



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
*PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*

**PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS ÓTIMAS DE ESTOQUE  
CONSIDERANDO MAIS DE UM FORNECEDOR NA CADEIA  
DE SUPRIMENTOS PARA A PROBLEMÁTICA  
*NEWSVENDOR***

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE  
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE  
POR

MÍSIA MACEDO DANTAS

Orientador: Prof. Rodrigo Sampaio Lopes, DSc

Caruaru - 2018

MÍSIA MACEDO DANTAS

**PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS ÓTIMAS DE ESTOQUE CONSIDERANDO  
MAIS DE UM FORNECEDOR NA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA A  
PROBLEMÁTICA NEWSVENDOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau/título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Rodrigo Sampaio Lopes

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva CRB/4 – 1223

M141p Dantas, Mísia Macedo.  
Proposição de políticas ótimas de estoque considerando mais de um fornecedor na cadeia de suprimentos para a problemática newsvendor. / Mísia Macedo Dantas. – 2018. 106f.; il.: 30 cm.

Orientador: Rodrigo Sampaio Lopes.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.  
Inclui Referências.

1. Controle de estoque. 2. Confiança. 3. Clientes - Fidelização – Brasil. 4. Administração de risco – Brasil. 5. Otimização matemática. 6. Modelos matemáticos. I. Lopes, Rodrigo Sampaio (Orientador). II. Título.

658.5 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2018-005)

MÍSIA MACEDO DANTAS

**PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS ÓTIMAS DE ESTOQUE  
CONSIDERANDO MAIS DE UM FORNECEDOR NA CADEIA DE  
SUPRIMENTOS PARA A PROBLEMÁTICA NEWSVENDOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do grau/título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 06/02/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Rodrigo Sampaio Lopes (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marcele Elisa Fontana (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Luciana Hazin Alencar (Examinadora Externa)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão a Deus pelo dom da vida e por ter me dado saúde e capacidade para atingir tudo o que tenho conquistado em minha vida.

À minha família, meus pais e meus irmãos, e ao meu namorado Felipe por todo suporte e incentivo. Muito obrigada por sempre acreditarem no meu potencial.

À toda equipe do PPGEP/CAA, principalmente ao meu orientador Rodrigo Sampaio Lopes pela disponibilidade e suporte durante a orientação do presente trabalho.

Gostaria, também, de agradecer aos meus colegas de turma e ao pessoal do laboratório RANDOM pelo companheirismo e por dividirem tantos momentos de estudos e aprendizagem.

Por fim, gostaria de agradecer à FACEPE pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O gerenciamento de estoque é um problema de grande interesse para os decisores na cadeia de suprimentos e a função de compras exerce um papel fundamental neste sentido. No entanto, a dinamicidade do mercado tem forçado os profissionais de compras a tomar decisões em condições de crescente incerteza. Além disso, os ciclos de vidas dos produtos têm se tornado cada vez mais curtos. Logo, gerenciar estoques de produtos do tipo *Newsvendor* é um grande desafio em virtude dos diferentes tipos de riscos que podem estar envolvidos como incerteza na demanda, rendimento e/ou capacidade aleatória do fornecedor, interrupção no fornecimento, entre outros. De acordo com a literatura pesquisada, existem alguns *gaps* que precisam ser melhor explorados como a retenção de clientes, a presença de um fornecedor de emergência com capacidade aleatória e a influência que o perfil de risco do varejista pode ter na política ótima de pedidos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo propor três novos modelos de decisão para a problemática *Newsvendor*. O Modelo 1 considera dois fornecedores regulares não confiáveis que entregam apenas uma porcentagem do pedido quando sofrem uma interrupção e uma probabilidade de retenção de clientes que está associada à falta de estoque. Também foi proposto um caso especial em que as entregas parciais não são permitidas. Já o Modelo 2 considera a presença de dois fornecedores regulares não confiáveis e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória que é acionado para cobrir a falta de estoque. E, o Modelo 3 busca incorporar o perfil de risco do varejista em um problema com um fornecedor regular confiável e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória em que a demanda pode ter um caráter aditivo ou multiplicativo. Os resultados mostraram que os modelos são sensíveis aos parâmetros analisados, permitindo a obtenção de diversos *insights* gerenciais e ratificando a importância de se considerar as diferentes possíveis fontes de incerteza no processo decisório.

Palavras-chave: Problema *newsvendor*. Fornecedor não confiável. Retenção de clientes. Fornecedor de emergência. Aversão ao risco

## **ABSTRACT**

Inventory management is a problem of great interest to supply chain decision makers, and the purchasing function plays a key role in this field. However, the market dynamism has forced purchasing professionals to make decisions in conditions of increasing uncertainty. In addition, products' life cycles have become shorter and shorter, so managing inventory of Newsvendor-type products is a major challenge due to different types of risks that may be involved as demand uncertainty, customer retention probability associated with stockout, random yield and/or capacity of supplier, supply disruption among others. According to the researched literature, there are some gaps that need to be better explored such as customer retention, the presence of an emergency supplier with random capacity, and the influence that the retailer's risk profile may have on the optimal ordering policy. Thus, this paper aimed to propose three new decision models for the Newsvendor problem. Model 1 considers two unreliable regular suppliers that deliver only a percentage of the order when they suffer a disruption and a likelihood of customer retention that is associated with stockout. A special case has also been proposed in which partial deliveries are not permitted. Model 2 considers the presence of two unreliable regular suppliers and an emergency supplier with random capacity that is activated to cover stockout. And, Model 3 seeks to incorporate the retailer's risk profile into a problem with a reliable regular supplier and an emergency supplier with random capacity where demand may have an additive or multiplicative character. The results showed that the models are sensitive to the analyzed parameters, allowing the achievement of several managerial insights and ratifying the importance of considering different possible sources of uncertainty in the decision process.

**Keywords:** Newsvendor problem. Unreliable supplier. Customer retention. Emergency supplier. Risk aversion

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia utilizada na pesquisa.....	13
Figura 2 - Quantidade de modelos publicados .....	45
Figura 3 - Incertezas na modelagem.....	46
Figura 4 - Objetivos e variáveis de decisão utilizados .....	47
Figura 5 - Quantidade de modelos com mais de um fornecedor e fornecimento de emergência .....	47
Figura 6 - Probabilidade de reter o consumidor .....	50
Figura 7 - Comportamento do lucro .....	69



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Framework de estratégias de mitigação .....	22
Tabela 2 - Resumo da Literatura sobre fornecimento não confiável.....	31
Tabela 3 - Resumo da Literatura sobre fornecimento de emergência .....	37
Tabela 4 - Resumo da Literatura sobre fornecimento de emergência com preço e quantidade como variáveis de decisão .....	41
Tabela 5 - Resumo da Literatura sobre aversão ao risco e fornecimento de emergência.....	44
Tabela 6 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 1.....	70
Tabela 7 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o caso especial .....	72
Tabela 8 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 2.....	75
Tabela 9 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 3 com demanda aditiva .....	80
Tabela 10 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 3 com demanda multiplicativa.....	83

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	11
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	12
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	12
<b>1.2.1</b>	<i>Objetivo Geral</i>	12
<b>1.2.2</b>	<i>Objetivos Específicos</i>	12
<b>1.3</b>	<b>Metodologia de pesquisa</b>	13
<b>1.4</b>	<b>Estrutura do trabalho</b>	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	16
<b>2.1</b>	<b>Integração da Cadeia de Suprimentos</b>	16
<b>2.2</b>	<b>Risco na CS</b>	18
<b>2.2.1</b>	<i>Estratégias de mitigação de risco</i>	20
<b>2.2.2</b>	<i>Aversão ao risco</i>	23
<b>2.3</b>	<b>Decisões de compras na CS</b>	23
<b>2.4</b>	<i>Newsvendor</i>	24
<b>2.5</b>	<b>Considerações finais do capítulo</b>	26
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	27
<b>3.1</b>	<b>Fornecimento não confiável</b>	27
<b>3.2</b>	<b>Fornecimento de emergência</b>	34
<b>3.3</b>	<b>Preço e quantidade e fornecimento de emergência</b>	40
<b>3.4</b>	<b>Aversão ao risco e fornecimento de emergência</b>	43
<b>3.5</b>	<b>Discussão da literatura pesquisada</b>	45
<b>3.6</b>	<b>Considerações finais do capítulo</b>	48
<b>4</b>	<b>MODELOS DE DECISÃO</b>	49
<b>4.1</b>	<b>Modelo 1: Dois fornecedores não confiáveis e retenção de clientes</b>	49
<b>4.1.1</b>	<i>Caso Especial</i>	54
<b>4.2</b>	<b>Modelo 2: Dois fornecedores regulares não confiáveis e um fornecedor de emergência</b>	56
<b>4.3</b>	<b>Modelo 3: Um fornecedor regular, um fornecedor de emergência e aversão ao risco</b>	61
<b>4.3.1</b>	<i>Demanda Aditiva</i>	63
<b>4.3.2</b>	<i>Demanda Multiplicativa</i>	66

<b>4.4</b>	<b>Considerações finais do capítulo</b>	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO NUMÉRICO</b>	<b>69</b>
<b>5.1</b>	<b>Aplicação Numérica para o Modelo 1</b>	<b>69</b>
<i>5.1.1</i>	<i>Análise de Sensibilidade para o Modelo 1</i>	<i>70</i>
<i>5.1.2</i>	<i>Implicações Gerenciais</i>	<i>73</i>
<b>5.2</b>	<b>Aplicação Numérica para o Modelo 2</b>	<b>74</b>
<i>5.2.1</i>	<i>Análise de Sensibilidade para o Modelo 2</i>	<i>75</i>
<i>5.2.2</i>	<i>Implicações Gerenciais</i>	<i>77</i>
<b>5.3</b>	<b>Aplicação Numérica para o Modelo 3</b>	<b>79</b>
<i>5.3.1</i>	<i>Análise de Sensibilidade para o Modelo 3</i>	<i>79</i>
<i>5.3.2</i>	<i>Implicações Gerenciais</i>	<i>85</i>
<b>5.4</b>	<b>Considerações finais do capítulo</b>	<b>87</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO A - Resumo dos fatores de risco da cadeia de suprimentos</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão da cadeia de suprimentos vem se tornando cada vez mais importante no atual cenário competitivo e consiste em gerenciar estrategicamente diversos parâmetros como transportes, custos e estoques. Dentre as questões de gerenciamento de estoque, tem-se reconhecido que a função de compras pode ter um papel importante na busca de vantagem competitiva de uma organização (Luzzini *et al.*, 2014), uma vez que a aquisição de recursos, peças ou produtos de fornecedores é uma decisão estratégica (Chen *et al.*, 2014) e suas atividades demonstraram contribuir e influenciar criticamente o desempenho financeiro das empresas (Chen *et al.*, 2004).

Além disso, à medida que o mercado global se torna cada vez mais dinâmico, a incerteza na demanda por produtos aumenta assim como o grau de variabilidade da oferta, além da presença de restrições de capacidade, problemas de qualidade e rendimento aleatório (Sheffi & Rice, 2005). Neste sentido, os profissionais das cadeias de suprimentos de hoje têm que lidar com ambientes complexos e mercados turbulentos e, muitas vezes, são convidados a tomar decisões em condições de crescente incerteza (Ancarani *et al.*, 2016).

Outra questão importante é que com o rápido desenvolvimento da ciência e da tecnologia, o aumento da concorrência e a rápida mudança nas preferências dos consumidores, os ciclos de vida dos produtos têm se tornado cada vez mais curtos. Assim, nos últimos anos, muita atenção tem sido dada a questões importantes, como compras, dimensionamento de lotes e estoque no gerenciamento de operações para produtos perecíveis (Hu *et al.*, 2014), como produtos eletrônicos ou da indústria da moda, por exemplo. Entretanto, gerenciar produtos do tipo *newsvendor* é um desafio crítico devido aos seus altos riscos.

Em geral, o problema *newsvendor* consiste em encontrar a política ótima de pedido do comprador, de modo que o seu lucro esperado seja maximizado. Entretanto, devido aos riscos existentes na cadeia de suprimentos, pode haver falta ou excesso de produto em estoque favorecendo perdas de lucro consideráveis (Wang & Chen, 2015). Além disso, tal decisão é complexa para um decisor não treinado em modelagem analítica (Katok, 2011). Neste sentido, a aplicação de técnicas de pesquisa operacional para a decisão de compras no contexto *newsvendor* surge como uma ferramenta poderosa para fornecer uma vantagem competitiva,

visto que o gerenciamento de estoque para produtos perecíveis é crucial para o sucesso desse tipo de organização.

## 1.1 Justificativa

Apesar do aumento constante de pesquisas relacionadas à modelagem dos problemas de decisão no contexto *newsvendor*, ainda é possível identificar algumas lacunas na literatura que precisam ser melhor exploradas. Uma delas está relacionada à influência que a retenção de clientes pode ter na política ótima de pedidos, uma vez que a falta de produto no momento da venda pode levar à perda do cliente e, conseqüentemente, à redução do lucro.

Outra questão diz respeito à utilização de um pedido de emergência como uma forma de mitigar as conseqüências geradas pela incerteza relacionada ao risco de interrupção, considerando que este pedido de emergência também está sujeito à incerteza na sua capacidade. Outro *gap* que também precisa de maior atenção refere-se ao impacto que o perfil de risco do varejista, ou seja, sua atitude frente ao risco, pode ter na decisão ótima, considerando as incertezas relacionadas à demanda e ao pedido de emergência. Dessa forma, esta dissertação busca explorar estes problemas através da proposição de diferentes modelos de decisão a fim de amparar as decisões dos gerentes em suas cadeias de suprimentos.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral fornecer três modelos de decisão no âmbito do gerenciamento de estoque para produtos do tipo *newsvendor*. O Modelo 1 considera dois fornecedores não confiáveis e probabilidade de retenção de clientes associada ao *stockout*. O Modelo 2 contempla dois fornecedores regulares não confiáveis e fornecedor de emergência com capacidade aleatória. E, o Modelo 3 incorpora o perfil de risco do varejista em um problema com um fornecedor regular confiável e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória em que a demanda pode ter um caráter aditivo ou multiplicativo.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

A fim de alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos foram delineados:

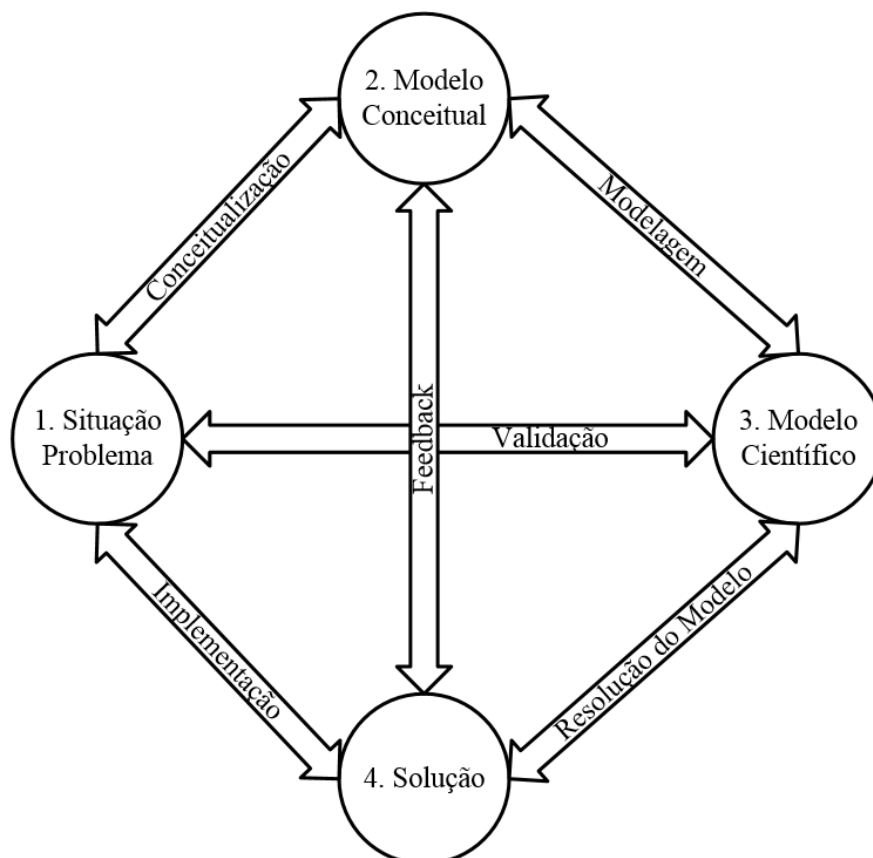
- Realizar uma revisão da literatura para identificar os *gaps*

- Analisar os *gaps* encontrados na literatura para determinar a sua viabilidade em um contexto de decisão
- Formular modelos matemáticos de forma a descrever os problemas de decisão

### 1.3 Metodologia de pesquisa

O método de pesquisa utilizado pode ser dividido em quatro passos principais nomeadamente Situação Problema, Modelo Conceitual, Modelo Científico e Solução conforme a Figura 1, a seguir.

Figura 1 - Metodologia utilizada na pesquisa



Fonte: Mitroff *et al.* (1974)

O ponto de partida consiste no vago reconhecimento ou sentimento de que um problema existe (Mitroff, 1977). Todos os aspectos do mundo real e percepções do pesquisador adquiridas através da observação sobre a situação problema são abordados. Nesta etapa, são identificados os dados e inputs iniciais que retratam a realidade e que servem de subsídio para

a conceitualização da problemática (Sagasti & Mitroff, 1973). Uma base conceitual (capítulo 2) assim como uma revisão da literatura (capítulo 3) foram utilizadas para entender as características relevantes do problema.

Em seguida, o modelo conceitual é definido. Ele reflete a “imagem mental” que o pesquisador tem sobre a situação problema, através de seu conhecimento, experiência ou de sua base científica. A existência desse *background* permite que ele estabeleça uma analogia com a problemática (Sagasti & Mitroff, 1973). De acordo com Landry *et al.* (1983), em certo sentido, o modelo conceitual é a forma como a situação problema é percebida pelo pesquisador. Então, ele identifica a estrutura do problema e decide quais aspectos são relevantes e quais são irrelevantes. Esta fase corresponde ao estágio de desenho do processo decisório e inclui etapas como a caracterização dos decisores, estabelecimento dos critérios de decisão e identificação dos objetivos (de Almeida, 2013). O modelo conceitual representa um outro grau de abstração da realidade e é capaz de gerar um ou mais modelos científicos (Sagasti & Mitroff, 1973).

Posteriormente, através da modelagem, é desenvolvido o modelo científico que compreende a representação formal da realidade e do modelo conceitual. Durante a modelagem, o pesquisador identifica as variáveis controláveis e não controláveis, utiliza um conjunto de símbolos juntamente com um conjunto de regras para manipulá-los (Sagasti & Mitroff, 1973). O modelo formal é uma tradução do modelo conceitual em símbolos matemáticos, ou em linguagens de computador, ou em ambos (Landry *et al.*, 1983). Após o estabelecimento do modelo científico o pesquisador é capaz de avaliar sua consistência interna, estabelecer seu grau de correspondência com a realidade e extrair uma solução dela (Sagasti & Mitroff, 1973). Os modelos científicos desenvolvidos nesta pesquisa estão descritos no capítulo 4.

Uma vez que o modelo científico é construído, o seu grau de correspondência com a realidade deve ser estabelecido. Esta relação, que liga o modelo científico à realidade, pode ser rotulada como validação (Sagasti & Mitroff, 1973). O processo de validação do modelo pode ser realizado através de uma análise de sensibilidade (de Almeida, 2013) que está exposta no capítulo 5.

A fase de solução pode ser considerada um *output* do processo de pesquisa que é obtido a partir do modelo científico, através da resolução do modelo, e constitui a base para as

recomendações que o pesquisador dá ao tomador de decisão (Sagasti & Mitroff, 1973). As recomendações podem ser encontradas no capítulo 5 sob a forma de implicações gerenciais.

A relação entre o modelo conceitual e a solução obtida a partir do modelo científico pode ser chamada de *feedback*, pois permite ao pesquisador testar a coerência e relevância das soluções obtidas contrastando-as com a conceitualização inicial do problema. Por fim, a implementação da solução pode ser considerada como a relação que liga a etapa de solução de volta à realidade (Sagasti & Mitroff, 1973). A implementação pode ser traduzida como a tomada de ação para a resolução do problema, porém esta fase não foi conduzida nesta pesquisa.

#### **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho apresenta a seguinte estrutura:

O Capítulo 1 é constituído por uma breve introdução do tema de pesquisa, objetivos gerais e específicos e metodologia utilizada para o desenvolvimento dos modelos de decisão.

O Capítulo 2 apresenta toda a base conceitual necessária para a compreensão da dissertação.

O Capítulo 3 fornece uma revisão das principais obras publicadas nos últimos dez anos na área de gerenciamento de estoques para produtos do tipo *newsvendor* envolvendo risco no fornecimento e aversão ao risco.

O Capítulo 4 descreve os modelos propostos e suas possíveis variantes.

O Capítulo 5 abrange os resultados e discussões dos modelos com ênfase na aplicação numérica, análise de sensibilidade e implicações gerenciais de cada um dos modelos desenvolvidos.

O Capítulo 6 é constituído pela conclusão da dissertação.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo visa dar um embasamento teórico para o tema em questão no que tange à integração da cadeia de suprimentos, risco no fornecimento da CS (cadeia de suprimentos) com suas estratégias de mitigação e aversão ao risco, assim como questões relacionadas às decisões de compras na CS e a problemática *Newsvendor*.

### 2.1 Integração da Cadeia de Suprimentos

O conceito de integração da cadeia de suprimentos pode ser definido como a coordenação inter e intraorganizacional e colaboração entre diferentes parceiros em uma cadeia de suprimentos (Flynn *et al.*, 2010; Wong *et al.*, 2011) onde as empresas executam e planejam suas operações para alcançar benefícios e objetivos mútuos (Cao *et al.*, 2010).

A integração da cadeia de suprimentos se manifesta em termos de integração de operações internas dentro de uma empresa, bem como integração externa com clientes e fornecedores (Ataseven & Nair, 2017). A integração interna visa integrar os departamentos funcionais de uma empresa em uma única entidade (Flynn *et al.*, 2010) entre eles compras, produção, logística, marketing e vendas. Essa integração facilita o compartilhamento de informações e recursos entre as funções internas permitindo o planejamento e tomada de decisões conjuntos (Chen & Paulraj, 2004; Antonio *et al.*, 2009; Flynn *et al.*, 2010; Wong *et al.*, 2011; Thoo *et al.*, 2017) para alcançar o objetivo comum de satisfazer os clientes com o menor custo (Boon-itt & Wong, 2011; Wong *et al.*, 2017). Como resultado, a integração interna melhora o desempenho da empresa como um todo (Lai *et al.*, 2004), assim como, a qualidade (Swink *et al.*, 2007), a flexibilidade do processo (Narasimhan *et al.*, 2010) e o desempenho de entrega (Wong *et al.*, 2011).

Por sua vez, a integração do fornecedor refere-se a atividades de coordenação, colaboração e compartilhamento de informações entre uma empresa focal e seus fornecedores chave, permitindo um planejamento e previsão mais eficazes e uma tomada de decisão conjunta (Petersen *et al.*, 2003; He *et al.*, 2014; Schoenherr & Swink, 2012) de forma a reduzir o risco de oferta, o estoque e os custos associados (Wong *et al.*, 2017) e contribuindo para o entendimento mútuo entre as empresas parceiras. A integração de fornecedores melhora o desempenho operacional nas formas de entrega mais confiável, maior qualidade e flexibilidade do produto (Ettlie & Reza, 1992; Frohlich & Westbrook, 2001; Rosenzweig *et*

*al.*, 2003; Scannell *et al.*, 2000; Wong *et al.*, 2011) além da redução de custos devido ao melhor planejamento da produção e menores níveis de estoques (Devaraj *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 1997; Scannell *et al.*, 2000; Wong *et al.*, 2015; Wong *et al.*, 2015)

A integração do cliente refere-se a atividades de coordenação, colaboração e compartilhamento de informações entre uma empresa focal e seus clientes permitindo uma resposta mais eficiente e efetiva às necessidades dos clientes (Schoenherr & Swink, 2012) e uma tomada de decisão conjunta de forma a melhorar a compreensão das necessidades do mercado. A integração de clientes pode resultar em ajustes mais adequados nos planos de produção, redução de custos, melhor qualidade do produto e flexibilidade do processo (Rosenzweig *et al.*, 2003; Scannell *et al.*, 2000; Wong *et al.*, 2011; Ettl & Reza, 1992; Frohlich & Westbrook, 2001)

Atualmente, a integração da cadeia de suprimentos tem sido reconhecida como um fator diferencial na construção e sustentação de vantagem competitiva (Chen *et al.*, 2017). As empresas integram-se internamente e externamente com o objetivo de estabelecer vínculos com os parceiros da cadeia de suprimentos para facilitar a coordenação das atividades da cadeia de suprimentos (Wong *et al.*, 2017). Entretanto, o grau de integração, tanto a montante como a jusante, difere consideravelmente entre as empresas, resultando em capacidades e desempenho diferenciados (Ataseven & Nair, 2017).

Para garantir uma cadeia de suprimentos eficaz e eficiente, os parceiros devem melhorar sistematicamente e estrategicamente a integração de operações relacionadas. Neste sentido, a colaboração, o compartilhamento de informações, a tomada de decisão conjunta e a coordenação são componentes críticos para promover a integração da cadeia de suprimentos (Ataseven & Nair, 2017). Esses fatores ajudam a alinhar os interesses de todas as empresas melhorando o desempenho geral da cadeia de suprimento (Lee, 2004).

Yunus e Tadisina (2016) argumentam que à medida que as empresas se integram com os demais membros da cadeia de suprimentos, mais informações são compartilhadas permitindo reduzir o efeito chicote, além de ocorrer uma redução nos custos bem como a solução de problemas de estoque através do trabalho conjunto com fornecedor e clientes-chaves e também uma melhoria no desenvolvimento de produtos e no nível de serviço proporcionado ao cliente.

## 2.2 Risco na CS

As cadeias de suprimento estão cada vez mais suscetíveis a vulnerabilidades e riscos devido a vários fatores incluindo a globalização do mercado, maior complexidade e competitividade, redução dos ciclos de vida dos produtos, tendência associada a gestão enxuta, demandas imprevisíveis, oferta incerta, dependência de fornecedores, além da ocorrência de desastres naturais como terremotos, inundações e furacões (Aqlan & Lam, 2015; Hachicha & Elmsalmi, 2014; Lavastre *et al.*, 2012). Riscos existem em qualquer empresa e quando ocorrem causam sérios problemas para as organizações bem como para as cadeias de suprimentos (Quang & Hara, 2017)

Risco na cadeia de suprimentos é um construto elusivo que possui uma variedade de significados (Jüttner *et al.*, 2003; Wagner & Bode, 2006; Bogataj & Bogataj, 2007; Kumar *et al.*, 2010) e classificações (Chopra & Sodhi, 2004; Jüttner *et al.*, 2003; Tang, 2006; Tang & Musa, 2011). Nesta dissertação iremos adotar a definição proposta por Ho *et al.* (2015) que definem o risco na cadeia de suprimentos como “a probabilidade e o impacto de eventos ou condições inesperadas de nível macro e/ou micro que influenciam negativamente qualquer parte de uma cadeia de suprimentos levando a falhas ou irregularidades de nível operacional, tático ou estratégico”.

Neste sentido, os riscos podem ser de dois tipos: macro riscos ou micro riscos. Os macro riscos são eventos ou fenômenos externos adversos e raros que podem afetar negativamente as empresas ou a cadeia de suprimentos, os quais incluem desastres naturais (por exemplo, terremotos e inundações) e riscos causados pelo homem (por exemplo, guerra e terrorismo). Por sua vez, os micro riscos referem-se a eventos relativamente repetitivos, derivados de atividades internas das empresas e/ou de relacionamentos entre os parceiros na cadeia de suprimentos. Estes riscos se subdividem em risco de demanda, risco de fabricação, risco de fornecimento e risco de infraestrutura (Ho *et al.*, 2015).

O risco de demanda é o desvio potencial entre a demanda prevista e a demanda real (Kumar *et al.*, 2010) e refere-se à variabilidade da demanda, alta concorrência no mercado, falência ou fragmentação do cliente entre outros (Gaudenzi & Borghesi, 2006; Manuj & Mentzer, 2008; Tuncel & Alpan, 2010). As grandes variações no pedido tornam mais difícil para os fabricantes prever a demanda o que aumenta este risco (Chen *et al.*, 2013). Já o risco de fornecimento está relacionado a eventos adversos nos parceiros à montante da cadeia de suprimentos que afetam o fluxo de bens em termos de tempo, qualidade e quantidade podendo

resultar em pedidos incompletos (Kumar *et al.*, 2010). Restrições de capacidade de produção, rendimento aleatório, falta de controle de qualidade, atraso no transporte e quebra de máquina são alguns dos fatores que podem afetar o desempenho dos fornecedores (Zsidisin & Ellram, 2003; Li *et al.*, 2017).

Segundo Ho *et al.* (2015), o risco de fabricação refere-se a eventos ou situações adversas dentro das empresas que afetam sua capacidade interna de produzir bens e serviços, assim como a qualidade e pontualidade de produção e também sua rentabilidade. Por fim, qualquer evento que afete os sistemas de tecnologia da informação, financeiro ou de transporte são considerados riscos de infraestrutura (Ho *et al.*, 2015). Para cada tipo de risco existem diversos fatores de risco, que são eventos e situações que geram um tipo de risco específico (Ho *et al.*, 2015). Entretanto, diferentes tipos de risco tem diferentes níveis de impacto negativo em nível operacional, tático ou estratégico, assim como, diferentes fatores de risco dentro do mesmo tipo de risco também tem diferentes níveis de impacto negativo (Ho *et al.*, 2015). Os fatores de risco estão resumidos no Anexo A.

Os riscos na cadeia de suprimentos podem afetar o desempenho operacional, comercial e financeiro das empresas (Narasimhan & Talluri, 2009), além de causar danos à imagem corporativa e à segurança e saúde (Jüttner *et al.*, 2003; Sreedevi & Saranga, 2017). Diversos relatos na literatura ilustram o impacto causado por riscos na performance de uma cadeia de suprimentos.

Em março de 2000, um relâmpago atingiu um cabo de energia em Albuquerque no Novo México, provocando um incêndio em uma fábrica local de propriedade da Royal Philips Electronics e danificando milhões de microchips. A Nokia Corporation, um dos principais clientes da fábrica, foi obrigada a mudar seus pedidos de chips para outras fábricas da Philips, bem como para outros fornecedores japoneses e americanos. Por outro lado, a Ericsson, outro cliente da Philips, interrompeu a sua produção por meses pelo fato de que empregava uma política de *single-sourcing*, perdendo US\$400 milhões em vendas (Chopra & Sodhi, 2004). Em 2010, o vulcão Eyjafjallajökull na Islândia afetou o transporte na maior parte da Europa. As cadeias de suprimentos foram interrompidas, pois o transporte (logística) é fundamental para interligar as instalações de produção nas cadeias de suprimento (Olson & Swenseth, 2014).

Em janeiro de 2011, a Volkswagen teve que parar a produção como resultado da escassez de motor e outras partes em virtude da crescente demanda na China e nos EUA

(Olson & Swenseth, 2014). Também em 2011, as cadeias globais de suprimentos automotivo e eletrônico sofreram graves interrupções após o terremoto, o tsunami e a subsequente crise nuclear no Japão (Wang *et al.*, 2017). A devastação física e a perda de 20% da rede elétrica do país devido a paradas de energia nuclear fizeram com que a produção da Toyota caísse em 40 mil veículos, custando cerca de US\$ 72 milhões em lucros diariamente (Pettit *et al.*, 2013). Organizações como a Samsung, a Ford Motor Company e a Boeing tiveram sua produção interrompida devido à falta de componentes importantes do Japão (Olson & Swenseth, 2014).

Assim, percebe-se que os riscos são inerentes às cadeias de suprimentos e a capacidade de gerenciar riscos é um aspecto primordial que distingue as cadeias de suprimentos bem-sucedidas de outras (Rajesh & Ravi, 2017). Neste sentido, para que uma cadeia de suprimentos realize um gerenciamento de riscos com êxito é necessário identificar, avaliar, mitigar e monitorar os riscos continuamente.

### **2.2.1 Estratégias de mitigação de risco**

A presença de diferentes tipos de riscos representa um desafio constante para a cadeia de suprimentos, dessa forma, os gerentes devem identificar os possíveis riscos, prever os possíveis resultados e escolher a estratégia de mitigação adequada para cada tipo de risco Mohammaddust *et al.* (2017), visto que não existe uma estratégia única para proteger as cadeias de suprimentos contra riscos (Chopra & Sodhi 2004). Geralmente, os gerentes levam em conta diversos fatores na definição das estratégias adequadas de mitigação tais como a natureza do risco, a origem do risco e os recursos da empresa (Aqlan & Lam, 2016).

Tang & Tomlin (2008) afirmam que existem duas medidas comuns de risco: a probabilidade de ocorrência e as suas implicações negativas. Assim, as estratégias de gerenciamento de riscos geralmente são divididas em ações que são proativas ou reativas. As estratégias proativas buscam diminuir a probabilidade de ocorrência de um risco indesejável através da implementação de medidas preventivas, por sua vez, as estratégias reativas procuram reduzir as consequências de eventos indesejáveis através de ações corretivas (Bahroun & Harbi, 2015). Deste modo, enquanto as estratégias reativas implicam a realização de ações após a ocorrência de um incidente, as estratégias proativas estão relacionadas a ações tomadas com antecedência para mitigar os riscos antes de surgirem.

Tang (2006) apresentou nove estratégias para mitigar os riscos antes, durante e após uma grande interrupção. As estratégias são *postponement*, estoque estratégico, base flexível

de fornecedores, *make-and-buy*, incentivos econômicos aos fornecedores, transporte flexível, gerenciamento de receita através de preços dinâmicos e promoção, planejamento de sortimento dinâmico e lançamento silencioso de produtos.

Tang & Tomlin (2008) propuseram estratégias de mitigação de riscos relacionados a eventos associados aos riscos de fornecimento, de processo e de demanda. Fornecimento flexível através de múltiplos fornecedores e através de contratos de fornecimento flexíveis foram propostos para mitigar reduzir as implicações negativas de riscos relacionados ao fornecimento. Processo flexível através de um processo de fabricação flexível (ou recursos) para reduzir a consequência do risco de processo. Produto flexível via *postponement* e preços flexíveis através de precificação responsiva para diminuir o impacto associado aos riscos de demanda.

Kilubi (2016) identificaram oito estratégias de mitigação de riscos na cadeia de suprimentos mais citadas na literatura entre 2000 e 2015, são elas visibilidade e transparência (por exemplo, compartilhamento de informações e comunicação), flexibilidade, relacionamento e parcerias, *postponement*, fornecimento múltiplo e contratos flexíveis, redundância (inventário), colaboração, e planejamento e coordenação conjunta.

Um *framework* (Tabela 1) de estratégias de mitigação de riscos na cadeia de suprimentos foi sugerido por Kilubi (2016). O *framework* agrupa as várias estratégias em proativas e reativas e as classifica de acordo com os diferentes tipos de cadeia de suprimentos, ou seja, os tipos I, II, III e IV, considerando os riscos de fornecimento e de demanda.

A cadeia de suprimentos do tipo I tem o objetivo de reagir de forma flexível às variações na demanda, através de redundâncias e estoque de segurança por exemplo. Assim, uma CS do tipo I possui altos níveis de exposição ao risco de demanda e baixos níveis de exposição ao risco de fornecimento. Cadeias de suprimentos do tipo II sofrem constantemente com alterações de pedidos e muitos fornecedores são independentes e limitados o que obriga as empresas a investir em seus ativos e capacidades, qualidade, confiabilidade de entrega e serviço pós-venda. Consequentemente, esse tipo de cadeia possui elevados níveis de exposição aos riscos de demanda e de fornecimento (Kilubi, 2016).

Contrariamente, uma cadeia de suprimentos do tipo III frequentemente enfrenta riscos na confiabilidade de entrega e no tempo de ciclo do fornecedor para a produção, assim, esse tipo de CS é altamente exposta aos riscos de fornecimento, mas pouco aos riscos de demanda. Por fim, cadeias de suprimentos do tipo IV são caracterizadas por demanda constante e

previsível, longos ciclos de vida do produto, menor receita líquida e base de fornecedores bem consolidada. Portanto, esse tipo de CS possui baixo nível de exposição aos riscos de demanda e fornecimento (Kilubi, 2016).

Tabela 1 - Framework de estratégias de mitigação

		Risco de Demanda	
		Baixo	Alto
Risco de Fornecimento	Baixo	<p><b>CS tipo IV</b></p> <p><b>Estratégia Proativa</b></p> <p>Visibilidade e Transparência, Relacionamento e Parcerias</p>	<p><b>CS tipo I</b></p> <p><b>Estratégia Reativa</b></p> <p><i>Postponement</i>, Visibilidade e Transparência, Redundância (inventário), Fornecimento múltiplo e Contratos flexíveis, Colaboração, Flexibilidade</p>
	Alto	<p><b>CS tipo III</b></p> <p><b>Estratégia Proativa</b></p> <p>Planejamento e coordenação conjunta, Redundância (inventário), Visibilidade e Transparência</p>	<p><b>CS tipo II</b></p> <p><b>Estratégia Reativa</b></p> <p>Flexibilidade, <i>Postponement</i>, Visibilidade e Transparência, Fornecimento múltiplo e Contratos flexíveis, Redundância (inventário), Colaboração</p>

Fonte: Kilubi (2016)

A estratégia reativa é apropriada para lidar com os riscos internos e de fornecimento enquanto que a proativa deve ser aplicada para os riscos externos e de demanda. Percebe-se que visibilidade e transparência devem ser utilizadas em qualquer situação. De fato, o compartilhamento de informações é um fator fundamental para o gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos, representando o ponto de partida para o combate às incertezas (Kilubi, 2016).

### 2.2.2 Aversão ao risco

A aversão ao risco é amplamente reconhecida na literatura de gerenciamento da cadeia de suprimentos como um fator significativo que afeta a tomada de decisões (Chernonog & Kogan, 2014). Na prática, os tomadores de decisão podem ter diferentes atitudes em relação ao risco. Tradicionalmente, a literatura acadêmica considera que o comprador é neutro em termos de risco e a tomada de decisão envolve tão somente maximizar o lucro ou minimizar o custo (Ray & Jenamani, 2016b). Entretanto, esse pressuposto de neutralidade de risco é inadequado em virtude do ambiente operacional complexo e incerto de hoje, especialmente para cadeia de suprimentos que são suscetíveis a várias formas de interrupção (Shu *et al.*, 2015). Algumas empresas preferem sacrificar alguns dos seus benefícios a fim de evitar a ocorrência de riscos (Liu *et al.*, 2016).

Neste sentido, o comportamento de aversão ao risco é explicitamente considerado pelos tomadores de decisão em situações incertas (Zheng *et al.*, 2017). Na realidade, os decisores não estão apenas preocupados em alcançar o lucro máximo, mas também esperam lucrar quando o risco é pequeno, ou seja, eles possuem diferentes níveis de aversão ao risco (Juanjuan *et al.*, 2017). Assim, a tomada de decisão depende do comportamento do decisor em relação ao risco ao fazer um trade-off entre maximizar o lucro e minimizar o risco (Ray & Jenamani, 2016b).

A aversão ao risco representa o comportamento do tomador de decisão para tentar reduzir o impacto negativo da incerteza (Zheng *et al.*, 2017). Entretanto, a aversão ao risco afeta em grande parte a cadeia de suprimentos, como a quantidade de pedidos (Xiao & Yang, 2009), o preço de varejo e nível ótimo de serviço (Xiao & Yang, 2008) ou poder de barganha (Ma *et al.*, 2012), além de afetar a capacidade de realização da coordenação da cadeia (Wang *et al.*, 2017).

## 2.3 Decisões de compras na CS

A compra, também denominada aquisição em algumas organizações, é responsável por obter os materiais, peças, suprimentos e serviços necessários para produzir um produto ou fornecer um serviço (Joyce, 2006), desempenhando um papel estratégico fundamental na gestão da cadeia de suprimentos (Cooper & Ellram, 1993; Ellram & Carr, 1994; Chen *et al.*, 2004; Barney, 2012). Segundo Joyce (2006), mais de 60% do custo de produtos acabados vem de peças e materiais comprados e esse percentual pode exceder 90% para empresas de varejo



e atacado. Isto reflete porque a compra está se tornando uma das áreas de decisão mais importantes e estratégicas da cadeia de suprimentos.

O gerenciamento de compras afeta não somente o desempenho operacional como também financeiro (Das & Narasimhan, 2000; Carr & Pearson, 2002; Ellram *et al.*, 2002) e seus principais benefícios incluem a redução de custos, melhorias na qualidade de bens e serviços ou inovações em cooperação com fornecedores (Das & Narasimhan, 2000). Além disso, a compra é um importante elo entre fornecedores externos e clientes organizacionais internos no que concerne à criação e entrega de valor a clientes externos (Novack & Simco, 1991).

O comprador, como principal empresa da cadeia de suprimentos de compras, deve responder oportunamente à demanda do mercado ao mesmo tempo em que deve estabelecer parcerias estratégicas com os fornecedores (Gao & Kai, 2008). Neste sentido, a definição de estratégias de compras adequadas é importante para as empresas, uma vez que tais estratégias impactam o seu desempenho e podem fornecer vantagem competitiva. No entanto, para atingir este potencial competitivo, as decisões e atividades de compras devem estar alinhadas com os objetivos estratégicos gerais da organização (Baier *et al.*, 2008). Assim, é muito importante entender como os agentes de compras tomam decisões operacionais no contexto da cadeia suprimentos (Yoo *et al.*, 2017).

De acordo com Joyce (2006), o ciclo de compras envolve a requisição de compras, a seleção de fornecedores, a realização de pedido junto aos fornecedores assim como o monitoramento e recebimento dos pedidos. Uma gestão eficaz e eficiente das atividades de compras e fornecimento permitiu que muitas empresas globais como Zara, Nokia, HP, Dell e Wal-Mart se tornassem líderes em suas cadeias de suprimentos (Saranga & Moser, 2010).

#### **2.4 Newsvendor**

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 & 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 & 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.

Uma forma de mitigar as consequências geradas pelo risco de interrupção é a consideração de um fornecedor de emergência que é acionado quando a demanda realizada durante a temporada de vendas excede a quantidade pedida anteriormente. Entretanto, pelo fato do pedido ser entregue em um menor *lead time* normalmente maior é o preço de compra

do fornecedor de emergência, dessa forma, o varejista deve considerar o custo-benefício em realizar um pedido junto ao fornecedor de emergência.

O clássico modelo *newsvendor* assume que os gerentes determinam uma quantidade de pedidos para maximizar o lucro esperado do varejista sob a hipótese de neutralidade ao risco (Wu *et al.*, 2013a). No entanto, na realidade, as cadeias de suprimentos estão cada vez mais vulneráveis a incertezas. Com isso, além do lucro esperado, os gerentes se concentram mais no risco ou na perda potencial (Wu *et al.*, 2014). Neste sentido, para explorar as decisões da problemática *newsvendor* considerando aversão ao risco, pode-se empregar diferentes medidas, tais como, função utilidade, média-variância, valor em risco (VaR) e valor em risco condicional (CVaR) (Chiu & Choi, 2010). Outra maneira de integrar a aversão ao risco é estabelecer um nível de serviço mínimo (Ray & Jenamani, 2016a).

## 2.5 Considerações finais do capítulo

Este capítulo teve fundamental valor no que se refere aos conceitos e termos apresentados, uma vez que estes permitem uma melhor compreensão do trabalho. O capítulo enfatizou a importância da integração da cadeia de suprimentos, corroborando o fato de que as decisões tomadas devem estar alinhadas por toda a cadeia. Também foi visto os diferentes tipos de riscos aos quais as cadeias de suprimentos estão sujeitas e suas possíveis estratégias de mitigação, evidenciando a necessidade de modelos de decisão que contemplem estas ameaças. Além disso, o capítulo também mostrou que um varejista pode ter outros comportamentos perante o risco que não a neutralidade.

Outra questão abordada foi a importância que as decisões de compras exercem nas cadeias de suprimentos, confirmando que se trata de uma área estratégica para as empresas. Por fim, o capítulo elucidou o problema *newsvendor* e algumas de suas possíveis extensões. Todo o conteúdo explanado se mostrou essencial à revisão da literatura apresentada no próximo capítulo, principalmente no que concerne ao estado da arte.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo busca descrever as principais contribuições da literatura nos últimos dez anos em relação a modelos de decisão no contexto *newsvendor* considerando fornecimento não confiáveis, aversão ao risco, preço e quantidade e fornecimento de emergência. 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.

#### 3.1 Fornecimento não confiável

A maioria dos trabalhos que envolvem fornecimento não confiável considera a capacidade ou o rendimento do fornecedor uma variável aleatória ou limitado por uma restrição do problema. Também é possível encontrar artigos em que a disponibilidade do fornecedor é representada por uma variável aleatória ou probabilidade.

Rekik *et al.* (2007) consideraram o problema *newsvendor* com demanda aleatória e um fornecedor com rendimento aleatório sob a hipótese de que a quantidade pedida (ou produzida) é uma variável aleatória e que o erro na quantidade recebida pode ter um caráter aditivo ou multiplicativo. Grasman *et al.* (2007) estudaram o problema *newsvendor* com demanda aleatória e um fornecedor não confiável de rendimento aleatório para distribuições gerais, em seguida, consideraram o caso do rendimento aleatório multiplicativo. Keren (2009) abordou o problema de período único com demanda determinística e fornecimentos com rendimento Uniforme aditivo e multiplicativo para determinar a quantidade de produção ideal. Li *et al.* (2012) estendeu o problema de Keren (2009) considerando uma distribuição generalizada para o rendimento aleatório. Käki *et al.* (2013) consideraram uma demanda Uniforme e um fornecedor não confiável com rendimento Uniforme multiplicativo, porém derivaram a quantidade ótima de pedido levando em consideração uma interdependência entre a demanda e o fornecimento. Em seguida, o modelo foi estendido considerando aversão ao risco sob a abordagem do valor em risco condicional.

He & Zhang (2008) propuseram vários contratos de compartilhamento de risco considerando um fornecedor e um varejista em que o fornecimento tem rendimento aleatório e a demanda é incerta. Liu *et al.* (2010) consideraram os efeitos da incerteza do fornecimento no desempenho da empresa sob a decisão conjunta de marketing e estoque.

Güler & Bilgic (2009) consideraram um sistema de montagem descentralizado no qual a demanda do cliente e o rendimento de  $N$  fornecedores são aleatórios. Burke *et al.* (2009) abordaram o problema *newsvendor* com demanda aleatória e múltiplos fornecedores não confiáveis com rendimento estocástico multiplicativo. Park & Lee (2016) desenvolveram uma modelagem *newsvendor* para múltiplos fornecedores não confiáveis em que os rendimentos são aleatórios e multiplicativos frente a uma demanda incerta. Usando a média e a covariância para representar o rendimento aleatório, a abordagem busca encontrar uma solução independente de uma distribuição específica. 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 em um problema que considera uma cadeia de suprimentos com dois fornecedores regulares, um dos quais é aleatoriamente disponível de acordo com um processo de Bernoulli. Em seguida, o modelo foi estendido para considerar o preço de venda como uma variável de decisão. Chopra *et al.* (2007) examinaram um modelo com demanda determinística e dois fornecedores, um confiável e outro sujeito a rendimento aleatório 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. Tang *et al.* (2012) abordaram uma estratégia de preços dinâmicos para o problema *newsvendor* com rendimento aleatório e demanda determinística/aleatória.

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. Wang *et al.* (2017) estenderam o trabalho de Okyay *et al.* (2014) considerando a aversão ao risco sob as abordagens dos critérios de valor em risco e valor em risco condicional. Okyay *et al.* (2015) estudaram o problema *newsvendor* na presença de incerteza na demanda e no rendimento e capacidade do fornecimento admitindo que a aleatoriedade da demanda e do fornecimento está correlacionada com os mercados financeiros. O problema de decisão inclui não apenas a determinação da política de pedidos ideal, mas também a seleção do portfólio financeiro ideal. Sayin *et al.* (2014) consideraram um problema similar sob uma abordagem baseada na utilidade.

Li *et al.* (2015) desenvolveram um modelo *newsvendor* para uma cadeia de suprimentos com demanda aleatória e um fornecedor com capacidade estocástica levando em consideração que o preço é dependente da capacidade.

Federgruen & Yang (2008), Yang *et al.* (2007) e Merzifonluoglu & Feng (2014) desenvolveram modelos para um problema de seleção de fornecedores e alocação de pedidos dentro do contexto *newsvendor* cuja demanda para um único item é incerta e que pode ser obtido por múltiplos fornecedores com rendimentos aleatórios. Enquanto Yang, *et al.* (2007) buscaram maximizar o lucro total, Federgruen & Yang (2008) buscaram minimizar o custo total assegurando que a demanda é atendida com uma certa probabilidade. Já Merzifonluoglu & Feng (2014) tiveram como objetivo maximizar o lucro total sujeito a restrições de capacidade para os fornecedores além de considerar a presença de um custo fixo de pedido para cada fornecedor. Tomlin (2009) considerou um problema com dois produtos em que a demanda é incerta e os fornecedores estão sujeitos a falhas.

Masih-Tehrani *et al.* (2011) estudaram uma cadeia de suprimentos de duas camadas, na presença de múltiplos fornecedores não confiáveis e sob a incerteza na 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 assumindo que a demanda depende dos preços em ambos os canais. O fornecedor mais barato fornece produtos através de um canal duplo que inclui um canal direto e um canal de varejo o qual pode sofrer uma interrupção com certa probabilidade; o outro fornecedor é confiável, mais caro e fornece produtos somente através do varejista.

Tang & Yin (2007) formularam um problema *newsvendor* com demanda linear dependente do preço e fornecimento com rendimento estocástico e analisaram duas políticas, uma em que o preço e a quantidade pedida são definidos antes da realização do fornecimento aleatório e a segunda em que primeiro é definida a quantidade pedida e após a realização do fornecimento aleatório o preço é definido. Surti *et al.* (2013) integrou a decisão de estoque e preço em uma cadeia de suprimentos com demanda estocástica aditiva ou multiplicativa e fornecimento com rendimento aleatório multiplicativo.

Wu *et al.* (2013) estudaram o efeito da incerteza da capacidade sobre um decisor averso ao risco em que dois critérios de risco foram considerados, critérios de valor em risco (VaR) e valor em risco condicional (CVaR) como uma restrição para maximizar o lucro

esperado do varejista. 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. Baseados em uma função utilidade, Shu *et al.* (2015) modelaram o problema *newsvendor* para um varejista averso ao risco na presença de uma demanda estocástica e fornecimento não confiável em que apenas uma parte do pedido é entregue de acordo com uma distribuição Uniforme. Liu *et al.* (2014) estudaram uma cadeia de suprimentos com um varejista averso à perda e um fornecedor com rendimento aleatório multiplicativo, onde o objetivo do varejista era maximizar sua utilidade esperada frente a uma demanda estocástica considerando dois cenários, com e sem custo da falta de estoque. Kazaz & Webster (2015) consideraram um varejista averso ao risco em um problema de determinação de preço e estoque em que o fornecimento tem rendimento aleatório uniforme a fim de maximizar sua função utilidade.

Xanthopoulos *et al.* (2012) consideraram dois fornecedores não confiáveis sujeitos a uma probabilidade de interrupção e que apenas uma percentagem do pedido é entregue, dentro de uma estrutura *newsvendor* com demanda aleatória de clientes. Em seguida, consideraram aversão ao risco introduzindo uma restrição de nível de serviço. Ray & Jenamani (2013) estenderam o modelo considerando múltiplos fornecedores não confiáveis com restrições de capacidade para modelar a aversão ao risco. Ray & Jenamani (2016b) também estenderam o mesmo modelo para múltiplos fornecedores não confiáveis sem restrições de capacidade com um varejista neutro ao risco e averso ao risco através de uma restrição de nível de serviço. Ray & Jenamani (2016a) introduziram uma abordagem de média-variância para considerar a aversão ao risco no mesmo problema sem restrições de capacidade.

A Tabela 2 contém um resumo dos principais trabalhos sobre fornecimento não confiável dentro da problemática *Newsvendor* publicados nos últimos dez anos.

Tabela 2 - Resumo da Literatura sobre fornecimento não confiável

Artigo	Ano	Risco no fornecimento	Demanda	Mais de um fornecedor	Aversão ao Risco	Objetivo	Variáveis de decisão
Rekik <i>et al.</i>	2007	Rendimento Uniforme e Normal aditivo e multiplicativo	Uniforme e Normal	Não	Não	Custo	Quantidade do pedido
Grasman <i>et al.</i>	2007	Distribuição aleatória geral Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória	Não	Não	Custo	Quantidade do pedido
Dada <i>et al.</i>	2007	Rendimento ou Capacidade aleatória	Aleatória	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Chopra <i>et al.</i>	2007	Disponibilidade (probabilidade) Rendimento aleatório	Determinística	Sim	Não	Custo	Quantidade do pedido
Yang <i>et al.</i>	2007	Rendimento aleatório	Aleatória	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Tang & Yin	2007	Rendimento aleatório multiplicativo	Função linear do preço	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido e preço de venda
He & Zhang	2008	Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Serel	2008	Disponibilidade (Bernoulli)	Aleatória	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido e preço de venda
Federgruen & Yang	2008	Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória	Sim	Não	Custo	Quantidade do pedido
Keren	2009	Rendimento Uniforme aditivo e multiplicativo	Determinística	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Güler & Bilgic	2009	Rendimento aleatório	Aleatória	Sim	Não	Lucro	Quantidade do



Artigo	Ano	Risco no fornecimento	Demanda	Mais de um fornecedor	Aversão ao Risco	Objetivo	Variáveis de decisão
		multiplicativo					pedido
Burke <i>et al.</i>	2009	Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Tomlin	2009	Disponibilidade (probabilidade)	Aleatória	Sim	Sim	Utilidade	Quantidade do pedido
Liu <i>et al.</i>	2010	Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória multiplicativa	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Masih-Tehrani <i>et al.</i>	2011	Capacidade aleatória	Aleatória	Sim	Não	Custo	Quantidade do pedido
Giri	2011	Rendimento Normal	Determinística	Sim	Sim	Utilidade	Quantidade do pedido
Li <i>et al.</i>	2012	Rendimento aleatório aditivo e multiplicativo	Determinística	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Tang <i>et al.</i>	2012	Rendimento aleatório	Aleatória e Determinística	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido e preço de venda
Xanthopoulos <i>et al.</i>	2012	Disponibilidade (probabilidade) Rendimento (porcentagem)	Aleatória	Sim	Sim	Lucro	Quantidade do pedido
Käki <i>et al.</i>	2013	Rendimento Uniforme multiplicativo	Uniforme	Não	Sim	Lucro CVaR	Quantidade do pedido
Surti <i>et al.</i>	2013	Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória aditiva	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido e preço de venda
Wu <i>et al.</i>	2013	Capacidade aleatória	Aleatória	Não	Sim	Lucro	Quantidade do pedido
Ray & Jenamani	2013	Disponibilidade (probabilidade) Rendimento (porcentagem) Restrições de capacidade	Aleatória	Sim	Sim	Lucro	Quantidade do pedido
Merzifonluoglu & Feng	2014	Rendimento Normal multiplicativo Restrição de capacidade	Normal	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido

Artigo	Ano	Risco no fornecimento	Demanda	Mais de um fornecedor	Aversão ao Risco	Objetivo	Variáveis de decisão
Okayay <i>et al.</i>	2014	Rendimento aleatório multiplicativo e/ou Capacidade aleatória	Aleatória	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Sayin <i>et al.</i>	2014	Rendimento aleatório multiplicativo e Capacidade aleatória	Aleatória	Não	Sim	Utilidade	Quantidade do pedido
Liu <i>et al.</i>	2014	Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória	Não	Sim	Utilidade	Quantidade do pedido
Okayay <i>et al.</i>	2015	Rendimento aleatório multiplicativo e Capacidade aleatória	Aleatória	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Li <i>et al.</i>	2015	Capacidade aleatória	Aleatória	Não	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Shu <i>et al.</i>	2015	Rendimento Uniforme	Aleatória	Não	Sim	Utilidade	Quantidade do pedido
Kazaz & Webster	2015	Rendimento Uniforme multiplicativo	Dependente do preço aditiva ou multiplicativa Uniforme	Não	Sim	Utilidade	Quantidade do pedido e preço de venda
Park & Lee	2016	Rendimento aleatório multiplicativo	Aleatória	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Zhu <i>et al.</i>	2016	Disponibilidade (probabilidade)	Aleatória	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Ray & Jenamani	2016b	Disponibilidade (probabilidade) Rendimento (porcentagem)	Aleatória	Sim	Sim	Lucro	Quantidade do pedido
Ray & Jenamani	2016a	Disponibilidade (probabilidade) Rendimento (porcentagem)	Aleatória	Sim	Sim	Lucro e Variância	Quantidade do pedido

Fonte: A Autora (2017)

### 3.2 Fornecimento de emergência

Serel (2008) integrou a decisão de estoque em um problema que considera uma cadeia de suprimentos em que o fornecedor de emergência é aleatoriamente disponível de acordo com um processo de Bernoulli. Lodree *et al.* (2008) propuseram uma variação para o problema *newsvendor* em que o preço de compra do fornecedor de emergência envolve um custo de pedido associado a um *lead time* de entrega variável e um custo de espera (pelo cliente) não-linear. Além disso, os pedidos feitos ao fornecedor de emergência podem ser entregues aos clientes em entregas parciais. Em seguida, o modelo foi estendido introduzindo custos de transporte que são proporcionais ao número de embarques utilizados para atender a demanda em falta. Lee & Lodree (2010) estudaram um modelo semelhante, mas investigaram diferentes funções de taxa de atraso decrescente.

Fu *et al.* (2013) abordaram o modelo *newsvendor* com apenas um fornecedor regular e múltiplos fornecedores de emergência em que o preço de compra é decrescente com o *lead time* de entrega. Qing-Guo & Meng (2008) consideraram o problema *newsvendor* com um pedido de emergência que é realizado quando o varejista prevê que a demanda não vai ser atendida pelo pedido regular, porém os produtos vendidos durante a temporada de vendas podem ser devolvidos para o varejista a um custo de coleta pago pelo próprio varejista, estes produtos devolvidos podem ser revendidos ainda durante a temporada de vendas.

A fim de maximizar o lucro total frente a uma demanda aleatória, Zheng *et al.* (2015) consideraram que o pedido feito ao fornecedor de emergência antes da temporada de vendas é baseado em uma previsão de demanda atualizada e restringido por uma quantidade máxima permitida. Merzifonluoglu (2015a) considerou múltiplos fornecedores (primários) com rendimento aleatório multiplicativo, sujeitos a limitações de capacidade para o pedido regular e um fornecedor de emergência que está sujeito à capacidade reservada previamente e que pode ser utilizado depois de o risco dos fornecedores primários e a demanda aleatória do cliente terem sido monitorados. Saghafian & Van Oyen (2012) também desenvolveram um modelo semelhante considerando dois tipos de produtos e dois fornecedores dedicados (tudo ou nada). Merzifonluoglu (2015b) considerou múltiplos fornecedores regulares com rendimento aleatório multiplicativo e um pedido de emergência que pode ser adquirido ou de múltiplos fornecedores sujeito à capacidade reservada previamente (contrato de opção) ou do mercado à vista que não exige reserva antecipada, mas que possui um preço de compra normalmente distribuído. Merzifonluoglu (2016) considerou um fornecedor regular e um

pedido de emergência que pode ser adquirido ou de um fornecedor sujeito à capacidade reservada previamente (contrato de opção) ou do mercado à vista que não exige reserva antecipada, mas que possui um preço de compra normalmente distribuído.

Ledari *et al.* (2018) investigaram o problema *newsvendor* com demanda aleatória e dois fornecedores (distribuidores) com capacidade limitada e sujeitos a interrupção com uma probabilidade  $p_i$ . Quando os distribuidores não podem fornecer a quantidade pedida total, um pedido de emergência é realizado diretamente ao fabricante por um preço mais alto considerando um problema sujeito a uma restrição orçamentária, de capacidade e de nível de serviço.

Pando *et al.* (2013) assume que o comportamento dos clientes depende da magnitude da falta de estoque e apenas uma fração variável da falta de estoque é satisfeita com o pedido de emergência. Esta fração da demanda, que é atendida pelo pedido de emergência, é descrita por uma função de taxa de atraso geral que não aumenta em relação à demanda insatisfeita e que modela a paciência dos clientes. Zhou & Wang (2009) também consideraram que apenas uma fração da falta de estoque é satisfeita através do pedido de emergência, entretanto, tanto o fabricante como o comprador compartilham o custo de *setup* do segundo pedido.

Taaffe *et al.* (2008a) abordaram um problema *newsvendor* seletivo em que um varejista vende um produto a vários mercados e deve selecionar os mercados que irá atender assim como a quantidade de pedido para maximizar o lucro esperado do varejista considerando esforços de marketing. A falta de estoque é satisfeita por um pedido de emergência ao final da temporada de vendas. Taaffe *et al.* (2008b) estenderam o problema *newsvendor* seletivo considerando que a demanda de cada mercado segue uma distribuição de Bernoulli sem esforços de marketing. Chahar & Taaffe (2009) também abordaram um problema *newsvendor* seletivo em que um varejista vende um produto a vários mercados e deve selecionar os mercados que irá atender assim como a quantidade de pedido para maximizar o lucro esperado do varejista considerando que a demanda de cada mercado segue uma distribuição de Bernoulli. Lin & Ng (2011) aplicaram técnicas robustas de otimização no caso de informações limitadas sobre a distribuição de probabilidade da demanda do mercado dentro da abordagem *newsvendor* seletivo. Abdel-Aal *et al.* (2017) também consideraram um problema *newsvendor* seletivo em que um varejista vende vários produtos a vários mercados em três cenários: entrada no mercado flexível, total e parcial além de restrições de nível de serviço.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos principais trabalhos sobre fornecimento de emergência dentro da problemática *Newsvendor* publicados nos últimos dez anos.

Tabela 3 - Resumo da Literatura sobre fornecimento de emergência

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Risco no fornecimento</b>	<b>Demanda</b>	<b>Mais de um fornecedor</b>	<b>Fornecimento de Emergência</b>	<b>Aversão ao Risco</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variáveis de decisão</b>
Serel	2008	Disponibilidade (Bernoulli)	Aleatória	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Lodree <i>et al.</i>	2008	Não	Exponencial e Uniforme	Não	Sim	Não	Custo	Quantidade do pedido e preço de venda
Qing-Guo & Meng	2008	Não	Normal	Não	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Taaffe <i>et al.</i>	2008a	Não	Normal	Não	Sim	Não	Lucro	Seleção de Mercado Quantidade do pedido
Taaffe <i>et al.</i>	2008b	Não	Bernoulli	Sim	Sim	Não	Lucro	Seleção de Mercado Quantidade do pedido
Chahar & Taaffe	2009	Não	Bernoulli	Não	Sim	Não	Lucro	Seleção de Mercado Quantidade do pedido
Zhou & Wang	2009	Não	Aleatória	Não	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Lee & Lodree	2010	Não	Aleatória	Não	Sim	Não	Custo	Quantidade do pedido
Lin & Ng	2011	Restrição de Capacidade	Limite inferior e superior	Sim	Sim	Sim	Arrependimento máximo do lucro total	Seleção de Mercado Quantidade do pedido
Saghafian & Van	2012	Disponibilidade aleatória	Aleatória	Sim	Sim	Não	Custo	Quantidade do pedido

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Risco no fornecimento</b>	<b>Demanda</b>	<b>Mais de um fornecedor</b>	<b>Fornecimento de Emergência</b>	<b>Aversão ao Risco</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variáveis de decisão</b>
Oyen		Restrição de Capacidade						Quantidade reservada
Fu <i>et al.</i>	2013	Não	Aleatória	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Pando <i>et al.</i>	2013	Não	Exponencial	Não	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Merzifonluoglu	2015a	Rendimento aleatório multiplicativo Restrição de Capacidade	Aleatória	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Quantidade reservada
Merzifonluoglu	2015b	Rendimento aleatório multiplicativo Restrição de Capacidade	Aleatória	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Quantidade reservada
Zheng <i>et al.</i>	2015	Restrição de Capacidade	Normal e LogNormal	Não	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido
Merzifonluoglu	2016	Não	Normal	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Quantidade reservada Seleção de mercado Quantidade comprada do mercado à vista
Abdel-Aal <i>et al.</i>	2017	Não	Normal	Não	Sim	Não	Lucro	Seleção de Mercado Quantidade do pedido

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Risco no fornecimento</b>	<b>Demanda</b>	<b>Mais de um fornecedor</b>	<b>Fornecimento de Emergência</b>	<b>Aversão ao Risco</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variáveis de decisão</b>
Ledari <i>et al.</i>	2018	Disponibilidade (porcentagem) Rendimento (porcentagem) Restrição de capacidade	Aleatória	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido

Fonte: A Autora (2017)



### 3.3 Preço e quantidade e fornecimento de emergência

Xu & Xu (2011) e Xu *et al.* (2013) estudaram o efeito da incerteza da demanda nas decisões ótimas de preço e estoque e sobre o lucro esperado de um varejista que enfrenta demanda estocástica aditiva ou multiplicativa considerando um pedido de emergência. Zhang *et al.* (2017) consideraram o mesmo problema para uma demanda estocástica aditiva e um pedido de emergência. Xu & Lu (2013) investigaram o efeito da incerteza do fornecimento nas decisões ótimas de preço e estoque e sobre o lucro esperado de um varejista que enfrenta demanda estocástica multiplicativa considerando um fornecedor não confiável (rendimento aleatório multiplicativo) e um fornecedor de emergência. São investigadas duas estruturas de custos, o caso da produção interna em que o varejista paga a quantidade de insumos e o caso da aquisição em que o varejista paga apenas a quantidade recebida. Yu *et al.* (2017) estudaram os efeitos da aleatoriedade do rendimento sobre as decisões de preço e estoque considerando que o preço da compra e venda de emergência é função aleatória do rendimento.

Serel (2015, 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 a demanda em excesso pode ser satisfeita através de um fornecedor de emergência, embora não seja garantido que o fornecedor atenderá totalmente a ordem de emergência, visto que possui capacidade incerta.

Bakal *et al.* (2008) estenderam o problema *newsvendor* seletivo considerando a demanda de cada mercado como sendo aleatória e dependente do preço, incluindo o preço como uma variável de decisão.

A Tabela 4 apresenta um resumo dos principais trabalhos sobre fornecimento de emergência com preço e quantidade como variáveis de decisão dentro da problemática *Newsvendor* publicados nos últimos dez anos.

Tabela 4 - Resumo da Literatura sobre fornecimento de emergência com preço e quantidade como variáveis de decisão

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Risco no fornecimento</b>	<b>Demanda</b>	<b>Mais de um fornecedor</b>	<b>Fornecimento de Emergência</b>	<b>Aversão ao Risco</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variáveis de decisão</b>
Bakal <i>et al.</i>	2008	Não	Dependente do preço aditiva e multiplicativa Uniforme	Não	Sim	Não	Lucro	Seleção de Mercado Quantidade do pedido Preço de venda
Xu & Xu	2011	Não	Dependente do preço aditiva ou multiplicativa Uniforme	Não	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Preço de venda
Xu <i>et al.</i>	2013	Não	Dependente do preço aditiva ou multiplicativa Uniforme	Não	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Preço de venda
Xu & Lu	2013	Rendimento Uniforme multiplicativo	Dependente do preço multiplicativa Uniforme	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Preço de venda
Serel	2015	Não	Dependente do preço multiplicativa Uniforme	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Preço de venda
Yu <i>et al.</i>	2017	Rendimento Uniforme multiplicativo ou aditivo	Dependente do preço multiplicativa Uniforme	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Preço de venda
Serel	2017	Capacidade Uniforme	Dependente do preço aditiva ou multiplicativa Uniforme	Sim	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Preço de venda

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Risco no fornecimento</b>	<b>Demanda</b>	<b>Mais de um fornecedor</b>	<b>Fornecimento de Emergência</b>	<b>Aversão ao Risco</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variáveis de decisão</b>
Zhang <i>et al.</i>	2017	Não	Dependente do preço aditiva Uniforme	Não	Sim	Não	Lucro	Quantidade do pedido Preço de venda

Fonte: A Autora (2017)

### 3.4 Aversão ao risco e fornecimento de emergência

Xu & Li (2009) investigaram a decisão ótima da quantidade de pedido sob os critérios de valor em risco condicional (CVaR) e valor em risco condicional médio considerando um varejista averso ao risco que tem a opção de comprar o estoque em falta através de um pedido de emergência. Zhang *et al.* (2017) exploraram como o efeito da incerteza da demanda afeta o lucro esperado do varejista e as decisões ótimas de preço e quantidade quando existe um pedido de emergência e também quando a demanda em excesso é perdida para um decisor averso ao risco sob o critério de valor em risco condicional. Tekin & Özekici (2015) utilizaram a abordagem de média-variância para modelar um problema *newsvendor* com um varejista averso ao risco que enfrenta uma demanda aleatória e incerteza no rendimento e/ou na capacidade do fornecedor, supondo que qualquer demanda em excesso é satisfeita através de um pedido de emergência.

Merzifonluoglu (2015a, 2015b) estenderam seus modelos para considerar a aversão ao risco sob as abordagens de valor em risco condicional e valor em risco condicional médio.

Chahar & Taaffe (2009) abordaram um problema *newsvendor* seletivo em que um varejista vende um produto a vários mercados e deve selecionar os mercados que irá atender assim como a quantidade de pedido para maximizar o lucro esperado do varejista considerando que a demanda de cada mercado segue uma distribuição de Bernoulli, sob a abordagem do valor em risco condicional. Abdel-Aal & Selim (2017) estenderam o problema *newsvendor* seletivo sob a ótica do valor em risco condicional em que um varejista vende vários produtos a vários mercados com demanda normalmente distribuída. Além disso, foram considerados três cenários: entrada no mercado flexível, total e parcial.

Um resumo da literatura discutida sobre aversão ao risco e fornecimento de emergência para problemas *Newsvendor* está resumida na Tabela 5.

Tabela 5 - Resumo da Literatura sobre aversão ao risco e fornecimento de emergência

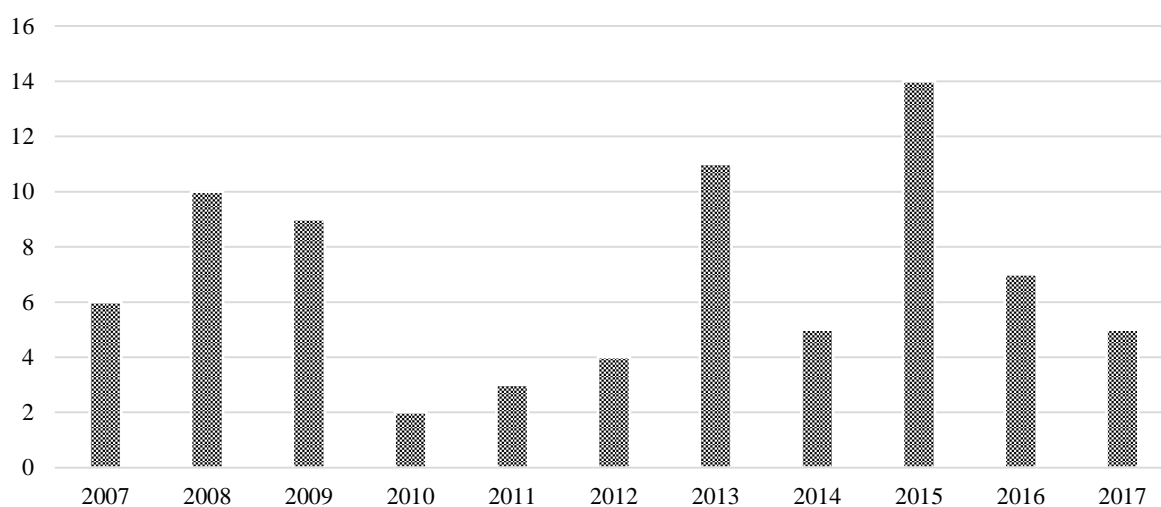
<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Risco no fornecimento</b>	<b>Demanda</b>	<b>Mais de um fornecedor</b>	<b>Fornecimento de Emergência</b>	<b>Aversão ao Risco</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variáveis de decisão</b>
Xu & Li	2009	Não	Aleatória	Não	Sim	Sim	CVaR CVaR-médio	Quantidade do pedido
Chahar & Taaffe	2009	Não	Bernoulli	Não	Sim	Sim	CVaR CVaR-médio	Seleção de Mercado Quantidade do pedido
Tekin & Özekici	2015	Capacidade e Rendimento Aleatórios	Aleatória	Não	Sim	Sim	Média-Variância	Quantidade do pedido
Merzifonluoglu	2015a	Rendimento aleatório multiplicativo Restrição de Capacidade	Aleatória	Sim	Sim	Sim	CVaR CVaR-médio	Quantidade do pedido Quantidade reservada
Merzifonluoglu	2015b	Rendimento aleatório multiplicativo Restrição de Capacidade	Aleatória	Sim	Sim	Sim	CVaR CVaR-médio	Quantidade do pedido Quantidade reservada
Zhang <i>et al.</i>	2017	Não	Dependente do preço aditiva Uniforme	Não	Sim	Sim	CVaR	Quantidade do pedido Preço de venda
Abdel-Aal & Selim	2017	Não	Normal	Não	Sim	Sim	CVaR	Seleção de Mercado Quantidade do pedido

Fonte: A Autora (2017)

### 3.5 Discussão da literatura pesquisada

Nesta revisão da literatura foram encontrados 61 artigos publicados em periódicos durante os anos de 2007 a 2017. Entretanto, há artigos que incluíam mais de um modelo, fornecendo um total de 76 modelos do tipo *newsvendor* dentro das temáticas pesquisadas. Sabe-se que a quantidade de artigos que abordam o problema *newsvendor* nos últimos dez anos envolve a casa de centenas, por isso a necessidade de filtrar a pesquisa para problemas *newsvendor* que incluam fornecimento não confiável, fornecimento de emergência, preço e quantidade como variáveis de decisão e fornecimento de emergência e aversão ao risco e fornecimento de emergência, além de que estes temas estão mais relacionados ao escopo da pesquisa. A Figura 2 mostra a quantidade de modelos publicados nas temáticas pesquisadas durante os últimos dez anos.

Figura 2 - Quantidade de modelos publicados

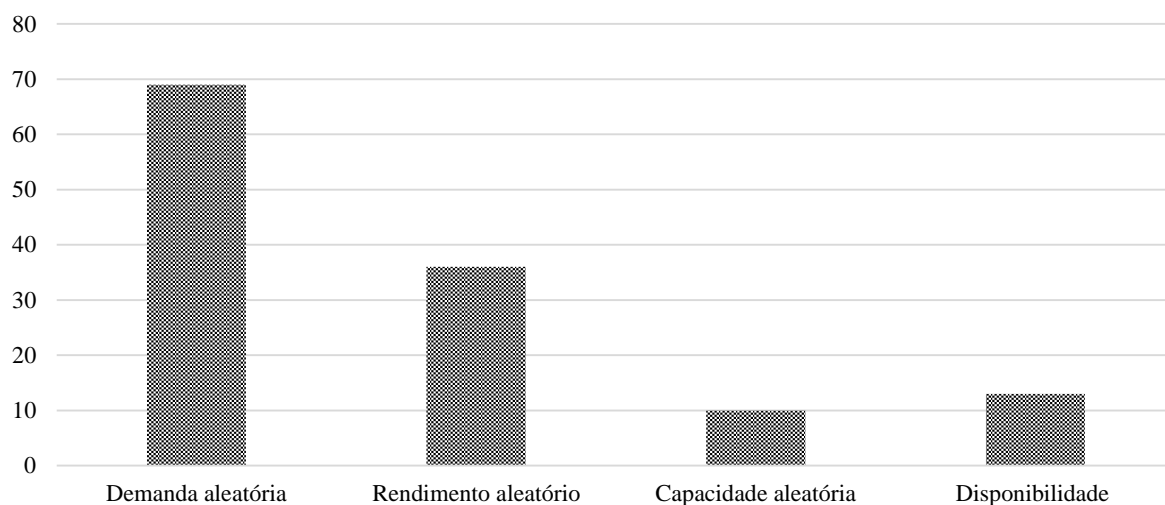


Fonte: A Autora (2017)

Percebe-se que 2015 foi o ano com o maior número de modelos publicados totalizando 14 modelos, enquanto que 2010 ficou com apenas 2. Além disso, menos de 10 modelos foram publicados na maioria dos anos, com exceção de 2008, 2013 e 2015. Entretanto, todo ano houve pelo menos 1 publicação.

A Figura 3 ilustra a quantidade de artigos que envolvem incertezas relacionadas à demanda de clientes, à capacidade, ao rendimento e à disponibilidade dos fornecedores.

Figura 3 - Incertezas na modelagem

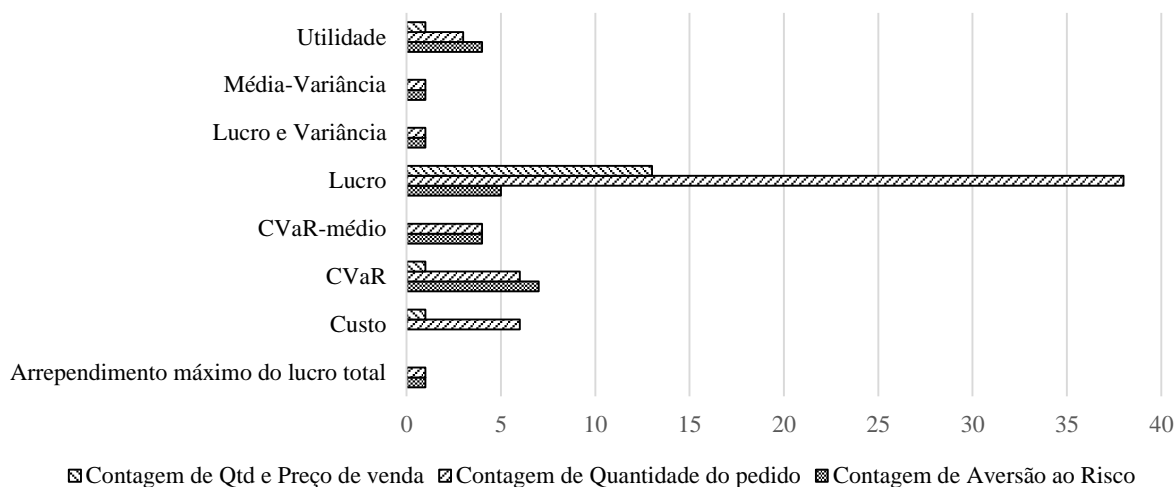


Fonte: A Autora (2017)

De um total de 76 modelos, 69 consideraram algum tipo de aleatoriedade na demanda, seja através de uma distribuição que representa a demanda ou de um erro de demanda aleatório, o que representa 90,8% dos modelos. O restante considerou uma demanda conhecida, determinística. Em relação ao rendimento aleatório, apenas 36 modelos (47,4%) consideraram que apenas uma parte aleatória do pedido é entregue pelos fornecedores, entretanto há modelos que modelaram a incerteza no rendimento como sendo uma porcentagem. Por sua vez, apenas 10 modelos supuseram uma capacidade dos fornecedores em atender ao pedido como sendo uma variável com distribuição aleatória, embora alguns outros modelos tenham considerado a incerteza na capacidade como uma restrição. Por fim, a disponibilidade dos fornecedores estava presente em apenas 13 modelos sendo a maioria representada por uma probabilidade, e apenas 3 por uma distribuição aleatória.

A Figura 4 exhibe os objetivos e variáveis de decisão utilizados.

Figura 4 - Objetivos e variáveis de decisão utilizados

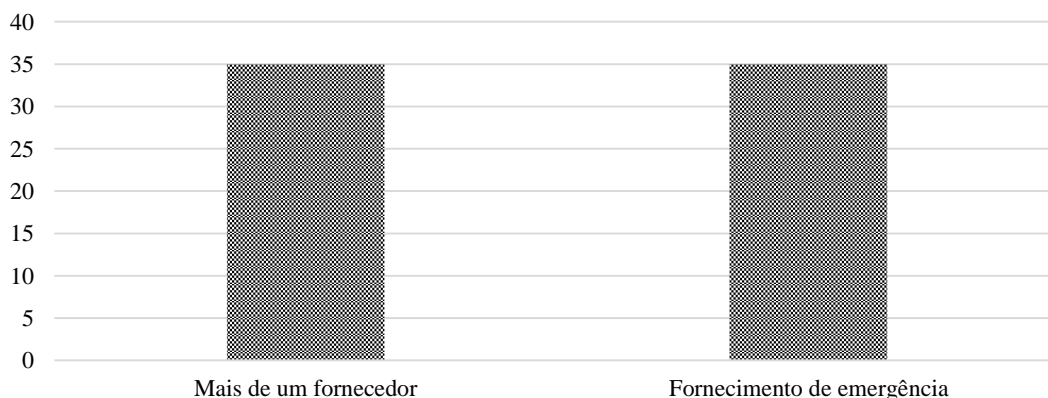


Fonte: A Autora (2017)

A Figura 4 mostra que o Lucro em conjunto com a Quantidade do pedido foram o objetivo e a variável de decisão mais utilizados, seguidos por Lucro e Quantidade do pedido e Preço de venda, totalizando 38 e 13 modelos, respectivamente. Considerando as duas situações tem-se um total de 51 modelos o que representa 67,1% dos modelos pesquisados. Destes 51, apenas 5 consideraram a aversão ao risco como sendo uma restrição do problema. Com exceção das modelagens que buscavam minimizar o Custo, todos os demais modelos tinham como objetivo algum critério em relação à aversão ao risco.

A Figura 5 exhibe a quantidade de modelos que consideraram mais de um fornecedor e fornecimento de emergência.

Figura 5 - Quantidade de modelos com mais de um fornecedor e fornecimento de emergência



Fonte: A Autora (2017)



Coincidentemente, 35 modelos consideraram mais de um fornecedor e 35 modelos incluíram o fornecimento de emergência. Isto não quer dizer, necessariamente, que os modelos com mais de um fornecedor são os mesmos modelos com fornecimento de emergência, pois apenas 17 modelos consideraram mais de um fornecedor e fornecimento de emergência simultaneamente.

### **3.6 Considerações finais do capítulo**

Este capítulo apresentou os principais trabalhos publicados nos últimos dez anos envolvendo fornecimento não confiável, fornecimento de emergência, fornecimento de emergência com quantidade de pedido e preço de venda como variáveis de decisão e fornecimento de emergência com aversão ao risco dentro do contexto *newsvendor*. Diante da literatura levantada, percebe-se que a retenção de clientes, bem como a presença de um fornecedor de emergência com capacidade aleatória e o perfil de risco do varejista são tópicos ainda pouco explorados e que merecem uma maior atenção. Desta forma, foi identificada a necessidade da construção de modelos de decisão para suprir estas lacunas na literatura. Assim, o capítulo seguinte busca apresentar os modelos de decisão propostos.

## 4 MODELOS DE DECISÃO

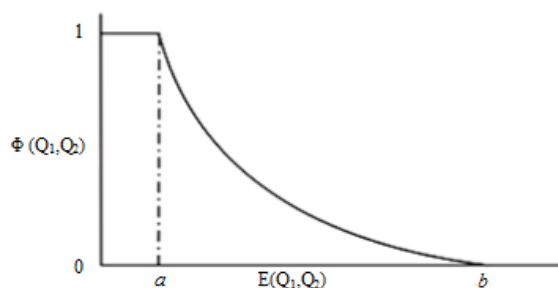
O presente capítulo busca descrever os três modelos de decisão desenvolvidos nesta pesquisa, elucidando os pressupostos que são assumidos, a notação utilizada, as variáveis de decisão, possíveis casos especiais e o objetivo de cada modelo. Dentro da abordagem *Newsvendor*, o modelo 1 considera dois fornecedores não confiáveis e retenção de clientes que está associada ao *stockout*, já o modelo 2 considera dois fornecedores regulares não confiáveis e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória. Ambos os modelos são baseados no modelo proposto por Xanthopoulos *et al.* (2012). Por fim, o modelo 3, baseado nos trabalhos de Serel (2017) e Arcelus *et al.* (2012), considera um fornecedor regular confiável e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória, juntamente com um varejista que pode assumir diferentes graus de aversão ao risco.

### 4.1 Modelo 1: Dois fornecedores não confiáveis e retenção 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. Assim, este modelo 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.

Neste modelo, 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 6.

Figura 6 - Probabilidade de reter o consumidor



Fonte: A Autora (2017)

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.

O objetivo é determinar a quantidade pedida de cada fornecedor de modo a maximizar o lucro esperado do varejista considerando uma cadeia de suprimentos com 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  $F(x)$ . Dessa forma, considera-se que o varejista é averso ao risco de perder clientes.

O varejista paga  $c_i$  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  $v$  (assume-se que  $v > c_i$ ). O estoque em excesso ao final do período de vendas pode ser vendido a um mercado secundário por um valor residual  $r$  em que  $r < c_i$ . 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*  $E(Q_1, Q_2)$ .

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
$c_i$	Preço de compra do fornecedor $i$ ( $i = 1,2$ )
$v$	Preço de venda
$r$	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>
$\phi(Q_1, Q_2)$	Probabilidade de retenção de clientes
$P_{mn}(Q_1, Q_2)$	Lucro esperado do varejista ( $m = 0,1$ ) ( $n = 0,2$ )
$P(Q_1, Q_2)$	Lucro esperado total do varejista

Os seguintes pressupostos foram 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 neutro ao risco.
7. O produto tem ciclo de vida curto.

O pressuposto 1 indica a consequência gerada pela falta de estoque. O pressuposto 2 assinala que pode ser assumida qualquer distribuição que melhor represente a demanda. O pressuposto 3 estabelece que a interrupção de um fornecedor não afeta o outro fornecedor. O pressuposto 4 determina o impacto de uma interrupção no fornecimento do pedido. O pressuposto 5 sugere que os fornecedores são capazes de fornecer qualquer tamanho de pedido. O pressuposto 6 representa a atitude do decisor em relação ao risco. O pressuposto 7 está relacionado 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  $\gamma > 0$ .

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

Os valores dos parâmetros “ $a$ ” e “ $b$ ” determinados pelo decisor definem o seu grau de aversão ao risco de perder clientes 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).

$$\begin{aligned} E(Q_1, Q_2) = & (1 - p_1)(1 - p_2) \int_{Q_1+Q_2}^{\infty} (x - Q_1 - Q_2)f(x)dx + \\ & p_1(1 - p_2) \int_{z_1Q_1+Q_2}^{\infty} (x - z_1Q_1 - Q_2)f(x)dx + \\ & (1 - p_1)p_2 \int_{Q_1+z_2Q_2}^{\infty} (x - Q_1 - z_2Q_2)f(x)dx + \\ & p_1p_2 \int_{z_1Q_1+z_2Q_2}^{\infty} (x - z_1Q_1 - z_2Q_2)f(x)dx \end{aligned} \quad (2)$$

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,  $z_iQ_i$  estará disponível a tempo para satisfazer a demanda durante o período de venda.

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

#### **Cenário 1A**

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

$$\begin{aligned}
P_{00}(Q_1, Q_2) &= (1 - p_1)(1 - p_2) \left\{ \int_0^{Q_1+Q_2} [vx - c_1Q_1 - c_2Q_2 + r(Q_1+Q_2 - x)]f(x)dx + \right. \\
&\quad \left. \int_{Q_1+Q_2}^{\infty} [v(Q_1 + Q_2) - c_1Q_1 - c_2Q_2 - h(x - Q_1 - Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))]f(x)dx \right\} \quad (3)
\end{aligned}$$

### Cenário 2A

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 do varejista diante desta situação é expresso pela Equação (4).

$$\begin{aligned}
P_{10}(Q_1, Q_2) &= p_1(1 - p_2) \left\{ \int_0^{z_1Q_1+Q_2} [vx - c_1z_1Q_1 - c_2Q_2 + r(z_1Q_1+Q_2 - x)]f(x)dx + \right. \\
&\quad \left. \int_{z_1Q_1+Q_2}^{\infty} [v(z_1Q_1 + Q_2) - c_1z_1Q_1 - c_2Q_2 - h(x - z_1Q_1 - Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))]f(x)dx \right\} \quad (4)
\end{aligned}$$

### Cenário 3A

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 do varejista é descrito pela Equação (5).

$$\begin{aligned}
P_{02}(Q_1, Q_2) &= (1 - p_1)p_2 \left\{ \int_0^{Q_1+z_2Q_2} [vx - c_1Q_1 - c_2z_2Q_2 + r(Q_1+z_2Q_2 - x)]f(x)dx + \right. \\
&\quad \left. \int_{Q_1+z_2Q_2}^{\infty} [v(Q_1 + z_2Q_2) - c_1Q_1 - c_2z_2Q_2 - h(x - Q_1 - z_2Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))]f(x)dx \right\} \quad (5)
\end{aligned}$$

**Cenário 4A**

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

$$\begin{aligned}
 & P_{12}(Q_1, Q_2) \\
 = & p_1 p_2 \left\{ \int_0^{z_1 Q_1 + z_2 Q_2} [vx - c_1 z_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 + r(z_1 Q_1 + z_2 Q_2 - x)] f(x) dx + \right. \\
 & \left. \int_{z_1 Q_1 + z_2 Q_2}^{\infty} [v(z_1 Q_1 + z_2 Q_2) - c_1 z_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 - h(x - z_1 Q_1 - z_2 Q_2)(1 \right. \\
 & \left. - \varphi(Q_1, Q_2))] f(x) d(x) \right\} \quad (6)
 \end{aligned}$$

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

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

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

**4.1.1 Caso Especial**

Todos os pressupostos do caso anterior são assumidos, com exceção do pressuposto 4 que afirma que apenas uma parte do pedido é entregue quando ocorre uma interrupção. O relaxamento desta hipótese deve ser considerado, visto que na realidade muitas vezes não é possível fazer a entrega do pedido quando ocorre uma interrupção como, por exemplo, em situações de terremotos e inundações, ou seja, situações que afetam os fornecedores completamente e que podem provocar a parada total de suas atividades. O modelo é uma extensão do modelo proposto por Zhu & Fu (2013). Neste sentido, o *stockout* passa a ser calculado pela Equação (8).

$$\begin{aligned}
E(Q_1, Q_2) = & (1 - p_1)(1 - p_2) \int_{Q_1+Q_2}^{\infty} (x - Q_1 - Q_2)f(x)dx + \\
& p_1(1 - p_2) \int_{Q_2}^{\infty} (x - Q_2)f(x)dx + (1 - p_1)p_2 \int_{Q_1}^{\infty} (x - Q_1)f(x)dx + p_1p_2 \int_0^{\infty} xf(x)dx
\end{aligned} \tag{8}$$

Assim, assumindo  $z_i = 0$ , temos o seguinte modelo.

### Cenário 1B

Quando nenhuma interrupção ocorre em nenhum dos dois canais de fornecimento, ambos os fornecedores entregam 100% da quantidade pedida. Assim, o lucro esperado do varejista é descrito pela Equação (9).

$$\begin{aligned}
P_{00}(Q_1, Q_2) = & (1 - p_1)(1 - p_2) \left\{ \int_0^{Q_1+Q_2} [vx - c_1Q_1 - c_2Q_2 + r(Q_1+Q_2 - x)]f(x)dx \right. \\
& \left. + \int_{Q_1+Q_2}^{\infty} [v(Q_1 + Q_2) - c_1Q_1 - c_2Q_2 - h(x - Q_1 - Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))]f(x)dx \right\}
\end{aligned} \tag{9}$$

### Cenário 2B

Quando apenas o fornecedor 1 sofre uma interrupção, nada é entregue. Em contrapartida, o fornecedor 2 entrega 100% do pedido. O lucro esperado do varejista diante desta situação é expresso pela Equação (10).

$$\begin{aligned}
P_{10}(Q_1, Q_2) = & p_1(1 - p_2) \left\{ \int_0^{Q_2} [vx - c_2Q_2 + r(Q_2 - x)]f(x)dx + \right. \\
& \left. \int_{Q_2}^{\infty} [vQ_2 - c_2Q_2 - h(x - Q_2)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))]f(x)dx \right\}
\end{aligned} \tag{10}$$

### Cenário 3B

Quando uma interrupção ocorre apenas no canal de fornecimento 2, nada da quantidade pedida ao fornecedor 2 é entregue; por outro lado, o fornecedor 1 entrega 100% do pedido. Neste caso, o lucro esperado do varejista é descrito pela Equação (11).



$$P_{02}(Q_1, Q_2) = (1 - p_1)p_2 \left\{ \int_0^{Q_1} [vx - c_1Q_1 + r(Q_1 - x)]f(x)dx + \int_{Q_1}^{\infty} [vQ_1 - c_1Q_1 - h(x - Q_1)(1 - \varphi(Q_1, Q_2))]f(x)dx \right\} \quad (11)$$

#### Cenário 4B

Quando ambos os fornecedores sofrem uma interrupção, nada será entregue ao varejista. Logo, o lucro esperado do varejista é descrito pela Equação (12).

$$P_{12}(Q_1, Q_2) = p_1p_2 \left\{ - \int_0^{Q_1+Q_2} hx(1 - \varphi(Q_1, Q_2))f(x)dx - \int_{Q_1+Q_2}^{\infty} hx(1 - \varphi(Q_1, Q_2))f(x)dx \right\} \quad (12)$$

Portanto, o modelo de otimização que maximiza o lucro esperado total do varejista, considerando todos os possíveis cenários de interrupção, é

$$\begin{aligned} \text{Max } P(Q_1, Q_2) &= P_{00}(Q_1, Q_2) + P_{10}(Q_1, Q_2) + P_{02}(Q_1, Q_2) + P_{12}(Q_1, Q_2) \\ \text{s. a: } Q_1, Q_2 &> 0 \end{aligned} \quad (13)$$

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

#### 4.2 Modelo 2: Dois fornecedores regulares não confiáveis e um fornecedor de emergência

A revisão da literatura mostrou que apenas 7 artigos consideram fornecimento de emergência, fornecedores não confiáveis e mais de um fornecedor ao mesmo tempo (Merzinfonluoglu, 2015a, 2015b; Saghafian & Van Oyen, 2012; Ledari *et al.* 2018; Serel, 2008, 2017; Yu *et al.*, 2017). Entretanto, apenas um modelo pressupôs a presença de mais de um fornecedor regular e fornecedor de emergência ambos não confiáveis simultaneamente. Ledari *et al.* (2018) estenderam o modelo de Xanthopoulos *et al.* (2012) considerando dois fornecedores regulares sujeitos a uma probabilidade de interrupção e restrições de capacidade para ambos os fornecimentos regular e de emergência, além de que o pedido de emergência é

feito diretamente ao fabricante. O modelo 2 também é uma extensão de Xanthopoulos *et al.* (2012) com dois fornecedores regulares não confiáveis, entretanto, o fornecimento de emergência está sujeito à uma capacidade incerta.

A incerteza na capacidade do fornecedor de emergência implica que a quantidade disponível para entrega tem uma distribuição de probabilidade independentemente da quantidade de pedido especificada pelo comprador. A suposição de que a capacidade é representada por uma variável aleatória é mais realística do que uma restrição de capacidade, pois a capacidade do fornecedor de emergência pode variar ao longo do tempo em virtude de quebras de máquinas, greve dos funcionários, acidentes, acúmulo de pedidos etc.

Neste modelo, o objetivo é determinar a quantidade pedida de cada fornecedor regular de modo a maximizar o lucro esperado do varejista considerando uma cadeia de suprimentos com dois fornecedores regulares concorrentes, não confiáveis e suscetíveis a interrupções e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória representada pela variável aleatória  $Y$  com função densidade de probabilidade  $g(y)$ . O produto em questão 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  $c_i$  ao fornecedor regular  $i$  ( $i = 1,2$ ) 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  $v$  (assume-se que  $v > c_i$ ). O estoque em excesso ao final do período de vendas pode ser vendido a um mercado secundário por um valor residual  $r$  em que  $r < c_i$ . Por outro lado, se a demanda realizada exceder a quantidade de pedido  $Q_1 + Q_2$ , um pedido de emergência pode ser feito, embora não seja garantido que o fornecedor atenda ao pedido de emergência totalmente. Caso não seja possível atender a toda demanda em excesso, uma penalidade  $h$  associada à demanda insatisfeita é aplicada.

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
$Y$	Variável aleatória para a capacidade do fornecedor de emergência
$g(y)$	Função densidade de probabilidade para a capacidade do fornecedor de emergência

$c_i$	Preço de compra do fornecedor $i$ ( $i = 1,2,3$ )
$v$	Preço de venda
$r$	Valor residual
$h$	Penalidade associada ao <i>stockout</i>
$p_i$	Probabilidade de interrupção do fornecedor $i$ ( $i = 1,2$ )
$z_i$	Porcentagem da quantidade pedida que é entregue pelo fornecedor $i$
$\theta$	Taxa de atendimento
$E(Q_1, Q_2)$	Valor esperado do <i>stockout</i>
$P_m(Q_1, Q_2)$	Lucro esperado do varejista ( $m = 1, 2, 3, 4$ )
$P(Q_1, Q_2)$	Lucro esperado total do varejista

Os seguintes pressupostos são considerados para formular o modelo.

1. A demanda é estocástica com distribuição conhecida.
2. A capacidade do fornecedor de emergência é estocástica com distribuição conhecida.
3. As distribuições da demanda e da capacidade do fornecedor de emergência são independentes.
4. As probabilidades de interrupção de cada fornecedor regular são independentes.
5. Quando uma interrupção ocorre, apenas uma parte do pedido é entregue.
6. Ambos os fornecedores regulares possuem capacidade ilimitada.
7. O decisor é neutro ao risco.
8. O produto tem ciclo de vida curto.

O pressuposto 2 indica que pode ser assumida qualquer distribuição que melhor represente a capacidade do fornecedor de emergência. O pressuposto 3 assinala que a capacidade do fornecedor de emergência não influencia a demanda. O pressuposto 4 estabelece que a interrupção de um fornecedor não afeta o outro fornecedor. A Equação (14) representa o *stockout*.

$$E(Q_1, Q_2) = (1 - p_1)(1 - p_2) \int_0^{\infty} \int_{Q_1+Q_2+y}^{\infty} (x - Q_1 - Q_2 - y)f(x)g(y)dx dy + \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
& p_1(1 - p_2) \int_0^\infty \int_{z_1 Q_1 + Q_2 + y}^\infty (x - z_1 Q_1 - Q_2 - y) f(x) g(y) dx dy \\
& + (1 - p_1) p_2 \int_0^\infty \int_{Q_1 + z_2 Q_2 + y}^\infty (x - Q_1 - z_2 Q_2 - y) f(x) g(y) dx dy \\
& + p_1 p_2 \int_0^\infty \int_{z_1 Q_1 + z_2 Q_2 + y}^\infty (x - z_1 Q_1 - z_2 Q_2 - y) f(x) g(y) dx dy
\end{aligned}$$

A probabilidade de uma interrupção para um fornecedor regular 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. Existem quatro possíveis cenários de interrupção.

### Cenário 1

Quando nenhuma interrupção ocorre em nenhum dos dois canais de fornecimento regular, ambos os fornecedores entregam 100% da quantidade pedida. O lucro esperado do varejista é representado pela Equação (15).

$$\begin{aligned}
P_1(Q_1, Q_2) = & (1 - p_1)(1 - p_2) \left\{ \int_0^{Q_1 + Q_2} [vx - c_1 Q_1 - c_2 Q_2 + r(Q_1 + Q_2 - x)] f(x) dx + \right. \\
& \int_0^\infty \int_{Q_1 + Q_2}^{Q_1 + Q_2 + y} [vx - c_1 Q_1 - c_2 Q_2 - c_3(x - Q_1 - Q_2)] f(x) g(y) dx dy + \\
& \left. \int_0^\infty \int_{Q_1 + Q_2 + y}^\infty [v(Q_1 + Q_2 + y) - c_1 Q_1 - c_2 Q_2 - c_3 y \right. \\
& \left. - h(x - Q_1 - Q_2 - y)] f(x) g(y) dx dy \right\} \tag{15}
\end{aligned}$$

### Cenário 2

Quando apenas o fornecedor regular 1 sofre uma interrupção, uma fração de sua quantidade pedida é entregue. Em contrapartida, o fornecedor 2 entrega 100% do pedido. O lucro esperado do varejista diante desta situação é expresso pela Equação (16).

$$\begin{aligned}
P_2(Q_1, Q_2) = & p_1(1 - p_2) \left\{ \int_0^{z_1 Q_1 + Q_2} [vx - c_1 z_1 Q_1 - c_2 Q_2 + r(z_1 Q_1 + Q_2 - x)] f(x) dx \right. \\
& + \\
& \int_0^\infty \int_{z_1 Q_1 + Q_2}^{z_1 Q_1 + Q_2 + y} [vx - c_1 z_1 Q_1 - c_2 Q_2 - c_3(x - z_1 Q_1 - Q_2)] f(x) g(y) dx dy + \\
& \left. \int_0^\infty \int_{z_1 Q_1 + Q_2 + y}^\infty [v(z_1 Q_1 + Q_2 + y) - c_1 z_1 Q_1 - c_2 Q_2 \right. \\
& \quad \left. - c_3 y - h(x - z_1 Q_1 - Q_2 - y)] f(x) g(y) dx dy \right\} \quad (16)
\end{aligned}$$

### Cenário 3

Quando uma interrupção ocorre apenas no canal de fornecimento regular 2, apenas uma parte da quantidade pedida ao fornecedor regular 2 é entregue; por outro lado, o fornecedor regular 1 entrega 100% do pedido. Neste caso, o lucro esperado do varejista é descrito pela Equação (17).

$$\begin{aligned}
P_3(Q_1, Q_2) = & (1 - p_1)p_2 \left\{ \int_0^{Q_1 + z_2 Q_2} [vx - c_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 + r(Q_1 + z_2 Q_2 - x)] f(x) dx + \right. \\
& \int_0^\infty \int_{Q_1 + z_2 Q_2}^{Q_1 + z_2 Q_2 + y} [vx - c_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 - c_3(x - Q_1 - z_2 Q_2)] f(x) g(y) dx dy + \\
& \left. \int_0^\infty \int_{Q_1 + z_2 Q_2 + y}^\infty [v(Q_1 + z_2 Q_2 + y) - c_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 - c_3 y - h(x - Q_1 - z_2 Q_2 \right. \\
& \quad \left. - y)] f(x) g(y) dx dy \right\} \quad (17)
\end{aligned}$$

### Cenário 4

Quando ambos os fornecedores regulares sofrem uma interrupção, ambos entregam apenas uma fração de suas quantidades pedidas. Logo, o lucro esperado do varejista é descrito pela Equação (18).

$$P_4(Q_1, Q_2) = p_1 p_2 \left\{ \int_0^{z_1 Q_1 + z_2 Q_2} [vx - c_1 z_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 + r(z_1 Q_1 + z_2 Q_2 - x)] f(x) dx + \right. \quad (18)$$

$$\int_0^\infty \int_{z_1 Q_1 + z_2 Q_2}^{z_1 Q_1 + z_2 Q_2 + y} [vx - c_1 z_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 - c_3(x - z_1 Q_1 - z_2 Q_2)] f(x) g(y) dx dy +$$

$$\int_0^\infty \int_{z_1 Q_1 + z_2 Q_2 + y}^\infty [v(z_1 Q_1 + z_2 Q_2 + y) - c_1 z_1 Q_1 - c_2 z_2 Q_2 - c_3 y - h(x - z_1 Q_1 - z_2 Q_2 - y)] f(x) g(y) dx dy \Big\}$$

Portanto, o modelo de otimização que maximiza o lucro esperado total do varejista, considerando os quatro cenários de interrupção, é encontrado pela Equação (19).

$$\begin{aligned} \text{Max } P(Q_1, Q_2) &= P_1(Q_1, Q_2) + P_2(Q_1, Q_2) + P_3(Q_1, Q_2) + P_4(Q_1, Q_2) \\ \text{s. a: } \theta(Q_1, Q_2) &> \theta_0 \\ Q_1, Q_2 &\geq 0 \end{aligned} \tag{19}$$

$$\text{Com } \theta(Q_1, Q_2) = 1 - \frac{E(Q_1, Q_2)}{\text{demanda média}}$$

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

### 4.3 Modelo 3: Um fornecedor regular, um fornecedor de emergência e aversão ao risco

Serel (2017) considerou um varejista neutro ao risco com o objetivo de maximizar o lucro ao determinar o preço de venda e a quantidade do pedido em uma cadeia de suprimentos com um fornecedor regular confiável e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória. Entretanto, no mundo real o varejista pode assumir diferentes atitudes frente ao risco, quais sejam, propensão ao risco, neutralidade ao risco ou aversão ao risco, em diferentes graus. Assim, o modelo 3 é uma extensão do trabalho de Serel (2017) e busca incorporar o perfil de risco do varejista no modelo de decisão.

Neste modelo, um varejista tenta maximizar o lucro esperado, definindo simultaneamente a quantidade do pedido e o preço de venda antes da temporada de vendas, considerando o seu perfil de risco. O varejista paga  $c_I$  ao fornecedor regular 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  $v$  (assume-se que  $v > c_I$ ). O estoque em excesso ao final do período de vendas pode ser vendido a um mercado secundário por um valor residual  $r$  em que  $r < c_I$ . Por outro lado, se a demanda realizada exceder a quantidade de

pedido  $Q$ , um pedido de emergência pode ser feito, embora não seja garantido que o fornecedor atenda ao pedido de emergência totalmente. Caso não seja possível atender a toda demanda em excesso, uma penalidade  $h$  associada à demanda insatisfeita é aplicada.

O produto apresenta uma demanda aleatória  $D(v, \varepsilon)$  composta por uma função a qual possui um componente determinístico dependente do preço  $x(v)$  e um componente aleatório  $\varepsilon$ , além disso a demanda pode ter um caráter multiplicativo ou aditivo. A demanda multiplicativa apresenta uma variância do erro constante com coeficiente de variação variável, por sua vez, a demanda aditiva apresenta uma variância do erro variável com coeficiente de variação constante. A função do componente determinístico da demanda pode assumir qualquer forma, desde que seja decrescente com o preço e duas vezes derivável. Já a variável aleatória de erro  $\varepsilon$  é definida em um intervalo  $[A, B]$ , com uma média  $\mu$ , um desvio padrão  $\sigma$ , uma função de densidade de probabilidade  $f(\varepsilon)$  e uma função de distribuição cumulativa  $F(\varepsilon)$ .

Para introduzir o conceito de risco no modelo, foi utilizado o princípio da certeza-equivalente proposto por Fama & Miller *apud* Arcelus *et al.* (2012) que estabelece que a “relação entre o valor esperado da recompensa fornecido por uma dada distribuição de probabilidade e a certeza de um nível equivalente de recompensa para esta distribuição nos dá uma maneira de definir se o indivíduo é averso ao risco, propenso ao risco ou neutro ao risco”.

Seja  $\lambda \geq 0$  definido como o coeficiente de risco, o perfil de risco do varejista pode ser determinado pelas seguintes categorias:

$\lambda = 0$  : Sem risco

$\lambda = 1$  : Neutro ao risco

$\lambda > 1$  : Averso ao risco

$0 < \lambda < 1$  : Propenso ao risco

A seguinte notação é usada para desenvolver o modelo.

Notação:

$D(v, \varepsilon)$	Demanda aleatória
$x(v)$	Parte determinística da demanda dependente do preço
$\varepsilon$	Variável aleatória para o erro da demanda
$f(\varepsilon)$	Função densidade de probabilidade para o erro da demanda
$F(\varepsilon)$	Função de distribuição acumulada para o erro da demanda
$Y$	Variável aleatória para a capacidade do fornecedor de emergência

$g(y)$	Função densidade de probabilidade para a capacidade do fornecedor de emergência
$c_i$	Preço de compra do fornecedor $i$ ( $i = 1,2$ )
$v$	Preço de venda
$r$	Valor residual
$h$	Penalidade associada ao <i>stockout</i>
$\lambda$	Coefficiente de risco
$Q$	Quantidade pedida ao fornecedor regular
$k$	Fator de estoque
$P(Q,v)$	Lucro esperado do varejista em função de $Q$ e $v$
$P(k,v)$	Lucro esperado do varejista em função de $k$ e $v$

Os seguintes pressupostos são considerados para formular o modelo.

1. O erro da demanda é estocástico com distribuição Uniforme.
2. A capacidade do fornecedor de emergência é estocástica com distribuição conhecida.
3. A distribuição do erro da demanda e da capacidade do fornecedor de emergência são independentes.
4. A parte determinística da demanda é decrescente com o preço.
5. O fornecedor regular possui capacidade ilimitada.
6. O produto tem ciclo de vida curto.

#### 4.3.1 Demanda Aditiva

No modelo aditivo, a variável aleatória do erro da demanda  $\varepsilon$  é adicionada à parte determinística da demanda  $x(v)$  fornecendo a demanda durante a estação conforme a Equação (20).

$$D(v, \varepsilon) = x(v) + \varepsilon \quad (20)$$

O lucro esperado do varejista em termos da quantidade do pedido  $Q$  e o preço de venda  $v$  é descrito pela Equação (21), conforme Serel (2017).



$$\begin{aligned}
P(Q, v) = & \int_A^{Q-x(v)} \{v[x(v) + \varepsilon] - c_1 Q + r[Q - x(v) - \varepsilon]\} f(\varepsilon) d\varepsilon + \\
& \int_0^{\infty} \int_{Q-x(v)}^{Q-x(v)+y} \{v[x(v) + \varepsilon] - c_1 Q - c_2[x(v) + \varepsilon - Q]\} f(\varepsilon) g(y) d\varepsilon dy + \\
& \int_0^{\infty} \int_{Q-x(v)+y}^B \{v(Q + y) - c_1 Q - c_2 y - h[x(v) + \varepsilon - Q - y]\} f(\varepsilon) g(y) d\varepsilon dy
\end{aligned} \tag{21}$$

Seja o fator de estoque definido como  $k = Q - x(v)$ , o lucro esperado do varejista pode ser reformulado conforme a Equação (22). Essa transformação de variáveis fornece uma interpretação alternativa da decisão de estocagem: se a escolha de  $k$  for maior do que o valor realizado de  $\varepsilon$ , então há um excesso de estoque; por outro lado, se a escolha de  $k$  for menor do que o valor realizado de  $\varepsilon$ , então há uma falta de estoque (Petruzzi & Dada, 1999).

$$\begin{aligned}
P(k, v) = & \int_A^k \{v[x(v) + \varepsilon] - c_1[x(v) + k] + r[k - \varepsilon]\} f(\varepsilon) d\varepsilon + \\
& \int_0^{\infty} \int_k^{k+y} \{v[x(v) + \varepsilon] - c_1[x(v) + k] - c_2[\varepsilon - k]\} f(\varepsilon) g(y) d\varepsilon dy + \\
& \int_0^{\infty} \int_{k+y}^B \{v[x(v) + k + y] - c_1[x(v) + k] - c_2 y - h[\varepsilon - k - y]\} f(\varepsilon) g(y) d\varepsilon dy
\end{aligned} \tag{22}$$

Considere  $E(\varepsilon) = \mu$ . De acordo com Petruzzi & Dada (1999),

$$\Lambda(k) = \int_A^k (k - \varepsilon) f(\varepsilon) d\varepsilon \qquad \Theta(k) = \int_k^B (\varepsilon - k) f(\varepsilon) d\varepsilon \tag{23}$$

Assim, o lucro esperado para um varejista com perfil de risco  $\lambda$  pode ser expresso em termos da diferença entre dois termos de lucro, segundo a Equação (24).

$$P(k, v) = \psi_a(v) - \lambda L_1(k, v) \tag{24}$$

Onde,

$$\psi_a(v) = (v - c_1)[x(v) + \mu] \quad (25)$$

De acordo com Petruzzi & Dada (1999), a Equação (25) representa a função de lucro sem risco, definida como o lucro para um determinado preço de venda em que  $\varepsilon$  é substituído por  $\mu$ . Observa-se que  $\Psi(v)$  fornece o lucro a partir da demanda esperada em função do preço de venda, mas independente da distribuição de probabilidade usada para modelar o erro aleatório da demanda. Portanto, não é necessário ajuste para o risco (Arcelus *et al.*, 2012).

$$L_1(k, v) = (c_1 - r)\Lambda(k) - c_1\theta(k) + c_2[\Omega_1(k) + \Gamma(k)] + h[\Omega_2(k) - \Gamma(k)] + v[\Omega_2(k) - \Gamma(k)] \quad (26)$$

$$\Omega_1(k) = \int_0^{\infty} \int_k^{k+y} (u - k)f(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy \quad (27)$$

$$\Omega_2(k) = \int_0^{\infty} \int_{k+y}^B (u - k)f(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy \quad (28)$$

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} \int_{k+y}^B yf(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy \quad (29)$$

A Equação (26) representa a função de perda atribuída aos estoques em excesso e em falta esperados. Esta perda é dependente da distribuição de probabilidade do erro da demanda, logo, torna-se necessário levar em consideração o comportamento do varejista frente ao risco (Arcelus *et al.*, 2012).

Assim, o lucro esperado do varejista expresso pela Equação (24) é resultado do lucro sem risco que ocorre na ausência de incerteza, menos a perda esperada que ocorre como resultado da presença de incerteza ajustada ao perfil de risco assumido pelo varejista.

Neste sentido, um varejista com perfil de risco “sem risco” ( $\lambda = 0$ ) está preocupado em maximizar exclusivamente a função do lucro sem risco  $\Psi(v)$ . Observa-se que não se trata da completa ausência de risco, uma vez que a função  $\Psi(v)$  inclui um componente de risco na

forma de erro médio esperado da demanda  $\mu$ . Já um varejista neutro ao risco ( $\lambda = 1$ ) dá o mesmo peso tanto para a perda como para o lucro esperados. Por sua vez, um varejista averso ao risco ( $\lambda > 1$ ) dá mais importância para evitar perdas do que para aumentar os ganhos, ou seja, há uma prioridade na minimização das perdas. Em contrapartida, um varejista propenso ao risco ( $0 < \lambda < 1$ ) dá mais importância para aumentar os ganhos que para evitar as perdas, ou seja, há uma prioridade na maximização dos lucros (Arcelus *et al.*, 2012).

Assim, o modelo de otimização que maximiza o lucro esperado total do varejista é representado pela Equação (30).

$$\begin{aligned} \text{Max } P(k, v) &= \psi_a(v) - \lambda L_1(k, v) \\ \text{s. a: } k &> 0 \\ v &> 0 \end{aligned} \tag{30}$$

O lucro máximo é obtido para o fator de estoque  $k^*$  e preço de venda ótimos  $v^*$ .

#### 4.3.2 Demanda Multiplicativa

No modelo multiplicativo, a variável aleatória do erro da demanda  $\varepsilon$  é multiplicada pela parte determinística da demanda  $x(v)$  fornecendo a demanda durante a estação conforme a Equação (31).

$$D(v, \varepsilon) = x(v)\varepsilon \tag{31}$$

O lucro esperado do varejista em termos da quantidade do pedido  $Q$  e o preço de venda  $v$  é descrito pela Equação (32), conforme Serel (2017).

$$\begin{aligned} P(Q, v) &= \int_A^{Q/x(v)} \{v[x(v)\varepsilon] - c_1Q + r[Q - x(v)\varepsilon]\}f(\varepsilon)d\varepsilon + \\ &\int_0^{\infty} \int_{Q/x(v)}^{(Q+y)/x(v)} \{v[x(v)\varepsilon] - c_1Q - c_2[x(v)\varepsilon - Q]\}f(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy + \\ &\int_0^{\infty} \int_{(Q+y)/x(v)}^B \{v(Q+y) - c_1Q - c_2y - h[x(v)\varepsilon - Q - y]\}f(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy \end{aligned} \tag{32}$$

Seja o fator de estoque definido como  $k = Q/x(v)$ , o lucro esperado do varejista pode ser reformulado conforme a Equação (33).

$$\begin{aligned}
P(k, v) = & \int_A^k \{v[x(v)\varepsilon] - c_1x(v)k + rx(v)(k - \varepsilon)\}f(\varepsilon)d\varepsilon + \\
& \int_0^{\infty} \int_k^{k+y/x(v)} \{v[x(v)\varepsilon] - c_1x(v)k - c_2x(v)(\varepsilon - k)\}f(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy + \\
& \int_0^{\infty} \int_{k+y/x(v)}^B \{v[x(v)k + y] - c_1x(v)k - c_2y \\
& \quad - h[x(v)(\varepsilon - k) - y]\}f(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy
\end{aligned} \tag{33}$$

Seguindo o raciocínio de Petruzzi & Dada (1999), o lucro esperado para um varejista com perfil de risco  $\lambda$  pode ser expresso em termos da diferença entre dois termos de lucro, segundo a Equação (34).

$$P(k, v) = \psi_m(v) - \lambda L_2(k, v) \tag{34}$$

Onde,

$$\psi_m(v) = (v - c_1)x(v)\mu \tag{35}$$

$$\begin{aligned}
L_2(k, v) = & x(v)[(c_1 - r)\Lambda(k) - c_1\Theta(k) + c_2\omega_1(k, v)] + (v + h)\omega_2(k, v) \\
& + c_2\gamma(k, v)
\end{aligned} \tag{36}$$

$$\omega_1(k) = \int_0^{\infty} \int_k^{k+\frac{y}{x(v)}} (\varepsilon - k)f(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy \tag{37}$$

$$\omega_2(k) = x(v)[\Theta(k) - \omega_1(k, v)] - \gamma(k, v) \tag{38}$$

$$\gamma(k, v) = \int_0^{\infty} \int_{k+\frac{y}{x(v)}}^B yf(\varepsilon)g(y)d\varepsilon dy \tag{39}$$

Assim, o modelo de otimização que maximiza o lucro esperado total do varejista é representado pela Equação (40).

$$\begin{aligned} \text{Max } P(k, v) &= \psi_m(v) - \lambda L_2(k, v) \\ \text{s. a: } k &> 0 \\ v &> 0 \end{aligned} \tag{40}$$

O lucro máximo é obtido para o fator de estoque  $k^*$  e preço de venda ótimos  $v^*$ .

#### 4.4 Considerações finais do capítulo

Este capítulo teve como principal objetivo apresentar os modelos de decisão desenvolvidos. O Modelo 1 é uma modificação do modelo proposto por Xanthopoulos *et al.* (2012) e incluiu a retenção de clientes sob a forma de uma probabilidade que está associada ao *stockout* e que influencia a política ótima de pedidos. Também foi proposto um caso especial em que as entregas parciais não são permitidas. Por sua vez, o modelo 2, que também é uma modificação do trabalho de Xanthopoulos *et al.* (2012), considerou a presença de um fornecedor de emergência com capacidade aleatória para cobrir a falta de estoque durante a temporada de vendas. Por fim, o modelo 3, que é baseado nos trabalhos de Serel (2017) e Arcelus *et al.* (2012), incorporou o perfil de risco do varejista em um problema com um fornecedor regular confiável e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória em que a demanda pelo produto pode ter um caráter aditivo ou multiplicativo.

Assim, após a estruturação dos modelos de decisão como descritos anteriormente, houve a necessidade de aplicá-los. Neste intuito, o próximo capítulo apresenta um estudo numérico para cada um dos modelos desenvolvidos.

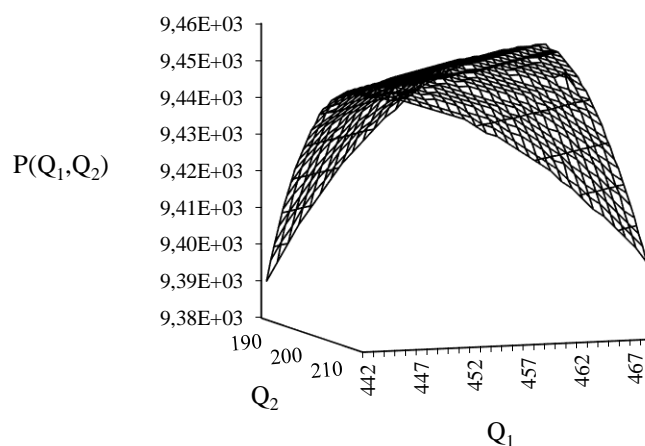
## 5 ESTUDO NUMÉRICO

Este capítulo destina-se a abordar toda a discussão referente aos problemas de decisão bem como aos objetivos delineados previamente. Além disso, também abrange a exposição dos dados utilizados e dos resultados encontrados a partir de aplicações numéricas com posterior análise de sensibilidade e implicações gerenciais de cada um dos modelos.

### 5.1 Aplicação Numérica para o Modelo 1

Nesta seção uma aplicação numérica é apresentada para ilustrar o modelo 1. 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 (19), 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 7, a seguir, ilustra o comportamento do lucro sob o cenário descrito anteriormente.

Figura 7 - Comportamento do lucro



Fonte: A Autora (2017)

Conforme a Figura 7, 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.

Para o caso especial, também consideramos uma demanda com uma função de distribuição Normal, com valor médio  $\mu = 550$  e desvio padrão  $\sigma = 105$ . Os outros parâmetros foram  $g_1 = 18$ ,  $g_2 = 21$ ,  $w = 40$ ,  $r = 8$ ,  $h = 15$ ,  $p_1 = 0,1$ ,  $p_2 = 0,05$ ,  $a = 30$ ,  $b = 55$ ,  $\gamma = 0,5$ . Através da Equação (13), a quantidade de ordem ótima resultante foi  $Q_1^* = 442$  e  $Q_2^* = 223$ , e o lucro máximo encontrado foi  $P(Q_1^*, Q_2^*) = 9,164 \times 10^3$ .

### 5.1.1 Análise de Sensibilidade para o Modelo 1

A análise de sensibilidade será realizada para os parâmetros referentes à probabilidade de retenção de clientes  $a$ ,  $b$ ,  $\gamma$ , assim como o custo de falta de estoque  $h$ . A alteração corresponde a 20 e 35% para mais e para menos nos parâmetros de ambos os modelos. Os resultados ótimos para o Modelo 1 são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 1

MODELO 1							
	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_1^* + Q_2^*$	$P(Q_1^*, Q_2^*)$	$E(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Phi(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Delta\%(\text{Lucro})$
<i>Base</i>	457,434	199,191	656,625	$9,468 \times 10^3$	41,522	0,734	-
<i>a</i>							
-35%	451,196	203,886	655,082	$9,394 \times 10^3$	41,492	0,617	-0,60%
-20%	462,478	194,362	656,840	$9,405 \times 10^3$	41,795	0,653	-0,49%
+20%	460,987	197,041	658,028	$9,535 \times 10^3$	41,421	0,845	0,71%
+35%	405,361	242,387	647,748	$9,582 \times 10^3$	40,500	1,000	1,39%
<i>b</i>							
-35%	347,148	332,836	679,984	$9,316 \times 10^3$	30,000	1,000	-1,61%
-20%	395,734	273,054	668,788	$9,358 \times 10^3$	35,010	0,801	-1,16%
+20%	510,337	137,733	648,070	$9,530 \times 10^3$	47,000	0,724	0,65%
+35%	540,897	102,005	642,902	$9,579 \times 10^3$	50,583	0,731	1,17%
<i><math>\gamma</math></i>							
-35%	486,872	165,315	652,187	$9,513 \times 10^3$	44,506	0,754	0,48%
-20%	474,799	179,55	654,349	$9,483 \times 10^3$	43,187	0,741	0,16%
+20%	445,764	210,543	656,307	$9,442 \times 10^3$	40,858	0,710	-0,27%
+35%	439,532	221,169	660,701	$9,408 \times 10^3$	39,446	0,726	-0,63%

$h$							
-35%	498,223	151,953	650,176	$9,526 \times 10^3$	45,762	0,608	0,61%
-20%	480,715	172,576	653,291	$9,489 \times 10^3$	43,830	0,668	0,22%
+20%	443,663	216,317	659,980	$9,421 \times 10^3$	39,869	0,778	-0,50%
+35%	432,319	229,691	662,010	$9,403 \times 10^3$	38,701	0,807	-0,69%

Fonte: A Autora (2017)

- À medida que o valor do limite inferior de aceitação do *stockout* diminui o lucro é reduzido. Quando os clientes não toleram valores altos de *stockout* a probabilidade de reter clientes diminui, ou seja, há uma maior probabilidade de perder clientes o que incide no lucro. Em função disso, a política de pedidos passa a ser mais conservadora.
- Por outro lado, à medida que o valor de  $a$  aumenta o lucro também aumenta, pois os clientes estão dispostos a aceitar um valor maior de *stockout* e, assim, há uma maior probabilidade de reter clientes. Entretanto, quando a probabilidade de perder clientes é zero, o varejista aumenta a quantidade pedida do fornecedor que tem menor probabilidade de falhar. Porém, como esse fornecedor é mais caro, o lucro volta a ser reduzido.
- Observa-se que a quantidade pedida diminui enquanto que o lucro esperado do varejista 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*.
- 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  $g$  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.
- 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.
- Valores altos de penalidade reduzem o lucro mesmo com probabilidade de retenção de clientes maior.



Os resultados da análise de sensibilidade para o caso especial estão representados na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o caso especial

<b>CASO ESPECIAL</b>							
	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_1^* + Q_2^*$	$P(Q_1^*, Q_2^*)$	$E(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Phi(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Delta\%(\text{Lucro})$
<i>Base</i>	442,844	223,448	666,292	$9,164 \times 10^3$	45,044	0,631	-
<i>a</i>							
-35%	449,36	215,482	664,842	$9,096 \times 10^3$	45,723	0,511	-0,74%
-20%	446,825	218,576	665,401	$9,121 \times 10^3$	45,459	0,555	-0,47%
+20%	433,215	233,896	667,111	$9,228 \times 10^3$	44,296	0,751	0,70%
+35%	432,387	236,111	668,498	$9,300 \times 10^3$	43,998	0,871	1,48%
<i>b</i>							
-35%	281,412	416,507	697,919	$8,870 \times 10^3$	31,238	0,886	-3,21%
-20%	357,877	322,917	680,794	$9,001 \times 10^3$	37,668	0,673	-1,78%
+20%	491,005	163,348	654,353	$9,284 \times 10^3$	50,552	0,655	1,31%
+35%	515,633	131,852	647,485	$9,352 \times 10^3$	53,788	0,680	2,05%
<i><math>\gamma</math></i>							
-35%	462,265	199,536	661,801	$9,246 \times 10^3$	47,128	0,687	0,89%
-20%	453,429	210,477	663,906	$9,207 \times 10^3$	46,157	0,660	0,47%
+20%	433,215	235,114	668,329	$9,128 \times 10^3$	44,079	0,608	-0,39%
+35%	426,437	243,249	669,686	$9,104 \times 10^3$	43,425	0,595	-0,65%
<i>h</i>							
-35%	474,179	184,641	658,820	$9,268 \times 10^3$	48,497	0,510	1,13%
-20%	460,337	201,932	662,269	$9,219 \times 10^3$	46,913	0,569	0,60%
+20%	426,282	243,443	669,725	$9,119 \times 10^3$	43,408	0,681	-0,49%
+35%	414,281	257,684	671,965	$9,089 \times 10^3$	42,301	0,713	-0,82%

Fonte: A Autora (2017)

- De forma geral, percebe-se que o lucro é menor quando não existem entregas parciais. Isto ocorre devido ao aumento no *stockout* uma vez que mais produtos não estarão disponíveis em razão das falhas dos fornecedores.
- A redução mais significativa foi para a alteração de -35% no valor de *b* evidenciando o impacto que o grau de aversão ao risco de perder clientes pode gerar.
- A probabilidade de reter clientes também é menor quando entregas parciais não são permitidas. Isto também se deve ao fato de que mais produtos estarão em falta quando os

fornecedores enfrentarem uma interrupção, visto que a probabilidade de retenção de clientes é função decrescente do *stockout*.

- Por outro lado, a quantidade pedida aumenta. Como não ocorrem entregas parciais, maior deve ser a quantidade pedida dos fornecedores para evitar que o *stockout* tenha valores ainda mais altos.
- A quantidade pedida para o fornecedor mais confiável aumenta enquanto que a quantidade pedida para o fornecedor menos confiável diminui. Isto ocorre para aumentar a possibilidade de atendimento aos clientes.

### 5.1.2 Implicações Gerenciais

Estes modelos têm 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, foram propostos dois modelos de apoio à decisão considerando o trade-off entre os custos de estoque em excesso e de estoque em falta em que o primeiro permite entregas parciais quando da ocorrência de uma interrupção e o segundo não. Tais modelos podem ser utilizados por um tomador de decisão para determinar simultaneamente as quantidades pedidas de cada fornecedor de forma a maximizar o lucro.

Os resultados dos exemplos numéricos 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, os modelos indicam 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, os modelos indicam 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 a falta de estoque.

Para o caso em que entregas parciais são permitidas, os resultados mostram que à medida que os clientes se tornam mais rígidos em relação ao limite inferior do *stockout*, é aconselhável que o pedido do fornecedor mais confiável aumente, embora ele seja mais caro. Isto ocorre, pois para que ocorra o mínimo *stockout* possível em situações em que os clientes são muito exigentes o comprador deve garantir que mais produtos estejam disponíveis solicitando mais produtos do fornecedor mais confiável. Já em relação ao caso especial, é aconselhável que o pedido do fornecedor mais barato aumente, embora ele seja menos confiável. Nessas circunstâncias a probabilidade de reter clientes é muito baixa, por isso não é necessário pagar ainda mais para evitar perda de vendas futuras.

Por sua vez, à medida que o limite superior de *stockout* reduz, os clientes são perdidos mais rapidamente para ambos os modelos; assim, para evitar a perda de consumidores, o pedido do fornecedor mais confiável deve aumentar para ter uma maior garantia de que a falta de estoque seja reduzida. O mesmo ocorre quando o fator de decaimento cresce.

Percebe-se que o lucro esperado total do varejista é maior quando a retenção de clientes é considerada. No trabalho de Xanthopoulos *et al.* (2012), o lucro esperado total do varejista é menor, pois quando não há a retenção de clientes, a penalidade da falta de estoque é aplicada em 100% dos casos. Já no modelo proposto, a penalidade só é empregada a partir do momento em que o *stockout* atinge um determinado valor.

## 5.2 Aplicação Numérica para o Modelo 2

Nesta seção uma aplicação numérica é apresentada para ilustrar o modelo 2. Supõe-se uma demanda com uma função de distribuição Normal com valor médio  $\mu = 550$  e desvio-padrão  $\sigma = 105$ . Já para a capacidade do fornecedor de emergência foi considerada uma distribuição Uniforme com parâmetros  $a = 0$  e  $b = 65$ . Os demais parâmetros foram  $c_1 = 18$ ,  $c_2 = 21$ ,  $c_3 = 25$ ,  $v = 40$ ,  $r = 8$ ,  $h = 15$ ,  $p_1 = 0,1$ ,  $p_2 = 0,05$ ,  $z_1 = 0,1$ ,  $z_2 = 0,25$  e  $\theta = 0,85$ . Através da Equação (7), a quantidade ótima de pedido resultante foi  $Q_1^* = 533$  e  $Q_2^* = 89$  e o lucro máximo encontrado foi  $P(Q_1^*, Q_2^*) = 4,245 \times 10^3$ .

### 5.2.1 Análise de Sensibilidade para o Modelo 2

A análise de sensibilidade será realizada para o parâmetro  $b$  referente à distribuição de probabilidade da capacidade do fornecedor de emergência, assim como para os preços de compra dos fornecedores regulares e de emergência  $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$ . A alteração corresponde a 25 e 50% para mais e para menos nos parâmetros do modelo. Os resultados ótimos para o Modelo 2 são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 2

	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_1^* + Q_2^*$	$P(Q_1^*, Q_2^*)$	$E(Q_1^*, Q_2^*)$	$\Delta\%(\text{Lucro})$
<i>Base</i>	533,023	88,972	621,995	4,245x10 <sup>3</sup>	21,483	-
<i>b</i>						
-50%	543,268	87,655	630,923	4,191E+03	22,644	-1,29%
-25%	538,083	88,321	626,404	4,218E+03	22,049	-0,63%
+25%	528,632	89,233	617,865	4,271E+03	20,936	0,60%
+50%	523,177	90,803	613,980	4,295E+03	20,355	1,16%
<i>c<sub>1</sub></i>						
-50%	776,097	0	776,097	6,752E+03	20,243	59,06%
-25%	662,265	0	662,265	5,435E+03	22,420	28,03%
+25%	0	595,926	595,926	3,877E+03	14,674	-8,67%
+50%	0	595,926	595,926	3,877E+03	14,674	-8,67%
<i>c<sub>2</sub></i>						
-50%	0	715,824	715,824	6,854E+03	8,316	61,44%
-25%	0	638,544	638,544	5,302E+03	11,158	24,89%
+25%	619,018	0	619,018	4,239E+03	24,861	-0,16%
+50%	617,947	0	617,947	4,238E+03	24,919	-0,16%
<i>c<sub>3</sub></i>						
-50%	524,821	88,236	613,057	4,299E+03	22,227	1,27%
-25%	529,083	88,810	617,893	4,272E+03	21,808	0,62%
+25%	537,351	88,865	626,216	4,220E+03	21,173	-0,60%
+50%	541,809	88,459	630,268	4,195E+03	20,903	-1,18%

Fonte: A Autora (2017)

- À medida que o limite superior da capacidade do fornecedor de emergência diminui a quantidade pedida do fornecedor mais barato aumenta, por sua vez, a quantidade pedida do fornecedor mais caro diminui. Isto ocorre, pois menos produtos podem ser adquiridos de forma emergencial, tornando-se necessário aumentar a disponibilidade de produto com antecedência, de forma menos onerosa possível. Neste contexto, o lucro é reduzido em razão

de uma maior quantidade de *stockout* decorrente de uma menor capacidade de fornecimento do fornecedor de emergência.

- Em contrapartida, quando a capacidade do fornecedor de emergência aumenta, a quantidade pedida do fornecedor mais barato diminui enquanto que a do fornecedor mais caro aumenta. Apesar do fornecedor de emergência possuir uma maior capacidade de atendimento nesta situação, ele ainda é o mais caro de todos, por isso, torna-se necessário garantir a disponibilidade de produtos através do fornecedor mais confiável a fim de que menos produtos sejam comprados posteriormente a um preço mais alto.
- Observa-se ainda que a quantidade total de ambos os pedidos é reduzida quando o fornecedor de emergência possui uma maior capacidade de atender a demanda em excesso. Apesar disso, o lucro obtido é maior em virtude de um menor valor de *stockout*.
- Em relação ao preço de compra do fornecedor 1 (mais barato e menos confiável), pode-se afirmar que quanto menor for o seu custo, menos produtos devem ser adquiridos do fornecedor mais caro. Embora o fornecedor 1 apresente maior probabilidade de falhar, o preço mais baixo compensa o risco.
- Por outro lado, se o seu preço de compra aumentar, mais produtos devem ser adquiridos do fornecedor 2. Neste caso, uma vez que o fornecedor 2 é mais confiável, não é interessante arriscar a compra de produtos do fornecedor menos confiável a um preço mais alto.
- Além disso, percebe-se que quanto mais produtos forem adquiridos do fornecedor 1 a um preço mais baixo, maior é o lucro auferido. Entretanto, sempre que o preço do fornecedor 1 aumenta, isto não significa necessariamente que cada vez mais produtos devem ser pedidos do fornecedor 2, pois, embora o fornecedor 2 seja mais confiável, ele também é caro, o que impõe um limite para a sua quantidade pedida. Como consequência do preço do fornecedor 2, o lucro é reduzido.
- Seguindo a mesma linha de raciocínio, ao passo que o preço de compra do fornecedor mais caro diminui, maior deve ser a sua quantidade pedida, enquanto que o pedido do fornecedor menos confiável reduz. Isto se justifica pelo fato do fornecedor 2 possuir uma maior confiabilidade aliado a um preço mais baixo. Consequentemente, menor será o *stockout* e, assim, maior será o lucro obtido.
- Em contrapartida, à medida que o preço do fornecedor 2 aumenta, mais produtos devem ser adquiridos do fornecedor 1 mais barato. Contudo, o fato do fornecedor 1 possuir uma maior probabilidade de falha impõe um limite máximo para a sua quantidade pedida mesmo que ele

possua um preço mais baixo. Em decorrência disso, o *stockout* é maior e, conseqüentemente, o lucro alcançado é reduzido embora que minimamente.

- No que se refere ao preço de compra do fornecedor de emergência, quando o seu preço diminui, menos produtos são adquiridos dos fornecedores regulares o que gera uma maior quantidade de *stockout* durante o período de vendas. Neste caso, o varejista está disposto a aguardar a realização da demanda a fim de verificar o *stockout* para depois fazer um novo pedido ao fornecedor de emergência a um preço mais baixo. Com isso, o varejista consegue aumentar o seu lucro, mesmo que seja um aumento com pouca significância.
- Por outro lado, um aumento no preço do fornecedor de emergência exige um aumento na quantidade pedida do fornecedor 1, ao passo que a quantidade pedida do fornecedor 2 reduz. Nesta situação, o varejista precisa se antecipar para reduzir ao máximo possível a quantidade de *stockout* a fim de evitar que muitos produtos sejam adquiridos do fornecedor de emergência a um preço mais alto. Observa-se que a quantidade pedida total é maior quando o preço do fornecedor de emergência aumenta.
- Porém, como não é possível prever com exatidão a demanda real, o *stockout* gerado precisa ser repostado através do fornecedor de emergência, logo o lucro auferido é reduzido mesmo que minimamente.

### 5.2.2 Implicações Gerenciais

Este modelo 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 a presença de um fornecedor de emergência que é acionado quando a demanda excede a quantidade pedida, embora não seja garantido que o fornecedor atenda o pedido totalmente.

Os resultados do exemplo numérico indicam que a capacidade do fornecedor de emergência em atender a demanda em excesso influencia a determinação do tamanho do pedido. Caso o fornecedor possua baixa capacidade de atendimento, é recomendado aumentar o pedido do fornecedor mais barato e reduzir o pedido do fornecedor mais caro. Nesta situação, o decisor é forçado a se planejar com antecedência para minimizar a falta de estoque durante a estação de vendas, uma vez que o fornecedor de emergência não é capaz de atender pedidos grandes. Então, para maximizar seu lucro o decisor deve tirar proveito do baixo preço de compra do fornecedor 1.

Nesta situação, aumentar a quantidade pedida do fornecedor mais confiável (mais caro) em vez do fornecedor menos confiável (mais barato) não é uma decisão correta, pois como o fornecedor de emergência tem uma capacidade muito limitada, a quantidade total de pedido dos fornecedores regulares deve ser muito grande para cobrir a deficiência do fornecedor de emergência. Então, como a quantidade total de pedido deve ser maior e o preço do fornecedor mais confiável também é maior, para que o lucro seja maximizado, a decisão correta é aumentar o pedido do fornecedor mais barato, muito embora ele seja mais propenso a falhas.

Contrariamente, quando o fornecedor de emergência possui alta capacidade de atendimento, é aconselhável reduzir o pedido do fornecedor mais barato (menos confiável) e aumentar o pedido do fornecedor mais caro, porém mais confiável. O fato do fornecedor de emergência possuir maior capacidade não significa que seja interessante adquirir mais produtos a partir dele, pois o seu preço não muda. Assim, a fim de maximizar o seu lucro o decisor deve garantir a disponibilidade de produtos através do aumento da quantidade pedida do fornecedor menos propenso a falhas. Unindo essa decisão com a maior capacidade de atendimento do fornecedor de emergência, menor será o *stockout* e, conseqüentemente, maior será o lucro, pois a incidência da penalidade associada ao *stockout* é menor.

Aqui, aumentar o pedido do fornecedor mais barato (menos confiável) e reduzir o pedido do fornecedor mais caro (mais confiável) não é adequado. Neste caso, não é necessário que o pedido total dos fornecedores regulares seja muito grande, pois o fornecedor de emergência possui uma alta capacidade de atendimento. Então, como o pedido total dos fornecedores regulares é pequeno, basta garantir que os produtos estejam disponíveis através do fornecedor mais confiável, embora seja mais caro. Assim, o lucro é maximizado, pois qualquer eventual falta de estoque é coberta pelo fornecedor de emergência, gerando um menor *stockout*.

Ainda em relação ao fornecedor de emergência, o seu preço de compra também exerce alguma influência nas decisões do modelo. Em situações que o fornecedor de emergência tem um baixo preço de compra, o decisor deve diminuir as quantidades pedidas de cada fornecedor regular. Isto decorre do fato de que com um baixo preço, o decisor pode aguardar a realização da demanda, a fim de que caso ocorra falta de estoque o decisor se beneficie da vantagem oferecida pelo preço do fornecedor de emergência. Neste sentido, nas ocorrências de falta de estoque, mais produtos podem ser adquiridos a um preço menor.

Por outro lado, quando o fornecedor de emergência cobra um preço alto, o decisor deve aumentar a quantidade pedida do fornecedor regular 1 e reduzir a quantidade pedida do fornecedor regular 2. Neste cenário, o decisor não deve arriscar a ocorrência de uma quantidade elevada de *stockout* durante o período de vendas, pois isso implicaria a compra de uma grande quantidade de produtos a um preço mais alto, o que reduziria ainda mais o lucro. Assim, mais produtos são adquiridos do fornecedor 1 em razão do seu preço de compra.

### 5.3 Aplicação Numérica para o Modelo 3

Nesta seção uma aplicação numérica é apresentada para ilustrar o modelo 3. Inicialmente, supõe-se uma demanda aditiva com uma parte linear determinística do tipo  $x(v) = \alpha - \beta v$  ( $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ ) com parâmetros  $\alpha = 500$  e  $\beta = 8$ . O erro da demanda é distribuído uniformemente entre  $A = 34,93$  e  $B = 65,07$ . A capacidade do fornecedor de emergência também foi considerada uma distribuição Uniforme com parâmetros  $a = 0$  e  $b = 80$ . Os demais parâmetros foram  $c_1 = 18$ ,  $c_2 = 25$ ,  $r = 8$ ,  $h = 15$ ,  $\lambda = 1$ . Através da Equação (30), a quantidade ótima de pedido resultante foi  $Q^* = 203$ , o preço ótimo foi  $v^* = 43$  e o lucro máximo encontrado foi  $P(k^*, v^*) = 5,079 \times 10^3$ .

Em seguida, foi considerada uma demanda multiplicativa com uma parte determinística do tipo  $x(v) = \alpha v^{-\beta}$  ( $\alpha > 0$ ,  $\beta > 1$ ) com parâmetros  $\alpha = 400$  e  $\beta = 1,5$ . Os demais parâmetros foram considerados iguais ao caso da demanda aditiva. Através da Equação (40), a quantidade ótima de pedido resultante foi  $Q^* = 116$ , o preço ótimo foi  $v^* = 59$  e o lucro máximo encontrado foi  $P(k^*, v^*) = 4,338 \times 10^3$ .

#### 5.3.1 Análise de Sensibilidade para o Modelo 3

A análise de sensibilidade será realizada para os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  referentes à função da parte determinística da demanda, assim como para os parâmetros  $A$  e  $B$  da distribuição do erro da demanda, para o preço de compra do fornecedor de emergência  $c_2$ , e também para o perfil de risco  $\lambda$ . A alteração corresponde a 25 e 50% para mais e para menos nos parâmetros dos modelos. Os resultados ótimos para o caso de demanda aditiva do Modelo 3 são mostrados na Tabela 9.

O caso base é similar ao modelo de Serel (2017), pois considera-se um decisor neutro ao risco com  $\lambda = 1$ . No entanto, percebe-se que a incorporação do perfil de risco ao problema de



decisão traz mudanças à política ótima de estoque e ao lucro máximo obtido à medida que o decisor passa de uma atitude de propensão ao risco para aversão ao risco.

Tabela 9 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 3 com demanda aditiva

	$k^*$	$Q^*$	$v^*$	$P(k^*, v^*)$	$E(Q)$	$\Delta\%(\text{Lucro})$
<i>Base</i>	50,074	203,257	43,35	$5,079 \times 10^3$	0,233	-
<i><math>\alpha</math></i>						
-50%	49,000	77,080	27,74	$6,926 \times 10^2$	0,287	-86,36%
-25%	49,569	140,029	35,57	$2,397 \times 10^3$	0,257	-52,81%
+25%	50,530	265,987	51,19	$8,738 \times 10^3$	0,212	72,04%
+50%	50,928	329,001	58,99	$1,337 \times 10^4$	0,196	163,24%
<i><math>\beta</math></i>						
-50%	51,869	240,813	77,76	$1,420 \times 10^4$	0,159	179,58%
-25%	49,514	221,210	54,72	$8,034 \times 10^3$	0,184	58,18%
+25%	49,690	184,790	36,49	$3,352 \times 10^3$	0,251	-34,26%
+50%	49,276	166,387	31,91	$2,255 \times 10^3$	0,272	-55,60%
<i>A</i>						
-50%	42,890	200,474	42,80	$4,812 \times 10^3$	0,478	-5,26%
-25%	46,416	201,645	43,10	$4,946 \times 10^3$	0,348	-2,62%
+25%	54,124	204,906	43,65	$5,213 \times 10^3$	0,128	2,64%
+50%	58,259	206,571	43,96	$5,347 \times 10^3$	0,052	5,28%
<i>B</i>						
-50%	-	-	-	-	-	-
-25%	42,497	199,584	42,86	$4,915 \times 10^3$	0,038	-3,23%
+25%	59,838	207,737	44,01	$5,243 \times 10^3$	0,446	3,23%
+50%	70,125	215,313	44,35	$5,408 \times 10^3$	0,690	6,48%
<i><math>c_2</math></i>						
-50%	39,554	193,127	43,30	$5,154 \times 10^3$	1,150	1,48%
-25%	45,706	198,963	43,34	$5,107 \times 10^3$	0,502	0,55%
+25%	53,039	205,722	43,42	$5,062 \times 10^3$	0,120	-0,33%
+50%	55,329	208,076	43,43	$5,050 \times 10^3$	0,064	-0,57%
<i><math>\lambda</math></i>						
-50%	50,081	202,940	43,39	$5,115 \times 10^3$	0,233	0,71%
-25%	50,036	203,116	43,37	$5,097 \times 10^3$	0,235	0,35%
+25%	50,100	202,900	43,40	$5,061 \times 10^3$	0,232	-0,35%
+50%	50,088	202,724	43,42	$5,043 \times 10^3$	0,232	-0,71%

Fonte: A Autora (2017)

- À medida que o coeficiente linear da função determinística da demanda diminui, a quantidade ótima do pedido é reduzida, isto ocorre, pois, uma redução no coeficiente linear reduz a parte determinística da demanda. Da mesma forma, o preço de venda é reduzido para fazer frente ao baixo valor da demanda esperada. Consequentemente, o lucro obtido é diminuído.
- Contrariamente, quando o coeficiente linear da função aumenta, a quantidade pedida também segue a mesma tendência, assim como o preço de venda. Uma elevação da demanda esperada provoca um aumento na quantidade pedida. Com isso, para maximizar os lucros o preço de venda também aumenta.
- Percebe-se que o lucro sofre uma redução quando o coeficiente linear da função da demanda diminui, isto decorre em razão de um maior valor de *stockout* esperado, bem como da junção entre uma menor quantidade pedida e preço de venda. Uma situação análoga acontece quando o coeficiente linear aumenta.
- Por sua vez, quando o coeficiente angular da função determinística da demanda diminui, isto provoca um aumento na parte determinística da demanda. Logo, a quantidade adquirida do fornecedor regular também aumenta, consequentemente, o preço de venda tem o mesmo comportamento a fim de maximizar os lucros.
- Por outro lado, um maior coeficiente angular reduz a parte determinística da demanda. Em virtude dessa diminuição na demanda, a quantidade ótima de pedido também é reduzida, assim como o preço de venda a fim de maximizar os lucros.
- O lucro esperado do varejista aumenta quando o coeficiente angular diminui. Isto pode ser explicado por um menor valor esperado do *stockout*, além do aumento nas vendas. Entretanto, o lucro esperado diminui à medida que o coeficiente angular aumenta, isto decorre de um maior valor esperado de *stockout* bem como de uma redução nas vendas.
- Em relação ao parâmetro ‘A’ da distribuição do erro da demanda, observa-se que quando há uma diminuição no seu valor, menor é a quantidade pedida, assim como o preço e, consequentemente, o lucro. Esta variação no parâmetro ‘A’ reduz o erro esperado da demanda assim como a demanda esperada total, uma vez que se trata de uma demanda com caráter aditivo.
- Ainda em relação ao parâmetro ‘A’, um aumento no erro esperado da demanda provoca um aumento na demanda esperada total, em razão do seu caráter aditivo. Assim, há um aumento na quantidade pedida, assim como no preço. Dessa forma, o lucro máximo também cresce.

- Por sua vez, percebe-se que quando o valor do limite superior ‘B’ diminui, o pedido feito ao fornecedor regular também é reduzido assim como o preço. Isto decorre do fato de que ao reduzir o valor de ‘B’, tem-se uma redução no erro esperado da demanda, o que reduz a demanda esperada total. Unindo a baixa da demanda com o preço, tem-se um lucro menor.
- De maneira oposta, a partir do momento que o valor do limite superior ‘B’ aumenta, há um aumento no erro esperado da demanda, que irá refletir em uma elevação do valor da demanda esperada total. Com isso, a quantidade pedida do fornecedor regular aumenta, conseqüentemente o mesmo ocorre com o preço e, assim, o lucro obtido é maior.
- Além disso, percebe-se que quando o parâmetro ‘A’ é reduzido ou quando o parâmetro ‘B’ aumenta, há um acréscimo no *stockout* esperado, isto pode ser explicado pelo fato de que a diminuição do valor de ‘A’ ou o aumento do valor de ‘B’ amplia o intervalo da distribuição do erro da demanda, fazendo com que o desvio do erro também aumente. Um comportamento oposto é observado quando o parâmetro ‘A’ aumenta e quando o parâmetro ‘B’ diminui.
- Quando o preço de compra do fornecedor de emergência diminui, a quantidade pedida do fornecedor regular é reduzida, pois o varejista pode aguardar a realização da demanda para suprir a falta de estoque por um preço mais baixo. O fato do varejista aguardar a realização da demanda faz com que a probabilidade da ocorrência do *stockout* ao final da temporada de vendas seja maior, uma vez que o fornecedor de emergência tem capacidade limitada. Assim, percebe-se um aumento no *stockout* esperado.
- Em razão da redução na quantidade pedida, o preço de venda também reduz, entretanto, o lucro não segue a mesma tendência, pois os produtos adquiridos durante a falta de estoque foram comprados a um preço mais baixo.
- Contrariamente, quando o preço de compra do fornecedor de emergência aumenta, a quantidade pedida também tem o mesmo comportamento para evitar que muitos produtos sejam comprados posteriormente a um preço mais alto. Com um aumento na quantidade pedida há também um aumento nos preços. Entretanto, observa-se uma redução no lucro, pois os produtos adquiridos durante a falta de estoque foram comprados a um preço mais alto.
- Já o *stockout* esperado diminui quando o preço de compra do fornecedor de emergência aumenta, pois mais produtos foram adquiridos do fornecedor regular, fazendo com que restassem menos produtos a serem comprados do fornecedor de emergência.
- No que concerne ao perfil de risco do varejista, observa-se que à medida que o valor de  $\lambda$  reduz, ou seja, à medida que o varejista se torna propenso ao risco, a quantidade

pedida do fornecedor regular é reduzida. Por sua vez, o preço de venda aumenta para maximizar o lucro levando em consideração a propensão ao risco.

- Percebe-se também que o lucro aumenta à medida que o varejista passa de um perfil neutro ao risco, para propenso ao risco e finalmente “sem risco”, isto ocorre, pois, um perfil de risco menor oferece maior oportunidade para maximizar os ganhos.
- Cada vez que o varejista se torna mais averso ao risco, ou seja, cada vez que o valor de  $\lambda$  aumenta, menor é a quantidade pedida do fornecedor regular, porém, o preço de venda cresce a fim de que o lucro seja maximizado.
- Observa-se que o lucro é reduzido à medida que o varejista é mais averso ao risco, isto ocorre, pois, um perfil de risco maior prioriza a minimização de perdas ante a maximização de ganhos.

Os resultados ótimos para o caso de demanda multiplicativa do Modelo 3 são mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados ótimos da análise de sensibilidade para o Modelo 3 com demanda multiplicativa

	$k^*$	$Q^*$	$v^*$	$P(k^*, v^*)$	$E(Q)$	$\Delta\%(\text{Lucro})$
<i>Base</i>	53,10	116,873	59,10	$4,338 \times 10^3$	0,574	-
$\alpha$						
-50%	51,10	56,957	58,60	$2,178 \times 10^3$	0,234	-49,79%
-25%	52,30	86,554	59,00	$3,259 \times 10^3$	0,394	-24,87%
+25%	53,80	146,527	59,50	$5,414 \times 10^3$	0,734	24,80%
+50%	54,20	177,139	59,50	$6,489 \times 10^3$	0,948	49,59%
$\beta$						
-50%	-	-	-	-	-	-
-25%	57,50	164,849	182,00	$2,321 \times 10^4$	0,246	435,04%
+25%	50,00	46,044	41,60	$1,021 \times 10^3$	0,201	-76,41%
+50%	48,00	16,425	34,70	$2,635 \times 10^2$	0,040	-93,93%
$A$						
-50%	48,10	92,425	64,70	$3,428 \times 10^3$	0,790	-20,81%
-25%	50,51	103,356	62,04	$3,882 \times 10^3$	0,693	-10,51%
+25%	55,80	128,648	57,30	$4,795 \times 10^3$	0,412	10,53%
+50%	59,10	142,169	55,70	$5,251 \times 10^3$	0,202	21,05%

<i>B</i>						
-50%	-	-	-	-	-	-
-25%	42,30	99,338	56,60	3,713x10 <sup>3</sup>	0,227	-14,41%
+25%	64,70	134,478	61,40	4,956x10 <sup>3</sup>	0,894	14,25%
+50%	77,10	153,454	63,20	5,572x10 <sup>3</sup>	1,136	28,45%
<i>c<sub>2</sub></i>						
-50%	48,70	110,825	57,80	4,418x10 <sup>3</sup>	1,570	2,06%
-25%	51,11	113,936	58,60	4,372x10 <sup>3</sup>	0,934	0,79%
+25%	54,80	118,177	59,91	4,313x10 <sup>3</sup>	0,348	-0,58%
+50%	56,21	120,312	60,21	4,294x10 <sup>3</sup>	0,220	-1,01%
<i>λ</i>						
-50%	53,11	124,695	56,61	4,433x10 <sup>3</sup>	0,651	2,19%
-25%	53,06	119,453	58,22	4,385x10 <sup>3</sup>	0,606	1,08%
+25%	53,00	111,355	60,96	4,292x10 <sup>3</sup>	0,536	-1,06%
+50%	53,00	106,516	62,00	4,284x10 <sup>3</sup>	0,510	-2,07%

Fonte: A Autora (2017)

- Quando ocorre uma diminuição no parâmetro  $\alpha$ , a demanda total esperada diminui, com isso, a quantidade pedida do fornecedor assim como o preço de venda são reduzidos. Consequentemente, o lucro segue a mesma tendência bem como o *stockout* esperado.
- Por sua vez, um aumento no parâmetro  $\alpha$  provoca um aumento na demanda total esperada o que é traduzido como um acréscimo na quantidade pedida do fornecedor e no preço de venda. Assim, o lucro esperado do varejista também aumenta, porém apesar da quantidade pedida ser maior o *stockout* também é maior.
- Quando  $\beta > 1$ , diz-se que a demanda para o produto é elástica, ou seja, o valor que os clientes estão dispostos a pagar diminui à medida que o valor de  $\beta$  aumenta, o que reflete no preço de venda e consequentemente na quantidade pedida. Como as variáveis de decisão são reduzidas quando  $\beta = 1,125$  até  $\beta = 2,25$  ocorre uma redução progressiva no lucro e *stockout* esperados.
- Uma diminuição no valor de  $A$  provoca uma redução no erro esperado da demanda, consequentemente a demanda esperada total também é reduzida. Dessa forma, a quantidade pedida diminui, porém, para maximizar o lucro esperado do varejista, o preço de venda aumenta. Pelo fato do pedido ser pequeno e o preço alto, o *stockout* esperado ao final do período aumenta e o lucro esperado diminui.

- Já um aumento no valor de A induz um aumento na demanda esperada total, assim, o pedido feito ao fornecedor aumenta, porém o preço de venda diminui para maximizar o lucro esperado do varejista. Neste caso, o lucro esperado cresce e o *stockout* esperado diminui.
- Quando o parâmetro B diminui, há uma redução na demanda esperada total. Com isso, menor é o pedido feito para o fornecedor assim como o preço de venda. Como consequência o lucro máximo também é reduzido.
- De forma oposta, um aumento no parâmetro B provoca um aumento na demanda esperada total em decorrência de um intervalo de distribuição do erro da demanda maior. Assim, o pedido feito ao fornecedor e o preço de venda também crescem bem como o lucro esperado do varejista.
- Quando o preço de compra do fornecedor de emergência diminui, há uma redução na quantidade pedida ao fornecedor regular assim como no preço de venda. Como mais produtos são comprados a um preço mais baixo do fornecedor de emergência o lucro esperado do varejista se torna mais alto, embora o *stockout* esperado também seja maior devido à capacidade incerta do fornecedor de emergência.
- À medida que o preço de compra do fornecedor de emergência aumenta, maior deve ser o pedido realizado ao fornecedor regular. Entretanto, o preço de venda também aumenta como uma forma de controlar a demanda para que menos produtos sejam adquiridos através do fornecedor de emergência. Neste caso, o lucro e o *stockout* esperados são reduzidos.
- Em relação ao perfil de risco, quando o varejista se torna mais propenso ao risco maior é a quantidade pedida, porém menor é o preço de venda. Isto ocorre para garantir que o risco de um pedido maior seja compensado por um menor preço. Neste cenário, o lucro aumenta apesar do *stockout* também ser mais alto.
- Já quando o varejista é mais averso ao risco menor é a quantidade pedida, porém o preço de venda é maior para compensar esta redução. Dessa forma, o lucro esperado do varejista é reduzido assim como o *stockout*.

### 5.3.2 Implicações Gerenciais

Os modelos contemplam um varejista que pode assumir diferentes atitudes em relação ao risco, considerando a presença de um fornecedor de emergência com capacidade limitada e apenas um fornecedor regular onde o objetivo é determinar a quantidade pedida do fornecedor regular e o preço de venda do produto a fim de maximizar o lucro esperado do varejista,

levando em consideração que a demanda é dependente do preço e pode ter caráter aditivo ou multiplicativo.

Os resultados da análise de sensibilidade mostram que os parâmetros da demanda, bem como o preço de compra do fornecedor de emergência e o perfil de risco do varejista influenciam a política ótima de preço e quantidade do pedido. Em relação à parte determinística da demanda, os resultados indicam que quando ela diminui, é recomendado reduzir a quantidade pedida e o preço de venda, tanto para os casos de demanda aditiva como multiplicativa. Já quando a parte determinística da demanda aumenta, o varejista deve aumentar a quantidade pedida assim como o preço de venda para maximizar seu lucro.

No que se refere ao preço de compra do fornecedor de emergência, os modelos indicam que se deve reduzir a quantidade pedida do fornecedor regular e o preço de venda quando o preço de compra do fornecedor de emergência diminui. Neste caso, é aconselhável aguardar a realização da demanda para comprar mais produtos do fornecedor de emergência a um preço menor, caso seja necessário. De maneira oposta, quando o preço de compra do fornecedor de emergência aumenta o varejista deve evitar que haja falta de estoque e que muitos produtos sejam adquiridos a um preço maior do fornecedor de emergência, dessa forma, maior deve ser a quantidade pedida bem como o preço de venda. Estas situações se aplicam tanto para a demanda com caráter aditivo como multiplicativo.

Em relação ao perfil de risco do varejista, o trabalho de Serel (2017) considera um decisor neutro ao risco semelhante ao caso base do nosso modelo, no entanto, os resultados numéricos mostram que quando o decisor é averso ao risco, a quantidade pedida do fornecedor regular deve diminuir ao mesmo tempo em que o preço de venda deve aumentar independente se a demanda tem caráter aditivo ou multiplicativo. Nesta situação o varejista prefere minimizar as perdas controlando a demanda por produtos através do aumento no preço de vendas.

Entretanto, quando o decisor é propenso ao risco, os resultados numéricos mostram que o tipo da demanda influencia a quantidade pedida e o preço de venda de forma diferente. Quando a demanda tem caráter aditivo a quantidade pedida deve diminuir e o preço de venda deve ser maior. Neste caso, o erro da demanda tem menor influência na demanda esperada. Assim, para maximizar o lucro, o varejista aumenta o preço a fim de controlar a demanda e garantir a maximização dos ganhos. Por sua vez, quando a demanda tem caráter multiplicativo, maior deve ser a quantidade pedida e menor o preço de venda. Nesse tipo de

demanda, o erro tem uma maior influência na demanda esperada. Com isso, como o varejista prefere maximizar os ganhos ao invés de minimizar as perdas, o preço de venda deve ser reduzido para aumentar a demanda pelo produto e, conseqüentemente, o lucro esperado do varejista.

#### **5.4 Considerações finais do capítulo**

Este capítulo realizou um estudo numérico para cada um dos modelos desenvolvidos. Para isso, efetuou-se uma aplicação numérica que permitiu verificar a aplicabilidade dos modelos, seguida por uma análise de sensibilidade que possibilitou compreender a influência dos parâmetros analisados nas políticas ótimas de pedido. Posteriormente, foram sugeridas algumas implicações gerenciais que buscaram auxiliar os gerentes das cadeias de suprimentos na tomada de decisão cotidiana.



## 6 CONCLUSÕES

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, incerteza relacionada à retenção de clientes ou aversão ao risco. Desse modo, torna-se necessário um modelo de suporte à decisão para definir um plano de aquisição.

Este trabalho apresentou três modelos para tomada de decisão em um problema de dimensionamento de pedidos para um único período de vendas. Em um ambiente real, geralmente um comprador necessita comprar de mais de um fornecedor que estão sujeitos a diferentes níveis de confiabilidade, além disso, muitas vezes o comprador busca maximizar o lucro e ao mesmo tempo minimizar o risco. Para cada tipo de problema existe uma modelagem que melhor se adequa à situação, dessa forma existem diferentes modelagens que representam uma variedade enorme de problemas.

No entanto, até onde sabemos e diante da literatura pesquisada, não foi encontrado nenhum modelo do tipo *Newsvendor* que envolva a retenção de clientes como um fator que pode afetar o lucro do varejista. Dessa forma, o modelo 1 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 e apenas uma parte do pedido é entregue na ocorrência de uma interrupção. O caso especial simula situações em que os fornecedores não são capazes de entregar os pedidos.

Para o caso em que entregas parciais são permitidas, os resultados mostram que à medida que os clientes se tornam mais exigentes em relação ao limite inferior do *stockout*, é aconselhável que o pedido do fornecedor mais confiável aumente, embora ele seja mais caro. Em relação ao caso especial, é recomendado que o pedido do fornecedor mais barato aumente, embora ele seja menos confiável. Já quando o limite superior do *stockout* reduz ou quando o fator de decaimento cresce, o pedido do fornecedor mais confiável deve aumentar para ter uma maior garantia de que a falta de estoque seja reduzida.

Por sua vez, o modelo 2 pode ser utilizado quando um fornecedor de emergência com capacidade limitada e *lead time* de entrega praticamente zero é acionado para evitar a falta de estoque. A utilização do fornecedor de emergência não confiável em cadeias de suprimentos com dois fornecedores regulares também não confiáveis é outra contribuição que este trabalho

trouxe para a literatura. Na prática, toda a cadeia de suprimentos está sujeita a diferentes tipos de riscos, e isto deve ser levado em consideração no processo decisório, uma vez que os riscos podem impactar a política ótima de pedidos e, conseqüentemente, a maximização dos lucros.

Os resultados do Modelo 2 mostram que caso o fornecedor de emergência possua baixa capacidade de atendimento, é recomendado aumentar o pedido do fornecedor mais barato e reduzir o pedido do fornecedor mais caro. Contrariamente, quando o fornecedor de emergência possui alta capacidade de atendimento, é aconselhável reduzir o pedido do fornecedor mais barato (menos confiável) e aumentar o pedido do fornecedor mais caro, porém mais confiável. Já quando o preço de compra do fornecedor de emergência reduz, a quantidade pedida de cada fornecedor regular também deve reduzir. Caso contrário, deve-se aumentar a quantidade pedida de cada fornecedor regular.

Finalmente, cada decisor pode ter um comportamento em relação ao risco, nem sempre serão neutros ao risco, podendo ser aversos ou até mesmo propensos ao risco. Além disso, um mesmo decisor pode mudar o seu comportamento perante o risco de uma temporada de vendas para outra a depender de diversos fatores como, por exemplo, a economia. Desse modo, o modelo 3 buscou integrar os diferentes perfis de risco que um varejista pode assumir com a presença de um fornecedor regular e um fornecedor de emergência com capacidade aleatória e a determinação do preço de venda e quantidade do pedido. A determinação do preço de venda também é amplamente utilizada como uma variável de decisão e, até onde sabemos, não foi encontrado na literatura nenhum modelo do tipo *Newsvendor* que envolva diferentes perfis de risco com fornecimento de emergência não confiável.

Os resultados numéricos do Modelo 3 mostram que quando o decisor é averso ao risco, a quantidade pedida do fornecedor regular deve diminuir ao mesmo tempo em que o preço de venda deve aumentar independente se a demanda tem caráter aditivo ou multiplicativo. Entretanto, quando o decisor é propenso ao risco, os resultados mostram que quando a demanda tem caráter aditivo, a quantidade pedida deve diminuir e o preço de venda deve ser maior. Por sua vez, quando a demanda tem caráter multiplicativo, maior deve ser a quantidade pedida e menor o preço de venda.

Diante do exposto, é importante reiterar que as modelagens devem ser feitas de forma a melhor retratar a situação-problema. Sendo assim, os modelos aqui expostos não se tratam de modelos genéricos, ou seja, modelos capazes de representar qualquer situação. Tais modelos

podem ser alterados para atender aos objetivos de cada decisor e também podem ser amplamente utilizados por decisores que enfrentem as mesmas problemáticas.

Como sugestões de trabalhos futuros para os Modelos 1 e 2, recomenda-se explorar outras formas de não confiabilidade para os fornecedores regulares. Além disso, também se recomenda assumir a presença de um varejista averso ao risco através da utilização de alguma medida de aversão ao risco. Já para o Modelo 3, sugere-se a inclusão de não confiabilidade para o fornecedor regular, bem como a incorporação de restrições para o nível de serviço.

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-AAL, Mohammad AM; SELIM, Shokri Z. Risk-averse multi-product selective newsvendor problem with different market entry scenarios under CVaR criterion. **Computers & Industrial Engineering**, v. 103, p. 250-261, 2017.
- ABDEL-AAL, Mohammad AM; SYED, Mujahid N.; SELIM, Shokri Z. Multi-product selective newsvendor problem with service level constraints and market selection flexibility. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 1, p. 96-117, 2017.
- ANCARANI, A.; DI MAURO, Carmela; D'URSO, Diego. Measuring overconfidence in inventory management decisions. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 22, n. 3, p. 171-180, 2016.
- ANTONIO, KW Lau; RICHARD, CM Yam; TANG, Esther. The complementarity of internal integration and product modularity: An empirical study of their interaction effect on competitive capabilities. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 26, n. 4, p. 305-326, 2009.
- AQLAN, Faisal; LAM, Sarah S. Supply chain optimization under risk and uncertainty: A case study for high-end server manufacturing. **Computers & Industrial Engineering**, v. 93, p. 78-87, 2016.
- ARCELUS, Francisco J.; KUMAR, Satyendra; SRINIVASAN, G. Risk tolerance and a retailer's pricing and ordering policies within a newsvendor framework. **Omega**, v. 40, n. 2, p. 188-198, 2012.
- ATASEVEN, Cigdem; NAIR, Anand. Assessment of supply chain integration and performance relationships: A meta-analytic investigation of the literature. **International Journal of Production Economics**, v. 185, p. 252-265, 2017.
- BAHROUN, Mohamed; HARBI, Slim. Risk management in the modern retail supply chain: Lessons from a case study and literature review. In: **Industrial Engineering and Systems Management (IESM), 2015 International Conference on**. IEEE, 2015. p. 1161-1170
- BAIER, Christian; HARTMANN, Evi; MOSER, Roger. Strategic alignment and purchasing efficacy: an exploratory analysis of their impact on financial performance. **Journal of Supply Chain Management**, v. 44, n. 4, p. 36-52, 2008.
- BAKAL, Ismail Serdar; GEUNES, Joseph; ROMEIJN, H. Edwin. Market selection decisions for inventory models with price-sensitive demand. **Journal of Global Optimization**, v. 41, n. 4, p. 633-657, 2008.
- BARNEY, Jay B. Purchasing, supply chain management and sustained competitive advantage: The relevance of resource-based theory. **Journal of Supply Chain Management**, v. 48, n. 2, p. 3-6, 2012.

- BOGATAJ, D.; BOGATAJ, M. Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space. **International Journal of Production Economics**, v. 108, n. 1–2, p. 291–301, 2007.
- BOON-ITT, Sakun; YEW WONG, Chee. The moderating effects of technological and demand uncertainties on the relationship between supply chain integration and customer delivery performance. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 41, n. 3, p. 253-276, 2011.
- BURKE, Gerard J.; CARRILLO, Janice E.; VAKHARIA, Asoo J. Sourcing decisions with stochastic supplier reliability and stochastic demand. **Production and Operations Management**, v. 18, n. 4, p. 475-484, 2009.
- CAO, Mei et al. Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 22, p. 6613-6635, 2010.
- CARR, Amelia S.; PEARSON, John N. The impact of purchasing and supplier involvement on strategic purchasing and its impact on firm's performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 9, p. 1032-1053, 2002.
- CHAHAR, Kiran; TAAFFE, Kevin. Risk averse demand selection with all-or-nothing orders. **Omega**, v. 37, n. 5, p. 996-1006, 2009.
- CHEN, Injazz J.; LEE, YeonYeob; PAULRAJ, Antony. Does a purchasing manager's need for cognitive closure (NFCC) affect decision-making uncertainty and supply chain performance?. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 23, p. 6878-6898, 2014.
- CHEN, Injazz J.; PAULRAJ, Antony. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 2, p. 119-150, 2004.
- CHEN, Injazz J.; PAULRAJ, Antony; LADO, Augustine A. Strategic purchasing, supply management, and firm performance. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 5, p. 505-523, 2004.
- CHEN, Jie; SOHAL, Amrik S.; PRAJOGO, Daniel I. Supply chain operational risk mitigation: a collaborative approach. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2186-2199, 2013.
- CHEN, Ping-Kuo; LI, Liang; YE, Yong. Development of a supply chain integration process in China. In: **Applied System Innovation (ICASI), 2017 International Conference on**. IEEE, 2017. p. 70-72.
- CHERNONOG, Tatyana; KOGAN, Konstantin. The effect of risk aversion on a supply chain with postponed pricing. **Journal of the Operational Research Society**, v. 65, n. 9, p. 1396-1411, 2014.
- CHIU, Chun-Hung; CHOI, Tsan-Ming. Optimal pricing and stocking decisions for

- newsvendor problem with value-at-risk consideration. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans**, v. 40, n. 5, p. 1116-1119, 2010.
- CHOPRA, Sunil; REINHARDT, Gilles; MOHAN, Usha. The importance of decoupling recurrent and disruption risks in a supply chain. **Naval Research Logistics (NRL)**, v. 54, n. 5, p. 544-555, 2007.
- CHOPRA, Sunil; SODHI, ManMohan S. Managing risk to avoid supply-chain breakdown. **MIT Sloan Management Review**, v. 46, n. 1, p. 53, 2004.
- COOPER, Martha C.; ELLRAM, Lisa M. Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. **The International Journal of Logistics Management**, v. 4, n. 2, p. 13-24, 1993.
- DADA, Maqbool; PETRUZZI, Nicholas C.; SCHWARZ, Leroy B. A newsvendor's procurement problem when suppliers are unreliable. **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 9, n. 1, p. 9-32, 2007.
- DAS, Ajay; NARASIMHAN, Ram. Purchasing competence and its relationship with manufacturing performance. **Journal of Supply Chain Management**, v. 36, n. 1, p. 17-28, 2000.
- De ALMEIDA, A. T. de. Resolução de um problema de decisão. In: **Processo de Decisão nas Organizações - Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2013. cap 7, p.165-166.
- DEVARAJ, Sarv; KRAJEWSKI, Lee; WEI, Jerry C. Impact of eBusiness technologies on operational performance: the role of production information integration in the supply chain. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 6, p. 1199-1216, 2007.
- ELLRAM, Lisa M. et al. The impact of purchasing and supply management activities on corporate success. **Journal of Supply Chain Management**, v. 38, n. 4, p. 4-17, 2002.
- ELLRAM, Lisa M.; CARR, Amelia. Strategic purchasing: a history and review of the literature. **Journal of Supply Chain Management**, v. 30, n. 1, p. 9-19, 1994.
- ETTLIE, John E.; REZA, Ernesto M. Organizational integration and process innovation. **Academy of Management Journal**, v. 35, n. 4, p. 795-827, 1992.
- FEDERGRUEN, Awi; YANG, Nan. Selecting a portfolio of suppliers under demand and supply risks. **Operations Research**, v. 56, n. 4, p. 916-936, 2008.
- FLYNN, Barbara B.; HUO, Baofeng; ZHAO, Xiande. The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. **Journal of Operations Management**, v. 28, n. 1, p. 58-71, 2010.
- FROHLICH, Markham T.; WESTBROOK, Roy. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. **Journal of Operations Management**, v. 19, n. 2, p. 185-200, 2001.

- FU, Ke; XU, Jiayan; MIAO, Zhaowei. Newsvendor with multiple options of expediting. **European Journal of Operational Research**, v. 226, n. 1, p. 94-99, 2013.
- GAO, Ai-Ying; LIU, Kai. Research on Purchasing Supply Chain Coordination Mechanism for Multiple Suppliers with Incomplete Information. In: **Business and Information Management, 2008. ISBIM'08. International Seminar on**. IEEE, 2008. p. 514-517.
- GAUDENZI, Barbara; BORGHESI, Antonio. Managing risks in the supply chain using the AHP method. **The International Journal of Logistics Management**, v. 17, n. 1, p. 114-136, 2006.
- GIRI, B. C. Managing inventory with two suppliers under yield uncertainty and risk aversion. **International Journal of Production Economics**, v. 133, n. 1, p. 80-85, 2011.
- GRASMAN, Scott E.; SARI, Zaki; SARI, Tewfik. Newsvendor solutions with general random yield distributions. **RAIRO-Operations Research**, v. 41, n. 4, p. 455-464, 2007.
- GÜLER, M. Güray; BILGIÇ, Taner. On coordinating an assembly system under random yield and random demand. **European Journal of Operational Research**, v. 196, n. 1, p. 342-350, 2009.
- HACHICHA, Wafik; ELMSALMI, Manel. An integrated approach based-structural modeling for risk prioritization in supply network management. **Journal of Risk Research**, v. 17, n. 10, p. 1301-1324, 2014.
- HE, Yuanjie; ZHANG, Jiang. Random yield risk sharing in a two-level supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 112, n. 2, p. 769-781, 2008.
- HE, Yuanqiong et al. The impact of supplier integration on customer integration and new product performance: the mediating role of manufacturing flexibility under trust theory. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 260-270, 2014.
- HO, William et al. Supply chain risk management: a literature review. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 16, p. 5031-5069, 2015.
- HU, Fei; LIM, Cheng-Chew; LU, Zudi. Optimal production and procurement decisions in a supply chain with an option contract and partial backordering under uncertainties. **Applied Mathematics and Computation**, v. 232, p. 1225-1234, 2014.
- JOYCE, William B. Accounting, purchasing and supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 3, p. 202-207, 2006.
- JUANJUAN, Li et al. The Coordination of Risk-averse Retailer's Supply Chain under the Option Contract. In: **Proceedings of the 2017 International Conference on Management Engineering, Software Engineering and Service Sciences**. ACM, 2017. p. 231-236.
- JÜTTNER, Uta; PECK, Helen; CHRISTOPHER, Martin. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 6, n. 4, p. 197-210, 2003.

- KÄKI, Anssi et al. Newsvendor decisions under supply uncertainty. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 5, p. 1544-1560, 2015.
- KATOK, Elena et al. Using laboratory experiments to build better operations management models. **Foundations and Trends® in Technology, Information and Operations Management**, v. 5, n. 1, p. 1-86, 2011.
- KAZAZ, Burak; WEBSTER, Scott. Price-setting newsvendor problems with uncertain supply and risk aversion. **Operations Research**, v. 63, n. 4, p. 807-811, 2015.
- KEREN, Baruch. The single-period inventory problem: Extension to random yield from the perspective of the supply chain. **Omega**, v. 37, n. 4, p. 801-810, 2009.
- KHANRA, Avijit. On the impact of suboptimal decisions in the newsvendor model. **Operations Research Letters**, v. 45, n. 1, p. 84-89, 2017.
- KHOUJA, Moutaz. The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. **Omega**, v. 27, n. 5, p. 537-553, 1999.
- KILUBI, Irène. The strategies of supply chain risk management—a synthesis and classification. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 19, n. 6, p. 604-629, 2016.
- KIM, Gitae; WU, Kan; HUANG, Edward. Optimal inventory control in a multi-period newsvendor problem with non-stationary demand. **Advanced Engineering Informatics**, v. 29, n. 1, p. 139-145, 2015.
- KUMAR, Sri Krishna; TIWARI, M. K.; BABICEANU, Radu F. Minimisation of supply chain cost with embedded risk using computational intelligence approaches. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 13, p. 3717-3739, 2010.
- LAI, Kee-Hung; NGAI, E. W. T.; CHENG, T. C. E. An empirical study of supply chain performance in transport logistics. **International journal of Production economics**, v. 87, n. 3, p. 321-331, 2004.
- LANDRY, Maurice; MALOUIN, Jean-Louis; ORAL, Muhittin. Model validation in operations research. **European Journal of Operational Research**, v. 14, n. 3, p. 207-220, 1983.
- LAVASTRE, Olivier; GUNASEKARAN, Angappa; SPALANZANI, Alain. Supply chain risk management in French companies. **Decision Support Systems**, v. 52, n. 4, p. 828-838, 2012.
- LEDARI, Ashkan Mohsenzadeh; PASANDIDEH, Seyed Hamid Reza; KOUPAEI, Mehrdad Nouri. A new newsvendor policy model for dual-sourcing supply chains by considering disruption risk and special order. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 29, n. 1, p. 237-244, 2018.
- LEE, Hau L. The triple-A supply chain. **Harvard Business Review**, v. 82, n. 10, p. 102-113, 2004.



- LEE, Hau L.; PADMANABHAN, Venkata; WHANG, Seungjin. The bullwhip effect in supply chains. **Sloan Management Review**, v. 38, n. 3, p. 93, 1997.
- LEE, Hwansik; LODREE JR, Emmett J. Modeling customer impatience in a newsboy problem with time-sensitive shortages. **European Journal of Operational Research**, v. 205, n. 3, p. 595-603, 2010.
- LI, Qingying; DONG, Ciwei; ZHUANG, Ruixin. Managing the newsvendor modeled product system with random capacity and capacity-dependent price. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2015, 2015.
- LI, Xiang; LI, Yongjian; CAI, Xiaoqiang. A note on the random yield from the perspective of the supply chain. **Omega**, v. 40, n. 5, p. 601-610, 2012.
- LI, Xiang; LI, Yongjian; ZHAO, Linghua. Modeling Supply Risk in the New Business Era: Supply Chain Competition and Cooperation. In: **Optimization and Control for Systems in the Big-Data Era**. Springer, Cham, 2017. p. 121-144.
- LIN, Jun; NG, Tsan Sheng. Robust multi-market newsvendor models with interval demand data. **European Journal of Operational Research**, v. 212, n. 2, p. 361-373, 2011.
- LIU, Mengqi; CAO, Erbao; SALIFOU, Coulibaly Kigbajah. Pricing strategies of a dual-channel supply chain with risk aversion. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 90, p. 108-120, 2016.
- LIU, Shaoxuan; SO, Kut C.; ZHANG, Fuqiang. Effect of supply reliability in a retail setting with joint marketing and inventory decisions. **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 12, n. 1, p. 19-32, 2010.
- LIU, Wei; SONG, Shiji; WU, Cheng. The loss-averse newsvendor problem with random yield. **Transactions of the Institute of Measurement and Control**, v. 36, n. 3, p. 312-320, 2014.
- LODREE JR, Emmett J.; KIM, Yeonjung; JANG, Wooseung. Time and quantity dependent waiting costs in a newsvendor problem with backlogged shortages. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 47, n. 1-2, p. 60-71, 2008.
- LUZZINI, Davide et al. Organizing IT purchases: Evidence from a global study. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 20, n. 3, p. 143-155, 2014.
- MA, Lijun et al. Channel bargaining with risk-averse retailer. **International Journal of Production Economics**, v. 139, n. 1, p. 155-167, 2012.
- MANUJ, Ila; MENTZER, John T. Global supply chain risk management. **Journal of Business Logistics**, v. 29, n. 1, p. 133-155, 2008.
- MASIH-TEHRANI, Behdad et al. A single-period analysis of a two-echelon inventory system with dependent supply uncertainty. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 45, n. 8, p. 1128-1151, 2011.

- MERZIFONLUOGLU, Yasemin. Impact of risk aversion and backup supplier on sourcing decisions of a firm. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 22, p. 6937-6961, 2015a.
- MERZIFONLUOGLU, Yasemin. Integrated demand and procurement portfolio management with spot market volatility and option contracts. **European Journal of Operational Research**, v. 258, n. 1, p. 181-192, 2017.
- MERZIFONLUOGLU, Yasemin. Risk averse supply portfolio selection with supply, demand and spot market volatility. **Omega**, v. 57, p. 40-53, 2015b.
- MERZIFONLUOGLU, Yasemin; FENG, Yazhe. Newsvendor problem with multiple unreliable suppliers. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 1, p. 221-242, 2014.
- MITROFF, Ian I. et al. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. **Interfaces**, v. 4, n. 3, p. 46-58, 1974.
- MITROFF, Ian I. Towards a theory of systemic problem solving: prospects and paradoxes. **International Journal Of General System**, v. 4, n. 1, p. 47-59, 1977.
- MOHAMMADDUST, Faeghe et al. Developing lean and responsive supply chains: A robust model for alternative risk mitigation strategies in supply chain designs. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 632-653, 2017.
- NARASIMHAN, Ram; SWINK, Morgan; VISWANATHAN, Sridhar. On decisions for integration implementation: An examination of complementarities between product-Process technology integration and supply chain integration. **Decision Sciences**, v. 41, n. 2, p. 355-372, 2010.
- NARASIMHAN, Ram; TALLURI, Srinivas. Perspectives on risk management in supply chains. **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 2, p. 114-118, 2009.
- NOVACK, Robert A.; SIMCO, Stephen W. The industrial procurement process: a supply chain perspective. **Journal of Business Logistics**, v. 12, n. 1, p. 145, 1991.
- OKYAY, H. K.; KARAESMEN, F.; ÖZEKICI, S. Hedging demand and supply risks in the newsvendor model. **OR Spectrum**, v. 37, n. 2, p. 475-501, 2015.
- OKYAY, H. K.; KARAESMEN, Fikri; ÖZEKICI, Süleyman. Newsvendor models with dependent random supply and demand. **Optimization Letters**, v. 8, n. 3, p. 983-999, 2014.
- OLSON, David L.; SWENSETH, Scott R. Trade-offs in Supply Chain System Risk Mitigation. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 31, n. 4, p. 565-579, 2014.
- PANDO, Valentín et al. A newsboy problem with an emergency order under a general backorder rate function. **Omega**, v. 41, n. 6, p. 1020-1028, 2013.
- PARK, Kyungchul; LEE, Kyungsik. Distribution-robust single-period inventory control

- problem with multiple unreliable suppliers. **OR Spectrum**, v. 38, n. 4, p. 949-966, 2016.
- PETERSEN, Kenneth J.; HANDFIELD, Robert B.; RAGATZ, Gary L. A model of supplier integration into new product development. **Journal of Product Innovation Management**, v. 20, n. 4, p. 284-299, 2003.
- PETRUZZI, Nicholas C.; DADA, Maqbool. Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions. **Operations Research**, v. 47, n. 2, p. 183-194, 1999.
- PETTIT, Timothy J.; CROXTON, Keely L.; FIKSEL, Joseph. Ensuring supply chain resilience: development and implementation of an assessment tool. **Journal of Business Logistics**, v. 34, n. 1, p. 46-76, 2013.
- QIN, Yan et al. The newsvendor problem: Review and directions for future research. **European Journal of Operational Research**, v. 213, n. 2, p. 361-374, 2011.
- QING-GUO, Ma; LI-JUN, Meng. The newsboy problem with resalable returns and emergency order. In: **Automation and Logistics, 2008. ICAL 2008. IEEE International Conference on**. IEEE, 2008. p. 2157-2162.
- RAJESH, R.; RAVI, V. Analyzing drivers of risks in electronic supply chains: a grey-DEMATEL approach. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 92, n. 1-4, p. 1127-1145, 2017.
- RAY, Pritee; JENAMANI, Mamata. Mean-variance analysis of sourcing decision under disruption risk. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 2, p. 679-689, 2016b.
- RAY, Pritee; JENAMANI, Mamata. Sourcing decision under disruption risk with supply and demand uncertainty: A newsvendor approach. **Annals of Operations Research**, v. 237, n. 1-2, p. 237-262, 2016a.
- RAY, Pritee; JENAMANI, Mamata. Sourcing under supply disruption with capacity-constrained suppliers. **Journal of Advances in Management Research**, v. 10, n. 2, p. 192-205, 2013.
- REKIK, Yacine; SAHIN, Evren; DALLERY, Yves. A comprehensive analysis of the newsvendor model with unreliable supply. **OR Spectrum**, v. 29, n. 2, p. 207-233, 2007.
- ROSENZWEIG, Eve D.; ROTH, Aleda V.; DEAN JR, James W. The influence of an integration strategy on competitive capabilities and business performance: an exploratory study of consumer products manufacturers. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 4, p. 437-456, 2003.
- SAGASTI, Francisco R.; MITROFF, Ian I. Operations research from the viewpoint of general systems theory. **Omega**, v. 1, n. 6, p. 695-709, 1973.
- SAGHAFIAN, Soroush; VAN OYEN, Mark P. The value of flexible backup suppliers and disruption risk information: newsvendor analysis with recourse. **IIE Transactions**, v. 44, n. 10, p. 834-867, 2012.

- SARANGA, Haritha; MOSER, Roger. Performance evaluation of purchasing and supply management using value chain DEA approach. **European Journal of Operational Research**, v. 207, n. 1, p. 197-205, 2010.
- SAYIN, F.; KARAESMEN, F.; ÖZEKICI, S. Newsvendor model with random supply and financial hedging: Utility-based approach. **International Journal of Production Economics**, v. 154, p. 178-189, 2014.
- SCANNELL, Thomas V.; VICKERY, Shawnee K.; DROGE, Cornelia L. Upstream supply chain management and competitive performance in the automotive supply industry. **Journal of Business Logistics**, v. 21, n. 1, p. 23, 2000.
- SCHOENHERR, Tobias; SWINK, Morgan. Revisiting the arcs of integration: Cross-validations and extensions. **Journal of Operations Management**, v. 30, n. 1-2, p. 99-115, 2012.
- SEREL, Doğan A. A single-period stocking and pricing problem involving stochastic emergency supply. **International Journal of Production Economics**, v. 185, p. 180-195, 2017.
- SEREL, Doğan A. Inventory and pricing decisions in a single-period problem involving risky supply. **International Journal of Production Economics**, v. 116, n. 1, p. 115-128, 2008.
- SEREL, Doğan A. Production and pricing policies in dual sourcing supply chains. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 76, p. 1-12, 2015.
- SHEFFI, Yossi; RICE JR, James B. A supply chain view of the resilient enterprise. **MIT Sloan Management Review**, v. 47, n. 1, p. 41, 2005.
- SHU, Lei et al. On the risk-averse procurement strategy under unreliable supply. **Computers & Industrial Engineering**, v. 84, p. 113-121, 2015.
- SILBERMAYR, Lena; MINNER, Stefan. Dual sourcing under disruption risk and cost improvement through learning. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 1, p. 226-238, 2016.
- SREEDEVI, R.; SARANGA, Haritha. Uncertainty and supply chain risk: The moderating role of supply chain flexibility in risk mitigation. **International Journal of Production Economics**, v. 193, p. 332-342, 2017.
- STEVENSON, W. Production/Operations Management. 5th. ed. [s.l.] Irwin, 1996.
- SURTI, Chirag; HASSINI, Elkafi; ABAD, Prakash. Pricing and inventory decisions with uncertain supply and stochastic demand. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 30, n. 06, p. 1350030, 2013.
- SWINK, Morgan; NARASIMHAN, Ram; WANG, Cynthia. Managing beyond the factory walls: effects of four types of strategic integration on manufacturing plant performance. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 1, p. 148-164, 2007.

- TAAFFE, Kevin; GEUNES, Joseph; ROMEIJN, H. Edwin. Target market selection and marketing effort under uncertainty: The selective newsvendor. **European Journal of Operational Research**, v. 189, n. 3, p. 987-1003, 2008a.
- TAAFFE, Kevin; ROMEIJN, Edwin; TIRUMALASETTY, Deepak. A selective newsvendor approach to order management. **Naval Research Logistics (NRL)**, v. 55, n. 8, p. 769-784, 2008b.
- TANG, Christopher S. Perspectives in supply chain risk management. **International Journal of Production Economics**, v. 103, n. 2, p. 451-488, 2006.
- TANG, Christopher S. Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 9, n. 1, p. 33-45, 2006.
- TANG, Christopher S.; YIN, Rui. Responsive pricing under supply uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 182, n. 1, p. 239-255, 2007.
- TANG, Christopher; TOMLIN, Brian. The power of flexibility for mitigating supply chain risks. **International Journal of Production Economics**, v. 116, n. 1, p. 12-27, 2008.
- TANG, Ou; MUSA, S. Nurmaya. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. **International Journal of Production Economics**, v. 133, n. 1, p. 25-34, 2011.
- TANG, Ou; MUSA, S. Nurmaya; LI, Juan. Dynamic pricing in the newsvendor problem with yield risks. **International Journal of Production Economics**, v. 139, n. 1, p. 127-134, 2012.
- TEKIN, Muge; ÖZEKICI, S. Mean-variance newsvendor model with random supply and financial hedging. **IIE Transactions**, v. 47, n. 9, p. 910-928, 2015.
- THOO, A. C. et al. A Review of Theoretical Frameworks for Supply Chain Integration. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2017. p. 012010, 2017.
- TOMLIN, Brian. Disruption-management strategies for short life-cycle products. **Naval Research Logistics (NRL)**, v. 56, n. 4, p. 318-347, 2009.
- TRUONG QUANG, Huy; HARA, Yoshinori. Risks and performance in supply chain: the push effect. **International Journal of Production Research**, p. 1-20, 2017.
- TUNCEL, Gonca; ALPAN, Gülgün. Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. **Computers in Industry**, v. 61, n. 3, p. 250-259, 2010.
- WAGNER, Stephan M.; BODE, Christoph. An empirical investigation into supply chain vulnerability. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 12, n. 6, p. 301-312, 2006.
- WANG, Chong; CHEN, Xu. Optimal ordering policy for a price-setting newsvendor with

- option contracts under demand uncertainty. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 20, p. 6279-6293, 2015.
- WANG, Rui et al. Newsvendor problem with VaR and CVaR criteria under random demand and supply. In: **Control And Decision Conference (CCDC), 2017 29th Chinese**. IEEE, 2017. p. 3428-3433.
- WANG, Xiaojun; TIWARI, Puneet; CHEN, Xu. Communicating supply chain risks and mitigation strategies: a comprehensive framework. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 13, p. 1023-1036, 2017.
- WANG, Xinhui; GUO, Hongmei; WANG, Xianyu. Supply chain contract mechanism under bilateral information asymmetry. **Computers & Industrial Engineering**, v. 113, p. 356-368, 2017.
- WONG, Chee Yew; BOON-ITT, Sakun; WONG, Christina WY. The contingency effects of environmental uncertainty on the relationship between supply chain integration and operational performance. **Journal of Operations management**, v. 29, n. 6, p. 604-615, 2011.
- WONG, Christina WY et al. The role of IT-enabled collaborative decision making in inter-organizational information integration to improve customer service performance. **International Journal of Production Economics**, v. 159, p. 56-65, 2015.
- WONG, Christina WY; LAI, Kee-hung; BERNROIDER, Edward WN. The performance of contingencies of supply chain information integration: The roles of product and market complexity. **International Journal of Production Economics**, v. 165, p. 1-11, 2015.
- WONG, Christina WY; SANCHI, Cristina; THOMSEN, Cristina Gimenez. A national culture perspective in the efficacy of supply chain integration practices. **International Journal of Production Economics**, v. 193, p. 554-565, 2017.
- WU, Meng; ZHU, Stuart X.; TEUNTER, Ruud H. A risk-averse competitive newsvendor problem under the CVaR criterion. **International Journal of Production Economics**, v. 156, p. 13-23, 2014.
- WU, Meng; ZHU, Stuart X.; TEUNTER, Ruud H. Newsvendor problem with random shortage cost under a risk criterion. **International Journal of Production Economics**, v. 145, n. 2, p. 790-798, 2013a.
- WU, Meng; ZHU, Stuart X.; TEUNTER, Ruud H. The risk-averse newsvendor problem with random capacity. **European Journal of Operational Research**, v. 231, n. 2, p. 328-336, 2013b.
- XANTHOPOULOS, Anastasios; VLACHOS, Dimitrios; IAKOVOU, Eleftherios. Optimal newsvendor policies for dual-sourcing supply chains: A disruption risk management framework. **Computers & Operations Research**, v. 39, n. 2, p. 350-357, 2012.
- XIAO, Tiaojun; YANG, Danqin. Price and service competition of supply chains with risk-averse retailers under demand uncertainty. **International Journal of Production**

- Economics**, v. 114, n. 1, p. 187-200, 2008.
- XIAO, Tiaojun; YANG, Danqin. Risk sharing and information revelation mechanism of a one-manufacturer and one-retailer supply chain facing an integrated competitor. **European Journal of Operational Research**, v. 196, n. 3, p. 1076-1085, 2009.
- XU, Minghui; LI, Jianbin. Comparative analysis of optimal strategies with two purchase modes under different risk-averse criteria. **Wuhan University Journal of Natural Sciences**, v. 14, n. 4, p. 287-292, 2009.
- XU, Minghui; LU, Ye. The effect of supply uncertainty in price-setting newsvendor models. **European Journal of Operational Research**, v. 227, n. 3, p. 423-433, 2013.
- XU, Minghui; XU, Xiaolin. Stochastic comparisons in a price-dependent newsvendor problem with emergency procurement. In: **Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2011 8th International Conference on**. IEEE, 2011. p. 1-4.
- XU, Minghui; XU, Xiaolin; ZHOU, Yi-hui. Stochastic comparisons in a price-quantity setting firm with uncertain demand and emergency procurement. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 22, n. 4, p. 401-420, 2013.
- YANG, Shitao; YANG, Jian; ABDEL-MALEK, Layek. Sourcing with random yields and stochastic demand: A newsvendor approach. **Computers & Operations Research**, v. 34, n. 12, p. 3682-3690, 2007.
- YOO, Min-Jung et al. A pilot study on eliciting human operations decision in purchasing and measuring their impact on supply chain efficiency. **Computers & Industrial Engineering**, v. 113, p. 904-920, 2017.
- YU, Li et al. The effect of yield rate in a general price-setting newsvendor model with a yield-dependent secondary market. **International Transactions in Operational Research**, v. 0, p. 1-25, 2017.
- YUNUS, Erlinda N.; TADISINA, Suresh K. Drivers of supply chain integration and the role of organizational culture: empirical evidence from Indonesia. **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 1, p. 89-115, 2016.
- ZHANG, Wensi et al. Impact of Emergency Order in Price-Dependent Newsvendor Problems. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 34, n. 02, p. 1750001, 2017.
- ZHANG, Yong; YANG, Xingyu. Online ordering policies for a two-product, multi-period stationary newsvendor problem. **Computers & Operations Research**, v. 74, p. 143-151, 2016.
- ZHENG, Meimei; SHU, Yan; WU, Kan. On optimal emergency orders with updated demand forecast and limited supply. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 12, p. 3692-3719, 2015.

- ZHENG, Wei; LI, Bo; SONG, Dong-Ping. Effects of risk-aversion on competing shipping lines' pricing strategies with uncertain demands. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 104, p. 337-356, 2017.
- ZHOU, Yong-Wu; WANG, Sheng-Dong. Manufacturer-buyer coordination for newsvendor-type-products with two ordering opportunities and partial backorders. **European Journal of Operational Research**, v. 198, n. 3, p. 958-974, 2009.
- ZHU, Jingjing; FU, Shaochuan. Ordering policies for a dual sourcing supply chain with disruption risks. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 6, n. 1, p. 380, 2013.
- ZHU, Lijing; ZHANG, Yumeng; REN, Xiaohang. A newsvendor problem with two suppliers under dual-channel supply chain and supply disruption. In: **Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2016 13th International Conference on**. IEEE, 2016. p. 1-5.
- ZSIDISIN, George A.; ELLRAM, Lisa M. An agency theory investigation of supply risk management. **Journal of Supply Chain Management**, v. 39, n. 2, p. 15-27, 2003.



## ANEXO A - Resumo dos fatores de risco da cadeia de suprimentos

Fatores de Macro Riscos	Fatores de Micro Riscos					
	Fatores de risco de demanda	Fatores de risco de fabricação	Fatores de risco de fornecimento	Fatores de risco de infraestrutura		
				Fatores de risco de informação	Fatores de risco de transporte	Fatores de risco financeiro
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desastre natural</li> <li>• Guerra e terrorismo</li> <li>• Acidentes de incêndio</li> <li>• Instabilidade política</li> <li>• Recessões econômicas</li> <li>• Problemas legais externos</li> <li>• Risco soberano</li> <li>• Instabilidade regional</li> <li>• Regulamentos governamentais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsões de demanda imprecisas</li> <li>• Graves erros de previsão</li> <li>• Efeito Bullwhip</li> <li>• Incerteza da demanda</li> <li>• Aumento súbito da demanda</li> <li>• Variabilidade da demanda</li> <li>• Fragmentação de clientes</li> <li>• Alto nível de serviço exigido pelos clientes</li> <li>• Dependência do</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disputas / greves laborais</li> <li>• Acidentes de trabalho</li> <li>• Ausência do operador</li> <li>• Insatisfação com o trabalho</li> <li>• Falta de experiência ou treinamento</li> <li>• Pausas insuficientes</li> <li>• Condições de trabalho</li> <li>• Obsolescência do produto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidade de lidar com mudanças no volume de demanda</li> <li>• Falhas em atender requisitos de entrega</li> <li>• Incapacidade de fornecer preços competitivos</li> <li>• Tecnicamente atrás dos concorrentes</li> <li>• Incapacidade de atender aos requisitos de qualidade</li> <li>• Falência de fornecedores</li> <li>• Fonte única de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pane na infraestrutura de informação</li> <li>• Integração de sistemas</li> <li>• Comércio eletrônico</li> <li>• Atrasos na informação</li> <li>• Falta de transparência de informação entre logística e marketing</li> <li>• Segurança na Internet</li> <li>• Falta de compatibilidade nas plataformas de TI entre os parceiros da cadeia de suprimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuseio excessivo devido a travessias de fronteiras ou mudança nos modos de transporte</li> <li>• Falta de eficácia na saída</li> <li>• Fragmentação dos fornecedores de transporte</li> <li>• Sem alternativas de solução de transporte</li> <li>• Entrega no horário / orçamento</li> <li>• Danos nos transportes</li> <li>• Acidentes no transporte</li> <li>• Ataque de pirata marítimo</li> <li>• Roubo remoto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxa de câmbio</li> <li>• Flutuações cambiais</li> <li>• Nível de taxa de juros</li> <li>• Despesas de taxa de salário</li> <li>• Força financeira dos clientes</li> <li>• Flutuações de preços</li> <li>• Custo do produto</li> <li>• Questões financeiras e de seguros</li> <li>• Perda de contrato</li> <li>• Baixa margem de lucro</li> <li>• Crescimento de mercado</li> <li>• Tamanho do mercado</li> <li>• Lead time para o processamento interno e</li> </ul>

Fatores de Micro Riscos							
Fatores de Macro Riscos	Fatores de risco de demanda	Fatores de risco de fabricação	Fatores de risco de fornecimento	Fatores de risco de infraestrutura			
				Fatores de risco de informação	Fatores de risco de transporte	Fatores de risco financeiro	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reivindicações sociais e culturais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cliente</li> <li>• Função de gestão da relação com cliente com deficiência ou ausente</li> <li>• Curtos prazos de entrega</li> <li>• Curto ciclo de vida de produtos</li> <li>• Movimentos do concorrente</li> <li>• Mudanças na competição</li> <li>• Mudanças no mercado</li> <li>• Alta concorrência no mercado</li> <li>• Baixa produção interna</li> <li>• Erros de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo de manutenção de estoque</li> <li>• Cadeia de suprimentos empurrada</li> <li>• Propriedade do estoque</li> <li>• Estoque lean</li> <li>• Flexibilidade de produção</li> <li>• Capacidade / Capabilidade de produção</li> <li>• Qualidade e segurança dos produtos</li> <li>• Recursos técnicos / de conhecimento</li> <li>• Engenharia e inovação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• abastecimento</li> <li>• Base pequena de fornecedores</li> <li>• Dependência dos fornecedores</li> <li>• Capacidade de resposta da oferta</li> <li>• Alta utilização de capacidade da fonte de abastecimento</li> <li>• Outsourcing global</li> <li>• Número pequeno de fornecedores intermediários</li> <li>• Falta de integração com fornecedores</li> <li>• Falta de visibilidade dos fornecedores</li> <li>• Gerenciamento de fornecedores</li> <li>• Força de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatores de risco de informação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estresse do pessoal</li> <li>• Falta de treinamento</li> <li>• Longos tempos de trabalho</li> <li>• Manutenção negligenciada</li> <li>• Tecnologia antiga</li> <li>• Quebras do transporte</li> <li>• Greves portuárias</li> <li>• Rede de suprimentos global</li> <li>• Complexidade da cadeia de suprimentos</li> <li>• Capacidade e congestionamento portuário</li> <li>• Espaçamentos personalizados em portos</li> <li>• Papelada e programação</li> <li>• Maiores custos de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatores de risco financeiro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sincronização das saídas de caixa relacionadas</li> <li>• Períodos de crédito para contas a receber para seus clientes e o padrão de cobrança antecipada de contas a receber</li> <li>• Períodos de crédito para contas a pagar de seus fornecedores e o padrão de pagamento antecipado de contas a pagar</li> </ul>

Fatores de Micro Riscos						
Fatores de Macro Riscos	Fatores de risco de demanda	Fatores de risco de fabricação	Fatores de risco de fornecimento	Fatores de risco de infraestrutura		
				Fatores de risco de informação	Fatores de risco de transporte	Fatores de risco financeiro
	preenchimento de pedidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtos com ciclos de vida mais curtos</li> <li>• Fases interligadas na fabricação</li> <li>• Interrupção de armazenamento e produção</li> <li>• Manutenção insuficiente</li> <li>• Processo de fabricação instável</li> <li>• Armazenamento centralizado de produtos acabados</li> <li>• Mudanças de design</li> <li>• Mudança tecnológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>do fornecedor</li> <li>• Oportunismo do fornecedor</li> <li>• Monopólio</li> <li>• Seleção de parceiro errado</li> <li>• Variabilidade do tempo de trânsito</li> <li>• Acordos contratuais</li> <li>• Baixa confiabilidade técnica</li> <li>• Erros de cumprimento do fornecedor</li> <li>• Aumento repentino de custos</li> </ul>			

Fonte: Ho et al. (2015)