-10%	0,45	468,852	186,991	655,843	9,467x10 <sup>3</sup>	42,408	0,734
Base	0,5	457,434	199,191	656,625	9,468x10 <sup>3</sup>	41,522	0,734
+10%	0,55	454,246	203,802	658,048	9,437x10 <sup>3</sup>	40,985	0,727
+15%	0,575	451,162	207,443	658,605	9,431x10 <sup>3</sup>	40,66	0,726
+20%	0,6	445,764	210,543	656,307	9,442x10 <sup>3</sup>	40,858	0,71

#### 4.1.4. Efeito do parâmetro $h$

A Tabela 4 apresenta os resultados para diferentes valores de penalidade. Nota-se que para penalidades baixas o decisor obtém maior lucro com uma menor quantidade de pedido. Isto ocorre, pois, o baixo valor da penalidade compensa a perda de clientes em termos do benefício proporcionado pelo lucro mais alto.

No entanto, valores altos de penalidade reduzem o lucro mesmo com probabilidade de retenção de clientes maior. Percebe-se que a variação mais expressiva no lucro foi obtida para o valor mais alto de penalidade, isto é, com uma penalidade 18 houve uma redução de 0,5% no lucro.

Tabela 4 – Resultados ótimos para diferentes valores de  $h$

	$h$	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_1^* + Q_2^*$	$P(Q_1^*, Q_2^*)$	$E(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Phi(Q_1^*, Q_2^*)$
-20%	12	480,715	172,576	653,291	9,489x10 <sup>3</sup>	43,83	0,668
-15%	12,75	464,962	187,4	652,362	9,479x10 <sup>3</sup>	42,994	0,693
-10%	13,5	464,92	191,33	656,25	9,469x10 <sup>3</sup>	42,092	0,719
Base	15	457,434	199,191	656,625	9,468x10 <sup>3</sup>	41,522	0,734
+10%	16,5	451,801	206,687	658,488	9,435x10 <sup>3</sup>	40,727	0,756
+15%	17,25	447,617	211,627	659,244	9,428x10 <sup>3</sup>	40,288	0,767



---

+20%	18	443,663	216,317	659,98	9,421x10 <sup>3</sup>	39,869	0,778
------	----	---------	---------	--------	-----------------------	--------	-------

---

## 5. Implicações Gerenciais

Este estudo tem várias implicações gerenciais. Ele contempla o dimensionamento de pedidos para dois fornecedores não confiáveis no contexto do gerenciamento de estoque a fim de maximizar o lucro esperado total, considerando que a probabilidade de retenção de clientes influencia a perda associada ao *stockout*. Neste sentido, foi proposto um modelo de apoio à decisão considerando o trade-off entre os custos de estoque em excesso e de estoque em falta. Tal modelo pode ser utilizado por um tomador de decisão para determinar simultaneamente as quantidades pedidas de cada fornecedor de forma a maximizar o lucro.

Os resultados do exemplo numérico indicam que a penalidade do *stockout* influencia a determinação do tamanho do pedido. Levando em consideração penalidades baixas, é recomendado aumentar o pedido do fornecedor mais barato, porém menos confiável. Enquanto que, quando a penalidade for alta, mais produtos devem ser comprados do fornecedor mais confiável, porém mais caro. As consequências associadas a uma interrupção é o fator determinante. Quando as consequências são pequenas, o modelo indica que se pode arriscar mais e aumentar o pedido do fornecedor que apresenta maior probabilidade de falhar, pois ele é mais barato. Entretanto, pelo fato do pedido ser maior para o fornecedor menos confiável, menor será a probabilidade de reter os clientes. Porém, o lucro ainda será mais alto quando comparado com penalidades mais elevadas, em razão do valor de compra baixo.

Por outro lado, quando as consequências são graves, o modelo indica que se deve evitar que alguma interrupção venha a ocorrer, sendo assim maior deve ser o pedido do fornecedor que tem menor probabilidade de falhar. Neste caso, a probabilidade de reter clientes é maior em virtude da menor possibilidade de interrupções que gerariam entregas parciais e, consequentemente, a falta de estoque.

Os resultados também mostram que quando os clientes não toleram valores altos no limite inferior do *stockout*, é aconselhável que o pedido do fornecedor mais barato aumente, embora ele seja mais propenso a falhas. Neste caso, ainda existe a possibilidade de reter clientes, e por isso, não é necessário pagar mais para evitar perda de vendas futuras. Por outro lado, quando o limite superior de *stockout* é pequeno, os clientes são perdidos mais rapidamente; assim, para evitar a perda de consumidores, o pedido do fornecedor mais confiável deve ser aumentado para ter uma maior garantia de que a falta de estoque seja reduzida. O mesmo ocorre quando o fator de decaimento cresce.

## 6. Conclusão

A determinação do tamanho de pedido no contexto de gerenciamento de estoque é uma decisão que qualquer comprador tem que fazer. Além disso, a complexidade no processo de tomada de decisão aumenta quando há mais de um fornecedor não confiável e existe uma incerteza relacionada à retenção de clientes. Desse modo, torna-se necessário um modelo de suporte à decisão para definir um plano de aquisição.

Este artigo apresenta um modelo para tomada de decisão em um problema de dimensionamento de pedidos para um único período de vendas. O modelo proposto pode ser utilizado para determinar simultaneamente a quantidade pedida de dois fornecedores não confiáveis quando a retenção de clientes é um fator fundamental para o sucesso da empresa. Os resultados numéricos mostram que o modelo é sensível aos parâmetros de retenção de clientes.

Em um ambiente real, um comprador necessita comprar de mais de um fornecedor que estão sujeitos a diferentes níveis de confiabilidade, além disso, a probabilidade de perder clientes aumenta à medida que o *stockout* aumenta, ou seja, quando procuram o varejista e não encontram o produto. Este estudo apresentou alguns insights gerenciais para um problema que envolve dois fornecedores e probabilidade de retenção de clientes associada ao *stockout*.



## Agradecimentos

Agradecimento à FACEPE pelo financiamento desta pesquisa IBPG-0532- 3.08/15.

## Referências

- Arcelus, F.J., Kumar, S. e Srinivasan G. (2012). Risk tolerance and a retailer's pricing and ordering policies within a newsvendor framework. *Omega* 40(2): 188–198.
- Chen, S-P. e Ho. Y-H. (2013). Optimal inventory policy for the fuzzy newsboy problem with quantity discounts. *Inf. Sci. (Ny)*. 228: 75–89.
- Chiu, C. H. e Choi, T. M. (2010). Optimal pricing and stocking decisions for newsvendor problem with value-at-risk consideration. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part A Systems Humans* 40(5): 1116–1119.
- Chopra, S., Reinhardt, G. e Mohan, U. (2007). The Importance of Decoupling Recurrent and Disruption Risks in a Supply Chain. *Nav. Res. Logist.* 54: 544–555.
- Dada, M., Petruzzi, N. C. e Schwarz, L. B. (2007). A Newsvendor's Procurement Problem when Suppliers Are Unreliable. *Manuf. Serv. Oper. Manag.* 9(1): 9–32.
- Edward, M. e Sahadev, S. (2011). Role of switching costs in the service quality, perceived value, customer satisfaction and customer retention linkage. *Asia Pacific J. Mark. Logist.* 23(3): 327–345.
- Federgruen, A. e Yang, N. (2008). Selecting a Portfolio of Suppliers Under Demand and Supply Risks. *Oper. Res.* 56(4): 916–936.
- Garín-Muñoz, T., Pérez-Amaral, T., Gijón, C. e López, R. (2016). Consumer complaint behaviour in telecommunications: The case of mobile phone users in Spain. *Telecomm. Policy* 40(8): 804–820.
- Giri, B.C. (2011). Managing inventory with two suppliers under yield uncertainty and risk aversion. *Int. J. Prod. Econ.* 133(1): 80–85.
- Hsieh, C-C., Wu, C-H. e Huang, Y-J. (2008). Ordering and pricing decisions in a two-echelon supply chain with asymmetric demand information. *Eur. J. Oper. Res.* 190(2):509–525.
- Keren, B. (2009). The single-period inventory problem: Extension to random yield from the perspective of the supply chain. *Omega* 37(4): 801–810.
- Khanra, A. (2017). On the impact of suboptimal decisions in the newsvendor model. *Oper. Res. Lett.* 45(1): 84–89.
- Khouja, M. (1999). The single-period (news-vendor) problem: Literature review and suggestions for future research. *Omega* 27(5): 537–553.
- Kim, G., Wu, K. e Huang, E. (2015). Optimal inventory control in a multi-period newsvendor problem with non-stationary demand. *Adv. Eng. Informatics* 29(1): 139–145.
- Masih-Tehrani, B., Xu, S. H., Kumara, S. e Li H. (2011). A single-period analysis of a two-echelon inventory system with dependent supply uncertainty. *Transp. Res. Part B Methodol.* 45(8): 1128–1151.
- Okyay, H. K., Karaesmen, F. e Özekici, S. (2014). Newsvendor models with dependent random supply and demand. *Optim. Lett.* 8(3): 983–999.
- Petruzzi, N. C. e Dada, M. (1999). Pricing and the Newsvendor Problem : a Review with Extensions. *Oper. Res.* 47(2): 183–194.
- Qin, Y., Wang, R., Vakharia, A. J., Chen, Y. e Seref, M. M. H. (2011). The newsvendor problem: Review



and directions for future research. *Eur. J. Oper. Res.* 213(2): 361–374.

Ray, P. e Jenamani, M. (2016). Mean-variance analysis of sourcing decision under disruption risk. *Eur. J. Oper. Res.* 250(2): 679–689.

Serel, D. A. (2008). Inventory and pricing decisions in a single-period problem involving risky supply. *Int. J. Prod. Econ.* 116(1):115–128.

Serel, D. A. (2015). Production and pricing policies in dual sourcing supply chains. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 76: 1–12.

Serel, D. A. (2017). A single-period stocking and pricing problem involving stochastic emergency supply. *Int. J. Prod. Econ.* 185: 180–195.

Silbermayr, L. e Minner, S. (2016). Dual sourcing under disruption risk and cost improvement through learning. *Eur. J. Oper. Res.* 250(1): 226–238.

Stevenson, W. (1996). *Production/Operations Management* 5th ed., Irwin.

Tang, O., Musa, S. N. e Li, J. (2012). Dynamic pricing in the newsvendor problem with yield risks. *Int. J. Prod. Econ.* 139(1): 127–134.

Tomlin, B. (2009). Disruption-Management Strategies for Short Life-Cycle Products. *Nav. Res. Logist.* 56: 318–347.

Wu, M., Zhu, S. X. e Teunter, R. H. (2014). A risk-averse competitive newsvendor problem under the CVaR criterion. *Int. J. Prod. Econ.* 156: 13–23.

Wu, M., Zhu, S. X. e Teunter, R. H.. (2013). The risk-averse newsvendor problem with random capacity. *Eur. J. Oper. Res.* 231(2): 328–336.

Xanthopoulos, A., Vlachos, D. e Iakovou, E. (2012). Optimal newsvendor policies for dual-sourcing supply chains: A disruption risk management framework. *Comput. Oper. Res.* 39(2): 350–357.

Xinsheng, X., Zhiqing, M., Rui, S., Min, J. e Ping, J. (2015). Optimal decisions for the loss-averse newsvendor problem under CVaR. *Int. J. Prod. Econ.* 164: 146–159.

Zhang, G. (2010). The multi-product newsboy problem with supplier quantity discounts and a budget constraint. *Eur. J. Oper. Res.* 206(2): 350–360.

Zhang, Y. e Yang, X. (2016). Online ordering policies for a two-product, multi-period stationary newsvendor problem. *Comput. Oper. Res.* 74: 143–151.

Zhu, L., Zhang, Y. e Ren, X. (2016). A Newsvendor Problem with two Suppliers under Dual-Channel Supply Chain and Supply Disruption. Artigo em Conferência. 13th International Conference on Service Systems and Service Management.