

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO**

**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISES DOS IMPACTOS DE VARIÁVEIS NO ESTOQUE DE
SEGURANÇA E NO EFEITO CHICOTE UTILIZANDO O PACOTE
SCPERF DO SOFTWARE *R***

ALAN RICARDO BEZERRA DA SILVA

CARUARU, 2018

ALAN RICARDO BEZERRA DA SILVA

**ANÁLISES DOS IMPACTOS DE VARIÁVEIS NO ESTOQUE DE
SEGURANÇA E NO EFEITO CHICOTE UTILIZANDO O PACOTE
SCPERF DO SOFTWARE R**

Proposta de trabalho a ser apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção do
Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da
Universidade Federal de Pernambuco -
UFPE, como requisito para a disciplina
Projeto Final de Curso.

Área de concentração: Logística
Orientador: Rodrigo Sampaio

CARUARU, 2018

ALAN RICARDO BEZERRA DA SILVA

**ANÁLISES DOS IMPACTOS DE VARIÁVEIS NO ESTOQUE DE
SEGURANÇA E NO EFEITO CHICOTE UTILIZANDO O PACOTE
SCPERF DO SOFTWARE R**

Proposta de trabalho a ser apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção do
Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da
Universidade Federal de Pernambuco -
UFPE, como requisito para a disciplina
Projeto Final de Curso.

Área de concentração: Logística
Orientador: Rodrigo Sampaio

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato
ALUNO APROVADO COM NOTA_____.

Caruaru, _____ de Julho de 2018.

Banca examinadora:

Prof. Rodrigo Sampaio Lopes _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Thales Vitelli Garcez _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. Lucimário Gois _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, pela torcida e ajuda, em especial à minha mãe, Severina Bezerra e ao meu pai, Antonio Carneiro, pelo amor, confiança, inspiração, dedicação e ajuda em toda minha vida estudantil, sem vocês nada disso seria possível.

À minha namorada, Eduarda Barros, pela ajuda, força, amor e motivação desde maio de 2016.

À todos os amigos universitários, que compartilharam comigo todas as dificuldades e alegrias da vida acadêmica, em especial, aos amigos Victor Gervásio, Italo Valois e Matheus Norman.

E aos professores, que ajudaram durante toda a jornada do curso, especialmente ao professor Rodrigo Sampaio Lopes, pela orientação e apoio.

RESUMO

Nos dias atuais é evidente que as atividades logísticas exerçam considerável influência no ganho de vantagem competitiva, pois com os processos de fabricação cada vez mais parecidos, é preciso obter vantagem sobre os concorrentes conseguindo realizar da melhor forma certas atividades que influenciam diretamente nos ganhos da empresa e principalmente no nível de serviço ao cliente. Um dos objetivos deste trabalho é realizar análises de forma simples, utilizando o pacote *SCperf* do software *R*, onde será possível identificar algumas variáveis que afetam nos níveis de estoque de segurança e no efeito chicote em uma cadeia de suprimentos, e com isso, demonstrar os ganhos para as empresas se essas variáveis forem bem gerenciadas. Outro objetivo é demonstrar a aplicabilidade do pacote *SCperf* em cenários reais de um processo logístico. No presente trabalho foram analisados os impactos positivos que o aumento da precisão da previsão da demanda acarretam nos custos e nos lucros de uma empresa, obtendo níveis de estoques de segurança cada vez menores. Além da necessidade de menores estoques de segurança com o aumento do *lead time* e do nível de serviço. Foi analisado também, como o aumento do *lead time* contribui para que ocorra o efeito chicote. Por fim, a análise feita foi a comparação de três métodos de previsão: Média Móvel Simples (SMA), Suavização Exponencial (ES) e o Erro Quadrático Médio Mínimo (MMSE). Concluindo que diferentes métodos de previsão têm diferentes impactos no efeito chicote. E também realizar cinco análises de cenários demonstrando como o *SCperf* pode ser utilizado na realidade, facilitando as tomadas de decisões e servindo de suporte para outras ferramentas gerenciais.

Palavras-Chave: Estoque de Segurança; *Lead Time*; Efeito Chicote; Previsão de Demanda; *SCperf*.

ABSTRACT

Nowadays, it is evident that logistic activities have a considerable influence on the gain of competitive advantage, since with manufacturing processes increasingly similar, it is necessary to gain an advantage over the competitors and to perform in the best way certain activities that directly influence the profits of the company and especially at the level of customer service. One of the objectives of this work is to carry out simple analyzes using the software package SCperf R, where it will be possible to identify some variables that affect the levels of security stock and whip effect in a supply chain, gains if these variables are well managed. Another objective is to demonstrate the applicability of the SCperf package in real scenarios of a logistic process. In the present work, we analyzed the positive impacts that increasing the precision of forecasting demand have on the costs and profits of a company, obtaining lower levels of security stocks. In addition to the need for smaller security stocks with increased lead time and service level. It was also analyzed, as the increase in lead time contributes to the whipping effect. Finally, the analysis was the comparison of three prediction methods: Simple Moving Average (SMA), Exponential Smoothing (ES) and Mean Minimum Quadratic Error (MMSE). Concluding that different prediction methods have different impacts on the whip effect. And also perform five scenario analyzes demonstrating how SCperf can be used in reality, making it easier to make decisions and support other management tools.

Keywords: Security Stocks; *Lead Time*; Bullwhip Effect; Demand Forecasting; SCperf.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Gráfico Efeito Chicote	21
Figura 3.1 –Etapas do estudo.....	30
Figura 4.1 - Gráfico - Estoque de segurança x Desvio Padrão	34
Figura 4.2 – Gráfico – Custo x Desvio Padrão.....	34
Figura 4.3 – Gráfico – Lucro Esperado x Desvio Padrão.....	34
Figura 4.4 – Gráfico - Estoque de segurança x lead time.....	37
Figura 4.5 – Gráfico – Estoque de segurança x Nível de serviço e lead time	38
Figura 4.6 – Gráfico - Lead Time x Bullwhip Effect.....	40
Figura 4.7– Gráfico - Bullwhip Effect x Lead time (Métodos de previsão)	43
Figura 5.1 – Gráfico –Lead time x Estoque de segurança, 2 fornecedores	46
Figura 5.2 – Gráfico –Porcentagem do lucro de cada produto	49
Figura 5.3 – Gráfico - Ordem x Efeito chicote.....	51
Figura 5.4 – Gráfico –Fator de suavização x Efeito chicote	51
Figura 5.5 – Gráfico –Lead time x Estoque de segurança, 3 fornecedores	53
Figura 5.6 – Gráfico –Lead time x Efeito chicote, 3 fornecedores	53
Figura 9.1 – Função Newsboy.....	59
Figura 9.2 - Função SCperf variando o lead time	59
Figura 9.3 – Função SCperf variando nível de serviço com lead time = 1	59
Figura 9.4 – Função SCperf variando nível de serviço com lead time = 2	60
Figura 9.5 – Função SCperf variando nível de serviço com lead time = 3	60
Figura 9.6 - Função Bullwhip, utilizando os 3 métodos e variando o lead time	61
Figura 9.7 – Resultados da função Newsboy	61
Figura 9.8 - Resultados da função SCperf variando o lead time	62
Figura 9.9–Resultados da função SCperf variando nível de serviço com lead time=1	63
Figura 9.10 - Resultados da função SCperf variando nível de serviço com lead time=2.....	64
Figura 9.11 - Resultados da função SCperf variando nível de serviço com lead time=3.....	65
Figura 9.12 - Resultados da função Bullwhip, três métodos de previsão.....	65
Figura 9.13 – Cenário 1	66
Figura 9.14 – Cenário 2	66
Figura 9.15 – Cenário 3	66
Figura 9.16 – Cenário 4	66
Figura 9.17 – Cenário 5	66
Figura 9.18 – Resultados do cenário 1	66
Figura 9.19 – Resultados do cenário 2	67
Figura 9.20 – Resultados do cenário 3	67
Figura 9.21 – Resultados do cenário 4	67
Figura 9.22 – Resultados do cenário 5	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Resumo das funções e variáveis utilizadas e impactos	31
Tabela 4.1 - Parâmetros de entrada para a função Newsboy.....	32
Tabela 4.2 - Resultados da análise utilizando a função Newsboy.....	32
Tabela 4.3 - Parâmetros de entrada para a função SCperf.....	35
Tabela 4.4 - Lead time x Estoques de segurança	36
Tabela 4.5 - Nível de serviço e lead time x Estoques de segurança.....	36
Tabela 4.6 - Lead Time x Bullwhip Effect.....	39
Tabela 4.7 – Parâmetros de entrada da função Bullwhip.....	42
Tabela 4.8 – Valores do Bullwhip Effect nos métodos de previsão com o aumento do lead time.....	42
Tabela 5.1 –Resultados do cenário 1	45
Tabela 5.2–Resultados do cenário 2	47
Tabela 5.3–Resultados do cenário 3	48
Tabela 5.4–Resultados do cenário 4	50
Tabela 5.6–Resultados do cenário 4, mudando parâmetros	50
Tabela 5.5–Resultados do cenário 5	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	Cadeia de Suprimentos.....	13
2.2	Estoque.....	13
2.2.1	TIPOS DE ESTOQUES	14
2.2.2	ESTOQUE DE SEGURANÇA	14
2.2.3	CUSTOS ASSOCIADOS AO ESTOQUE	15
2.3	Gestão de Estoque	16
2.4	Lead Time	17
2.5	Previsão da demanda	17
2.5.1	MÉDIA MÓVEL SIMPLES	18
2.5.2	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL	19
2.5.3	ERRO QUADRÁTICO MÉDIO MÍNIMO	20
2.6	Efeito Chicote.....	20
2.7	Software R.....	23
2.8	Pacote SCperf	24
2.8.1	EOQ (<i>LEC</i>)	24
2.8.2	EPQ (<i>ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY MODEL</i>)	25
2.8.3	NEWSBOY (<i>THE NEWSBOY MODEL</i>)	26
2.8.4	BULLWHIP (<i>BULLWHIP EFFECT</i>)	27
2.8.5	SCPERF (<i>SUPPLY CHAIN PERFORM</i>)	27
2.8.6	SS (<i>SAFETY STOCK</i>)	28
3	METODOLOGIA.....	30
3.1	Caracterização do método de pesquisa	30
3.2	Etapas do estudo.....	30
3.3	Funções e Variáveis utilizadas	31
4	ANÁLISES DOS IMPACTOS DE VARIÁVEIS.....	32

4.1 ANÁLISE 1: Efeitos da exatidão da previsão da demanda no Estoque de Segurança e nos custos e lucros esperados.....	32
4.2 ANÁLISE 2: Efeitos do <i>lead time</i> e do nível de serviço no Estoque de Segurança	35
4.3 ANÁLISE 3: Efeitos do <i>lead time</i> no Bullwhip Effect.....	39
4.4 ANÁLISE 4: O Bullwhip Effect utilizando métodos de previsão diferentes.....	41
5 ANÁLISES DE CENÁRIOS.....	45
5.1 Cenário 1	45
5.2 Cenário 2	47
5.3 Cenário 3	48
5.4 Cenário 4	49
5.5 Cenário 5	51
6 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS.....	54
7 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICE A – ENTRADAS DAS FUNÇÕES NO R.....	59
APÊNDICE B – RESULTADOS DAS FUNÇÕES	61
APÊNDICE C – ENTRADAS DAS ANÁLISES DE CENÁRIOS	66
APÊNDICE D – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CENÁRIOS.....	66

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas estão buscando se diferenciarem no mercado cada vez mais, devido à alta competitividade em todos os setores. Algumas delas apostam na logística como sendo um diferencial competitivo para se manterem firmes no mercado. Planejam e coordenam suas ações gerenciais de forma integrada: do fornecimento da matéria-prima até a certeza do perfeito atendimento ao cliente. Durante todo o processo logístico, desde o fornecimento da matéria-prima até a entrega do produto ao consumidor, muitos aspectos são importantes e decisivos para o sucesso das empresas, como os níveis de estoques de segurança e o ótimo funcionamento da cadeia de suprimentos.

Quando falamos de cadeia de suprimentos, estamos nos referindo a uma rede interligada de negócios, que engloba desde o armazenamento da matéria-prima até a entrega ao consumidor final. Desse modo, ela pode ser entendida como o conjunto de atividades que envolvem inúmeros processos, como compra de produtos e matéria-prima, armazenamento e estocagem, movimentação interna, desenvolvimento de embalagem, transporte e todo o suporte para que os processos empresariais funcionem de maneira adequada. E seu gerenciamento, *Supply Chain Management* (SCM) é de suma importância para o crescimento de uma organização.

Um dos problemas que podem ocorrer em uma cadeia de suprimentos é o chamado efeito chicote (Bullwhip Effect), que acontece quando ocorre uma disparidade entre as reais demandas dos consumidores e o que foi previsto. Tem como principais causas a previsão da demanda, variações nos preços, altos *lead times*, dentre outros. Podendo causar o aumento dos custos de estoque e de transporte, variações na disponibilidade dos produtos, desgaste com parceiros de negócios, etc.

Outro aspecto muito importante para uma empresa, se tratados estoques de segurança, que são usados para prevenir de possíveis incidentes que possam ocasionar falta de estoques, como, por exemplo: erros de previsão de demanda, quebra de máquinas, atrasos dos fornecedores, dentre outros, ou seja, os estoques de segurança são importantes para evitar que o produto falte para o cliente, fazendo com que o nível de serviço seja atendido. Além do nível de serviço, outras variáveis afetam nos níveis de estoque, são eles o *lead time* e o desvio padrão da demanda.

O presente trabalho tem como um dos objetivos realizar análises para verificar como certas variáveis impactam nos níveis de estoque de segurança e no efeito chicote. Outro objetivo

e muito importante, é demonstrar como um pacote de um software pode ser de fácil uso e compreensão e retornar resultados de forma rápida e precisa, podendo ser utilizado como suporte para outras ferramentas de gerenciamento, auxiliando nas tomadas de decisões.

Para isso, foi utilizado o pacote *SCperf* do software *R*, que nos permite implementar diferentes modelos de inventário, o Efeito Chicote e outras variáveis de desempenho da Cadeia de Suprimentos. Primeiramente, foi analisado como a variação do desvio padrão da demanda afeta o Estoque de Segurança e consequentemente os custos e lucros esperados em uma empresa, usando a função *Newsboy*. Em segundo, usando a função *SCperf*, foi verificado como o aumento do *lead time* e do nível de serviço também impactam na quantidade de Estoque de Segurança. Na terceira análise, se verificou que o aumento do *lead time* aumenta a variabilidade da demanda, aumentando assim os impactos causados pelo Efeito Chicote, utilizando também a função *SCperf*. E na quarta e última análise, utilizando agora a função *Bullwhip*, foi confirmado o impacto causado pelo aumento do *lead time* no Efeito Chicote, mas também foram comparados três métodos de previsão de demanda, concluindo que diferentes métodos de previsão causam diferentes impactos no *Bullwhip Effect*, analisando assim, a outra causa do Efeito Chicote que é a previsão de demanda. Além dessas análises, foram realizadas cinco análises de cenários para mostrar como o *SCperf* pode ser utilizado de forma fácil e rápida para auxiliar outras ferramentas.

Os dados de entrada utilizados em cada função foram obtidos de forma fictícia e a estrutura do estudo ocorre em seis seções, sendo que a primeira constitui a parte introdutória. O referencial teórico é abordado na seção 2 para termos uma melhor visão sobre Cadeia de Suprimentos, estoques, Previsão de demanda, Efeito Chicote e conhecer o software *R* e o pacote *SCperf*. A metodologia é apresentada na seção 3 e os resultados das análises das variáveis na seção 4. Na seção 5 são apresentadas as análises de cenários e na 6 as implicações gerenciais. E por fim, a seção 7 apresenta as considerações finais acerca deste estudo, seguida pelas referências bibliográficas e apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cadeia de Suprimentos

Segundo Slack (1996), a cadeia de suprimentos se trata do fluxo de bens e serviços através de canais ou ramos individuais. Organizações de maior porte poderão apresentar centenas de ramos de unidades produtivas ligadas, pelas quais fluem bens e serviços de um lado para o outro da organização. Se pode dizer, que a cadeia de suprimentos representa um conjunto de atividades que envolvem os processos de compra, armazenamento, transformação, embalagem, transporte, movimentação interna, distribuição, e todo o suporte necessário para que tudo isso aconteça.

Ultimamente as organizações passaram a desenvolverem a integração da cadeia de suprimentos, a partir de então se utiliza de forma efetiva o termo *Supply Chain Management* (SCM) ou o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Segundo Levi (2003), o SCM pode ser definido como um conjunto de abordagens utilizadas para integrar com eficácia os fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, de forma que a mercadoria seja produzida e distribuída na quantidade certa, para a localização certa e no tempo certo, de forma a minimizar os custos globais do sistema ao mesmo tempo que atinge o nível de serviço desejado.

Um modelo de gestão de cadeia de suprimentos deve incluir maneiras de aumentar o rendimento de todas as etapas da logística, resultando na satisfação do cliente. Essas etapas consistem em planejamento do equilíbrio entre oferta e previsão de demanda, relacionamento com fornecedores, fabricação, níveis de estoque aceitáveis em relação a custos e atendimento dos pedidos, entrega, devolução do produto pelo cliente e serviço de atendimento ao cliente.

2.2 Estoques

Uma das etapas mais importantes em uma cadeia de suprimentos e que atualmente é um fator de grande importância para as empresas e pode ser um diferencial competitivo, se trata da realização de uma boa gestão e controle de seus estoques. De acordo com Ballou (2006), estoques são aglomerações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que aparecem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas. E manter certo nível mínimo de estoques torna-se necessário para a empresa.

Os estoques assumem papel fundamental para garantir a segurança da empresa com relação à incerteza da demanda e para garantir um nível de atendimento ideal e a satisfação dos clientes, levando em consideração a disponibilidade do produto e os custos associados. Segundo Krajewski e Ritzman (2008), o nível ideal de estoque a ser mantido deve equilibrar os ganhos e os custos associados, buscando atender as prioridades competitivas da empresa de forma eficiente.

Para Dias (2010), conhecer o estoque de uma empresa é um enorme desafio, porém, a dificuldade não está em reduzir a quantidade dos produtos estocados, nem diminuir os custos. A dificuldade está em conseguir a quantidade correta de mercadoria estocada para atender as prioridades gerenciais de modo eficaz.

2.2.1 TIPOS DE ESTOQUES

Existem várias maneiras de se classificar estoques, mas a mais comum está relacionada com os estoques durante a entrada dos inputs, seu processamento e a saída do produto acabado das empresas. Assim, os principais tipos de estoques, segundo Corrêa (2010) são três:

- a) Matéria – prima: são itens que foram comprados e recebidos que estão aguardando para serem processados;
- b) Produtos em processo: a matéria-prima que está sofrendo mudanças durante o processo de fabricação e fica esperando entre uma etapa e outra do processo;
- c) Produtos acabados: produtos que saíram do processo de produção e irão esperar para serem vendidos e enviados aos clientes.

2.2.2 ESTOQUE DE SEGURANÇA

De acordo com Corrêa (2001), na maioria dos casos as demandas não são exatamente constantes, há flutuações aleatórias em torno de uma média. Desta forma deve-se manter uma quantidade de estoque de segurança que seja proporcional ao nível de incerteza da demanda, ou seja, de quanto a demanda real terá probabilidade de variar em torno da média assumida após a emissão do pedido de ressuprimento. A definição mais direta sobre o estoque de segurança, segundo Ballou (2006), é de que se trata de certa quantidade de estoque necessária para suprir a demanda dada a incerteza na própria demanda e no *lead time* (tempo de entrega).

Segundo Dias (2010), o estoque de segurança é a quantidade mínima de materiais que deve existir no estoque e sua função é garantir o funcionamento do processo produtivo sem interrupções e de forma eficiente, eliminando o risco de faltas. Nem todos os estabelecimentos comerciais, principalmente os de pequeno porte, costumam fazer o estoque de segurança, o que faz com que eles saiam perdendo em vários quesitos. Ao fazê-lo, estará agregando mais organização à empresa, uma vez que saberá a quantidade exata dos produtos que estão à disposição e quando é necessário realizar um novo pedido.

O estoque de segurança é mantido para evitar problemas de atrasos de pedidos, caso ocorra atrasos no reabastecimento de matéria-prima, quebra de alguma máquina, a incerteza na demanda, rendimentos de produção inferiores, etc. É claro que esse estoque resulta em custos de manutenção, mas sua falta pode acarretar em perdas de venda, o que acaba gerando a insatisfação dos clientes.

O estoque de segurança depende de alguns fatores. O primeiro, se a demanda é estável e conhecida com antecedência, logo haverá pouca variabilidade e não será necessário se proteger muito contra essas variações. De acordo com Chopra (2011), um aumento na precisão da previsão de demanda diminui a quantidade de estoques, aumentando assim os lucros de uma empresa. Em segundo, se o produto tem um *lead time* alto e uma grande variabilidade, então é necessário se ter uma segurança frente a este tempo de entrega. E em terceiro, é necessário que os produtos estejam sempre à disposição para que com isso a empresa atenda o nível de serviço desejado.

2.2.3 CUSTOS ASSOCIADOS AO ESTOQUE

De acordo com Ballou (2006), três classes gerais de custos são importantes para a determinação da política de estoque: os custos de aquisição, de manutenção e de falta de estoques.

O custo de aquisição se trata do quanto a empresa pagou pela mercadoria adquirida. Quanto maior o valor pago por unidade, maior será o valor do estoque para uma mesma quantidade estocada. Os custos de aquisição podem incluir o preço, os custos de fabricação do produto, os custos de processamento de pedidos, o custo de transporte do pedido ao local de suprimento e os custos de manuseio ou processamento dos produtos no ponto de recepção.

Os custos de manutenção, segundo Ballou (2006), são aqueles resultantes do armazenamento, ou propriedade, de produtos durante um determinado período, proporcionais à média das quantidades de mercadorias disponíveis. Esses custos incluem os custos do espaço para estocagem, seja ele alugado ou próprio, os custos de capital e de serviços de estocagem, além dos custos dos riscos de estocar, que são relacionados com deterioração, roubos e danos.

Já os custos de falta de estoques, de acordo com Pozo (2007), ocorrem quando as empresas buscam reduzir ao máximo seus estoques, podendo acarretar no não-cumprimento do prazo de entrega, proporcionando uma multa por atraso ou cancelamento do pedido do cliente. Além disso, a imagem da empresa se desgasta e isso acarreta um custo elevado e difícil de medir.

2.3 Gestão de Estoques

Ballou (2006) assinala que se a demanda for previsível não é necessário manter estoques, isto é, quanto mais exata for a previsão de demanda, mais simples de controlar os estoques. No entanto, como praticamente não existe previsão de demanda exata, as empresas utilizam estoques para reduzir os efeitos causados pelas variações de oferta e procura.

O controle eficiente do estoque é essencial para a empresa manter-se competitiva e cumprir adequadamente suas atividades, além disso, é importante que não falte produtos nos armazenados e que não sejam compradas mercadorias desnecessárias. O prazo de entrega do produto, época do ano, demanda de procura, são itens que devem ser levados em conta na composição do estoque da empresa. Assim, a adequada gestão dos estoques deve passar pela resposta às seguintes perguntas:

- Quanto pedir?
- Quando pedir?
- Quanto manter?

Ballou (2006) cita o gerenciamento de estoque como um campo que há ainda muito a se aprender. Visto que o custo de manutenção de armazenagem pode representar de 20% a 40% do valor dos itens, segundo o autor, seria sensato economicamente administrar cuidadosamente o nível dos estoques. Logo, quando se tem conhecimento de que fatores afetam os níveis de estoque, mais fácil fica de identificar falhas e melhorar.

2.4 Lead Time

Segundo Pollick (2010), *lead time*, na perspectiva do cliente é o período entre ele solicitar uma ordem e a entrega do produto final. Para o fornecedor o *lead time* está entre o momento em que ele adquire a matéria-prima e o momento em que o cliente recebe o pedido e faz o pagamento. Uma pequena ordem de um item pré-existente pode ter apenas algumas horas de tempo de entrega, mas uma ordem maior de peças feitas sob encomenda podem ter um *lead time* de semanas, meses ou até mais. Tudo depende de uma série de fatores e o *lead time* pode mudar de acordo com temporadas, feriados ou a demanda do produto.

De acordo com Tubino (1999), em uma cadeia produtiva participam empresas, clientes, seus fornecedores e transportadoras. Assim, esta perspectiva do *lead time* leva em conta todas as atividades da cadeia de valor, desde as funções internas do sistema produtivo dos fornecedores até o sistema de entrega ao cliente. Com isso, Christopher (1998) alerta que frequentemente, é o *lead time* dos fornecedores da cadeia de suprimentos que limita a habilidade do produtor de responder as necessidades dos clientes.

Para Bowersox (2007) o desempenho do *lead time* pode afetar as estratégias da empresa. Logo, as empresas que reduzem o *lead time* e controlam ou eliminam variâncias inesperadas na produção, têm mais flexibilidade para satisfazer as necessidades dos clientes ao mesmo tempo que conseguem reduzir os custos. Locke (1996) diz que a maneira mais eficiente de conseguir controlar o *lead time* entre a empresa e o fornecedor é permitir um correto e aberto fluxo de informações. Partilhar previsões e informações cruciais, é uma das formas de conseguir satisfazer esse requisito.

O *lead time* é uma variável muito importante dentro da cadeia de suprimentos, seus valores influenciam diretamente nos níveis de estoque de segurança, além de afetar outras variáveis, como a variabilidade da demanda e o nível de serviço ao cliente. E o entendimento e boa gestão desse tempo em conformidade com outras variáveis são de suma importância para manter a empresa e a cadeia de suprimentos funcionando perfeitamente.

2.5 Previsão da Demanda

A previsão de demanda futura é a base para todas as decisões estratégicas e de planejamento em uma cadeia de suprimentos, uma vez que a variação da previsão da demanda afeta diretamente na quantidade de estoque necessária e consequentemente nos custos

associados a manutenção desses estoques, além de causar problemas quando não se consegue prever a demanda, como por exemplo, o efeito chicote. Veiga, Veiga e Duclós (2010) afirmam que uma boa previsão de demanda pode proporcionar à empresa uma vantagem competitiva, visto que sua utilização auxilia na tomada de decisão. No entanto, por se tratar de uma ferramenta gerencial e lidar com projeções, seu resultado não é exato, sendo assim, cabe ao gestor, segundo Carvalho (2010), buscar informações como o desempenho passado da organização e até mesmo o ambiente socioeconômico e político do país e do cenário internacional para chegar a uma previsão mais próxima o possível do real.

A previsão busca ajudar na tomada de decisão para que não sobrem e nem falem produtos. Além disso, existem vários outros impactos positivos, como: utilização mais inteligente do espaço físico, redução de custos operacionais, melhorias no planejamento orçamentário, comunicação mais efetiva entre as áreas da empresa, otimização de processos e garantia de competitividade no mercado.

Os métodos de previsão são divididos, de acordo com Moreira (1998) nos seguintes tipos:

- a) **Qualitativos** - são métodos que repousam basicamente no julgamento de pessoas que, de forma direta ou indireta, tenham condições de opinar sobre a demanda futura. Não se apoiam em nenhum modelo específico. São muito úteis, por exemplo, quando da ausência de dados ou do lançamento de novos produtos.
- b) **Quantitativos** – são aqueles que utilizam modelos matemáticos para que se chegue aos valores previstos. Permitem controle do erro, mas exigem informações quantitativas preliminares. Esses métodos se subdividem em métodos causais e séries temporais.

Neste trabalho serão citados e comparados alguns métodos quantitativos, por isso, estes serão apresentados a seguir.

2.5.1 MÉDIA MÓVEL SIMPLES

Segundo Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), o método da Média Móvel é um modelo muito utilizado nas empresas em geral, por ser extremamente simples e necessitar de poucos dados históricos. Ele é indicado para previsões de curto prazo onde as componentes de tendência e sazonalidade são inexistentes ou possam ser desprezadas.

A regra fundamental desse modelo é a seguinte: a previsão para o período t , imediatamente futuro, é obtida tomando-se a média aritmética dos n valores reais da demanda imediatamente passados. Em primeiro lugar, deve-se escolher, de forma relativamente arbitrária, o valor de n . Como regra geral, quanto maior n , mais os efeitos sazonais serão suavizados. Supondo-se, por exemplo, $n = 2$, implica dizer que a demanda prevista para qualquer mês será a média aritmética das demandas reais dos dois últimos meses.

É um método simples e de fácil entendimento, mas de acordo com Davis, Aquilano e Chase (2001) as desvantagens desse modelo estão relacionadas à falta de acurácia ao lidar com séries históricas que apresentam tendência ou sazonalidade já que, nesse método, a previsão para o próximo período envolve sempre a adição de novos dados e a desconsideração dos anteriores. Uma alternativa para amenizar esse erro é a utilização da média ponderada para tentar construir um padrão mais próximo à realidade.

2.5.2 SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL

Para Ballou (2006), a técnica de suavização exponencial é, provavelmente, a melhor técnica de previsão quando se fala em curto prazo. Além disso, necessita de um mínimo de dados históricos para a aplicação, tornando-se também um método simples. Apesar de ser um tipo de média móvel, a suavização exponencial utiliza uma ponderação geométrica, a fim de destinar pesos diferentes para eventos passados e recentes. Para que isto ocorra, esta técnica utiliza um fator de suavização (α). Assim, o modelo para padrões da demanda é representado pela seguinte fórmula:

$$F(t+1) = (\alpha) * A(t) + (1 - \alpha) * F(t)$$

Onde: t = período de tempo atual; $F(t+1)$ = previsão para o período seguinte; $A(t)$ = demanda no período t ; α = constante de suavização exponencial e $0 < \alpha < 1$; $F(t)$ = previsão para o período t .

Ballou (2006) ainda diz que selecionar o melhor fator de suavização não é tarefa simples, já que de acordo com o seu valor o modelo dará pesos distintos aos níveis de demanda mais recentes ou à demanda histórica. O valor escolhido deverá permitir que a suavização exponencial identifique alterações nas séries temporais e atenuar as flutuações aleatórias, mitigando os erros de previsão.

2.5.3 ERRO QUADRÁTICO MÉDIO MÍNIMO

De acordo com Kay (1993), em estatística e processamento de sinais, um estimador de erro quadrático médio mínimo (MMSE) é um método de estimativa que minimiza o erro quadrático médio (MSE), que é uma medida comum da qualidade do estimador, dos valores ajustados de uma variável dependente. No cenário bayesiano, o termo MMSE refere-se mais especificamente à estimação com função de perda quadrática. Nesse caso, o estimador MMSE é dado pela média posterior do parâmetro a ser estimado. Como a média posterior é incômoda para calcular, a forma do estimador MMSE é geralmente restrita a estar dentro de uma determinada classe de funções. Os estimadores MMSE lineares são uma escolha popular, pois são fáceis de usar, calcular e muito versáteis.

Segundo Zhou e Zhu (2006) o erro médio quadrático mínimo (MMSE) é um importante critério de otimização, que é amplamente aplicado a muitos campos no processamento de sinais e outros, como estimativa de formas de onda, detecção de sinais e identificação de sistemas. Nos vários problemas científicos e de engenharia, as pessoas esperam obter as soluções ótimas no sentido do erro médio quadrático mínimo (MMSE). Em especial, espera-se que as soluções ótimas se localizem em algum subespaço especial em muitos cenários práticos. Portanto, as pessoas precisam estudar o estimador MMSE com várias restrições. Com isso, o uso do MMSE na previsão de demanda busca obter as previsões ótimas de demanda, ou seja, com o menor erro possível.

2.6 O Efeito Chicote

Um dos problemas estudados e enfrentados por uma SCM é o efeito chicote (*Bullwhip Effect*). Esse efeito é a variação ou a impossibilidade de alinhamento da demanda à oferta. Em outras palavras, o efeito chicote é o resultado de uma expectativa de demanda ou oferta que não se realiza, por diversos motivos, entre elas a incapacidade de prever a demanda dos clientes, e que se propaga por todas as empresas da cadeia, influenciando os níveis de estoques, os tamanhos dos pedidos e a produtividade. Segundo Dornier (2000), ocorrem distorções na informação de demanda à medida que avançamos para mais distante do cliente final ao longo da cadeia de suprimentos. Tanto a sazonalidade percebida da demanda, quanto os erros de

previsão podem aumentar à medida que prosseguimos a montante na cadeia de suprimentos, essas variações causam o efeito chicote.

Geralmente os pedidos dos varejistas não coincidem com suas vendas atuais, pois tentam, através de técnicas, prever a demanda que virá do mercado através de dados históricos ou da percepção de tendências sazonais e muitas vezes, os pedidos do atacadista ao distribuidor e em seguida para a fábrica também não coincidem. Além do fluxo físico de produtos da cadeia que ocorre para o consumidor final (para baixo), há o fluxo de informações que acontece para cima da cadeia e são transferidas na forma de pedidos que podem chegar a distorcer e a guiar de forma equivocada os membros superiores em seus estoques e nas decisões de produção. A discrepância entre demanda e vendas (efeito chicote) pode ser percebido no gráfico a seguir.

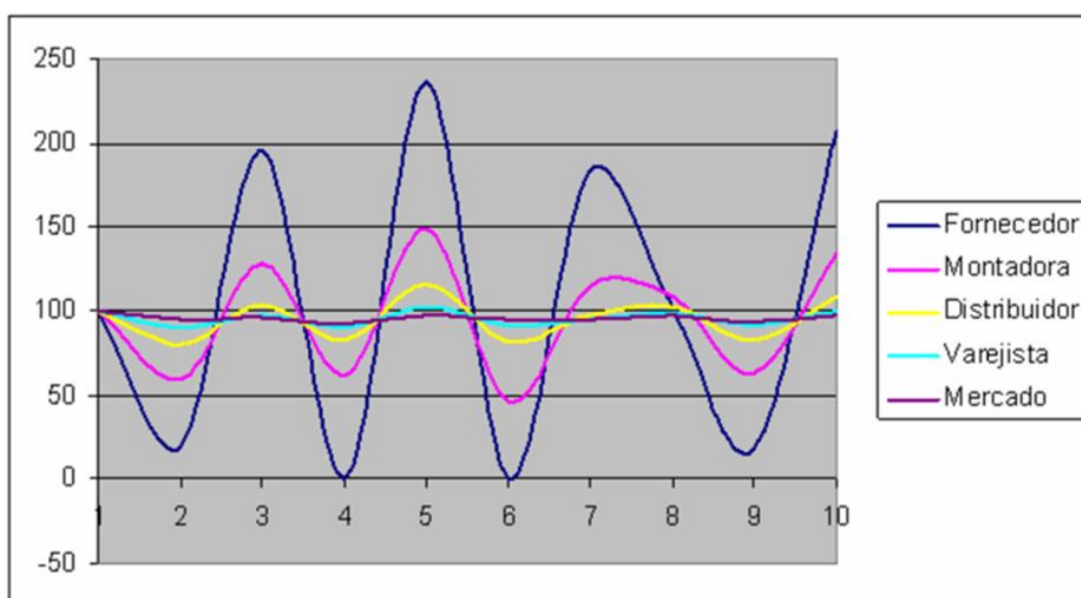


Figura 2.1: Gráfico Efeito Chicote. Fonte: Nortegubisian..

Svensson (2005) afirma que o efeito chicote indica que a variabilidade no nível de estoques tende a ser maior ao se afastar do ponto de consumo. Sendo que os fatores que o causam podem ser o compartilhamento de informações deficientes, dados de mercado insuficientes, gerando previsões incorretas.

Uma vez que os estoques incorrem em um alto custo para as empresas, e sendo o efeito chicote um dos propulsores da variação dos mesmos, busca-se identificar as causas deste efeito. Assim, de acordo com Lee (2004), Levi (2003) e Dornier (2000), algumas causas principais são:

- a) Processamento da previsão de demanda - A previsão da demanda é um fator fundamental para definição da estratégia de estocagem e de produção. Assim, quanto mais precisos forem os dados menores serão as possibilidades de erro na previsão e maior o seu desempenho financeiro. É importante ressaltar que a precisão dos dados não elimina totalmente a possibilidade de erros na previsão, dependendo também do tratamento dos mesmos;
- b) Alto *lead time* - As flutuações ao longo da cadeia são visivelmente ampliadas com o aumento do *lead time*. Quanto maiores, vão aumentando a estimativa da variabilidade da demanda, o que implica significativamente no estoque de segurança, no nível de reabastecimento e nas quantidades do pedido, levando a um aumento na variabilidade;
- c) Racionamento – Forma de racionamento proposital. Quando certos componentes apresentam possibilidade de escassez e suas aquisições são antecipadas causando a falta do produto no mercado e registrando um aumento de vendas irreal. Pela expectativa de não serem atendidos na íntegra, as empresas “inflam” seus pedidos, procurando assim aumentar as quantidades em estoques. Quando este período termina, os pedidos padrões retornam ao normal, levando as estimativas de demanda a todo tipo de distorções e variações;
- d) Variações de Preço - Quando são feitas promoções ocorrem compras de grandes quantidades, esvaziando o estoque do fornecedor e este repassa essa demanda esporádica para o fabricante, provocando distorções nas futuras previsões de demanda.

Apesar de difícil de identificar, o efeito chicote pode prejudicar muito o negócio de uma empresa, causando:

- a) Aumento de custo de estoques - como há uma maior variabilidade do volume de pedidos, a empresa precisa estar preparada para estocar o ponto máximo que os pedidos podem atingir. Se essas variações forem menores, consequentemente esse volume também será, o que terá um efeito prático no tamanho do estoque;
- b) *Lead time* de ressuprimento - como a variação é maior, fica muito mais difícil de seguir cronogramas do que em um cenário mais estável. Isso tem um efeito direto na eficiência das entregas;

- c) Custo de transporte e mão de obra para embarque e desembarque - mais uma vez, a imprevisibilidade e a amplitude de variações de volume acarretam na necessidade de gastos extras com essas atividades;
- d) Disponibilidade do produto - quando há uma grande variação entre a demanda por seus produtos, o risco de não o ter quando chegar a demanda, e perder uma venda, é muito maior.

2.7 Software R

Segundo apresentado no site oficial do software, *R* é uma linguagem e ambiente para computação estatística e gráficos. É um projeto GNU similar à linguagem e ambiente *S* que foi desenvolvido na *Bell Laboratories* por John Chambers. O *R* fornece uma ampla variedade de estatística (modelagem linear e não linear, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais, classificação, agrupamento, etc.) e técnicas gráficas e é altamente extensível. Um dos pontos fortes do *R* é a facilidade com que plotagens de qualidade de publicação bem projetadas podem ser produzidas, incluindo símbolos matemáticos e fórmulas, quando necessário, além de ser um software gratuito.

O *R* está disponível como Software Livre sob os termos da Licença Pública Geral (GNU) da Free Software Foundation no formato de código-fonte. Ele compila e roda em uma ampla variedade de plataformas UNIX e sistemas similares (incluindo FreeBSD e Linux), Windows e MacOS.

Em relação ao ambiente do *R*, se trata de um conjunto integrado de recursos de software para manipulação de dados, cálculo e exibição gráfica. Ele inclui:

- a) uma instalação eficaz de manipulação e armazenamento de dados;
- b) um conjunto de operadores para cálculos em matrizes;
- c) uma grande e coerente coleção integrada de ferramentas intermediárias para análise de dados;
- d) instalações gráficas para análise de dados e exibição na tela ou na cópia impressa, e uma linguagem de programação bem desenvolvida, simples e eficaz que inclui condicionais, loops, funções recursivas definidas pelo usuário e recursos de entrada e saída.

O termo “ambiente” pretende caracterizá-lo como um sistema totalmente planejado e coerente, em vez de um acréscimo incremental de ferramentas muito específicas e inflexíveis, como é frequentemente o caso de outros softwares de análise de dados. Existem cerca de oito pacotes fornecidos com a distribuição *R* e muitos outros estão disponíveis na família CRAN de sites da Internet que cobrem uma ampla gama de estatísticas modernas.

2.8 Pacote *SCperf*

O *SCperf* é um pacote do software *R*, criado por Marlene Marchena, que implementa diferentes modelos de inventário, o efeito chicote e outras variáveis de desempenho da cadeia de suprimentos. Segundo Marchena (2010), esse pacote pode ser utilizado para fazer análises de forma simples e rápida sobre variáveis importantes na gestão de estoques. O *SCperf* pode ser usado para complementar outras ferramentas de decisão de suporte gerencial. Ele possui algumas funções que serão apresentadas a seguir.

2.8.1 EOQ (*LEC*)

Segundo Marchena (2010), esta função encontra a política de ordem ótima no modelo clássico de Quantidade de Ordem Econômica (EOQ) e o modelo EOQ com escassez planejada. A função utiliza os seguintes parâmetros de entrada:

- d* – Demanda por unidade de tempo;
- k* – Pedido ou Custo fixo por pedido;
- h* –Custo de manutenção por unidade de produto;
- b* – Custo de penalidade de escassez por unidade (padrão = 0).

E o uso no *R* se realiza da forma a seguir:

SCperf:: EOQ (d, k, h, b = 0)

O modelo EOQ considera que a demanda é uniforme e determinista. O *lead time* é igual a zero. A política de ordem ótima no modelo EOQ clássico minimiza o custo total associado ao pedido, atendendo a todas as demandas (sem escassez). Quando faltas são permitidas ($b > 0$)

temos o modelo EOQ com atrasos ou escassez planejada. A função EOQ retorna os seguintes valores:

T – Tempo entre pedidos (duração do ciclo);

S – Máximo de backorders em unidades. Exibido quando $b > 0$;

TVC – Custo variável total.

2.8.2 EPQ (*ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY MODEL*)

Esta função implementa o modelo Quantidade de Produção Econômica (EPQ). O modelo EPQ é uma extensão do modelo EOQ. Marchena (2010) nos diz que o modelo considera taxa de produção finita, isto é, o estoque é reabastecido gradualmente à medida que o pedido é produzido. Se observa que essa suposição exige que a taxa de produção seja maior que a taxa de demanda ($p > d$), caso contrário não haveria estoque a qualquer momento.

O modelo considera que uma nova ordem é produzida incrementalmente quando o estoque chega a zero. Durante o tempo de produção, $t = Q / p$, o estoque é acumulado na taxa $p - d$, o que implica que quando a produção do lote Q for concluída, o estoque atingirá seu nível máximo I .

Os seguintes argumentos são necessários:

d – Demanda por unidade de tempo;

p – Taxa de produção;

k – Pedido ou custo fixo por pedido;

h – Custo de manutenção por unidade de produto;

b – Custo de penalidade de escassez por unidade (padrão = 0).

SCperf:: EPQ (d, p, k, h, b = 0)

O uso desta função nos retorna a seguinte lista de valores:

Q – Quantidade da ordem;

t – Tempo necessário pra produzir a quantidade do lote;

T – Tempo entre pedidos (duração do ciclo);

I – Nível de inventário máximo;

TC – Custo total.

2.8.3 NEWSBOY (*THE NEWSBOY MODEL*)

Implementa o modelo de Newsboy (ou de Newsvendor) com demanda normal. E utiliza as seguintes entradas a seguir:

m – Demanda média durante o período;

sd – Desvio padrão da demanda durante o período;

p – Preço de venda, onde $p > c$;

c – Custo unitário;

s – Valor residual (padrão = 0), onde $s < c$.

SCperf:: Newsboy (m, sd, p, c, s = 0)

Quando a demanda é uma variável aleatória com distribuição normal, a quantidade de estoque ideal que minimiza o custo esperado é: $Q = m + z * sd$, onde z é conhecido como fator de segurança e $Q - m = z * sd$ é conhecido como o estoque de segurança. Note que o problema Newsboy não é formulado em termos de custo de posse por unidade e custo de penalidade $b = p - c$. É o que nos explica Gallego G. (1995) sobre o modelo Newsvendor.

Assim como as outras funções uma lista de valores é retornada:

Q - Quantidade ótima de pedido para entrega;

SS - Estoque de Segurança;

ExpC - Custo esperado;

ExpP - Lucro esperado;

CV - Coeficiente de variação da demanda;

FR - Taxa de preenchimento, a fração da demanda servida do estoque;

z - Fator de segurança.

2.8.4 BULLWHIP (*BULLWHIP EFFECT*)

Marchena (2010) mostra que esta função calcula o aumento da variabilidade da demanda (o Efeito Chicote) para uma cadeia de suprimentos simples de dois estágios, consistindo de um único varejista e um único fabricante usando três métodos de previsão: MMSE (*Minimum Mean Square Error*) ou Erro Quadrático Médio Mínimo, SMA (*Simple Moving Average*) ou Média Móvel Simples e Suavização exponencial (ES) quando a demanda segue um processo estocástico AR (1) conhecido.

```
Scperf:: bullwhip(method = c("MMSE", "SMA", "ES"), phi, L, p, alpha)
```

A função tem como argumentos de entrada os seguintes parâmetros:

method – cadeia de caracteres especificando qual método usar;

phi – um vetor de parâmetros auto regressivos;

L – um prazo de entrega;

p – a ordem a ser usada no método SMA;

alpha – fator de suavização a ser usado no método ES ($0 < \alpha < 1$).

De acordo com Chen (2000), o Efeito Chicote é comumente definido como a razão entre a variação incondicional do processo de pedido e a do processo de demanda, $\text{Var}(\text{Ot}) / \text{Var}(\text{dt})$. Se essa relação for igual a um, não há amplificação de variância, enquanto uma razão maior que um significa que o efeito chicote está presente. Por outro lado, uma razão menor que um significa que os pedidos são suavizados se comparados com a demanda.

2.8.5 SCPERF (*SUPPLY CHAIN PERFORM*)

A função *SCperf*, assim como a função *Bullwhip*, também calcula o Efeito Chicote, mas para um processo de demanda estacionário ARMA (p, q), com método de previsão de média móvel. E também calcula outras variáveis de desempenho da cadeia de suprimentos. Usa os seguintes argumentos de entrada :

phi – um vetor de parâmetros auto regressivos;

theta – um vetor de parâmetros de média móvel;

L – prazo de entrega;

SL – nível de serviço (padrão = 0,95).

Segundo Zhang (2004) o efeito chicote para um processo de demanda estacionário de ARMA (p, q) é definido como:

$$M = \frac{1 + 2 \sum_{i=0}^L \sum_{j=i+1}^L \psi_i \psi_j}{\sum_{j=0}^{\infty} \psi_j^2}$$

Se ***M* = 1** não há amplificação de variância, enquanto ***M* > 1** significa que o Efeito Chicote está presente.

A função *SCperf* retorna os seguintes valores:

M – medida para o efeito chicote;

VarD – variância da demanda;

VarDL – variância do erro de previsão para a demanda em tempo de espera;

SS – estoque de segurança calculado usando o desvio padrão da demanda;

SSL – estoque de segurança calculado usando o desvio padrão do erro de previsão *L* períodos;

z – fator de segurança.

SCperf:: Scperf (phi, theta, L, SL)

2.8.6 SS (*SAFETY STOCK*)

A função *SS* calcula o nível de estoque de segurança durante o *lead time*. Necessita dos seguinte parâmetros de entrada:

SL – Nível de serviço, um valor entre 0 e 1;

sd – Desvio padrão da demanda;

L – Lead time.

Como resultado a função nos retorna um único valor que é o do Estoque de Segurança.

SCperf:: SS (SL, sd, L)

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do método de pesquisa

De acordo com Gil (1994), a pesquisa pode ser caracterizada como aplicada, pois visa produzir um conhecimento que pode ser efetivamente aplicado na vida real. Quantitativa, uma vez que faz uso de uma ferramenta estatística, o *R*, como principal meio de análise dos dados usados na pesquisa. Uma pesquisa experimental, onde o autor tem controle de variáveis e simula situações que deverão ser observadas e analisadas. Além de se tratar de um estudo numérico, onde os dados utilizados representam a realidade e com isso mostra a aplicabilidade do pacote *SCperf* do *R*.

3.2 Etapas do estudo

As etapas do estudo de análises são sequenciadas da seguinte forma:

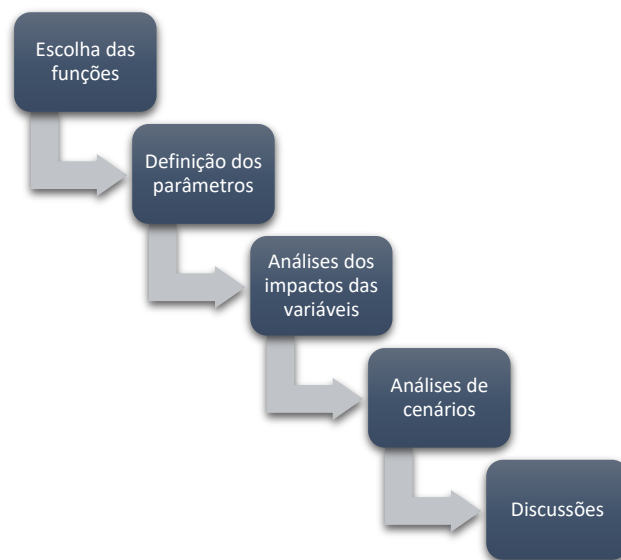


Figura 3.1: Etapas do estudo. Fonte: O autor.

Primeiramente, foram escolhidas algumas funções que foram usadas para realizar as análises, dentre as várias que o pacote *SCperf* oferece. Em segundo, foram definidos os valores dos parâmetros de entrada necessários em cada função. Esses dados utilizados foram escolhidos para representarem fielmente a realidade. Em seguida foram realizadas quatro análises, utilizando as funções e os dados escolhidos. E com isso foram realizadas algumas discussões a respeito das análises feitas e como se pode melhorar os efeitos sentidos. Logo após, foram

realizadas cinco análises de cenários para confirmar as análises anteriores e a aplicabilidade do *SCperf*. E por fim, foram mostradas as implicações gerenciais do estudo.

3.3 Funções e variáveis utilizadas

Como já explicado no início do trabalho, o objetivo do estudo é realizar análises de como algumas variáveis importantes afetam no Estoque de segurança e no Efeito Chicote. E a ferramenta utilizada é o software *R*, mais precisamente seu pacote *SCperf*, que possibilitou obter resultados de forma simples e rápida, além de serem resultados precisos. Na tabela a seguir são mostradas as funções utilizadas, as variáveis que foram estudadas e os fatores que elas impactam.

ANÁLISE	FUNÇÃO	VARIÁVEIS	IMPACTO
1	<i>Newsboy</i>	Desvio Padrão	Estoque de Segurança; Custos e Lucros.
2	<i>SCperf</i>	<i>Lead time</i> e Nível de Serviço	Estoque de Segurança
3	<i>SCperf</i>	<i>Lead time</i>	Efeito Chicote
4	<i>Bullwhip</i>	<i>Lead time</i> e Métodos de Previsão	Efeito Chicote

Tabela 3.1: Resumo das funções e variáveis utilizadas e impactos. Fonte: O autor.

4 ANÁLISES DOS IMPACTOS DE VARIÁVEIS

4.1 ANÁLISE 1: Efeitos da exatidão da previsão da demanda no Estoque de Segurança e nos custos e lucros esperados

Um dos fatores mais importantes para uma empresa é a realização da previsão da demanda. Hoje em dia, as empresas estão tentando entender melhor seus clientes e realizando ações na cadeia de suprimentos para melhorar a exatidão das suas previsões. Nessa seção será feita uma análise para verificar os impactos de uma melhor exatidão da previsão, medida pelo desvio padrão da demanda, no estoque de segurança, nos custos e no lucro de uma empresa, utilizando a função *Newsboy*.

Para a realização da análise foram utilizados os seguintes parâmetros de entrada, mostrados na tabela 4.1:

Parâmetros	
<i>Demanda Média</i>	360
<i>Desvio Padrão</i>	160
<i>Custo</i>	R\$ 100,00
<i>Preço</i>	R\$ 250,00
<i>Valor Residual</i>	0

Tabela 4.1: Parâmetros de entrada para a função *Newsboy*. Fonte: O autor.

Utilizando a função *Newsboy* no *R*, foi realizada a variação do desvio padrão e os resultados obtidos estão na tabela 4.2.

Desvio Padrão	Estoque de Segurança	Custos	Lucro
160	40,5	R\$ 15.453,70	R\$ 39.546,30
140	35,5	R\$ 13.521,99	R\$ 40.478,01
120	30,4	R\$ 11.590,27	R\$ 42.409,72

100	25,3	R\$ 9.658,56	R\$ 44.341,44
80	20,3	R\$ 7.726,85	R\$ 46.273,15
60	15,2	R\$ 5.795,14	R\$ 48.204,86
40	10,1	R\$ 3.863,42	R\$ 50.136,57
20	5,1	R\$ 1.931,71	R\$ 52.068,29
0	0	0	R\$ 54.000,00

Tabela 4.2: Resultados da análise utilizando a função Newsboy. Fonte: O autor.

Com os resultados obtidos pode-se perceber os efeitos positivos de uma melhor exatidão da previsão. Com relação ao estoque de segurança se percebe que quanto mais exata a previsão, menor é a necessidade de manter esses estoques. Pois, quando a demanda apresenta alta variabilidade, ou seja, ela varia muito a cada período, precisamos manter níveis cada vez mais altos de estoque de segurança para garantir um mesmo nível de serviço. Em outras palavras, se o desvio padrão da demanda aumenta, então o valor de estoque de segurança terá que ser maior para evitar rupturas de estoque.

Visualizamos na tabela também, como os custos são maiores à medida que aumenta o estoque de segurança. Pois, o excesso desse estoque gera custos desnecessários de manutenção de estoques, relativos ao custo financeiro e de armazenagem. Por outro lado, o sub dimensionamento deste, faz com que a empresa incorra em perdas de vendas ou frequentes postergação de pedidos, gerando um nível de serviço insatisfatório. O que torna ainda mais importante a realização de uma melhor previsão de demanda e com isso ter níveis de estoque aceitáveis.

Logo, quanto melhores forem as previsões de demanda, menores serão os estoques de segurança necessários, menores serão os custos para a empresa manter esses estoques e os custos de produzir em excesso, e conseqüentemente os seus lucros serão maiores. Uma análise parecida, mas realizada sem o uso de um software e com isso com resultados mais demorados, foi realizada por Chopra (2011), onde ele afirma como um aumento na exatidão da previsão diminui os estoques e os custos, aumentando os lucros de uma organização. A visualização gráfica dos resultados da tabela são demonstrados nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3.



Figura 4.1: Gráfico - Estoque de segurança x Desvio Padrão. Fonte: O autor.



Figura 4.2: Gráfico - Custos x Desvio Padrão. Fonte: O autor.

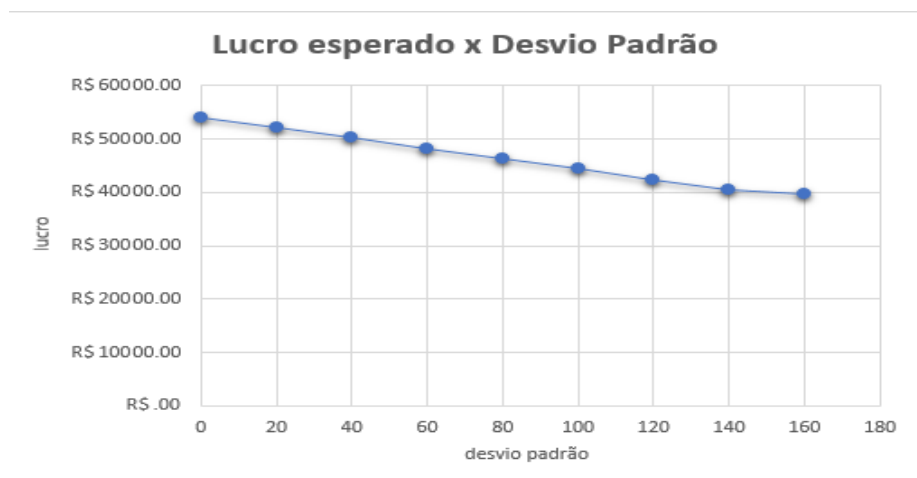


Figura 4.3: Lucro Esperado x Desvio Padrão. Fonte: O autor.

A incerteza da previsão de vendas se dá pelo mercado que é bastante instável e pela qualidade do sistema de previsão de vendas da empresa, que se trata de um conjunto de informações de dados históricos de vendas, comportamentos atípicos e variáveis de vendas passadas. Esforços na tentativa de se aprimorar a acurácia da previsão, empregando técnicas quantitativas e analisando os possíveis cenários, são essenciais para diminuir os custos gerados pelo excesso ou falta de estoques.

Difícilmente uma empresa faz uma previsão 100% correta, mas é possível melhorar a exatidão das previsões utilizando de métodos de previsão melhores. Os custos de uma previsão mais próxima da exatidão são bem maiores, mas esses custos serão compensados pelos menores custos de manutenção de estoques e menos vendas perdidas. As empresas podem também adotar ações como o compartilhamento de informações entre os elos da cadeia para reduzir a incerteza e os níveis de estoque necessários e com isso conseguir a satisfação e atendimento ao mercado, maximizando assim os lucros da empresa.

4.2 ANÁLISE 2: Efeitos do *lead time* e do nível de serviço no Estoque de Segurança

Além da incerteza da demanda, outros fatores afetam os níveis de estoque de segurança em uma empresa, como o *lead time* e o nível de serviço. Foi utilizada a função *SCperf* para verificar o efeito da variação desses dois fatores no estoque de segurança utilizando os parâmetros da tabela 4.3 e os resultados foram apresentados nas tabelas 4.4 e 4.5.

Parâmetros	
Vetor de Parâmetros auto regressivos	0.9
Vetor de Parâmetros de média móvel	0.1
Lead time	1 até 10
Nível de Serviço	0.95 e Variando de 0.90 até 0.99

Tabela 4.3: Parâmetros de entrada para a função *SCperf*. Fonte: O autor.

L	SS	SSLT
1	4.116	1.645
2	5.821	3.678
3	7.129	6.023
4	8.233	8.574
5	9.205	11.262
6	10.083	14.038
7	10.891	16.868
8	11.643	19.726
9	12.349	22.591
10	13.017	25.451

Tabela 4.4: Lead time x Estoques de segurança. Fonte: O autor.

SL	L = 1		L = 2		L = 3	
	SS	SSLT	SS	SSLT	SS	SSLT
0.90	3.207	1.281	4.536	2.866	5.555	4.693
0.91	3.355	1.341	4.745	2.998	5.812	4.909
0.92	3.516	1.405	4.973	3.142	6.090	5.145
0.93	3.693	1.476	5.223	3.299	6.397	5.404
0.94	3.891	1.555	5.503	3.476	6.739	5.693
0.95	4.116	1.645	5.821	3.678	7.129	6.024
0.96	4.381	1.751	6.196	3.915	7.589	6.411
0.97	4.707	1.881	6.656	4.205	8.153	6.887
0.98	5.139	2.054	7.269	4.592	8.902	7.521
0.99	5.822	2.326	8.233	5.202	10.084	8.519

Tabela 4.5: Nível de serviço e lead time x Estoques de segurança. Fonte: O autor.

As tabelas 4.4 e 4.5 nos mostram os resultados do estoque de segurança (SS) e do estoque de segurança calculado usando o desvio padrão do erro de previsão de L períodos (SSLT), com a variação do *lead time* e do nível de serviço. E se percebe que são necessários maiores níveis de estoque de segurança à medida que o *lead time* aumenta e também quando aumenta o nível de serviço. A tabela 4.5 nos mostra que com o aumento simultâneo das duas variáveis, o mesmo acontece.

O *lead time* é o tempo entre o momento do pedido do cliente até a chegada do produto no mesmo. É um dos conceitos mais importantes da logística. Deve ser levado em consideração em todas as atividades, pois está associado ao custo da operação. Associados ao *lead time* estão, além do estoque de segurança, o lote econômico de compras, processos produtivos, dentre

outros. Se um produto em questão tem um tempo de entrega alto e que ainda varia muito, fazer um estoque de segurança pode ser fundamental para garantir a reputação da empresa frente aos clientes. Um exemplo, se uma entrega é feita em 4 dias, outra em 6 dias e outra em 2 dias, então é preciso ter uma segurança frente à este tempo médio de entrega de 4 dias, pois algumas vezes ela chegará a demorar 6 dias. Logo, o compromisso com o consumidor deve ser colocado em primeiro lugar e garantir um prazo de entrega para ele. Ter um estoque de segurança para esse produto ajuda a não ficar refém do fornecedor e cumprir o acordo com o cliente que é quem importa.

He (2009), em seu estudo sobre o impacto do *lead time* nos estoques, conclui que para reduzir os estoques de segurança e, finalmente, reduzir os custos de estoque sem prejudicar o nível de serviço prestado aos clientes, os gerentes devem direcionar a atenção para a redução do *lead time*. Assim como Chopra, Reinhardt e Dada (2004) que em seu estudo confirmam que a redução do *lead time* é a alavanca correta para redução dos estoques. O que reforça os resultados obtidos nessa seção.

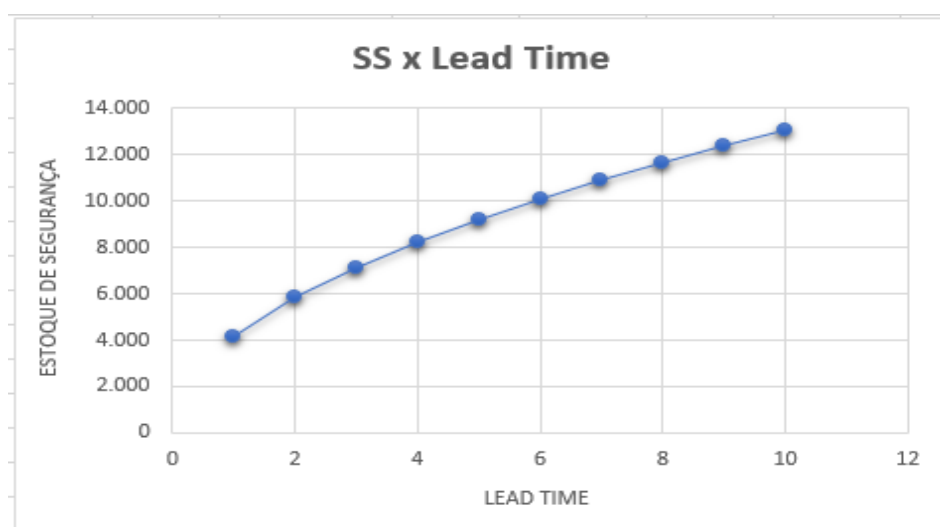


Figura 4.4: Gráfico - estoque de segurança x lead time. Fonte: O autor.

Em uma empresa nem todos os produtos merecem a mesma atenção e o mesmo cuidado. Alguns produtos são críticos, mais importantes ou mais atrativos, e por isso merecem estarem sempre presentes, enquanto outros produtos podem faltar em estoque. Matematicamente, isto é modelado através do nível de serviço desejado: quanto maior o nível de serviço, maior será o estoque de segurança pois se quer mais garantias que o produto estará sempre disponível para o cliente. O nível de serviço depende de cada setor, por exemplo, palitos de dente num

supermercado não devem ter nível de serviço muito alto, enquanto antibióticos numa farmácia hospitalar devem ter nível de serviço altíssimo. O nível de serviço indica o quanto se quer estar seguro frente às variabilidades que ocorrem, em outras palavras, frente aos desvios padrões da demanda e do *lead time*.

Peinado e Graeml (2007) também afirmam que o estoque de segurança aumenta rapidamente à medida que cresce o nível de serviço desejado. O que se pode perceber no gráfico obtido na figura 4.5. Mas percebe-se também que a partir de certo ponto um aumento, mesmo que seja grande do estoque de segurança, não vai mais proporcionar aumentos significativos no nível de serviço. Por isso, os níveis de serviço utilizados por grandes empresas costumam variar entre 95% e 99%.

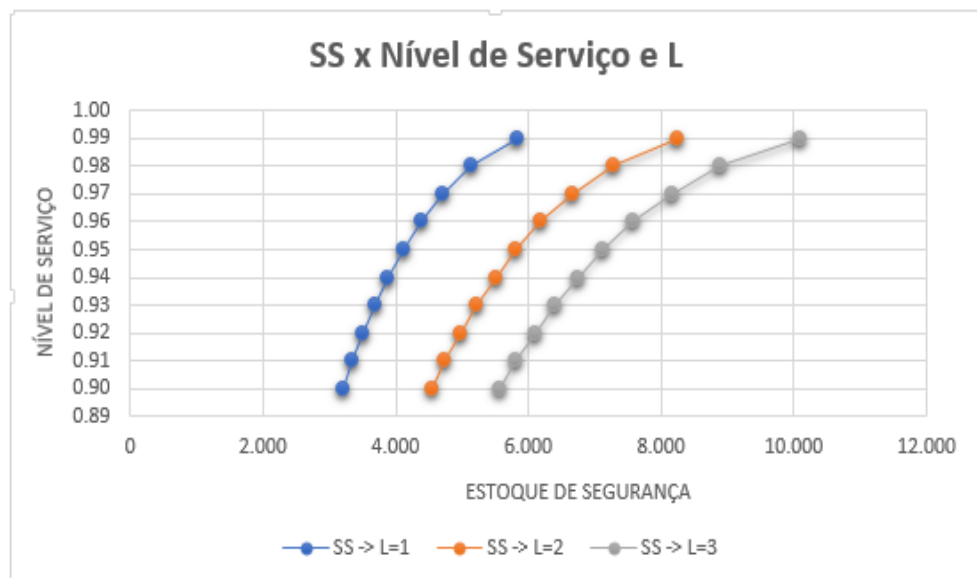


Figura 4.5: Gráfico - Estoque de segurança x Nível de serviço e lead time. Fonte: O autor.

As análises feitas na seção anterior e nesta, com a variação do desvio padrão da demanda, do *lead time* e do nível de serviço, poderiam ser feitas também utilizando a função SS. Mas foram escolhidas as funções, *Newsboy* por ela retornar mais informações, como os valores dos custos e dos lucros e *SCperf* que retorna os resultados da variabilidade da demanda, o efeito chicote, que será avaliado na seção seguinte.

4.3 ANÁLISE 3: Efeitos do *lead time* no Bullwhip Effect

Outra análise que será feita é sobre os impactos da variação do *lead time* no efeito chicote em uma cadeia de suprimentos. A função *SCperf* além de nos retornar os valores analisados na seção anterior, também calcula o valor de *M*, que representa a medida da variabilidade da demanda, ou seja, do efeito chicote. O uso do *SCperf* possibilita obter estimativas precisas do *Bullwhip Effect*.

Nas cadeias de suprimentos, a variabilidade nos padrões de pedidos geralmente aumenta à medida que se sobe na cadeia, em direção à fábrica e aos fornecedores. Esta variância ou amplificação de demanda tem sido muito popular na comunidade de pesquisa nos últimos anos. E o fenômeno é agora principalmente denotado pelo termo efeito chicote. Muitas são as causas desse efeito, como a previsão da demanda, as variações de preços e altos *lead times*, que causam variabilidade da demanda. Aqui vamos analisar justamente a relação do *lead time* com o *Bullwhip Effect*.

As flutuações ao longo da cadeia de suprimentos são visivelmente ampliadas com o aumento do *lead time*. Quanto maiores os tempos de entrega, vão aumentando a estimativa da variabilidade da demanda o que implica significativamente no estoque de segurança, no nível de reabastecimento e nas quantidades do pedido, o que evidentemente, leva a um aumento na variabilidade. Logo, quanto maior o *lead time*, maior a duração do ciclo de pedidos, fazendo com que estes sejam grandes para não correr o risco da falta e isso gera “saltos de demanda”, ou seja, a variabilidade da demanda. Utilizando os mesmos parâmetros da tabela 4.3, temos os seguintes valores para *M*.

L	BULLWHIP (M)
1	1,31933
2	1,89412
3	2,64422
4	3,50787
5	4,43788
6	5,39862
7	6,36348
8	7,31303

9	8,23337
10	9,11494

Tabela 4.6: Lead Time x Bullwhip Effect. Fonte: O autor

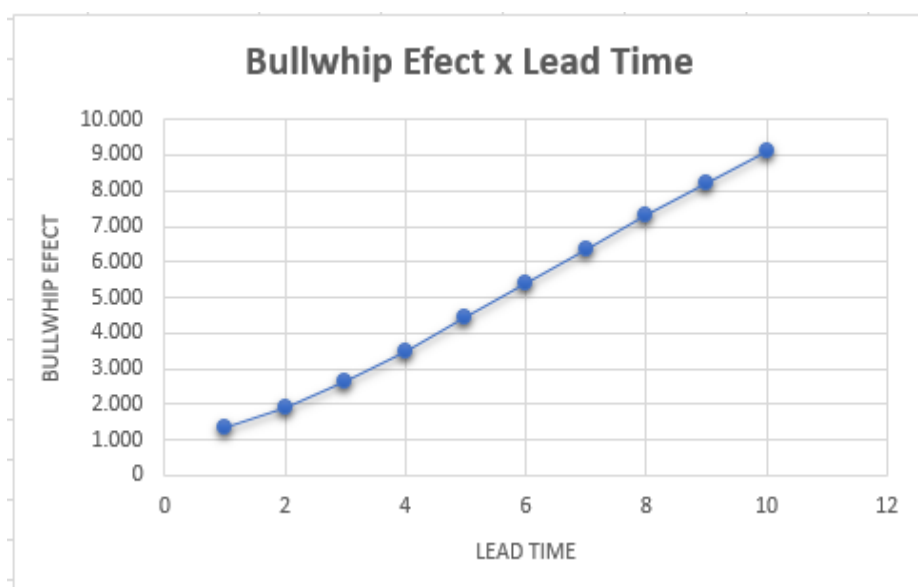


Figura 4.6: Gráfico - Lead Time x Bullwhip Effect. Fonte: O autor.

O aumento do *lead time* afeta diretamente fatores que levam a variabilidade da demanda, e Chen, Ryan e Levi (1999) também confirmam essa afirmação e concluem em seus resultados que o *lead time* tem um impacto multiplicativo na magnitude do efeito chicote. Quanto maior for este tempo maior será a amplificação causada pela incerteza no processo de previsão ao longo da cadeia, o que leva a uma disparidade entre as reais demandas dos consumidores e o que foi previsto. Com isso, para analisar o efeito da previsão da demanda no *Bullwhip Effect*, na próxima seção será feita a comparação da medida do efeito chicote utilizando três métodos de previsão de demanda.

Conclui-se então que *lead times* maiores contribuem para que ocorra o efeito chicote. Este resultado também é demonstrado por Wang, Liu, Zheng e Quan (2008) no estudo sobre o impacto do *lead time* no efeito chicote na cadeia de suprimentos, onde afirmam que quando o *lead time* é mais longo, a taxa de pedidos do sistema de cadeia de suprimentos torna-se mais oscilatória e o fenômeno do efeito chicote se torna mais em evidência. Agrawal, Sengupta e Shanker (2009), também retornam a mesma afirmação e além disso, com a ajuda de um exemplo numérico, mostram que a redução do *lead time* é ainda mais benéfica em comparação

com o compartilhamento de informações na cadeia de suprimentos, em termos de redução no fenômeno do efeito chicote.

Então, uma das formas de reduzir o efeito chicote é melhorar a qualidade dos processos internos para reduzir o *lead time* e diminuir os custos fixos dos pedidos através da utilização de sistemas computacionais de reposição para reduzir o tamanho dos lotes de entrega, aumentando a frequência das entregas e otimizando dessa forma o nível de estoque e a previsão de demanda do cliente.

4.4 ANÁLISE 4: O Bullwhip Effect utilizando métodos de previsão de demanda diferentes

Como verificado na seção anterior o aumento do *lead time* afeta variáveis que causam flutuações da demanda na cadeia de suprimentos, o que afeta diretamente na previsão de demanda e assim causando o efeito chicote. Aqui, vamos utilizar a função *Bullwhip* para reforçar o impacto causado pelo *lead time* no efeito chicote e verificar como diferentes métodos de previsão se comportam em relação ao *Bullwhip Effect*, já que a previsão da demanda é uma das causas principais desse efeito.

Sabemos que a previsão de demanda desempenha um papel muito importante dentro da organização, pois, com base nas suas informações muitos setores da empresa realizam seus planejamentos, principalmente o planejamento e controle da produção no que diz respeito aos seus planos produtivos para atendimento dessa demanda. Mas as previsões são um grande problema para as organizações, pois não importa o quanto sofisticada, sempre terá falhas, onde muitos desses erros resultam de uma metodologia de previsão inadequada. Esses erros impedem um maior grau de assertividade e podem gerar informações distorcidas da demanda prevista com relação a real, se propagando de forma amplificada ao longo da cadeia. A imprecisão dos dados coletados aumenta as possibilidades de erro na previsão afetando os níveis de estoque de segurança, já visto anteriormente, e também o aumento da variabilidade da demanda.

Logo fica claro que o efeito chicote se deve, em parte, à necessidade de previsão da empresa. Para o estudo aqui considerado, se assumisse que a média e o desvio padrão da demanda eram conhecidos exatamente, não haveria efeito chicote. É somente quando usa uma técnica de previsão na qual a média e o desvio padrão da demanda são atualizados em cada período, e assim o ponto de ordem também é atualizado em cada período, que vemos o efeito chicote. A função *Bullwhip* calcula justamente a variabilidade da demanda (o efeito chicote),

em uma cadeia simples de dois estágios, utilizando de três métodos de previsão: MMSE (*Minimum Mean Square Error*) ou Erro Quadrático Médio Mínimo, SMA (*Simple Moving Average*) ou Média Móvel Simples e Suavização exponencial (ES). Os parâmetros usados e os resultados obtidos estão nas tabelas 4.7 e 4.8, respectivamente.

Parâmetros			
method	SMA	ES	MMSE
L	1 até 10	1 até 10	1 até 10
phi	0.9	0.9	0.9
p	4	-	-
alpha	-	0.6	-

Tabela 4.7: Parâmetros de entrada da função Bullwhip. Fonte: O autor.

L	Bullwhip		
	SMA	ES	MMSE
1	1,2149	1,3281	1,3420
2	1,5158	1,9375	1,9268
3	1,9027	2,8281	2,6775
4	2,3756	4,0000	3,5349
5	2,9344	5,4531	4,4538
6	3,5793	7,1875	5,4001
7	4,3100	9,2031	6,3483
8	5,1268	11,5000	7,2799
9	6,0295	14,0781	8,1818
10	7,0183	16,9375	9,0447

Tabela 4.8: Valores do Bullwhip Effect nos métodos de previsão com o aumento do lead time. Fonte: O Autor.

A tabela 4.8 reforça o que foi visto na seção anterior, que o aumento do *lead time* aumenta a intensidade dos impactos do efeito chicote na cadeia, e também nos mostra a diferença dos valores utilizando diferentes métodos de previsão de demanda. De acordo com os resultados, o método da média móvel simples foi o que apresentou os valores mais baixos para medida do efeito chicote, enquanto os outros dois para valores de *lead time* baixos são bem

próximos, mas para valores maiores o método da suavização exponencial tem um crescimento bem maior que o MMSE. A visualização fica mais fácil no gráfico da figura 4.7.

Chen, Ryan e Levi (1999), afirmam em seu trabalho, que para certos processos de demanda com previsões de suavização exponencial levam a um aumento maior da variabilidade da demanda do que as previsões de média móvel, o que confirma os resultados obtidos acima. Afirmam também que no método da suavização exponencial, a variabilidade depende do fator de suavização, quanto maior o fator, maior a variabilidade. Assim como a média móvel é função decrescente de p . Logo, os resultados irão depender muito dos parâmetros utilizados no processo de demanda e quanto mais informações de demanda forem utilizadas para construir a previsão, menor a variabilidade, ou seja, menor o efeito chicote.

Aqui o objetivo não é dizer qual o melhor método para suavizar os impactos do efeito chicote, pois alguns parâmetros podem mudar os resultados, como mostrado anteriormente. E se trata de métodos de previsão que são considerados os mais aplicados e que os gerentes são mais familiarizados. Logo, o objetivo principal dessa análise é mostrar que diferentes métodos de previsão podem ocasionar diferentes impactos no efeito chicote e a escolha do método e a forma utilizada são muito importantes para diminuir os impactos do *Bullwhip Effect*.

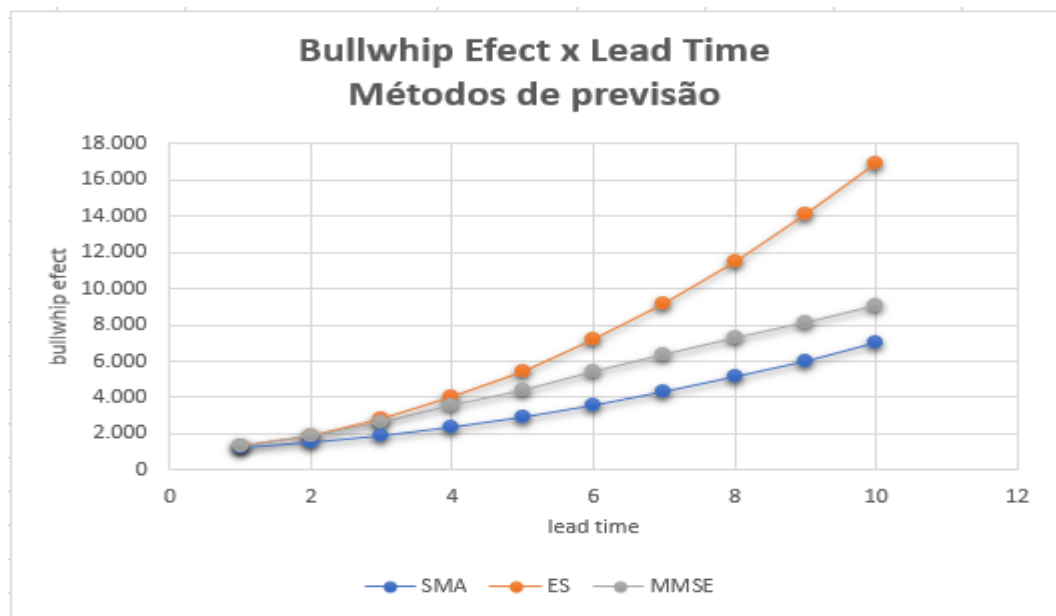


Figura 4.7: Bullwhip Effect x Lead time (Métodos de previsão). Fonte: O autor.

Cada integrante da cadeia de suprimentos, usualmente, possuem diferentes estratégias e técnicas de previsão de demanda, que vão sendo repassadas ao longo da cadeia e causam uma

distorção da real situação do mercado. Isso devido a qualidade das previsões ou os erros de cada método, que serão maiores em uns métodos do que em outros, que irão se propagar e aumentar ao longo da cadeia. O uso de sistemas eletrônicos facilita e agiliza a transmissão de dados ao longo da cadeia de suprimentos. Porém, o acesso a um banco de dados comum não garante uma previsão da demanda igual em toda a cadeia. Neste aspecto, é necessário também, que todos os membros da cadeia adotem o mesmo tipo de metodologia para a previsão da demanda e escolham um método, que dependendo dos parâmetros utilizados, suavize o efeito chicote. Para que isso seja possível, é necessário que exista um nível de informação e colaboração muito grande entre os elos da cadeia.

Todos os parâmetros de entrada e resultados das funções no *R* que foram utilizados em todas as análises, estão localizados nas figuras nos Apêndices A e B, respectivamente.

5 ANÁLISES DE CENÁRIOS

Com as análises realizadas anteriormente, ficaram claros os impactos causados por algumas variáveis no estoque de segurança e no efeito chicote. Então, para termos uma visão melhor desses impactos na realidade e como o pacote *SCperf* pode ser utilizado para auxiliar em algumas decisões logísticas, serão realizadas algumas análises de cenários.

5.1 Cenário 1

No primeiro cenário, vamos supor que uma empresa deve escolher entre dois fornecedores para entregar um determinado produto. Os fornecedores A e B possuem as seguintes informações para entrega:

- Fornecedor A: *Lead time* variando entre 2 e 4 dias; Custo de entrega mais alto.
- Fornecedor B: *Lead time* variando entre 5 e 7 dias; Custo de entrega mais baixo.

A diferença de *lead time* ocorre por serem fornecedores de regiões diferentes e a incerteza acontece por causa das condições das malhas rodoviárias do país, além dos riscos de ocorrerem algum bloqueio das estradas, roubos de cargas ou acidentes. Além das informações dos fornecedores, a empresa possui um desvio padrão da demanda para aquele período de 60 unidades e oferece um nível de serviço de 95%. Utilizando agora a função *SS*, com o intuito de demonstrar também a utilização de outras funções, os resultados são apresentados na tabela 5.1.

Fornecedor A: *SCperf*:: *SS*(0.95,60,seq(4,6,1))

Fornecedor B: *SCperf*:: *SS*(0.95,60,seq(7,9,1))

Fornecedor A		Fornecedor B	
Lead time	Estoque de Segurança	Lead time	Estoque de Segurança
4	197,38	7	261,11
5	220,68	8	279,14
6	241,74	9	296,07

Tabela 5.1: Resultados do cenário 1. Fonte: O autor.

Com os resultados encontrados podemos chegar a algumas conclusões. A incerteza que acontece no *lead time* dos dois fornecedores faz com que o gestor tenha que decidir o nível de

estoque de segurança que ele deve manter para poder atender o nível de serviço. Supomos que ele decida manter os níveis máximos e com isso atender sua demanda mesmo que o *lead time* de A seja 6 e o de B seja 8. Então, o gestor conclui que se escolher o fornecedor A, ele deve manter cerca de 242 itens em estoque para segurança e se escolher o B, deve manter cerca de 296 itens. E como encontrado na análise 1, quanto maiores os estoques de segurança, maiores serão os custos para manter esses estoques em armazém, logo os custos de manutenção de estoques serão maiores com o fornecedor B.

Como dito no início dessa análise, o fornecedor A apresenta maiores custos de entrega comparado com o B. Então o gestor deve analisar se os custos de manter em estoque menos produtos (242), se escolher A, vai compensar os maiores custos de entrega desse fornecedor, ou se mesmo com os custos maiores de manutenção de estoques em B, os menores custos de entrega irão compensar. E com isso, escolher o fornecedor que acarrete em menores custos para empresa.

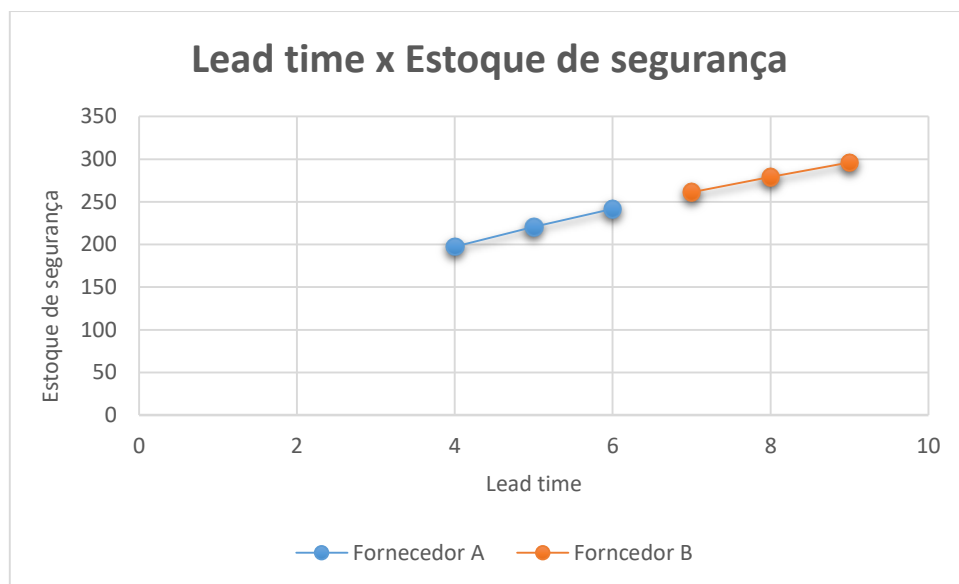


Figura 5.1: Gráfico - Lead time x Estoque de segurança, dois fornecedores. Fonte: O autor.

No gráfico da figura 5.1, podemos verificar como os *lead times* maiores do fornecedor B acarretam em maiores estoques de segurança. Então, nessa análise do cenário 1, reafirmamos a importância de conhecer como essa variável afeta no estoque de segurança e esse nos custos, além de reafirmar a simplicidade da utilização do *SCperf* para obter os resultados e auxiliar nas tomadas de decisões.

5.2 Cenário 2

No cenário 2, vamos supor uma empresa que trabalha com a venda de três produtos e por alguns motivos, um deles de capacidade de armazenamento, decide fabricar apenas dois. Então, a empresa deve analisar em relação aos níveis de estoque de segurança, os menores custos e o maior lucro para a empresa, quais os dois que deve escolher. O produto A apresentava quase 50% do lucro da empresa quando produzidos os três, então este deve ser fabricado, mas mesmo assim iremos verificar os valores para o par de fabricação BC. As informações dos produtos A, B e C são apresentadas a seguir:

- Produto A: Possui demanda média de 350, com desvio padrão do erro de previsão de 150. Cada produto custa R\$100,00 e é vendido por R\$250,00. Possuindo um valor residual de R\$80,00.
- Produto B: Demanda média de 300 e desvio padrão de 110. Custo unitário de R\$140,00 e preço R\$240,00. Com valor residual de R\$100,00.
- Produto C: Demanda média de 350, com desvio padrão de 150. Custo unitário de R\$170,00 e preço de R\$270,00. Valor residual de R\$100,00.

Foi utilizada a função *Newsboy* para realizar essa análise. Os pares possíveis de produtos, assim como a quantidade de estoque de segurança, os custos e os lucros para a empresa são mostrados na tabela 5.2.

Produto A: SCperf::Newsboy(350,150,250,100,80)

Produto B: SCperf::Newsboy(300,110,240,140,100)

Produto C: SCperf::Newsboy(350,150,270,170,100)

Produtos para produção	Estoque de segurança total	Custo total	Lucro total
A e B	240,27	R\$10.264,73	R\$72.235,27
A e C	211.47	R\$14.953,36	R\$72.546,64
B e C	95.7	R\$15.157.73	R\$49.842,27

Tabela 5.2: Resultados do cenário 2. Fonte: O autor.

Com os resultados, chegamos à conclusão de que a empresa deve fabricar os produtos A e C, conseguindo obter um maior lucro com um nível de estoque de segurança menor do que fabricar o produto A junto com o B, atendendo as necessidades de espaço para armazenamento desse estoque. Mostrando mais uma vez a facilidade de realizar análises, obter resultados rápidos e tomar decisões utilizando o pacote *SCperf*.

5.3 Cenário 3

Uma empresa fabricante de celulares possui dois fornecedores de baterias, onde o fornecedor A, se trata de um mais confiável com *lead time* igual a 2 dias, enquanto o fornecedor B, por se tratar da entrega utilizando um modal de transporte menos confiável, apresenta *lead time* entre 4 e 6 dias. Assim, os dois celulares que dependem das duas baterias para serem comercializados, apresentam as seguintes informações:

- O primeiro celular que utiliza a bateria A, apresenta uma demanda média de 300 celulares por semana, com desvio padrão de 100. Cada celular custa R\$300,00 e é vendido por R\$700,00. Obtendo um valor residual nas peças de R\$200,00;
- O segundo celular que utiliza a bateria do fornecedor B, apresenta uma demanda média de 200 celulares por semana, com desvio padrão de 50. Cada celular custa R\$280,00 para ser fabricado e é vendido por R\$600,00. Obtendo um valor residual nas peças de R\$200,00.

Mas por apresentar uma incerteza no *lead time*, o fornecedor B deixa de entregar as baterias no prazo naquela semana. Então, utilizando a função *Newsboy*, vamos verificar o prejuízo causado para empresa na não fabricação dos celulares que utilizam as baterias do fornecedor B.

SCperf::Newsboy(300,100,700,300,200)

SCperf::Newsboy(200,50,600,280,200)

Fornecedor	Custos	Lucro
A	R\$13.998,10	R\$106.001,90
B	R\$5.599,24	R\$58.400,76

Tabela 5.3: Resultados do cenário 3. Fonte: O autor.

Os resultados nos mostram que a empresa pode ter um prejuízo de cerca de R\$58.400,76 por não fabricar os celulares que necessitam das baterias do fornecedor B, que pode ser notado no gráfico da figura 5.2 que representa cerca de 36% do lucro total da empresa naquele período. Então, essa análise nos mostra a necessidade de obter maiores níveis de estoque de segurança desses celulares para se proteger da incerta do *lead time* do fornecedor B. O que confirma os resultados da análise 2, de que quanto maiores e incertos são os *lead times*, maiores são os estoques de segurança necessários na empresa.

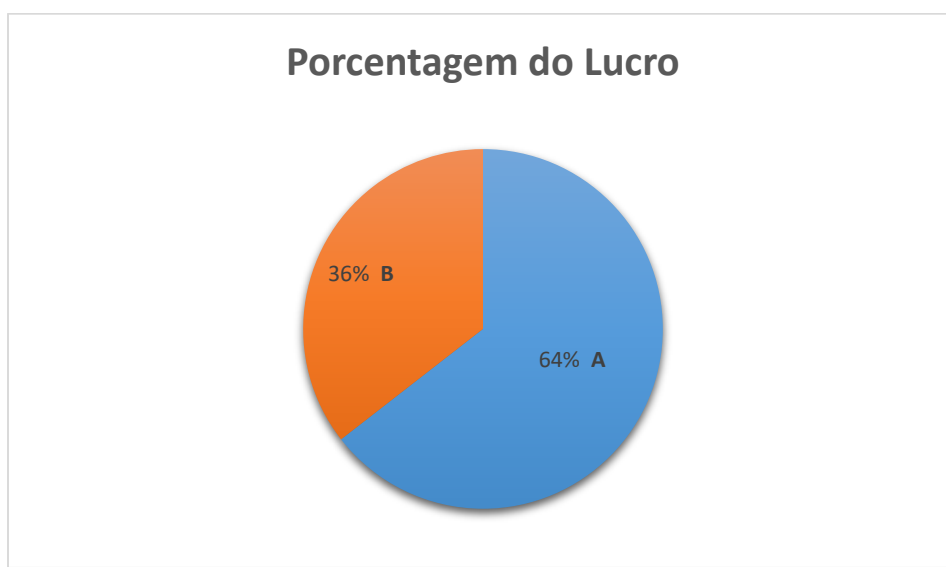


Figura 5.2: Gráfico - Porcentagem do lucro de cada produto. Fonte: O autor.

5.4 Cenário 4

Em uma cadeia de suprimentos simples de dois estágios, constituída de um varejista e um fabricante, eles decidem comparar dois métodos de previsão de demanda, a suavização exponencial e a média móvel simples, com o objetivo de reduzir os impactos causados pelo efeito chicote na cadeia. As seguintes informações são apresentadas pelas empresas:

- O fornecedor apresenta um *lead time* de 2 semanas;
- A ordem a ser utilizada na média móvel simples é igual a 3;
- O fator de suavização igual a 0,5;
- E é utilizado um vetor de parâmetros auto-regressivos igual a 0,8.

Utilizando a função *Bullwhip* os resultados encontrados podem ser visualizados na tabela 5.4.

Média móvel simples: SCperf::bullwhip("SMA",0.8,2,3)

Suavização Exponencial: SCperf::bullwhip("ES",0.8,2,0,0.5)

Método	Bullwhip
Média móvel simples	2,0844
Suavização exponencial	2,3333

Tabela 5.4: Resultados do cenário 4. Fonte: O autor.

Para o *lead time* do fornecedor e os parâmetros utilizados pelas empresas nos métodos de previsão, podemos perceber nos resultados que a média móvel simples, mesmo que com diferença quase irrisória, ainda apresenta um impacto menor da variabilidade da demanda (efeito chicote) na cadeia de suprimentos. Podendo ainda melhorar os resultados se conseguirem melhores valores para os parâmetros, ou seja, um menor fator de suavização e um maior valor da ordem na média móvel. É o que se percebe na tabela 5.5, quando reduzido o fator de suavização para 0,3 e aumentando a ordem para 5.

Método	Bullwhip
Média móvel simples	1,753
Suavização exponencial	1,779

Tabela 5.5: Resultados do cenário 4, mudando os parâmetros. Fonte: O autor.

Nos gráficos das figuras 5.3 e 5.4, verificamos como os impactos do efeito chicote são maiores quando são menores as ordens no método da média móvel, uma vez que, menores serão as quantidades de informações para a previsão. E verificamos também que quanto maior o fator de suavização também são maiores os impactos causados pelo efeito chicote em uma cadeia.

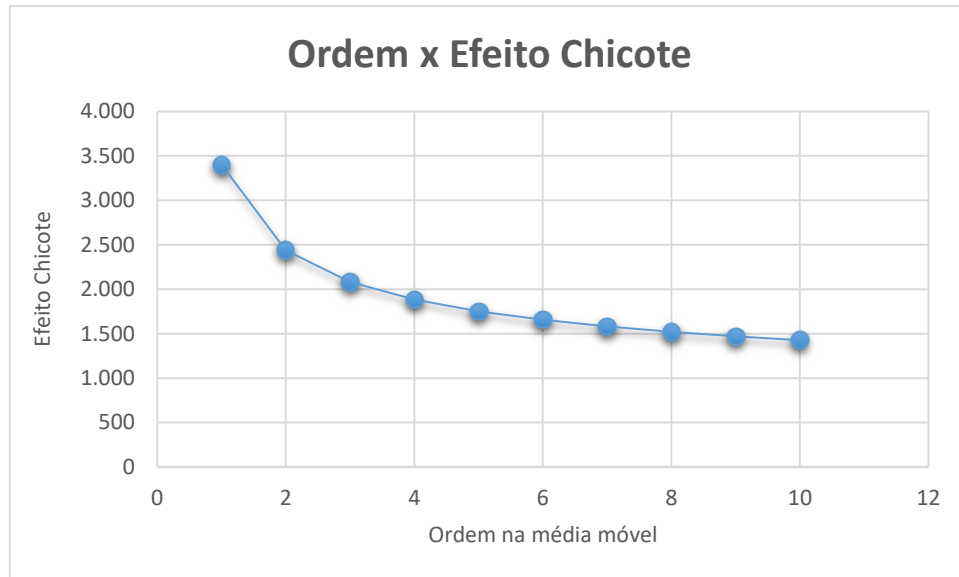


Figura 5.3: Gráfico - Ordem x efeito chicote. Fonte: O autor.

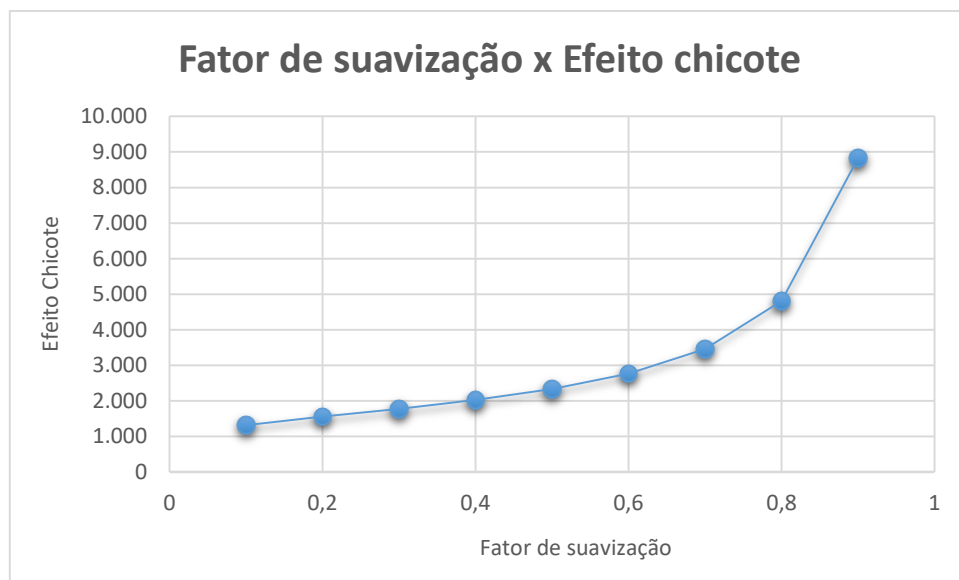


Figura 5.4: Gráfico - Fator de suavização x efeito chicote. Fonte: o autor.

5.5 Cenário 5

Supondo agora que um varejista em uma cadeia de suprimentos de dois estágios, pretende escolher seu fornecedor de matéria-prima entre três empresas A, B e C. Utilizando a média móvel simples como método de previsão, o varejista pretende formar uma cadeia onde sejam necessários menores níveis de estoque de segurança em sua empresa, diminuindo seus custos, e que também minimize os impactos do efeito chicote na cadeia.

Nessa análise de cenário 4, será utilizada a função *SCperf* e as informações da empresa e dos fornecedores são apresentadas abaixo:

- Vetor de parâmetros auto-regressivos igual a 0,8;
- Um vetor de parâmetros de média móvel com valor 0,2;
- Os fornecedores A, B e C apresentam lead times 4, 3 e 6, respectivamente;
- E o varejista lida com um nível de serviço de 95%.

Fornecedor A: *SCperf*:: *SCperf*(0.8,0.2,4,0.95)

Fornecedor B: *SCperf*:: *SCperf*(0.8,0.2,3,0.95)

Fornecedor C: *SCperf*:: *SCperf*(0.8,0.2,6,0.95)

Fornecedores	Estoque de Segurança	M (Efeito chicote)
A	6.394	4,2576
B	5.537	3,3252
C	7.831	5,8712

Tabela 5.6: Resultados do cenário 5. Fonte: O autor.

Analisando os resultados obtidos, a conclusão é de escolher o fornecedor B, levando em consideração o menor nível de estoque de segurança para a empresa e os menores impactos do efeito chicote na cadeia. Claro que existem outros fatores que impactam a escolha, mas levando em consideração apenas esses dois fatores, com o fornecedor B se obtém menores custos de manutenção de estoques e menos problemas causados pelo efeito chicote, o que pode ser visualizado no gráficos 5.5 e 5.6.

O fornecedor escolhido é justamente aquele com menor *lead time*, confirmando o que foi encontrado nas análises realizadas, de que quanto menor é o *lead time*, menores são os estoques de segurança e menores são os impactos do efeito chicote, o que pode ser verificado nos gráficos das figuras. Além de confirmar ainda a simplicidade e rapidez de obter resultados e tomar decisões utilizando o *SCperf* como suporte para outras ferramentas. As entradas no R e os resultados dos quatro cenários estão nos apêndices C e D, respectivamente.

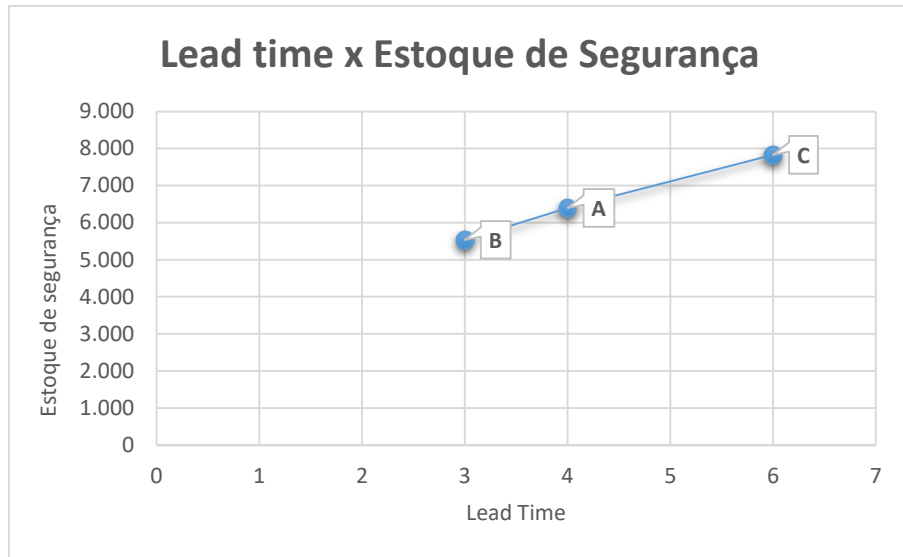


Figura 5.5: Lead time x Estoque de segurança, 3 fornecedores. Fonte: O autor.

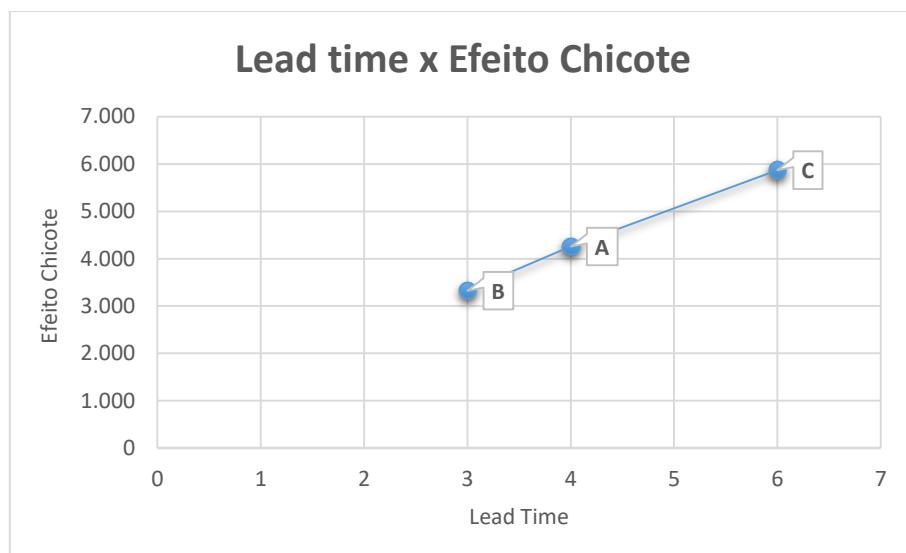


Figura 5.6: Lead time x Efeito chicote, 3 fornecedores. Fonte: O autor.

6 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

As análises realizadas envolvem variáveis e fatores que são de suma importância em um gerenciamento de estoques ou da cadeia de suprimentos. E ter conhecimento sobre como certas variáveis se comportam e como a gestão correta delas auxiliam nos ganhos da empresa e a evitar problemas sérios, é essencial para o crescimento da organização.

O estoque de segurança, por exemplo, é muito importante para as empresas evitarem perdas de vendas e manter o nível de serviço desejado. Mas manter esses estoques resulta em custos de armazenamento, logo manter níveis cada vez menores é fundamental para a empresa obter ganhos cada vez maiores. E as formas apresentadas neste estudo para diminuir a necessidade de estoques de segurança são: melhorar a precisão da previsão da demanda e manter menores *lead times*, o que garante menores custos e com isso maiores lucros para a empresa.

Outro ponto importante em uma cadeia de suprimentos é evitar o efeito chicote e para isso, é necessário as empresas atentarem para as causas do problema e tomarem algumas atitudes, como por exemplo, a redução do *lead time* e a escolha do método de previsão de demanda, além da unificação das informações ao longo da cadeia, buscando com isso diminuir a variabilidade da demanda e um melhor funcionamento da cadeia.

Além das análises para verificar os impactos das variáveis, também foram realizadas análises de cenários, para demonstrar esses impactos na realidade e a aplicabilidade do pacote *SCperf*. Essas análises podem proporcionar às empresas uma maior segurança em relação ao conhecimento dos impactos de variáveis em fatores importantes da cadeia, um maior controle financeiro, controle do fluxo de informações entre os elos da cadeia, atender às necessidades dos clientes e fidelizá-los, além de ser um diferencial competitivo. E o pacote *SCperf*, como demonstrado nas análises de cenários, se trata de uma ferramenta de fácil uso e compreensão que pode ser usado para complementar outras ferramentas de decisão de suporte gerencial e com isso, facilitar o trabalho de um gestor nas tomadas de decisões logísticas.

7 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo mostrar como determinadas variáveis afetam no estoque de segurança e no efeito chicote em uma cadeia de suprimentos e mostrar como o pacote *SCperf* pode ser utilizado para facilitar nas tomadas de decisões logísticas. E os resultados nos mostraram como o *lead time* é importante em uma empresa, verificando que seu aumento afeta diretamente nos níveis de estoque de segurança, assim como na variabilidade da demanda, impactando no efeito chicote. Logo, trabalhar para reduzir os *lead times* é de suma importância para diminuir esses impactos, além de diminuir os custos de estoque e de transporte, melhorar o relacionamento com fornecedores e melhorar o nível de serviço aos clientes.

O nível de serviço e a precisão da demanda são outras variáveis que se crescentes, maiores são as necessidades de estoque de segurança e com isso, maiores são os custos com a manutenção de estoques e consequentemente menores os lucros da organização. Se pôde perceber também, como a previsão da demanda impacta no efeito chicote, logo que diferentes métodos de previsão retornam diferentes erros que se propagam ao longo da cadeia, causando a variabilidade da demanda. E a escolha do método utilizado pode ser muito importante para diminuir esses efeitos.

O presente estudo auxilia obter uma visão de todos esses impactos em um processo logístico, ajudando na tomada de decisão de um gestor em uma organização. Além de apresentar um pacote em um software, onde se pode realizar análises e implementar diferentes modelos de inventário, auxiliando outras ferramentas logísticas em uma empresa de uma forma simples e rápida, com valores precisos. Onde nas análises de cenários, podemos perceber sua aplicabilidade na realidade.

Para trabalhos futuros, se pode utilizar outras funções que não foram usadas para realizar mais análises ou implementar em uma organização. Um pacote do *R* que ainda não foi lançado e que pode ser utilizado em para realizar outros estudos, é o *bullwhipgame*, que se trata de um jogo educativo que tem como finalidade a ilustração e exploração do efeito chicote.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, S; SENGUPTA, Raghu N; SHANKER, K. **“Impact of information sharing and lead time on bullwhip effect and on-hand inventory”**. European Journal of Operational Research, 2009.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**; - 5. ed. - Porto Alegre: Bookman 2006.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby - ***Supply chain logistics management***. 2ª ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2007.
- CARVALHO, Laura Gonçalves. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda: um estudo de caso em um distribuidor de produtos químicos**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Puc-rio, Rio de Janeiro, 2010.
- CHEN, F; RYAN, J.K.; LEVI, S. **“The impact of Exponential Smoothing Forecast on the Bullwhip Effect”**, Working Paper, School of Industrial Engineering, Purdue University, 1999.
- CORRÊA, H. L. **Gestão de Redes de Suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado**. São Paulo: Atlas, 2010.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRPII/ERP: conceitos, uso e implantação**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001
- DORNIER, P. et al. **Logística e operações globais: texto e casos**. São Paulo: Atlas, 2000.
- CHEN, F.; DREZNER, Z.; Ryan, J. ; Simchi-Levi, D. (2000a) **Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times and information**. *Management Science*, v.46, n.3, p. 436-443.
- CHOPRA, S; MEINDL, L. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2011.
- CHOPRA, S., REINHARDT, G., and DADA, M. **“The Effect of Lead Time Uncertainty on Safety Stocks,”** *Decision Sciences*, 35 (1), 2004.
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos – estratégias para redução de custos e melhorias dos serviços**. São Paulo: Pioneira, 1998.

DIAS, M.A.P, **Administração de Materiais: uma abordagem logística**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GALLEGO G. (1995) **Newsvendor Problem**. IEOR 4000 Production Management.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207p

HE, Xin James, “**The Impact of Stochastic Lead Time: the Mean or the Variance,**” Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol II. IMECS 2009, March 18 - 20, 2009, Hong Kong.

KAY, S. M. (1993). *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory*. Prentice Hall. pp. 344–350.

KRAJEWSKI, Lee J.; RITZMAN, Larry P. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

LEVI, S. D. et al. **Cadeia de suprimentos: projeto e gestão**. Porto Alegre: Bookman, 2003.

LOCKE, Dick - *Global supply management: a guide to international purchasing*. Chicago: Irwin, 1996.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira, 1998.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

POLLICK, Michael. **What is Lead Time?** Wise Geek. Disponível em <<http://w.wisegeek.com/what-is-lead-time.htm>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.

POZO, Hamilton, **Administração de materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**, 4ª ed. São Paulo, Atlas 2007.

SILVA MARCHENA, M. (2010) **Measuring and implementing the bullwhip effect under a generalized demand process**. <http://arxiv.org/abs/1009.397> Zhang, X. (2004a) **The impact of forecasting methods on the bullwhip effect**, International Journal of Production Economics.1, v.88, n.1.

SILVA MARCHENA, M. (2010) **Measuring and implementing the bullwhip effect under a generalized demand process**.<http://arxiv.org/abs/1009.3977>.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

THE R FOUNDATION, **What is R?**Disponível em: <<https://www.r-project.org/about.html>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

WANG, X; LIU, Z; ZHENG, C; QUAN, C. “**The Impact of Lead-Time on Bullwhip Effect in Supply Chain**”. ISECS, China, 2008.

TUBINO, D.F. **Sistemas de Produção: A produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

VEIGA, C. R. P.; VEIGA, C. P.; DUCLÓS, L. C. **A Acurácia dos Modelos de Previsão de Demanda Como Fator Crítico para o Desempenho Financeiro na Indústria de Alimentos**. Profuturo: Programa de Estudos do Futuro, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 83-107, jul./dez. 2010.

ZHANG, X. (2004b). **Evolution of ARMA demand in supply chains**. *Manufacturing and Services Operations Management*, 6 (2), 195-198.

ZHOU, Jie; ZHU, Yunmin. **The Linear Minimum Mean-Square Error Estimation with Constraints and Its Applications**. (2006). Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4076279/>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

APÊNDICE A – ENTRADAS DAS FUNÇÕES NO R

```
SCperf::Newsboy(360,seq(0,160,20),250,100)
```

Figura 9.1: Função Newsboy.

```
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,4,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,5,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,6,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,7,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,8,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,9,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,10,0.95)
```

Figura 9.2: Função SCperf variando o lead time.

```
options(scipen=20)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.90)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.91)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.92)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.93)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.94)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.96)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.97)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.98)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.99)
```

Figura 9.3: Função SCperf variando nível de serviço com lead time = 1.

```

options(scipen=20)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.90)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.91)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.92)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.93)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.94)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.96)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.97)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.98)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.99)

```

Figura 9.4: Função SCperf variando nível de serviço com lead time = 2.

```

options(scipen=20)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.90)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.91)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.92)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.93)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.94)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.95)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.96)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.97)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.98)
SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.99)

```

Figura 9.5: Função SCperf variando nível de serviço com lead time = 3.

```

scperf::bullwhip("SMA",0.9,seq(1,10,1),4)
scperf::bullwhip("ES",0.9,seq(1,10,1),0,0.6)
scperf::bullwhip("MMSE",0.9,seq(1,10,1))

```

Figura 9.6: Função Bullwhip, utilizando os 3 métodos e variando o lead time.

APÊNDICE B – RESULTADOS DAS FUNÇÕES

```
> scperf::Newsboy(360,seq(0,160,20),250,100)
```

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	SS1	SS2	SS3	SS4
360.000	365.067	370.134	375.201	380.268	385.335	390.402	395.469	400.536	0.000	5.067	10.134	15.201
SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	ExpC1	ExpC2	ExpC3	ExpC4	ExpC5	ExpC6	ExpC7	ExpC8
20.268	25.335	30.402	35.469	40.536	0.000	1931.713	3863.425	5795.138	7726.851	9658.563	11590.276	13521.989
ExpC9	ExpP1	ExpP2	ExpP3	ExpP4	ExpP5	ExpP6	ExpP7	ExpP8	ExpP9	CV1	CV2	CV3
15453.701	54000.000	52068.287	50136.575	48204.862	46273.149	44341.437	42409.724	40478.011	38546.299	0.000	0.056	0.111
CV4	CV5	CV6	CV7	CV8	CV9	CR	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	FR6
0.167	0.222	0.278	0.333	0.389	0.444	0.600	1.000	0.984	0.968	0.952	0.937	0.921
FR7	FR8	FR9	Z									
0.905	0.889	0.873	0.253									

Figura 9.7: Resultados da função Newsboy.

```

> options(scipen=20)
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 4.116460 1.644854 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 5.821554 3.678005 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
2.644218 6.263158 13.410000 7.129918 6.023399 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,4,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
3.507869 6.263158 27.174100 8.232921 8.574422 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,5,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
4.437888 6.263158 46.878821 9.204685 11.262002 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,6,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
5.398619 6.263158 72.838865 10.083227 14.038116 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,7,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
6.363486 6.263158 105.164799 10.891130 16.867956 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,8,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
7.313034 6.263158 143.816273 11.643108 19.725648 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,9,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
8.233375 6.263158 188.643689 12.349381 22.591673 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,10,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
9.114936 6.263158 239.420645 13.017391 25.451188 1.644854

```

Figura 9.8: Resultados da função SCperf variando o lead time.

```

> options(scipen=20)
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.90)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 3.207250 1.281552 1.281552

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.91)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 3.355414 1.340755 1.340755

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.92)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 3.516375 1.405072 1.405072

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.93)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 3.693359 1.475791 1.475791

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.94)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 3.891023 1.554774 1.554774

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 4.116460 1.644854 1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.96)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 4.381320 1.750686 1.750686

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.97)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 4.706931 1.880794 1.880794

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.98)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 5.139774 2.053749 2.053749

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,1,0.99)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.319328 6.263158 1.000000 5.821988 2.326348 2.326348

```

Figura 9.9: Resultados da função SCperf variando nível de serviço com lead time=1.

```

> options(scipen=20)
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.90)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 4.535736 2.865636 1.281552
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.91)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 4.745272 2.998019 1.340755
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.92)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 4.972905 3.141836 1.405072
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.93)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 5.223199 3.299969 1.475791
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.94)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 5.502738 3.476579 1.554774
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 5.821554 3.678005 1.644854
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.96)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 6.196122 3.914653 1.750686
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.97)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 6.656605 4.205582 1.880794
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.98)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 7.268738 4.592322 2.053749
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,2,0.99)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
1.894118 6.263158 5.000000 8.233535 5.201872 2.326348

```

Figura 9.10: Resultados da função SCperf variando nível de serviço com lead time=2.

```

> options(scipen=20)
> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.90)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  5.555119  4.692999  1.281552

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.91)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  5.811748  4.909800  1.340755

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.92)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  6.090539  5.145325  1.405072

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.93)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  6.397086  5.404298  1.475791

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.94)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  6.739450  5.693529  1.554774

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  7.129918  6.023399  1.644854

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.96)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  7.588669  6.410954  1.750686

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.97)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  8.152643  6.887404  1.880794

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.98)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000  8.902350  7.520760  2.053749

> SCperf::SCperf(0.9,0.1,3,0.99)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
| 2.644218  6.263158 13.410000 10.083980  8.519008  2.326348

```

Figura 9.11: Resultados da função SCperf variando nível de serviço com lead time=3.

```

> SCperf::bullwhip("SMA",0.9,seq(1,10,1),4)
[1] 1.2149 1.5158 1.9027 2.3756 2.9344 3.5793 4.3100 5.1268 6.0295 7.0183

> SCperf::bullwhip("ES",0.9,seq(1,10,1),0,0.6)
[1] 1.3281 1.9375 2.8281 4.0000 5.4531 7.1875 9.2031 11.5000 14.0781 16.9375

> SCperf::bullwhip("MMSÉ",0.9,seq(1,10,1))
[1] 1.3420 1.9268 2.6775 3.5349 4.4538 5.4001 6.3483 7.2799 8.1818 9.0447

```

Figura 9.12: Resultados da função Bullwhip, três métodos de previsão.

APÊNDICE C – ENTRADAS DAS ANÁLISES DE CENÁRIOS

```
SCperf::SS(0.95,60,seq(4,6,1))
SCperf::SS(0.95,60,seq(7,9,1))
```

Figura 9.13: Cenário 1.

```
options(scipen = 30)
SCperf::Newsboy(350,150,250,100,80)
SCperf::Newsboy(300,110,240,140,100)
SCperf::Newsboy(350,150,270,170,100)
```

Figura 9.14: Cenário 2.

```
options(scipen = 30)
SCperf::Newsboy(300,100,700,300,200)
SCperf::Newsboy(200,50,600,280,200)
```

Figura 9.15: Cenário 3.

```
SCperf::bullwhip("SMA",0.8,2,3)
SCperf::bullwhip("ES",0.8,2,0,0.5)
```

Figura 9.16: Cenário 4.

```
SCperf:: SCperf(0.8,0.2,4,0.95)
SCperf:: SCperf(0.8,0.2,3,0.95)
SCperf:: SCperf(0.8,0.2,6,0.95)
```

Figura 9.17: Cenário 5.

APÊNDICE D – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CENÁRIOS

```
> SCperf::SS(0.95,60,seq(4,6,1))
[1] 197.38 220.68 241.74
> SCperf::SS(0.95,60,seq(7,9,1))
[1] 261.11 279.14 296.07
```

Figura 9.18: Resultados do cenário 1.

```

> SCperf::Newsboy(350,150,250,100,80)
      Q      SS      ExpC      ExpP      CV      CR      FR      Z
528.02  178.02  5030.18  47469.82    0.43    0.88    0.98    1.19
> SCperf::Newsboy(300,110,240,140,100)
      Q      SS      ExpC      ExpP      CV      CR      FR      Z
362.25   62.25  5234.55  24765.45    0.37    0.71    0.93    0.57
> SCperf::Newsboy(350,150,270,170,100)
      Q      SS      ExpC      ExpP      CV      CR      FR      Z
383.45   33.45  9923.18  25076.82    0.43    0.59    0.87    0.22

```

Figura 9.19: Resultados do cenário 2.

```

> SCperf::Newsboy(300,100,700,300,200)
      Q      SS      ExpC      ExpP      CV      CR      FR      Z
384.16   84.16  13998.10 106001.90    0.33    0.80    0.96    0.84
> SCperf::Newsboy(200,50,600,280,200)
      Q      SS      ExpC      ExpP      CV      CR      FR      Z
242.08   42.08   5599.24  58400.76    0.25    0.80    0.97    0.84

```

Figura 9.20: Resultados do cenário 3.

```

> SCperf::bullwhip("SMA",0.8,2,3)
[1] 2.0844

> SCperf::bullwhip("ES",0.8,2,0,0.5)
[1] 2.3333

```

Figura 9.21: Resultados do cenário 4.

```

> SCperf:: SCperf(0.8,0.2,4,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
4.2576  3.7778  24.6736  6.3940  8.1704  1.6449

> SCperf:: SCperf(0.8,0.2,3,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
3.3252  3.7778  12.8400  5.5374  5.8940  1.6449

> SCperf:: SCperf(0.8,0.2,6,0.95)
      M      VarD      VarDL      SS      SSL      Z
5.8712  3.7778  59.3155  7.8311 12.6681  1.6449

```

Figura 9.22: Resultados do cenário 5.