



**Faculdade de Ciências Empresariais – FACE**  
**Mestrado em Administração**

**Modelo Matemático Aplicado para Mensurar Efeito Chicote na Cadeia de  
Abastecimento: Estudo de Caso da Indústria do Ramo Alimentício**

**Reinaldo Tagliatti Ribeiro**

**Belo Horizonte-MG**

**2016**

**Reinaldo Tagliatti Ribeiro**

**Modelo Matemático Aplicado para Mensurar Efeito Chicote na Cadeia de  
Abastecimento: Estudo de Caso da Indústria do Ramo Alimentício**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em  
Administração da Universidade FUMEC, como parte  
dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em  
Administração.

*Área de concentração:* Gestão Estratégica de  
Organizações.

*Linha de pesquisa:* Estratégias e tecnologias em  
Marketing

*Orientador:* Prof. Dr. Jersone Tasso Moreira Silva

**Belo Horizonte-MG**

**2016**

R484m Ribeiro, Reinaldo Tagliatti  
Modelo matemático aplicado para mensurar efeito chicote na cadeia de abastecimento: estudo de caso da indústria do ramo alimentício. / Reinaldo Tagliatti Ribeiro. – Belo Horizonte, 2016.

102 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Jersone Tasso Moreira Silva.  
Dissertação (mestrado) – Universidade FUMEC. Faculdade de Ciências Empresariais.

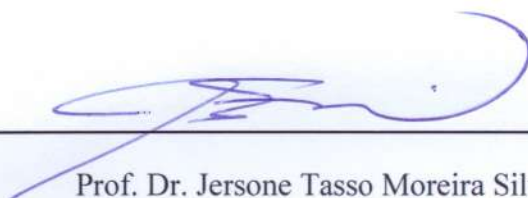
Inclui bibliografia.

1. Logística empresarial – Modelos matemáticos – Estudo de casos. 2. Abastecimento de alimentos – Estudo de casos. I. Silva Jersone Tasso Moreira. II. Universidade FUMEC. Faculdade de Ciências Empresariais. III. Título.

CDU: 658.78

**Faculdade de Ciências Empresariais – FACE**  
**Mestrado em Administração**

Dissertação intitulada: *Modelo matemático aplicado para mensurar efeito chicote na cadeia de abastecimento: estudo de caso da indústria do ramo alimentício*, de autoria do mestrando Reinaldo Tagliatti Ribeiro, aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos professores: Prof. Dr. Jersone Tasso Moreira Silva, Prof. Dr. Hugo Ferreira Braga Tadeu e Prof. Dr. Alexandre Teixeira Dias.



---

Prof. Dr. Jersone Tasso Moreira Silva  
Universidade FUMEC (Orientador)

---

Prof. Dr. Hugo Ferreira Braga Tadeu  
Fundação Dom Cabral



---

Prof. Dr. Alexandre Teixeira Dias  
Universidade FUMEC

Belo Horizonte, 26 de abril de 2016.

Aos meus pais,  
*Alzira e Ronaldo,*  
pelo incondicional e eterno amor.

*Sarita,*  
pelo amor, companheirismo, cumplicidade  
e contínuo apoio moral;

*Laura Ribeiro,*  
minha querida afilhada,  
por transmitir a força necessária  
nos momentos de dificuldade; e

*minha Família,*  
pelo constante apoio moral  
à continuidade dos meus estudos.

## AGRADECIMENTO

*A gratidão não nos tira nada, ela é dom em troca, mas sem perda e quase sem objeto. A gratidão nada tem a dar além do prazer de ter recebido.*

ANDRÉ COMTE-SPONVILLE

*Prof. Dr. Jersone Tasso Moreira Silva,*  
meu orientador, pela prestatividade;

*Sr. Antônio Augusto Almeida,*  
por contribuir para que esta pesquisa  
fosse concretizada;

*Profa. Leila Brito,*  
pela competência e dedicação na  
assessoria de metodologia textual, revisão,  
normalização técnica, programação visual  
e edição desta dissertação; e a

*Deus,*  
pelo discernimento necessário à  
compreensão dos fatos.

“As companhias prestam muita atenção ao custo de fazer alguma coisa.  
Deviam preocupar-se mais com os custos de não fazer nada.”

PHILIP KOTLER

## RESUMO

RIBEIRO, Reinaldo Tagliatti. *Modelo matemático aplicado para mensurar efeito chicote na cadeia de abastecimento: estudo de caso da indústria do ramo alimentício*. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Ciências Empresariais – FACE, Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2016.

Com vistas ao objetivo de analisar as causas da propagação das oscilações do *efeito chicote* na performance da produção e distribuição de uma empresa do ramo alimentício, buscou-se, com este estudo, identificar o seu impacto no desempenho de sua cadeia de abastecimento. Para tal, ateu-se à mensuração da variabilidade relativa a dois de seus elos: produção e distribuição. Dessa forma, fundamentando-se em hipóteses previamente formuladas com base no escopo teórico que sustenta a sua proposição, esta pesquisa, de perfil descritivo e exploratório, foi inserida na vertente quantitativa, valendo-se do estudo de caso para alcançar o objetivo proposto. Ao final do estudo, à análise dos dez itens de maior giro na companhia em dois elos da cadeia de abastecimento: processos de produção e atendimento ao cliente final pelo centro de distribuição, concluiu-se pela ocorrência da amplificação no fluxo de demanda provocada pelo efeito chicote, provocando um resultado médio considerado expressivo pela dimensão do volume mensalmente movimentado pela empresa. E também, que tal índice aponta o quão amplificado é o valor da demanda, quando passa pelos elos envolvidos na programação da produção. Comprovou-se, portanto, que esta amplificação distorcida que se propaga ao longo da cadeia pode gerar ineficiência operacional nas áreas de planejamento e controle da produção, acarretando um acúmulo de estoques ao longo mesma, pelo fato de o cenário em questão ser marcado pela incerteza e elevada variabilidade dos fluxos e da demanda. Verificou-se, pois, que a empresa pesquisada atua com um elevado custo de manutenção de estoques e, também, com perda de vendas, em virtude de ruptura no processo de atendimento dos pedidos provocada pelo efeito chicote.

**Palavras-chave:** efeito chicote, cadeia de abastecimento, modelagem matemática.



## ABSTRACT

RIBEIRO, Reinaldo Tagliatti. Mathematical modelling applied on measuring the bullwhip effect at supply chains: an alimentary business study case. 2016. 102 f. Dissertation (Administration Mastering) – Faculdade de Ciências Empresariais – FACE, Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2016.

Intending to analyse propagation causes of the bullwhip effect oscillations on a distribution and production alimentary company, this study seeks to identify the impact at its supply chain performance. For such, it was measured the relative variability on two of its links: production and distribution. Thus, with basis on previously formulated hypothesis, this research, with an exploratory and descriptive profile, was inserted on a quantitative slope, using the case study to reach the proposed goal. In the end, after analysing the ten biggest turnover items on two supply chain links: production processes and final customer services by distribution center, it was noticed an amplification on the demand flow provided by the bullwhip effect, causing an expressive average volume dimension of the company monthly transactions. Also, this metric suggests how amplified are the demand values when they pass through the related links of scheduled production. Therefore, it was proven that this distorted amplification, propagated along the supply chain, may cause operational inefficiency on planning and production controlling, causing it a stock accumulation, caused by the uncertainty and the high variability of demand and flow. Finally, it was noticed that the studied company acts with high stock maintenance costs, and also, sales lost, due to the breaking of customer services caused by the bullwhip effect.

Keywords: bullwhip effect, supply chain, mathematical model.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Dinâmica do efeito chicote .....	41
FIGURA 2	Desenho da cadeia de abastecimento da empresa do ramo alimentício pesquisada .....	72

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 500732 .....	74
TABELA 2	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 123818 .....	76
TABELA 3	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 126849 .....	78
TABELA 4	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final - Material 330004 .....	70
TABELA 5	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 220981 .....	81
TABELA 6	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 539309 .....	84
TABELA 7	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 4464 .....	86
TABELA 8	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 5000088 .....	88
TABELA 9	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 356735 .....	90
TABELA 10	Efeito chicote no âmbito do processo produtivo ao consumidor final – Material 679119 .....	92

## LISTAS DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Demanda original do cliente na loja .....	44
GRÁFICO 2	Pedidos encaminhados ao fornecedor .....	45
GRÁFICO 3	Resultados da aplicação do modelo matemático de Fransoo e Wouters .....	94

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Histórico do efeito chicote .....	26
QUADRO 2	Causas e medidas de contenção do efeito chicote .....	31
QUADRO 3	Indicadores para redução do efeito chicote .....	32
QUADRO 4	Causas do efeito chicote evidenciados por Lee, Padmanabhan e Wang (1997) .....	34
QUADRO 5	Melhorias no âmbito do efeito chicote .....	37
QUADRO 6	Ações para contenção do efeito chicote .....	37
QUADRO 7	Relação entre causas, efeitos e ações do efeito chicote ...	38
QUADRO 8	Principais definições do efeito chicote .....	43
QUADRO 9	Demanda original dos clientes na loja .....	50
QUADRO 10	Principais modelos de quantificação do efeito chicote ....	61

## LISTA DE SIGLAS

BDG	<i>Beer Distribution Game</i>
BMS	<i>Bristol-Meyers Squibb</i>
CA	Cadeia de Abastecimento
DRP	<i>Distribution Resourcesm Planning</i>
EC	Efeito Chicote
EDI	Intercâmbio Eletrônico de Dados
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OTIF	<i>On Time In Full</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
S&OP	<i>Sales and Operations Plannings</i>
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1	Problema de pesquisa .....	16
1.2	Objetivo geral .....	16
1.2.1	Objetivos específicos .....	16
1.3	Justificativa .....	17
1.4	Estrutura textual .....	20
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>21</b>
2.1	Cadeia de abastecimento .....	21
2.2	Revisão da Literatura .....	23
2.3	Conceituação de efeito chicote .....	27
2.4	Causas e propostas de solução .....	28
2.4.1	Processamento da previsão de demanda .....	28
2.4.2	O jogo da escassez ou racionamento .....	29
2.4.3	O tamanho do pedido .....	30
2.4.4	Flutuação de preços .....	31
2.5	Causas e consequências do efeito chicote .....	33
2.6	Modelos matemáticos de mensuração do efeito chicote .....	39
2.7	Conceitos de efeito chicote na cadeia de abastecimento .....	43
2.8	Caracterização do efeito chicote .....	44
2.9	Causas do efeito chicote .....	45
2.10	Quantificação do efeito chicote .....	50
2.11	Modelo de Lee, Padimanabhan e Whang (1997) .....	51
2.12	Modelo de Chen, Drezner, Ryan e Simchi-Levy (2000) .....	52
2.13	Modelo de Warburton (2004) .....	54
2.14	Modelo de Fransoo e Wolters (2000) .....	57
2.15	Modelo de Chen e Disney (2003) .....	59
2.16	Modelo de Hosoda e Disney (2004) .....	59
2.17	Análise crítica dos modelos apresentados .....	61
2.18	Gestão de estoques .....	63
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>67</b>
3.1	Tipo de abordagem .....	67
3.2	Estratégia de pesquisa .....	67
3.3	Estudo de caso .....	68
3.4	Instrumento de coleta dos dados .....	68
3.5	Técnica de análise de dados .....	69
3.6	Caracterização da empresa .....	70
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>72</b>
4.1	Cadeia logística da empresa ALPHA .....	72
4.2	Síntese analítica .....	93
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>94</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os mercados competitivos, marcados por mudanças constantes ditadas pela globalização da economia e pela presença de consumidores cada vez mais exigentes e com necessidades específicas a serem satisfeitas, impõem às empresas a busca constante por novas formas de gestão de negócios voltadas à fidelização de clientes. Conseqüentemente, visando a satisfação da clientela, as empresas priorizam um retorno satisfatório para o capital investido pelos acionistas, de forma a garantir sua permanência no negócio. É neste sentido que fomentam a possibilidade de se manterem no mercado pelo combate aos concorrentes.

Uma das formas de mensuração da performance da empresa no cenário onde está inserida é pela avaliação de seu desempenho na cadeia de abastecimento. E um dos meios mais utilizados nesta avaliação é o *efeito chicote*. Para Geary, Disney e Towill (2006), este fenômeno está presente em estruturas de abastecimento em que os pedidos enviados aos fornecedores tendem a apresentar variância maior que a variância das vendas realizadas aos clientes, denominada distorção da demanda, que se propaga para os outros níveis da estrutura organizacional de forma simplificada, gerando a ampliação da variância. Dentre as formas possíveis para minimizar o impacto do *efeito chicote* na cadeia de abastecimento, encontra-se a boa acuracidade na previsão de demanda.

Desta forma, um dos recursos para garantir a sinergia e sincronia numa cadeia de abastecimento é o processo de previsão de demanda, que se apresenta extremamente complexo e decisivo para as tomadas de decisão no âmbito do planejamento e do dimensionamento da capacidade produtiva. Tal processo, de acordo com Svensson (2005), se faz primordial, uma vez que interfere nas decisões de várias áreas, assim como nos demais elos da cadeia de suprimentos. Portanto, a previsão de demanda é a base para todo planejamento das demais áreas da organização, em especial, para aquelas que constituem elos da referida cadeia.

É nesse contexto que se encontra inserida a empresa pesquisada – uma indústria do ramo alimentício. Considerando que a previsão de demanda é o parâmetro para a formulação do planejamento estratégico, além do dimensionamento da capacidade produtiva instalada e do planejamento da necessidade de matéria-prima, qualquer falha no modelo de previsão poderá acarretar elevação do nível de inventários, dimensionamento incorreto da capacidade instalada e falha no processo de aquisição de matéria-prima, gerando elevação dos custos operacionais ao longo da cadeia de suprimentos. Sobrepondo-



se aos problemas citados, tem-se o impacto negativo sobre os elos compostos à jusante na cadeia de abastecimento, composta por distribuidores, varejistas e clientes, que influirá para a geração do *efeito chicote*.

Assim, o efeito chicote é um fenômeno que produz graves impactos negativos sobre a regularidade e a estabilidade dos pedidos recebidos em todos os níveis de uma cadeia de suprimento, notadamente nas empresas localizadas mais a montante da cadeia. Chen, Drezner, Ryan e Smichi-Levi (2000) observam a ocorrência do Efeito Chicote (EC), quando a variabilidade da demanda aumenta à medida que esta avança nos níveis acima da cadeia, desde o varejista até os fornecedores.

Uma vez que o efeito de propagação gerado do processo de previsão de vendas, conhecido como efeito chicote, contribui significativamente para influenciar nos custos da cadeia de abastecimento e nos erros do dimensionamento da capacidade produtiva e dos níveis de produção, proporcionando aumento nos custos operacionais e reduzindo a lucratividade de todos os elementos da cadeia de suprimentos, importante se faz o seu estudo, com vistas ao combate sistemático de suas causas.

## **1.1 Problema de pesquisa**

Tem-se, pois que, ante o cenário de risco proporcionado pelo EC às organizações, propõe-se a seguinte questão de pesquisa: *qual o impacto do efeito chicote no desempenho de uma cadeia de abastecimento no setor de alimentos?*

Para responder tal questão, este estudo foi centrado em análises das causas, resultados e consequências do *efeito chicote*, a partir de consistente revisão da literatura.

## **1.2 Objetivo geral**

Analisar o *efeito chicote* no desempenho da produção e distribuição de uma empresa do ramo alimentício.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- . Identificar a variabilidade entre os cenários de produção e distribuição previstos e realizados entre dois elos da cadeia de abastecimento; e
- . identificar os impactos do *efeito chicote* na referida cadeia.

### 1.3 Justificativa

Atualmente, o mercado alimentício é composto por empresas em acirrada competição num cenário onde há procura contínua por redução dos custos operacionais, maximização da satisfação dos clientes e rentabilidade do resultado final do negócio. Um êxito que pode ser alcançado com a utilização das ferramentas científicas de aplicação na área de Logística, nos processos de suprimento, movimentação, distribuição e planejamento em seus diversos níveis operacionais, táticos e estratégicos.

Dentre as formas utilizadas para alavancar a eficiência e a eficácia na Logística, destacam-se os fluxos de materiais e de informações, como forma de agregar valor e manter a competição em longo prazo. Segundo Croson (2005), tal recurso foi ratificado por uma pesquisa realizada pelo instituto de Inovação e Melhoramento da Administração Moderna, onde se concluiu que, no mundo empresarial, a conscientização em relação ao impacto da competitividade entre as empresas está crescendo cada vez mais.

Coelho, Follmann e Taboada Rodriguez (2009) ressaltam que o objetivo da Logística é fornecer produtos ou serviços no local e momentos esperados pelos clientes. Ressaltam ainda que, na concorrência global, a implementação das melhores práticas logísticas constitui um dos grandes desafios organizacionais.

No meio acadêmico, observa-se a tendência de valorização do impacto da Logística na lucratividade das organizações empresariais, e do reconhecimento, por inúmeros pesquisadores, da sua função de suporte à obtenção de diferencial competitivo. Neste caso, Christopher (2007) afirma que a lucratividade de uma empresa pode ser otimizada através do gerenciamento logístico da aquisição, movimentação e distribuição dos fluxos de materiais e de informações correlatas. Para o autor, o gerenciamento logístico pode gerar uma posição de superioridade duradoura sobre os concorrentes, em termos de preferência do cliente. A fonte da vantagem competitiva reside, primeiramente, na capacidade da organização de se diferenciar de seus concorrentes aos olhos do cliente. Em segundo lugar, na sua capacidade de operar a baixo custo e, portanto, com maior lucro. Compartilhando a mesma opinião, Taylor (2005) acredita que a aplicação dos princípios do *Supply Chain Management* (SCM) resulta em lucro para as empresas, uma vez que promove a redução dos estoques e do *lead time* ao longo da cadeia de suprimentos. Entretanto, além do impacto na lucratividade, pode-se afirmar que, no que tange ao posicionamento estratégico das organizações, a capacidade logística do fluxo de materiais e de informações tende a melhorar, propiciando uma considerável vantagem competitiva.

A adoção do conceito SCM mostra-se, assim, como uma fonte potencial de obtenção de vantagem competitiva para as empresas que o adotam, revelando um caminho a ser seguido pelas demais. Nessa perspectiva, Tubino (2009) acredita que, no Brasil, apesar de as práticas logísticas serem empregadas, excetuando-se os casos das empresas automobilísticas e dos supermercados, muitos esforços têm contribuído para a mudança desse panorama, o que permite uma visão otimista em relação à aplicação da Logística e do aproveitamento de seus benefícios para que o país incremente sua capacidade produtiva.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos é extremamente complexo, uma vez que as previsões de demanda não são compartilhadas e os cronogramas de produção são diferenciados. Por exemplo, gera-se uma enorme quantidade de documentos em virtude da emissão de uma ordem de compra, porque, normalmente, não existe um planejamento colaborativo, além do que, na maioria dos casos, a produção é empurrada para o mercado. Portanto, observa-se que a complexidade na estruturação e gerenciamento da cadeia de suprimentos é intrínseca à própria composição da mesma. O grande desafio em relação ao gerenciamento da cadeia de suprimentos ocorre em relação à variabilidade, apesar de Taylor (2005) afirmar que, independentemente de haver um gerenciamento eficiente das cadeias de suprimento, estas apresentam uma variabilidade natural em termos de duração, qualidade e outros atributos.

Assim, uma porção considerável do gerenciamento da cadeia é dedicada à tentativa de lidar com essa variabilidade. Isso porque, de maneira específica, as redes logísticas são vulneráveis aos efeitos da variabilidade, por envolver sequências longas interdependentes, de tal forma que um atraso relativamente pequeno em um processo a montante pode desestruturar a cadeia inteira, condenando cronogramas de produção, serviços de entrega e o atendimento das necessidades dos consumidores. Conforme Dias (2003), a desestruturação que ocorre na cadeia de suprimentos é gerada, principalmente, pela falta de sinergia entre os seus membros e as variações estatísticas nos *lead times* de produção e transporte.

Dentre os métodos sugeridos pela academia para melhorar a performance da Cadeia de Abastecimento (CA), encontram-se a análise, a mensuração e o gerenciamento do *efeito chicote*. Tem-se que, tornando eficiente o combate ao *efeito chicote* é possível obter ganhos significativos na esfera do serviço e principalmente no seu custo. De acordo com Carlsson e Fullér (2000), o *efeito chicote* é o fenômeno representado pela situação de variância nos pedidos encaminhados aos fornecedores, quando maiores que as quantidades vendidas aos clientes (distorção da demanda) e, na sequência, pela situação de variância

nos pedidos encaminhados aos fabricantes, quando maiores que as quantidades vendidas aos clientes. Ou seja, o efeito chicote provoca uma distorção da demanda de forma amplificada (amplificação da variância).

Inserida neste cenário, encontra-se a indústria do ramo alimentício, denominada neste estudo Empresa Alpha, que apresenta oscilações da demanda, com provável impacto no *efeito chicote*. Trata-se, pois, de uma conjuntura empresarial passível de impactos financeiros elevados em relação aos custos de oportunidade, inventariado, perda de venda e *market share*, ocasionados por um ambiente logístico extremamente complexo, no qual a produção é empurrada para o mercado, o *mix* de produtos é elevado, o prazo de validade é curto e, por fim, o atendimento é realizado tanto para o atacado quanto para o varejo com *lead time* de 24 horas.

Dessa forma, a escolha da Empresa Alpha visou possibilitar a avaliação dos efeitos da propagação das distorções amplificadas na sinalização da demanda, numa cadeia de abastecimento na indústria de alimentos. E a partir dos resultados dessa avaliação, transformá-la em ferramenta de análise para as empresas em geral, que desejarem identificar e quantificar os erros advindos da má previsibilidade da demanda, assim como seus efeitos ao longo da cadeia a que pertencem, possibilitando implementar melhorias e soluções que atuem sobre a competência e a eficiência das cadeias logísticas, com vistas a um maior poder de competição. E umas das formas de alcançar as condições ideais de competitividade é estudando e avaliando a performance do *efeito chicote*.

Ademais, em mercados cada vez mais competitivos, o número de empresas que buscam aplicar o gerenciamento da cadeia de abastecimento em suas cadeias tende a crescer, pois existe a predisposição de incorporar valor agregado ao produto. Lee, Padmanabhan e Whang (2004) abordam a gestão logística como suporte à obtenção de um diferencial estratégico, verificado quando fornecedores e clientes direcionam suas metas e estratégias em um sistema integrado, buscando satisfazer as necessidades dos serviços a um custo mínimo.

Assim, a realização de estudos nesta esfera de conhecimento é inegavelmente relevante, dado que uma pesquisa científica pode vir a estabelecer um referencial a ser seguido por empresas que desejarem utilizar o gerenciamento logístico como instrumento de competitividade. Quanto à contribuição acadêmica, certamente, esta abordagem teórico-prática poderá servir como subsídio para estudos futuros.

#### **1.4 Estrutura textual**

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos, iniciados por esta Introdução composta da questão de pesquisa, objetivos, justificativa e estrutura textual. No Capítulo 2 – Fundamentação Teórica, tem-se a exploração da teoria relativa ao *efeito chicote*. O Capítulo 3 – Metodologia, descreve os métodos a serem utilizados no processo analítico dos dados coletados na empresa pesquisada. No Capítulo 4 – Análise dos Resultados – tem-se a análise dos dados colhidos no campo, ou seja, na Empresa Alpha. E no Capítulo 6, as conclusões alcançadas com a pesquisa, seguidas da abordagem das limitações deste estudo e das sugestões para futuras pesquisas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Passa-se à abordagem dos conceitos acadêmicos relacionados ao *efeito chicote*, seguida dos principais modelos matemáticos disponíveis no meio acadêmico para mensuração quantitativa do referido efeito.

### 2.1 Cadeia de abastecimento

Em um cenário de hipercompetitividade, a Supply Chain Management (SCM), ou Gestão da Cadeia de Suprimentos, é considerada uma nova e promissora fronteira para a sobrevivência das empresas, conforme afirma Slack, Chambers e Jonsthor (2002). Para os autores, com o objetivo de se tornarem cada vez mais eficientes e eficazes, as empresas fazem uso maciço da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), visando o aprimoramento e a integração de seus processos ao longo da cadeia de suprimentos. E nesse processo de integração, além da gestão da demanda, um elemento crucial, que se apresenta como uma etapa crítica para todos os membros nele envolvidos, devido à complexidade e incertezas intrínsecas ao mesmo, é o *efeito chicote* – que representa a variação ou a impossibilidade de alinhamento da demanda à oferta. Em outras palavras, segundo Seuring e Muller (2008), o *efeito chicote* é o resultado de uma expectativa de demanda ou oferta que não se realiza por diversas razões, como a incapacidade de se prever corretamente a demanda do mercado, e que tende a se propagar por todas as empresas da cadeia, influenciando os níveis de estoques e os volumes dos pedidos.

Sendo assim, conforme Mintzberg, Ahlstrand e Lampel (2000), o *efeito chicote* é o conceito usado para capturar as percepções por trás do comportamento dinâmico das cadeias de suprimento. A demanda originada no nível do cliente inicia todo o processo. O fato da cadeia de suprimentos ser constituída de diversos membros – fornecedores, fabricantes, atacadistas e varejistas – que movem o processo antes que se alcance os clientes, implica que a cadeia de coordenação da informação que o conforma deveria ser reforçada como um meio para reduzir a variabilidade resultante. Uma pequena variação ou flutuação sazonal na demanda real do cliente pode “bater o chicote” para os fornecedores a montante, levando-os a se alternar entre situações de superprodução e de ociosidade (DORNIER *et al.*, 2000).

Os pedidos para os membros situados a montante da cadeia de suprimentos exibem uma maior variação que os pedidos reais no ponto-de-venda de varejo (distorção da

demanda), com essa variação aumentando à medida que se move a montante (propagação da variação).

São inúmeras as pesquisas nessa área, com as mais antigas datando de meados do século XX. Forrester (1961) detectou amplificações na demanda causadas por falta de visibilidade, informações distorcidas e ajustes nos níveis de estoque, tendo sido o precursor dos estudos do que veio a ser conhecido como “efeito chicote”.

Sob a ótica de Pires (2004), as incertezas no perfil da demanda e a natureza dos problemas de previsão causam um considerável impacto na SCM.

A amplificação das incertezas na demanda é o fenômeno ocorrido, quando as ordens do fornecedor, elemento a montante da cadeia, tendem a ter uma maior variação do que as vendas do varejista, elemento a jusante da cadeia, em razão de uma distorção sistemática que é amplificada sob a forma de pedidos, causada, dentre outros motivos, pela distorção da informação sobre a sinalização da demanda (SLACK; CHAMBERS; JONSTHON, 2002).

Em uma tentativa de quantificar os danos decorrentes da propagação de erros na avaliação das incertezas da demanda, Bardin (2011) estimou que o efeito chicote pode resultar em um aumento de custo que varia na faixa de 12,5% a 25% ao longo da cadeia de suprimentos. Corroborando a afirmação anterior, Lee, Padmanabhan e Whang (2014) concluíram que se todas as causas do EC forem eliminadas, pode haver um aumento na lucratividade que varia entre 15 e 30% para a cadeia de suprimentos.

Para Dornier *et al.* (2010), as distorções na informação da demanda ocorrem, na medida em que se afastam do cliente final ao longo da cadeia de suprimentos. No entanto, um dos temas que cabe ressaltar, considerando sua influência na variabilidade na demanda, é o fenômeno do efeito chicote, que tende a ocorrer frequentemente ao longo da cadeia de suprimentos. Em vista de impor um alto custo aos estoques, já que um dos responsáveis pela sua variação e pelos consequentes prejuízos à empresa, busca-se identificar as suas causas.

Forrester (1961) identificou a ocorrência de grandes *lead times* como um dos principais motivos do efeito chicote. Já Johnson (1998) apresenta como principais motivos: a falta de compartilhamento de informação, o alinhamento de decisões, a redução do *lead time* e o uso de uma previsão comum para os membros da cadeia. Por sua vez, Chen *et al.* (2000; 2003) defendem a centralização das informações.

De acordo com Silva, Cabral e Colenci Júnior (2008), erros são comuns nos modelos de previsão de vendas. E normalmente aumentam, na medida em que a

informação é transmitida pelo cliente aos fornecedores. A vulnerabilidade das previsões relativas aos consumidores finais é imposta por fenômenos naturais. E tal variação se dá em decorrência de inúmeros fatores, principalmente as datas comemorativas como o natal, dia das mães, pais, namorados, crianças, eventos culturais que incentivam o consumo de determinados produtos, motivando, conseqüentemente, as campanhas de Marketing.

## 2.2 Revisão da Literatura

Inicialmente, o efeito chicote foi identificado pelos executivos de logística da Procter & Gamble (CHOI, 2004). A partir daí, tornou-se uma grande preocupação para muitos fabricantes, distribuidores e varejistas, por representar a variação da produção que excede a variação das vendas, sendo basicamente causado pela variação no volume dos pedidos.

Para mitigar ou eliminar esse efeito, o compartilhamento das informações entre os membros dos diversos níveis da Cadeia de Suprimentos (CS) deve ser intensificado, de maneira a reduzir o nível de incerteza. O aumento da informação vertical por meio do uso de Intercâmbio Eletrônico de Dados (EDI) pode melhorar o nível dos embarques dos fornecedores, favorecendo, sobremaneira, o desempenho da CS (DIAS, 2003).

O reconhecimento da importância da integração da informação também direciona o foco do processo administrativo para o estabelecimento de uma estratégia de parcerias na CS (ZHENXIN; HONG; CHENG, 2001). Apesar de tal estratégia estar ligada ao processo de abastecimento numa cadeia que também incorpora fluxo de informações, o efeito chicote permaneceu ignorado pelos estudos realizados no campo acadêmico. Tem-se, no entanto, uma abordagem comportamental do fenômeno, defendida por Croson e Donohue (2005), que utiliza exercícios com uma demanda de distribuição conhecida e informações intercambiadas entre os participantes da cadeia, concluindo que o intercâmbio de informações reduz o efeito chicote.

Outra abordagem científica que examina o efeito chicote é a de Lee, Padmanabhan e Whang (2004). Os autores asseveram ser o *efeito chicote* de origem sistêmica, uma vez que resulta de interações estratégicas entre os integrantes de uma cadeia de suprimentos. Ao final do estudo, identificaram quatro causas para a sua ocorrência: (i) o processamento do sinal da demanda; (ii) o tempo gasto entre a entrada das informações e a saída dos requisitos de materiais, que pode ser tão extenso a ponto de não acompanhar a dinâmica das alterações ocorridas na demanda do mercado; (iii) o jogo das restrições: os gargalos no



suprimento dos diversos componentes de um produto poderão impor restrições ao atendimento da demanda de mercado, estabelecendo distorções nos requisitos de materiais; (iv) a gestão dos pedidos: as alterações impostas pelas restrições de processos produtivos, das demandas e de suprimentos poderão agrupá-los de forma a alterar a sequência primária dos pedidos (conforme as entradas), de maneira a criar bolsões de pedidos que aumentem ou encurtem o ciclo de atendimento de cada pedido; e (v) as variações dos preços: alterações no valor dos pedidos, como promoções, redução de impostos etc., influenciam diretamente a estabilidade da demanda do mercado, o que compromete o atendimento do *pipeline* dos pedidos.

De outro lado, Svensson (2005) atesta que as alterações de demanda devem ser detectadas o mais breve possível, de forma a impedir as distorções causadas pelo efeito chicote, adicionador de mais “ruídos” na demanda de consumo, à medida que se estende pela cadeia de suprimentos.

No entendimento de Ghinato (2000), o efeito chicote é um fenômeno que gera instabilidade no fluxo dos pedidos, repercutindo em diversos níveis de uma cadeia de suprimentos. Ao retardar a transmissão dos sinais do mercado por meio dos elos da cadeia, gera distorções nos requisitos de materiais, comprometendo os estoques ao longo da cadeia, ocasionado tanto excesso quanto rupturas pela falta de material. Suas causas têm diversas fontes que vão desde o ritmo lento demais no fluxo dos pedidos (*pipeline*) à geração de processos extremamente “engessados” que não conseguem acompanhar o dinamismo da demanda do mercado.

Algumas hipóteses explicam os fatores que desencadeiam o efeito chicote na cadeia de suprimentos. Dentre as teses, algumas evidenciam causas com origem nos próprios processos administrativos das empresas que integram a cadeia de suprimentos, e outras evidenciam causas externas que fogem do controle das empresas. Lee, Padmanabhan e Whang (1997) e Paik’s e Bagchi (2007) elaboram interessantes análises das principais causas do efeito chicote: (i) variabilidade da demanda, problemas de qualidade, greves, incêndios etc.; (ii) variabilidade combinada com atrasos na transmissão da informação na cadeia de suprimentos, atrasos na manufatura e embarques das mercadorias; (iii) reações superdimensionadas aos embarques atrasados; (iv) negligência com os pedidos na tentativa de reduzir inventários; (v) falta de comunicação com os elos inferiores da cadeia de suprimentos; (vi) falta de coordenação dos demais elos da cadeia de suprimentos; (vii) atrasos no fluxo das informações; (viii) processamento dos pedidos; e (ix) longos ciclos que resultam em maiores variações.

O efeito chicote, ou *bullwhip effect*, tornou-se relevante no meio acadêmico, a partir dos estudos sobre *System Dynamics* realizados por Jay Forrester – da Massachusetts Institute of Technology (MIT), nas décadas de 1950 e 1960, e publicado sob o título “Industrial Dynamics”, nos anais do The M.I.T. Press, Cambridge-Massachusetts-USA, 1961 (DIAS; YOSHIZAKI, 2002).

Segundo Geary, Disney e Towill (2006), o efeito chicote compreende a amplificação da demanda ao longo da cadeia de suprimentos. O fenômeno já havia sido percebido pelos economistas no início do século XX, pelo comportamento da amplificação não linear ao longo da cadeia.

Os citados autores apresentam um histórico sobre as boas práticas do fluxo de materiais na cadeia de suprimentos e o reconhecimento do fenômeno “efeito chicote”. O Quadro 1 apresenta o relato dos autores, mostrando a evolução de estudos sobre o tema ao longo dos últimos dois séculos.

QUADRO 1  
Histórico do *efeito chicote*

ANO	HISTÓRICO
1851	Eficácia do JIT ao demonstrar a construção do Palácio de Cristal, Londres.
1916	Gestão do fluxo de valor (e Keirutsu) criada nos EUA por Willian Durant, da GM.
1919	Ação bem-sucedida pela Procter & Gamble (EUA), para reduzir o efeito chicote na sua cadeia de suprimentos.
1925	Conceitos da gestão do fluxo de valor aplicados no setor varejista pela Sears Roebuck.
1940	Parte da indústria da aviação inglesa implementa, na Segunda Guerra Mundial, a produção enxuta, e com isso suaviza o fluxo de materiais.
1946	O Reino Unido solta um suspiro de alívio, abandona a produção enxuta e retorna aos níveis de conforto de estoque ao longo da cadeia.
1955	A gestão do fluxo de valor atinge as bases de sindicalização da GM.
1961	Lógica da suavização do fluxo de materiais é publicada por Jack Burdidge como “A nova abordagem para a produção”.
1970	Toyota explora os princípios do controle para a suavização do fluxo de materiais por meio dos conceitos de Deming (1982), a partir do método “Entender, Documentar, Simplificar e Otimizar”.
1980	Algumas firmas ocidentais atingem resultados expressivos, com regressões seguidas de progressos.
1982	Richard Schonberger publica o estudo: “ <i>Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity</i> ”.
1990	The Machine That Changed The World apresenta um <i>benchmarking</i> , evidenciando os aperfeiçoamentos obtidos pela adoção dos princípios de controle para a suavização do fluxo de materiais.
Metade da década de 1990	Estima-se que apenas de 7% (Joseph Andraski, varejo nos EUA) a 10% (Jack Burbidge, manufatura no Reino Unido) das cadeias de suprimento são eficazes.
2000	Auditorias nos fluxos de valor do setor automotivo europeu mostram que apenas 10% são classificados como “World Class”.

Fonte: GEARY; DISNEY; TOWILL, 2006.

Desta forma, no meio acadêmico, o primeiro autor a referenciar o *efeito chicote* foi Jay Forrester (1961), em seu livro *Industrial Dynamics*, no qual desenvolveu uma teoria para simular sistemas complexos e não-lineares. Posteriormente, apoiado nesta mesma teoria, Sterman (1989) relatou e evidenciou o efeito chicote em um jogo simulado em cadeias de suprimentos, denominado *beer game* ou “jogo da cerveja”. Além destes autores, diversos economistas, tais como Holt, Modigliani e Muth (1960), West (1986), Krane e

Braun (1991), Chen *et al.* (2003) e Pires (2004) também notaram o fenômeno da amplificação distorcida da demanda, na medida em que perceberam desequilíbrio entre a variação da produção industrial e a variação de vendas, conforme evidenciado por Lee, Padmanabhan e Whang (1997) e Metters (1997).

### **2.3 Conceituação do efeito chicote**

O efeito chicote refere-se a observações teóricas e empíricas nas quais a variabilidade da demanda é aumentada desde o sinal do cliente e é transformada e ampliada nos vários estágios da cadeia de suprimentos. A variabilidade é aumentada potencialmente causando instabilidade na cadeia de suprimentos e aumentando o custo do fornecimento ao cliente final (LEE, PADMANABHAN; WHANG, 1997).

O efeito chicote é a definição usada para capturar as percepções por trás do comportamento dinâmico das cadeias de suprimento. É na demanda originária do cliente que tem início o processo. O fato de que há diversos membros na cadeia de suprimento (por exemplo: fábricas, distribuidores, atacadistas e varejistas), por meio dos quais o processo deve passar antes de chegar aos clientes, implica que tanto o próprio processo como a coordenação das informações devem ser reforçados para reduzir a variabilidade resultante. Uma pequena variação ou flutuação sazonal na demanda real do cliente pode “bater o chicote” para fornecedores a montante, levando-os a alternar entre situações de superprodução e de ociosidade (DORNIER *et al.*, 2000). Conseqüentemente, o efeito chicote refere-se ao fenômeno onde: (i) os pedidos para o membro a montante na cadeia de suprimentos exibe uma variação maior que os pedidos reais no ponto de venda de varejo (distorção da demanda); e (ii) a variação dos pedidos aumenta à medida que se move a montante (propagação da variação).

Fiorioli (2007) define o efeito chicote, com base em três relações: a primeira entre a variação do pedido e da demanda; a segunda entre a taxa do pedido e a da demanda; e a terceira, entre o coeficiente da demanda gerada e o da demanda recebida.

Segundo Lee, Padmanabhan e Whang (1997), Metters (1997); Chen *et al.* (2000), Fransoo e Wouters (2000) e Fiorioli (2007), o efeito chicote é um fenômeno derivado da maior variação das ordens de compra comparadas às ordens de venda, e de tal modo, que culmina em uma distorção amplificada entre a demanda real e a demanda informada, na medida em que esta informação segue a montante da cadeia de suprimento. Assim, o efeito chicote é um fenômeno sob o qual o distanciamento criado pelo tempo de propagação da

informação, ou seja, a diferença temporal entre o consumo no ponto de venda e a chegada dessa informação ao fornecedor provoca um aumento da variabilidade da demanda do fornecedor.

Lee, Padmanabhan e Whang (1997) salientam que o termo *Bullwhip Effect*, denominação original do efeito chicote, foi cunhado por executivos da Procter & Gamble (P&G), a partir de observações sobre as vendas das fraldas Pampers. Em referência a outras empresas que também diagnosticaram o *bullwhip effect*, o teórico Thonemann (2002) aponta a rede Wal-Mart, a Hewlet-Packard – HP e a Bristol-Myers Squibb – BMS.

## **2.4 As causas e propostas de solução**

Em vista do alto custo empresarial relativo ao estoque, e sendo o efeito chicote um dos resultados da variação do mesmo, busca-se identificar as causas do referido fenômeno.

Padoveze (2009) identificou *lead times* impactantes como um dos principais causadores do efeito chicote. Geary, Disney e Towill (2006) apresentam como causa desse fenômeno a falta de compartilhamento de informações, alinhamento de decisões, redução do *lead time* e o uso de uma previsão comum para os membros da cadeia de suprimento. Chen *et al.* (2000) defendem a centralização das informações. E Lee, Padmanabhan e Whang (2004) citam quatro causas principais para o efeito chicote: (i) o processamento da previsão de demanda; (ii) o jogo da escassez ou racionamento; (iii) o tamanho dos pedidos; e (iv) as flutuações de preço. Cada uma dessas causas com o poder de alimentar o efeito chicote e de atuar em efeito combinado, como exposto a seguir.

### **2.4.1 Processamento da previsão de demanda**

A previsão da demanda é fator fundamental para a definição da estratégia de estocagem e de produção, sendo a de estocagem mais importante para empresas comerciais e de distribuição, e a de produção para organizações industriais. Assim, quanto mais precisos forem os dados, menor a possibilidade de erros na previsão e melhor o desempenho financeiro empresarial. É importante ressaltar que a precisão dos dados não elimina totalmente a probabilidade de falhas na previsão, pois há que considerar, também, o tratamento dessas falhas. Até porque não é possível prever com total precisão o comportamento humano, que é o que define, em última instância, o consumo.

Normalmente, a coleta de dados pode acontecer de várias maneiras. Uma delas é trabalhando com base na demanda passada (métodos baseados em séries temporais). Outra, é atuando na tentativa de captar os sinais de demanda vindos do mercado (métodos causais) (COELHO; FOLLMANN; TABOADA, 2007). Porém, o risco de utilizar qualquer um dos dois meios é muito grande, sendo esta uma das causas fundamentais do desenvolvimento do efeito chicote na cadeia de suprimento.

A única forma de conseguir precisão nesses dados é obtendo-os nos pontos de consumo, ou nos pontos em que a previsão do cliente seja por eles pautada. Porém, para que tal ocorra é necessário que exista um bom nível de informação, forte colaboração e confiança entre os participantes da cadeia. Percebe-se, nesta relação, aspectos ligados ao conceito de SCM.

Todavia, segundo Lee, Padmanabhan e Whang (2004), o simples fato de compartilhar a informação de demanda não é suficiente, pois cada componente da cadeia pode valer-se de diferente método de previsão. Tal diferença metodológica decorre das estratégias ou das técnicas de previsão da empresa, por exemplo. É preciso, então, que todos pratiquem o mesmo modelo ou que uma única empresa faça a previsão para todas as outras. Também há necessidade do uso de potentes *softwares* de gestão e compartilhamento de dados.

Lee, Padmanabhan e Whang (2004) afirmam, ainda, que os *lead time* de pedidos longos contribuem para que ocorra o efeito chicote. Ou seja, faz-se necessário, então, que esses ciclos de pedidos sejam reduzidos, de forma que o cliente possa sentir-se mais seguro em relação à programação efetuada, evitando a sensação da falta de proteção quanto aos estoques.

#### **2.4.2 O jogo da escassez ou racionamento**

De acordo com Lee, Padmanabhan e Whang (2004), se um varejista de determinada empresa considerar a possibilidade de uma escassez nos produtos, é muito provável que ele aumente a quantidade de seus pedidos, como forma de garantir para si uma boa parcela da produção do fabricante. Isso fará com que o fabricante necessite tomar cuidado, no momento de fazer a alocação de sua produção.

Seja por necessidade ou por estratégia, o racionamento de produtos para o mercado influencia na maneira como as empresas efetuam o pedido. Por exemplo, se for percebida uma demanda superior à oferta é bem provável que as empresas se previnam, fazendo

pedidos maiores. Esses pedidos serão atendidos e elevarão os estoques dos clientes que, por sua vez, não farão novos pedidos. Dessa forma, a indústria que está prevenida para uma alta demanda ficará com seus estoques acima do estabelecido.

É importante, portanto, que o fabricante se previna desse jogo, alertando os clientes sobre uma ilusória falta de produtos. Para isso, é preciso que a informação sobre os níveis de produção e estocagem sejam compartilhada. Da mesma forma, que os clientes compartilhem sua previsão de demanda.

### **2.4.3 O tamanho do pedido**

Lee, Padmanabhan e Whang (2004) afirmam que o tamanho do pedido é influenciado por dois fatores: o processo de revisão periódica do tamanho do lote e o alto custo do processamento de um pedido. O processo de revisão periódica pode ser melhorado com o acesso aos dados do ponto de venda. Devido à falta de certeza do que ocorre no final da cadeia, muitas vezes, o fabricante acaba por revisar o tamanho do lote a ser produzido ou os produtos nele contidos. Com o compartilhamento de informações é possível determinar uma agenda de produção coerente com as necessidades do mercado.

Já o alto custo do processamento de um pedido faz com que os fornecedores influenciem seus clientes a comprar lotes maiores e a reduzir o número de compras, o que impõe impactante variação no nível da produção, na ocorrência de pedidos. Esse custo de processamento é constituído, principalmente, do custo de transporte e do desconto dado pelo setor de vendas. Ou seja, um cliente que comprar uma carga completa ganha mais desconto do comercial e paga um valor menor no frete (DIAS, 2003).

Nesse caso, sugere-se o uso de transportadoras de cargas fracionadas ou de operadores logísticos que, por serem especializados no serviço de distribuição, podem trabalhar com custos menores. Dessa forma, o cliente não seria obrigado a comprar grandes lotes para ratear os custos de transporte.

Quanto ao desconto sobre vendas, normalmente relacionado ao volume do negócio, pode ser oferecido com base no histórico de compras, facilmente apurado com uso de *softwares* atualmente utilizados. Assim, o cliente continuará tendo direito aos mesmos descontos, com um custo de transporte também idêntico, mas com um nível de serviço superior. Os reflexos dessas medidas serão lotes menores, com a produção sofrendo menos variação e a empresa tornando-se mais sensível às informações recebidas dos clientes. Isso porque os lotes serão mais constantes, ao contrário do que eram antes.

#### 2.4.4 Flutuação de preços

De acordo com Svensson (2005), a política de preços utilizada por uma empresa influencia muito na forma como os clientes se comportam com relação aos pedidos. Por exemplo, se existirem épocas de promoção, provavelmente a maioria dos pedidos será realizada nesse período. O que faz com que os estoques sejam esvaziados e a produção fique com uma programação superior a sua capacidade, causando maiores custos de produção.

A solução seria o uso constante de uma política de preços baixos ao invés do uso de promoções. Essa proposta é baseada no fato de que, por mais que um preço baixo sempre possa reduzir os ganhos da empresa, ele a previne contra os custos oriundos da variação no tamanho dos lotes. O Quadro 2 apresenta um resumo das quatro forças que causam o efeito chicote e a forma de agir sobre elas.

QUADRO 2

As causas e medidas de contenção do efeito chicote

CAUSAS	FATORES CONTRIBUTIVOS	MEDIDAS DE CONTENÇÃO
Processamento da previsão de demanda.	Falta de visibilidade da demanda final; múltiplas previsões; ciclos de pedidos longos.	Acesso à demanda final verdadeira; planejamento único; redução do tempo de ciclo de atendimento.
O jogo da escassez	Forma de racionamento proporcional; condições de suprimento ignoradas; pedidos irrestritos sem restrições de devolução.	Divisão da produção com base no histórico de vendas; compartilhamento de informações sobre capacidade e suprimentos; limitação da flexibilidade a partir de um determinado prazo, e reservar a capacidade.
O tamanho do pedido	Alto custo de pedido; economia de escala (cargas fechadas).	Uso de TI; concessão dos mesmos descontos das cargas fechadas.
Flutuação de preços	Alta e baixa de preços; distribuição e compras não sincronizadas.	Preço baixo todo dia; contratos de fornecimento.

Fonte: Adaptado de LEE *et al.*, 2004.



Tomando a proposta de Lee, Padmanabhan e Whang (2004) como alicerce, pode-se propor um caminho para a eliminação dos fatores danosos, baseado em duas ações: compartilhar a informação e alinhar as estratégias.

Para tal, estão disponíveis no mercado diversos sistemas capazes de gerenciar os dados necessários e convertê-los em informações para todos os componentes da cadeia de suprimentos, com segurança e agilidade. Quanto à estratégia, necessário se faz que as empresas pensem na cadeia como um todo, e para isso é preciso que a estratégia aponte para um objetivo comum.

De forma geral, vários autores abordaram o assunto. Dias (2003) apresenta um resumo, conforme o Quadro 3, com a solução sugerida por três autores, dentre eles Lee, Padmanabhan e Whang (1997).

### QUADRO 3

#### Indicadores para redução do efeito chicote

	FORRESTER (1958)	LEE; PADMANABHAN; WANG (1997)	SIMCHI-LEVI <i>et al.</i> (2000)
Melhoria do processo logístico	Agilização do tratamento dos pedidos.	Formação de lotes de compra e de produção.	Redução do tempo de ressuprimento.
Compartilhamento de informações	Melhoria na qualidade dos dados.	Processamento de variações na demanda.	Formação de parcerias estratégicas; Redução da incerteza.
Redução do efeito de políticas comerciais	Ajustes do estoques	Variações de preço; Racionamento.	Redução da variabilidade.

Fonte: DIAS, 2003.

Dias (2003) propõe três ações para a eliminação das causas do efeito chicote já identificadas. As três baseadas na melhoria do processo logístico, compartilhamento de informações e redução do efeito de políticas comerciais. Pode-se considerar que tais ações são também necessárias ao bom funcionamento de uma SCM.

A cooperação e coordenação entre as operações das empresas são necessárias para evitar ou minimizar a variabilidade do nível de estoque nas cadeias de suprimento (SVENSSON, 2005). Tal afirmação pode ser confirmada, quando analisadas as empresas

montadoras de carros, por exemplo, onde seus parceiros atuam segundo o modelo SCM, o que contribui, efetivamente, para a redução dos níveis de estoque e sua variabilidade, tornando o sistema mais ágil e flexível.

Assim como os quatro fatores apontados por Lee, Padmanabhan e Whang (2004), é nas causas principais do efeito chicote que as empresas devem focar, para que seja possível reduzi-las. E isso pode ser feito por meio do compartilhamento de informações e alinhamento estratégico.

## **2.5 Causas e consequências do efeito chicote**

Em uma revisão conceitual do efeito chicote, Maldonado e Vaz (2015) afirmam que, apesar dos primeiros estudos realizados sobre o tema, tem-se que estes demonstravam que o aumento da demanda é causado pela falta de uma análise racional das informações a ela relacionadas e pela falta de conhecimento de práticas ligadas à gestão do inventário e gerenciamento da cadeia de suprimento. Contradizendo tal versão, foi publicada uma das mais importantes pesquisas realizadas no escopo do fenômeno do “chicoteamento”: o estudo desenvolvido por Lee, Padmanabhan e Whang ainda no ano de 1997. Eles demonstraram, por meio de modelos matemáticos, que as causas da amplificação da demanda, ao contrário do que se tinha concluído até então, derivam de decisões tomadas de maneira racional pelos responsáveis por sua análise, podendo ser categorizadas em quatro causas genéricas: atualização e previsão da demanda, jogo do racionamento e falta, flutuação do preço e pedidos em lote. O Quadro 4 apresenta as causas evidenciadas por Lee, Padmanabhan e Whang (1997):

## QUADRO 4

Causas do efeito chicote evidenciadas por Lee, Padmanabhan e Whang (1997)

CAUSAS	FATORES INTENSIFICADORES
Atualização das previsões de demanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Múltiplos <i>fore castings</i></li> <li>. <i>Lead times</i> longos</li> <li>. Desconhecimento da demanda final</li> </ul>
Racionamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Desconhecimento das condições de abastecimento</li> <li>. Inexistência de limites para os pedidos</li> <li>. Proporcionalidade de racionamento nos pontos da CA</li> </ul>
Loteamento de pedidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Elevado custo de colocação de pedidos</li> <li>. Alta correlação entre pedidos</li> </ul>
Variação de preços	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Compras e entregas não sincronizadas</li> <li>. Falta de política estável de preços</li> </ul>

Fonte: LEE; PADMANABHAN; WHANG, 1997.

Segundo Maldonado e Vaz (2015), Geary, Disney e Towill (2006), Jay Forrester (1961) e Jack Burbidge (1961), “são considerados os pioneiros no conhecimento da cadeia de suprimentos contemporânea”, por terem explicitado os seus problemas, apontando soluções. As descobertas posteriores surgiram do trabalho desses dois pesquisadores, que inicialmente apontaram, no *design* das cadeias de suprimento, quatro causas para o *efeito chicote*, apresentando-as em forma de princípios, a saber:

- 1 *Princípio do controle do sistema* – tem-se a necessidade de identificar os pontos de controle mais relevantes, a fim de constituir um sistema de controle para a cadeia de suprimentos mais apropriado para o alcance dos objetivos de seus usuários. Isso implicará na necessidade de acessar os estados mais importantes da mesma, para evitar o trabalho de adivinhações desnecessário ao sistema.
- 2 *Princípio da compressão do tempo* – cada atividade na cadeia deve ser realizada no tempo mínimo necessário para alcançar as metas das tarefas. Na prática, isto significa remover o tempo que não agrega valor ao sistema. Significa, também, entregar a tempo, o que é realmente necessário. Este princípio abrange a capacidade do processo.
- 3 *Princípio da transparência da informação* – a atualização dos dados livre de ruídos e tendenciosidade deve ser disponibilizada a todos os participantes do

sistema. Isso remove, simultaneamente, os atrasos nas informações e as adivinhações feitas pelos participantes. Como inventários, WIP, taxas de fluxo e ordens passam a ser visíveis por toda a cadeia, torna-se possível realizar um controle holístico por meio de tecnologia apropriada.

- 4 *Princípio da eliminação de escalões* – deve haver um mínimo de escalões e mais adequados aos objetivos da cadeia de suprimentos. A proposta é ter não apenas um nível ótimo de estoque (talvez, em alguns casos, igual a zero), mas também situar tais estoques no local e no momento certo.

Um quinto princípio implícito foi identificado no trabalho de Forrester (1961), mas comprovado por Burbidge (1961):

- 5 *Princípio da sincronização* – nas simulações de Forrester (1961), todos os eventos são sincronizados, de modo que as encomendas e as entregas são visíveis em pontos discretos no tempo. Burbidge (1961) mostrou, referenciando vários clientes trabalhando com lotes econômicos de compra, que isso implicou em ênfase do *efeito chicote* na cadeia. Posteriormente, a sua eliminação deu-se por meio da contínua ordenação sincronizada em toda a cadeia.

Um sexto princípio inerente ao modelo original de Forrester (1961) da cadeia de abastecimento foi identificado por Wikner, Naim e Towill (1992). Um fato importante como fonte do *efeito chicote*, conforme demonstrado na indústria de máquinas-ferramenta (ANDERSON; BRITT; FAVRE, 1997).

- 6 *Princípio multiplicador* – tem-se as situações em que se multiplicam os pedidos diretamente, gerando um efeito prolongado, geralmente entre os fabricantes do produto e seus fornecedores de capital produtivo. Portanto, se um fabricante dos produtos substitui todo o seu ferramental em um ciclo de 10 anos, podendo optar por aumentar a capacidade prevista de 10% ao ano, implicará na duplicação das encomendas para o seu ferramental, um multiplicador de 10 para 1.

Além dos seis princípios expostos, mais quatro princípios emergem como extensões da abordagem de Forrester (1961), publicados por Lee, Padmanabhan e Whang (1997) e demonstrados, no correr do tempo, por diversos autores como significativos geradores do efeito chicote.

- 7 *Princípio da previsão da demanda* – as previsões de demanda podem ser um problema, simplesmente por causa de sua incerteza. As tentativas de construí-las por meio de fatores de segurança e identificação de tendências podem resultar na geração do efeito chicote. Além do mais, tais previsões precisam lidar com o fenômeno da substituição de produtos – o que está disponível e sendo vendido no lugar dos produtos fora do estoque.
- 8 *Princípio do pedido por lotes* – o uso de lotes econômicos de compra pode gerar entregas irregulares, repercutindo também em compras irregulares, amplificando o efeito chicote.
- 9 *Princípio da flutuação de preços* – programas de *marketing* podem ser concebidos para a desova de produtos no mercado. Conforme demonstrado por Fischer (1997), esse efeito pode causar uma reação de excesso de pedidos com o intuito de se aproveitar os descontos oferecidos.

Quando um varejista tem estoque suficiente, seus pedidos caem para zero, criando um cenário típico de *boom* e recessão.

- 10 *Princípio do jogo* – como Mitchell (1923) descreveu, em uma situação de escassez real (ou percebida), haverá encomendas superdimensionadas para um fornecimento imprevisível.

Ambos, fornecedores e clientes, podem estar envolvidos neste jogo de adivinhação mútua. Por exemplo: “X ordenou 1000, mas eu aposto que ele só precisa de 400.”, seguido de: “Y é lento com as suas entregas, eu realmente preciso de 500, mas, em todo caso, seria melhor eu pedir 1200.”, e assim por diante. Para reduzir o efeito chicote, os autores Dias e Yoshizaki (2002) sugerem as melhorias apresentadas no Quadro 5:

## QUADRO 5

### Melhorias no âmbito do efeito chicote

	FORRESTER (1958)	LEE; PADMANABHAN; WHANG (1997)	SIMCHI-LEVI <i>et al.</i> (2000)
Melhoria do processo logístico	. Agilidade do tratamento dos pedidos	. Formação de lotes de compra e produção	. Redução no tempo de ressuprimento
Compartilhamento de informações	. Melhora na qualidade de dados . Ajuste dos estoques	. Processamento das variações na demanda	. Formação de parcerias estratégicas . Redução de incertezas
Redução do efeito de políticas comerciais		. Variações de preço . Racionamento	. Redução da variabilidade

Fonte: DIAS; YOSHIZAKI, 2002.

Através do conhecimento dos possíveis efeitos, pode-se relacionar algumas ações para aperfeiçoamento, de acordo com Donovan (2003), conforme Quadro 6:

## QUADRO 6

### Ações para contenção do efeito chicote

POSSÍVEIS EFEITOS
1 – Aumento da variabilidade no cronograma.
2 – Sobrecarregamento ou subcarregamento na capacidade.
3 – Prolongamento do tempo de ciclo.
4 – Aumento dos custos.
5 – Diminuição do nível de serviços.
6 – Diminuição de vendas e lucros.
7 – Aumento da carga de trabalho e segurança.

Fonte: Adaptado de DONAVAN, 2003.

Por outro lado, importante se faz relatar as relações entre as causas, efeitos e ações do efeito chicote, conforme exposto no Quadro 7:

## QUADRO 7

### Relações entre as causas, efeitos e ações do efeito chicote

POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	POSSÍVEIS AÇÕES
2 – Princípio da compressão do tempo	3 – Prolongamento do tempo de ciclo 5 – Diminuição do nível de serviço 6 – Diminuição de vendas e lucros	Minimizar o tempo de ciclo para receber informações sobre a demanda projetada e a real.
3 – Princípio da transparência da informação	1 – Aumento da variabilidade no cronograma 2 – Sobrecarregamento ou subcarregamento na capacidade 3 – Prolongamento do tempo de ciclo 7 – Aumento da carga de trabalho e segurança	Estabelecer o monitoramento para a demanda de produtos o mais próximo possível do tempo real.
1 – Princípio do controle do sistema	1 – Aumento da variabilidade no cronograma 2 – Sobrecarregamento ou subcarregamento na capacidade 3 – Prolongamento do tempo de ciclo 4 – Aumento dos custos 5 – Diminuição do nível de serviços 6 – Diminuição de vendas e lucros 7 – Aumento da carga de trabalho e segurança	Entender os padrões da demanda dos produtos em cada estágio da cadeia de suprimentos.
3 – Princípio da transparência da informação	1 – Aumento da variabilidade no cronograma 5 – Diminuição do nível de serviços	Aumentar a frequência e a qualidade do compartilhamento das informações de demandas.
2 – Princípio da compressão do tempo 3 – Princípio da transparência da informação	1 – Aumento da variabilidade no cronograma 2 – Sobrecarregamento ou subcarregamento na capacidade	Minimizar ou eliminar as filas de informações que geram atrasos no seu fluxo.
8 – Princípio do pedido por lotes 5 – Princípio da sincronização	1 – Aumento da variabilidade no cronograma	Eliminar métodos de reposição de estoques que criam irregularidades nas demandas da cadeia de suprimentos.
9 – Princípio da flutuação de preços	4 – Aumento dos custos	Eliminar incentivos para clientes que, diretamente, causam irregularidades na demanda (acúmulo/escassez), tais como descontos para volumes transportados
9 – Princípio da flutuação de preços	6 – Diminuição de vendas e lucros	Minimizar promoções incentivadas que causam o atraso nos pedidos dos clientes, e com isso interrompem a regularidade no padrão dos pedidos.

9 – Princípio da flutuação de preços	4 – Aumento dos custos	Oferecer produtos num patamar de compra considerável, para minimizar surtos de compra provenientes de descontos promocionais temporários.
9 – Princípio da flutuação de preços 10 – Princípio do jogo	6 – Diminuição de vendas e lucros	Identificar e, preferencialmente, eliminar as causas das reduções e cancelamentos de pedidos.
3 – Princípio da transparência da informação 7 – Princípio da previsão da demanda	1 – Aumento da variabilidade no cronograma 3 – Prolongamento do tempo de ciclo 7 – Aumento da carga de trabalho e segurança	Prover serviços de VMI em colaboração com serviços de planejamento das necessidades de estoque com os clientes, para projeções de demanda, monitorando a demanda atual para sintonizá-la com os níveis do VMI.

Fonte: Adaptado de MALDONADO; VAZ, 2015.

## 2.6 Modelos matemáticos para mensurar o efeito chicote

Sobre os modelos matemáticos utilizados na mensuração do efeito chicote, foi utilizada como base teórica a tese de doutorado de José Carlos Fiorioli (2007) intitulada: *Modelagem Matemática do Efeito Chicote em Cadeias de Abastecimento*. Estudo que aborda, de forma ampla, os modelos matemáticos a serem empregados na análise dos resultados desta pesquisa.

Fundamentando-se em Delfmann (2000), Fiorioli (2007) atesta que uma cadeia de abastecimento é um sistema que se refere a um emaranhado de atividades intra e interempresariais, iniciadas pela obtenção da matéria-prima, passando pela fabricação e distribuição, para finalizar com a entrega dos produtos aos varejistas ou consumidores finais.

Para SVENSSON (2005), o efeito chicote indica que a variabilidade no nível de estoques tende a ser maior ao se afastar do ponto de consumo. Os fatores que causam o fenômeno podem estar relacionados ao compartilhamento de informações deficientes e dados de mercado insuficientes, geradores de previsões incorretas.

Segundo Fiorioli (2007), o Efeito Chicote (EC) é uma métrica que ocorre nas cadeias de abastecimento. O autor relata que um EC ocorre, quando a oscilação da demanda eleva-se na medida em que adentra os níveis da cadeia, desde o varejista até o



fabricante (CHEN *et al.*, 2003), promovendo impactos negativos sobre a estabilidade dos pedidos recebidos em todos os níveis.

Em sua tese, Fiorioli (2007) explica que, de acordo com Lee, Padmanabhan e Whang (2004), o conceito *efeito chicote* foi elaborado por executivos da Procter & Gamble diante de observações relacionadas à venda das fraldas Pampers. Tem-se que os citados autores descobriram que, apesar da demanda por fraldas se manter praticamente constante, havia uma alta na variação da demanda das matérias-primas para sua produção. Ainda de acordo com Lee, Padmanabhan e Whang (2004), outras situações do cotidiano, demonstradas por executivos da Hewlet-Packard e Bristol-Myers Squibb (BMS), denotaram a existência do EC. Ao analisar a evolução das vendas de impressoras, executivos da HP apontaram oscilações notavelmente menores que as oscilações dos pedidos enviados pelos revendedores à fábrica. De acordo com executivos da BMS, os estoques da cadeia farmacêutica excediam cem dias de abastecimento, em decorrência da distorção da informação sobre o comportamento da demanda.

Em um contexto experimental, Svensson (2005) apresenta evidências do EC valendo-se do Beer Distribution Game (BDG) – jogo desenvolvido pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), para demonstrar o funcionamento de uma Cadeia de Abastecimento (CA). Nela, cada um de seus membros toma decisões sobre estoque e pedidos de modo independente em relação aos demais participantes da cadeia. Cada participante utiliza apenas informações vindas do nível anterior da estrutura. Svensson (2005) aponta o comportamento irracional sistemático dos participantes do jogo como uma das causas da amplificação da variância dos pedidos ao longo da cadeia. Na tentativa de reduzir os custos totais dos estoques em situações onde há incertezas sobre a demanda, as decisões individuais acabam produzindo efeitos gerais que divergem significativa e sistematicamente do comportamento ótimo. O pesquisador percebeu que os participantes atribuíam ao ambiente externo a maior parcela de responsabilidade sobre os efeitos observados quando, na verdade, tais efeitos decorriam de suas próprias decisões. A este comportamento, Svensson (2005) deu o nome de “percepções erradas do *feedback*”.

Citando o trabalho de Fiorioli (2007), temos na Figura 1 a representação da dinâmica do EC em dois níveis adjacentes de uma CA. O pedido gerado pelo nível  $k$  é definido a partir da previsão de demanda do nível anterior ( $k-1$ ), e depende dos dados históricos relativos àquela demanda e da técnica de previsão utilizada no nível  $k$ . Da mesma forma, os pedidos gerados pelo nível  $k+1$  são definidos em função dos dados históricos disponíveis sobre a demanda do nível anterior ( $k$ ) e da técnica de previsão

utilizada no nível  $k+1$ . Essa lógica se repete a cada avanço de nível, de modo que os dados disponíveis, em cada nível (com exceção do nível mais baixo da cadeia), são baseados em uma expectativa de demanda e não na demanda real.

FIGURA 1  
Dinâmica do efeito chicote

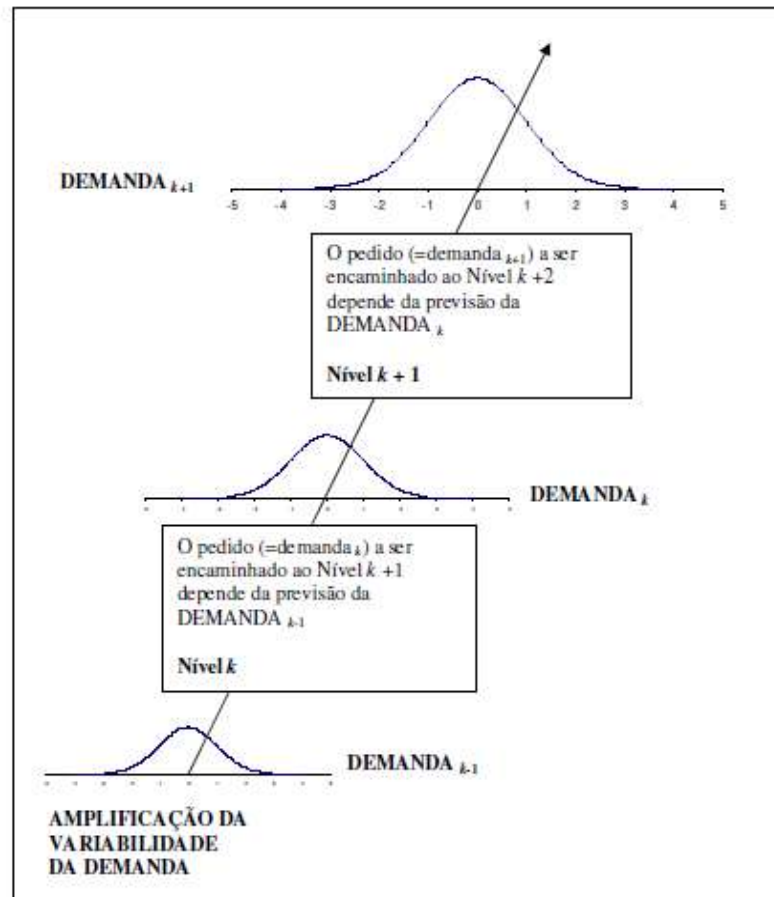


Figura 1 – Dinâmica do EC  
Fonte: adaptada de Chen *et al.* (2003)

A dinâmica demonstrada na Figura 1 dificulta a realização de previsões de demanda e torna mais complexo o controle dos estoques. Note-se que a variabilidade da demanda no nível  $k$  é maior do que  $k-1$ ; e que a variabilidade da demanda no nível  $k+1$  é maior do que no nível  $k$ , e assim sucessivamente até o nível mais alto da CA.

Aspectos gerenciais precisam ser destacados nesse processo de amplificação da variabilidade da demanda. De acordo com Lee, Padmanabhan e Whand (2004), Carlsson e Fullér (2000) e Chen *et al.* (2003), potencialmente, o EC implica nas seguintes consequências locais para fabricantes, distribuidores e varejistas:

- 1 Baixos níveis de serviço gerados pela dificuldade de amortecer, em tempo hábil, as variações extremas da demanda. O nível de serviço é proporcional à parcela da demanda imediatamente atendida com o estoque disponível no local onde o pedido é colocado (JOHNSON; MONTGOMERY, 1974).
- 2 Vendas não realizadas em virtude de rupturas de estoque geradas pelas variações extremas da demanda.
- 3 Aumento na quantidade de reprogramações de produção para cobrir eventuais emergências.
- 4 Deficiência de gestão de recursos locais, como pessoal, equipamentos e capital, em razão da dificuldade de identificar se é mais apropriado que estes recursos sejam planejados com base em cenários com demanda máxima ou média. Nas situações em que há necessidade de recursos adicionais em razão de variações não amortecidas da demanda, a eficiência tende a se transformar em um fator secundário.

De forma similar, o EC potencialmente implica nas seguintes consequências sistêmicas para fabricantes, distribuidores e varejistas:

- 1 Elevação dos custos relacionados a estoques na CA em razão do aumento dos estoques locais, em cada um dos pontos do sistema.
- 2 Queda do retorno sobre o capital investido nas operações da CA.
- 3 Queda da produtividade dos funcionários que atuam nos processos produtivos ao longo da CA – segundo Anderson, Fine e Parker (2003), a amplificação da demanda exerce influência sobre o nível de produtividade do fornecedor no longo prazo, em CAs de bens de capital.
- 4 Processo decisório reativo, principalmente em função dos picos de demanda, causando a ruptura de planejamento.
- 5 Gestão ineficiente dos recursos da CA como um todo, em decorrência das ineficiências locais e da dificuldade de integração das operações da CA.

## 2.7 Conceitos do efeito chicote na cadeia de abastecimento

No Quadro 8, extraídas da pesquisa de Fiorioli (2007), tem-se as principais definições do efeito chicote, organizadas de forma a considerar as variáveis “demanda” e “pedido”.

QUADRO 8  
Principais definições do EC

TIPO	AUTOR(ES)	DEFINIÇÃO DO EC
Relação entre a variância dos pedidos e a variância da demanda	Lee, Padmanabhan e Whang (2004)	Fenômeno presente em estruturas de abastecimento em que os pedidos são enviados aos fornecedores para os clientes (distorção da demanda); esta distorção se propaga para os outros níveis da estrutura de forma amplificada (amplificação da variância).
	Cachon (1999)	Propagação da variância da demanda ao longo de uma cadeia de abastecimento.
	Chen, Drezner, Ryan e Simchi-Levi (2000)	Aumento da variabilidade da demanda ao longo de uma cadeia de abastecimento.
Relação entre a taxa de pedidos e a taxa da demanda	Warburton (2004)	Amplificação da variabilidade da taxa de pedidos ao longo de uma cadeia de abastecimento.
Relação entre o coeficiente de variação da demanda gerada por um nível da CA e o coeficiente de variação da demanda recebida por este nível.	Fransoo e Wouters (2000)	Aumento da razão entre o coeficiente de variação dos pedidos e o coeficiente de variação da demanda ao longo da cadeia de abastecimento.

Fonte: FIORIOLLI, 2007.

## 2.8 Caracterização do efeito chicote

Conforme Fiorioli (2007) aborda em suas pesquisas, o EC refere-se a uma situação em que o tamanho dos pedidos enviados aos fornecedores tende a apresentar maior variância do que as vendas efetuadas aos simples compradores. Fiorioli (2007) cita Lee, Padmanabhan e Whang (2004) para atestar que o EC é “uma distorção da demanda que se propaga ao longo da CA através do fluxo básico de informação e produz uma amplificação da variabilidade dos pedidos encaminhados aos fornecedores”.

Ao considerar uma estrutura com três níveis: (i) Loja, (ii) Depósito; e (iii) Fornecedor, observa-se que a demanda dos clientes apresenta pequenas variações durante o ano (GRAF. 1). Em razão da distorção da informação do sistema, os pedidos da Loja para o Depósito (GRAF. 2) apresentam variações maiores em comparação à demanda dos clientes. Neste último nível, os pedidos encaminhados ao Fornecedor estão amplificando as variações observadas na Loja e no Depósito (GRAF. 2).

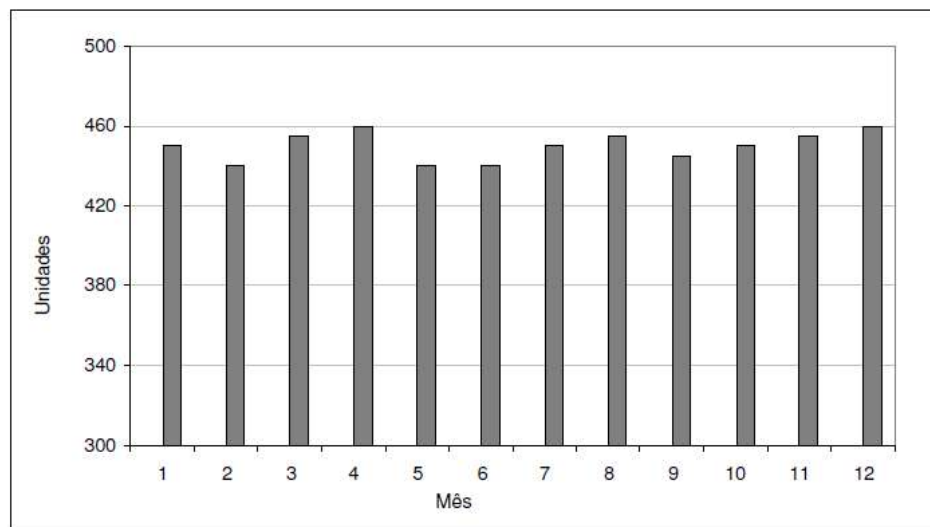


GRÁFICO 1 – Demanda original dos cliente na loja.

Fonte: Adaptada de JOHNSON; PYKE, 1999, por FIORIOLLI, 2007.

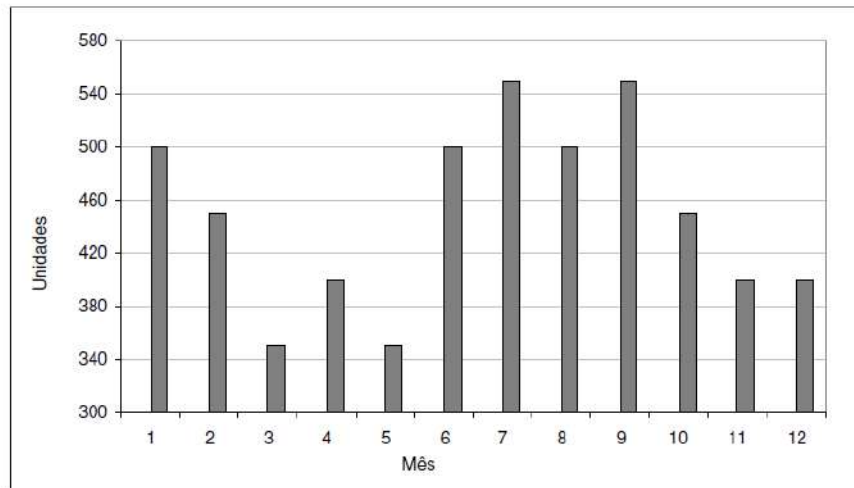


GRÁFICO 2 - Pedidos encaminhados ao fornecedor  
 Fonte: Adaptada de JOHNSON; PYKE, 1999, por FIORIOLLI, 2007.

A representação do EC, estabelecida com base no trabalho de Lee, Padmanabhan e Whang (1997) utiliza a seguinte notação:

$$EC_k = \frac{\sigma_{Dk}^2}{\sigma_{D,k-1}^2} \quad (1)$$

Dado que  $\sigma_{Dk}^2 > \sigma_{D,k-1}^2$  (da definição do EC, conforme Figuras 1,4,5 e 6), tem-se:

$$EC_k = \frac{\sigma_{Dk}^2}{\sigma_{D,k-1}^2} > 1 \quad (2)$$

Assim, tem-se que a intensidade do EC está relacionada às variâncias na demanda observadas em níveis adjacentes da CA em estudo.

## 2.9 Causas do efeito chicote

Por causa do impacto no EC sobre os níveis e os custos dos estoques em CAs, a definição das suas causas é fundamental para a elaboração de decisões gerenciais que visem seu controle ou eliminação (CHEN *et al.*, 2003). De acordo com Lee, Padmanabhan e Whang (1997), há quatro causas principais que levam ao EC: (i) atualização das previsões de demanda; (ii) racionamento; (iii) loteamento de pedidos; e (iv) variações de preço. Chen *et al.* (2000) apresentaram um estudo relatando o impacto da previsão de

demanda e do *lead time* médio sobre o EC. Esse conjunto de causas é detalhado nas alíneas 1, 2, 3, 4 e 5.

A seguinte notação será utilizada na representação das causas identificadas:

$D$  = demanda

$q$  = pedido

$P$  = preço

$EC$  = efeito chicote

$e_p$  = elasticidade – preço da demanda

$k$  = subscrito que denota o nível hierárquico na CA

$t$  = subscrito que denota o momento de observação da variável no tempo

$D_{kt}$  = demanda no nível  $k$ , em  $t$

$\hat{\mu}_{Dkt}$  = estimativa da média da demanda no nível  $k$ , em  $t$

$\hat{\mu}_{DLkt}$  = estimativa da média de demanda durante o *lead time* no nível  $k$ , em  $t$

$q_{kt}$  = pedido gerado no nível  $k$ , em  $t$

$\hat{\sigma}_{Dkt}$  = estimativa do desvio padrão da demanda no nível  $k$ , em  $t$

$\hat{\sigma}_{DLkt}$  = estimativa do desvio padrão da demanda durante o *lead time* no nível  $k$ , em  $t$

$L_{kt}$  = *lead time* no nível  $k$ , em  $t$

$A_{kt}$  = estoque-alvo (quantidade *order-up-to* calculada) no nível  $k$ , em  $t$

$Z_k$  = fator de segurança definido em razão do nível de serviço desejado para o nível  $k$

#### 1 *Atualização das previsões de demanda*

Em cada um dos  $k$  níveis da estrutura é preciso estabelecer a demanda esperada e o respectivo desvio padrão. Nos sistemas que utilizam a política out-EA, cada observação sobre a demanda real leva a novas previsões da média e do desvio-padrão no *lead time*, sendo tais previsões usadas no cálculo do novo estoque-alvo. Variações extremas da demanda real contribuem para inflacionar essas previsões, o que produz aumentos na variância dos estoques-alvo. Como os estoques-alvo dos períodos  $t-1$  e  $t$  entram no cálculo do tamanho dos pedidos juntamente com a demanda real do período  $t-1$ , aumentos em sua variância contribuem para o aumento da variância dos pedidos, o que amplia a intensidade do EC. As estimativas da média e do desvio-padrão durante o *lead time*, no nível  $k$ , dependem do valor real da demanda no período anterior ( $t-1$ )

$$D_{k,t-1} \rightarrow \hat{\mu}_{DLkt}, \hat{\sigma}_{DLkt} \quad (3)$$

O cálculo do novo estoque-alvo utiliza essas estimativas:

$$\hat{\mu}_{DLkt}, \hat{\sigma}_{DLkt} \rightarrow A_{kt} = \hat{\mu}_{DLkt} + Z_k \hat{\sigma}_{DLkt} \quad (4)$$

O tamanho do pedido é estabelecido com base nos estoques-alvo (períodos t e t-1) e na demanda real observada no período anterior (t-1):

$$A_{kt}, A_{k,t-1}, D_{k,t-1} \rightarrow q_{kt} = A_{kt} - A_{k,t-1} + D_{k,t-1} \quad (5)$$

$$q_{kt} = A_{kt} - A_{k,t-1} + D_{k,t-1} \rightarrow Var(q) > Var(D) \quad (6)$$

$$Var(q) > Var(D) \rightarrow EC = \frac{Var(q)}{Var(D)} > 1 \quad (7)$$

É importante notar que, se o estoque-alvo não for atualizado, a exemplo dos casos em que se adota uma política de estoque-alvo fixo, a variância nos pedidos tende a ser igual à variância da demanda ( $EC = 1$ ), conforme a relação a seguir:

$$A_{kt} = A_{k,t-1}, D_{k,t-1} \rightarrow q_{kt} = A_{kt} - A_{k,t-1} + D_{k,t-1} \quad (8)$$

$$A_{kt} = A_{k,t-1}, D_{k,t-1} \rightarrow q_{kt} = D_{k,t-1} \quad (9)$$

$$q_{kt} = D_{k,t-1} \rightarrow Var(q) = Var(D) \quad (10)$$

$$Var(q) = Var(D) \rightarrow EC = \frac{Var(q)}{Var(D)} = 1 \quad (11)$$

A desvantagem em lidar com estoque-alvo fixo CAs com demanda e *lead time* estocásticos é que esta política, além de não contribuir para a otimização dos níveis de estoque, pode desestabilizar o nível de serviço do sistema, caso ocorram variações extremas da demanda, comprometendo a competitividade da CA. Na prática, os resultados dessa política podem ser mais prejudiciais aos participantes da cadeia do que aqueles gerados pelo EC.



## 2 *Lead time*

O *lead time* amplifica os aumentos de variância produzidos por novas previsões de demanda nas proporções expressas na Equação (15), de acordo com a descrição anteriormente apresentada na alínea a. A estimativa da demanda média durante o *lead time* no nível  $k$  é igual ao *lead time* multiplicado pela estimativa de demanda média do período:

$$\hat{\mu}_{DLkt} = L_{kt} \hat{\mu}_{Dkt} \quad (12)$$

A estimativa de desvio-padrão durante o *lead time* no nível  $k$  é igual à raiz quadrada do *lead time* multiplicada pela estimativa do desvio-padrão da demanda no período:

$$\hat{\sigma}_{DLkt} = \hat{\sigma}_{Dkt} L_{kt}^{0,5} \quad (13)$$

Como o cálculo do estoque-alvo utiliza essas estimativas, observa-se o papel amplificador do *lead time* em ambas as parcelas:

$$L_{kt}, \hat{\mu}_{Dkt}, \hat{\sigma}_{Dkt}, z \rightarrow A_{kt} \quad (14)$$

$$A_{kt} = L_{kt} \hat{\mu}_{Dkt} + Z_k \hat{\sigma}_{Dkt} L_{kt}^{0,5} \quad (15)$$

## 3 *Prática do racionamento do abastecimento, indutora de pedidos em lotes aumentados para os fornecedores*

Tal prática ocorre quando a demanda supera a oferta de produtos, ou quando os consumidores acreditam que isto possa ocorrer, aumentando a sua necessidade real para se sentirem seguros de que a demanda será atendida. A amplificação da variabilidade da demanda irá crescer mesmo se os clientes se dispuserem a cancelar pedidos em excesso, após ter suas necessidades reais atendidas (KUNCOVÁ, 2002).

## 4 *Loteamento de pedidos*

A formação de lotes deve-se à necessidade de redução dos custos de processamento de pedidos e de transporte. A sazonalidade da demanda também contribui para aumentar o tamanho dos lotes. Na medida em que o tamanho dos pedidos aumenta, há uma tendência ao aumento na sua variância:

$$Var(q) \propto q \quad (16)$$

## 5 *Variações de preço*

A tradicional formulação da demanda em função do preço reflete a importância desta variável na determinação do nível de consumo de um produto. Alterações de preço, através de promoções e descontos em geral, geram alterações na demanda e estas produzem aumento na sua variabilidade, o que distorce os padrões percebidos a respeito da demanda histórica. Embora os autores consultados não façam referência à importância da elasticidade-preço da demanda, é adequado trabalhar com este conceito, pois é esta variável que define a intensidade da variação sofrida pela demanda quando há alterações de preço. A mesma ideia pode ser expandida para outras variáveis importantes na determinação da demanda, tais como a propaganda, a estrutura de distribuição, a renda e o índice tecnológico do produto em estudo.

Representando a demanda como variável dependente do preço, tem-se que:

$$D = f (P) \quad (17)$$

E a elasticidade – preço da demanda como o quociente entre a variação percentual observada na demanda de um item em função da variação percentual do preço praticado na venda desse item:

$$e_p = \frac{\Delta\% D}{\Delta\% P} \quad (18)$$

Observa-se que as alterações de preço do produto geram variações na demanda de acordo com a respectiva elasticidade-preço:

$$Var(P)[e_p] \rightarrow Var (D) \quad (19)$$

Outros fatores associados às causas identificadas contribuem para aumentar a intensidade do EC, conforme apresentado no Quadro 9.

## QUADRO 9

### Demanda original dos clientes na loja

CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
Atualização das previsões de demanda	Múltiplos <i>forecastings</i> <i>Lead time</i> longos Desconhecimento da demanda final
Racionamento	Desconhecimento das condições de abastecimento Inexistência de limites para os pedidos Proporcionalidade de racionamento nos pontos da CA
Loteamento de pedidos	Elevado custo de colocação de pedidos Alta correlação entre pedidos
Variações de preço	Compras e entregas não sincronizadas Falta de política estável de preços

Fonte: FIORIOLLI, 2007 (adaptado de JOHNSON; PYKE, 1999).

### 2.10 Quantificação do efeito chicote

As abordagens utilizadas para a quantificação do EC podem ser divididas em três grupos:

- 1 Cálculo da relação entre a variância dos pedidos e a variância da demanda (LEE; PADMANABHAN; WHANG, 1997; CHEN *et al.*, 2000).
- 2 Cálculo da relação entre a taxa de pedidos e a taxa de demanda (WARBURTON, 2004).
- 3 Cálculo do quociente entre o quociente de variação da demanda gerada por um nível da cadeia e o coeficiente de variação da demanda recebida por este mesmo nível (FRANSOO; WOUTERS, 2000).

Nas próximas seções, as notações se mantêm fiéis àquelas utilizadas pelos respectivos autores em seus trabalhos originais e antecedem à apresentação do modelo proposto. A exceção cabe à notação utilizada para representar o EC, que será a mesma em todas as cinco seções.

## 2.11 Modelo de Lee, Padmanabham e Whang (1997)

No desenvolvimento deste modelo, Lee, Padmanabhan e Whang (1997) utilizaram a seguinte notação:

$t$  = subscrito que denota o momento de observação da variável no tempo

$D_t$  = demanda estocástica em  $t$

$d$  = constante não negativa, utilizada no modelo autorregressivo do processo de formação da demanda

$\rho$  = parâmetro de correlação do processo de formação da demanda

$u_t$  = erro aleatório em  $t$ , normalmente distribuído, com média 0 e desvio-padrão  $\sigma$

$S_t$  = estoque-alvo (*order-up-to*) em  $t$

$z_t^*$  = tamanho ótimo do pedido em  $t$

$v$  = *lead time* (constante)

O processo de formação da demanda é definido utilizando um modelo autorregressivo de primeira ordem, com a seguinte forma:

$$D_t = d + \rho D_{t-1} + u_t \quad (20)$$

O tamanho ótimo do pedido é calculado, somando a diferença entre os estoques-alvo dos períodos  $t$  e  $t-1$  com a demanda do período  $t-1$ .

$$z_t^* = S_t - S_{t-1} + D_{t-1} \quad (21)$$

O desenvolvimento algébrico realizado pelos autores a partir da Equação (2) permite definir o tamanho do pedido a ser colocado em função do parâmetro de correlação da demanda e do *lead time*, da seguinte maneira:

$$z_t^* = S_t - S_{t-1} + D_{t-1} = \frac{\rho (1 - \rho^{v+1})}{1 - \rho} (D_{t-1} - D_{t-2}) + D_{t-1} \cdot \quad (22)$$

A variância dos pedidos é resultante da soma de duas parcelas: uma diretamente dependente da variância da demanda, e a outra conjuntamente dependente da estrutura da demanda e da magnitude do *lead time*.

$$Var(z_t^*) = Var(D_{t-1}) + \frac{2p(1-\rho^{v+1})(1-\rho^{v+2})}{(1+\rho)(1-\rho)^2} > Var(D_{t-1}) \quad (23)$$

Desta forma, de acordo com Lee, Padmanabham e Whang (1997), o EC tem a seguinte modelagem:

$$EC_{t,t-1} = \frac{Var(z_t^*)}{Var(D_{t-1})} = 1 + \frac{2p(1-\rho^{v+1})(1-\rho^{v+2})}{(1+\rho)(1-\rho)^2} \left( \frac{1}{Var(D_{t-1})} \right) \quad (24)$$

## 2.12 Modelo de Chen, Drezner, Ryan e Simchi-levi (2000)

No desenvolvimento deste modelo, Chen *et al.* (2000) utilizaram a seguinte notação:

$t$  = subscrito que denota o momento de observação da variável no tempo

$D_t$  = demanda estocástica em  $t$

$\mu$  = constante não negativa, utilizada no modelo autorregressivo do processo de formação da demanda

$\rho$  = parâmetro de correlação do processo de formação da demanda

$\varepsilon_t$  = erro aleatório em  $t$ , normalmente distribuído, com média 0 e desvio-padrão  $\sigma$

$y_t$  = estoque-alvo (*order-up-to*) em  $t$

$\widehat{D}_t^L$  = estimativa da demanda média durante o *lead time*, em  $t$

$\widehat{\sigma}_{e,t}^L$  = estimativa do desvio-padrão do erro de previsão da demanda durante o *lead time*, em  $t$

$z$  = constante correspondente ao nível de serviço desejado

$C_{L,\rho}$  = função constante de  $L$ ,  $\rho$  e  $p$

$e_t$  = erro de previsão da demanda em  $t$

$q_t$  = tamanho do pedido em  $t$

$L$  = *lead time* (constante)

$p$  = número de períodos utilizados no cálculo da média móvel da demanda

$k$  = nível hierárquico da estrutura em análise

Nesta modelagem, os autores consideram uma CA em que a cada período  $t$  um varejista observa seu nível de estoque e coloca um pedido  $q_t$  para uma fabricante. Após o pedido ter sido colocado, o varejista procura atender a demanda  $D_t$  relativa ao período. Demandas não atendidas ficam pendentes. Há um *lead time*  $L$ , constante, entre o momento em que o pedido é colocado pelo varejista e o momento em que o pedido é recebido por ele, de modo que um pedido colocado no fim de um período  $t$  é recebido no início do período  $t+L$ . A demanda vista pelo varejista é uma variável estocástica, cujo processo de formação é representado por um modelo autorregressivo de primeira ordem, como segue.

O varejista segue uma política *orde-up-to* em que o estoque alvo é estimado a partir da demanda observada e assim definido:

$$y_t = \widehat{D}_t^L + z\widehat{\sigma}_{e,t}^L \quad (26)$$

$$\text{onde } \widehat{D}_t^L = L \left( \frac{\sum_{i=1}^p D_{t-i}}{p} \right) e \quad (27)$$

$$\widehat{\sigma}_{e,t}^L = C_{L,\rho} \left( \frac{\sum_{i=1}^p (e_{t-i})^2}{p} \right)^{0,5} \quad (28)$$

O pedido é calculado em função do estoque-alvo e da demanda. Valores negativos são assumidos como excessos de estoque que podem ser devolvidos em custo, de acordo com Kahn (1987) e Lee, Padmanabhan e Wang (1997).

$$q_t = y_t - y_{t-1} + D_{t-1} \quad (29)$$

O cálculo do pedido pode ser representado em função das estimativas de demanda durante o *lead time*, da constante vinculada ao nível de serviço desejado, das estimativas do desvio padrão dos erros de previsão da demanda durante o *lead time* e da demanda observada no período anterior.

$$q_t = \widehat{D}_t^L - \widehat{D}_{t-1}^L + z(\widehat{\sigma}_{e,t}^L - \widehat{\sigma}_{e,t-1}^L) + D_{t-1} \quad (30)$$

$$q_t = L \left( \frac{D_{t-1} - D_{t-p-1}}{p} \right) + D_{t-1} + z(\widehat{\sigma}_{e,t}^L - \widehat{\sigma}_{e,t-1}^L) \quad (31)$$

$$q_t = \left(1 + \frac{L}{p}\right) D_{t-1} - \left(\frac{L}{p}\right) D_{t-p-1} + z(\hat{\sigma}_{e,t}^L - \hat{\sigma}_{e,t-1}^L) \quad (32)$$

Para definição do EC, tem-se que:

$$EC = \frac{\text{var}(q)}{\text{var}(D)} \geq 1 + \left(\frac{2L}{p} + \frac{2L^2}{p^2}\right) 1 - \rho^p \quad (33)$$

No caso específico de não existir correlação entre as demandas período a período, ou seja, quando  $p=0$ :

$$q_t = \left(1 + \frac{L}{p}\right) D_{t-1} - \left(\frac{L}{p}\right) D_{t-p-1} + z(\hat{\sigma}_{e,t}^L - \hat{\sigma}_{e,t-1}^L) \quad (32)$$

E pela definição do EC, tem-se que:

$$EC = \frac{\text{var}(q)}{\text{var}(D)} \geq 1 + \left(\frac{2L}{p} + \frac{2L^2}{p^2}\right) 1 - \rho^p \quad (33)$$

No caso específico de não existir correlação entre as demandas período a período, ou seja, quando  $\rho = 0$ :

$$EC = \frac{\text{var}(q)}{\text{var}(D)} \geq 1 + \frac{2L}{p} + \frac{2L^2}{p^2} \quad (34)$$

Considerando a existência de k níveis na CA, a quantificação do EC é modelada da seguinte maneira:

$$EC_k = \frac{\text{var}(q^k)}{\text{var}(D)} \geq \prod_{i=t}^k \left(1 + \frac{2L_i}{p} + \frac{2L_i^2}{p^2}\right) \quad \forall k \quad (35)$$

### 2.13 Modelo de Warburton (2004)

No desenvolvimento deste modelo, Warburton (2004) utilizou a seguinte notação:

$t$  = subscrito que denota o momento de observação da variável no tempo

$D_t$  = demanda em  $t$

$\rho$  = parâmetro de correlação do processo de formação da demanda

$d$  = constante utilizada no modelo autorregressivo do processo de formação da demanda

$u_t$  = erro aleatório em  $t$ , normalmente distribuído, com média 0 e desvio-padrão  $\sigma$

$I(t)$  = nível do estoque em  $t$

$I_0$  = estoque inicial

$I_D$  = nível desejado de estoque (estoque-alvo)

$R(t)$  = taxa de recebimento em  $t$

$D(t)$  = taxa de demanda em  $t$

$T$  = ajuste temporal

$T^{1D}$  = ajuste temporal que eleva o estoque até o nível desejado (estoque-alvo)

$O(t)$  = taxa de pedido em  $t$

$\tau$  = *lead time* (constante)

$A$  = coeficiente da função W de Lambert

$W$  = função W de Lambert

$a$  = parâmetro da parte real de  $A$

$\alpha$  = parâmetro da parte complexa de  $A$

$J$  = fator de ponderação utilizado no cálculo de  $a$

$K$  = fator de ponderação utilizado no cálculo de  $\alpha$

Na elaboração deste modelo, o autor utiliza um processo de demanda definido por um modelo autorregressivo de primeira ordem, similar àqueles utilizados por Lee, Padmanabhan e Whang (1997) e Chen *et al.* (2000):

$$D_t = \rho D_{t-1} + d + u_t \quad (36)$$

O estoque é esvaziado pela taxa de demanda e aumentado pela taxa de recebimento; deste modo, a equação de balanço do estoque é:

$$\frac{dI}{dt} = R(t) - D(t) \quad (37)$$



Utilizando uma política onde os pedidos são proporcionais aos déficits dos estoques, e incorporando uma variável de ajuste temporal  $T$  (para ajustar a taxa de pedido, com base na premissa de que a recuperação do déficit do estoque pode ser feita, continuamente, ao longo do tempo), tem-se que:

$$O(t) = \frac{I_D - I(t)}{T} \quad \text{se} \quad I(t) < I_D \quad (38)$$

$$O(t) = 0, \text{ em caso contrário,} \quad (39)$$

Os itens recebidos apresentam uma defasagem temporal  $t$  constante em relação aos itens demandados (defasagem esta que corresponde ao *lead time*),

$$R(t) = 0(t - \tau) \quad (40)$$

Substituindo a política de pedidos na Equação (37) e a defasagem temporal na Equação (40), tem-se que:

$$\frac{dI}{dt} + \frac{I(t-\tau)}{T} = \frac{I_D}{T} - d \quad (41)$$

Durante o *lead time* nenhum item é recebido, então a Equação (41) pode ser simplificada, como segue:

$$\text{para } t \leq \tau \Rightarrow R(t) = 0 \quad (42)$$

$$\text{logo } \frac{dI}{dt} = -d \Rightarrow I(t) = I_0 - dt \quad (43)$$

Considerando que o estoque é menor que o valor estabelecido para o estoque-alvo:

$$O(t) = \frac{I_D - (I_0 - dt)}{T} = \frac{I_D - I_0}{T} = \frac{td}{T} \quad (44)$$

A solução da Equação (41) contém a função  $W$  de Lambert e corresponde a:

$$I(t) = I_0 - dt \quad \text{quando } t \leq \tau \quad (45)$$

$$I(t) = I_D - dT + A \exp\left[\frac{Wt}{\tau}\right] \quad \text{quando } t > \tau \quad (46)$$

$$\text{com } A = a + i\alpha \text{ e} \quad (47)$$

$$W = W\left(\frac{-\tau}{T}\right) = \omega + i\Omega \quad (48)$$

$$\alpha = \frac{e^{-\omega}}{\Omega} [J(\Omega \cos \Omega + \omega \text{sen} \Omega) - K \text{sen} \Omega] \quad (49)$$

$$\alpha = \frac{e^{-\omega}}{\Omega} [J(\omega \cos \Omega - \Omega \text{sen} \Omega) - K \cos \Omega] \quad (50)$$

$$\text{Sendo: } J = I_0 - I_D + d(T - \tau) \text{ e} \quad (51)$$

$$K = \tau \left( \frac{I_D - I_0}{T} - d \right) \quad (52)$$

O EC é determinado pela razão entre: (i) a taxa correspondente aos pedidos que são enviados por um determinado nível de estrutura; e (ii) a taxa correspondente aos pedidos que chegam a este nível. Essas taxas atingem aos seus valores máximos logo após  $t$  períodos; deste modo, este é o momento adequado para estabelecer a razão entre elas, como segue:

$$EC = \frac{O(\tau)}{d} = \frac{I_D - I(\tau)}{\tau d} = \frac{\tau d}{\tau d} = \frac{\tau}{T} \quad (53)$$

De acordo com o autor desse modelo, o ajuste temporal (T) que faz o estoque retornar ao seu valor desejado (estoque-alvo) pode ser obtido calculando-se o quociente entre o dobro da defasagem temporal  $t$  (*lead time*) e  $p$  (3,1415...). Isto significa que um EC em torno de 1,5 é praticamente inevitável, sob pena de se incorrer em frequentes rupturas do estoque.

$$T^{1D} \approx \frac{2\tau}{\pi} \quad (54)$$

## 2.14 Modelo de Fransoo e Wouters (2000)

Os autores desse modelo utilizam a seguinte notação:

$k$  = nível da estrutura hierárquica

$T$  = *lead time* (constante)

$D_{in}(t, t + T)$  = demanda recebida durante o *lead time*

$D_{out}(t, t + T)$  = demanda gerada durante o *lead time*

$\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*

$\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*

$\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*

$\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*

$C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in,k}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*, no nível  $k$

$C_{out,k}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*, no nível  $k$

Por meio dessa fórmula, quantificam a amplificação da variabilidade da demanda como sendo o quociente entre o coeficiente de variação da demanda gerada em um nível da estrutura e o coeficiente de variação da demanda por este nível, ambos definidos no período correspondente ao *lead time*.

$$EC = \frac{C_{out}}{C_{in}} \quad (55)$$

$$C_{out} = \frac{\sigma[D_{out}(t, t + T)]}{\mu[D_{out}(t, t + T)]} \quad (56)$$

$$C_{in} = \frac{\sigma[D_{in}(t, t + T)]}{\mu[D_{in}(t, t + T)]} \quad (57)$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t, t + L)]\mu[D_{in}(t, t + L)]}{\sigma[D_{in}(t, t + L)]\mu[D_{out}(t, t + L)]} \quad (58)$$

$$EC_{l,k} = \frac{C_{out,1}C_{out,2}C_{out,3} \cdots C_{out,k}}{C_{in,1}C_{in,2}C_{in,3} \cdots C_{in,k}} = \frac{C_{out,1}}{C_{in,k}} \quad (59)$$

#### *Desdobramento dos modelos anteriores*

Baseado nos modelos existentes, foram propostas novas demonstrações para a quantificação do EC, com destaque para os modelos de Chen e Disney (2003) e Hosoda e Disney (2004).

### 2.15 Modelo de Chen e Disney (2003)

Chen e Disney (2003) propõem o uso de controles proporcionais para reduzir o EC. A operacionalização da proposta implica uma mudança no cálculo do estoque-alvo em t, S:

$$s_t = \widehat{D}_t + k\sigma_D \quad (60)$$

Onde D é uma estimativa da demanda média em t, e o desvio padrão da demanda e k é o fator de segurança (correspondente a z). O pedido é calculado como segue, em sua forma tradicional:

$$O_t = \widehat{D}_t + k\sigma_D - NS_t \quad (61)$$

$$O_t = \widehat{D}_t + \frac{1}{T_i}(k\sigma_D - NS_t) \quad (62)$$

Onde O é o pedido e NS é o nível de estoque, ambos no período t. Com a alteração proposta, o pedido passa a ser obtido através de:

$$O_t = \widehat{D}_t + \frac{1}{T_i}(k\sigma_D - NS_t) \quad (62)$$

Sendo  $1/T_i$  o controlador tradicional. Observa-se que o objetivo da mudança é diminuir a variância dos termos associados aos níveis históricos da dispersão da demanda e dos estoques. Para tanto, esses valores são ponderados através de fatores caracterizados como controladores proporcionais. Embora os resultados sejam promissores, não há procedimentos estabelecidos para quantificar os ganhos em relação à política *orde-up-to* tradicional.

### 2.16 Modelo de Hosoda e Disney (2004)

Hosoda e Disney (2004) investigaram uma CA de três níveis a partir de modelos de formação de demanda autorregressivos, combinando métodos estatísticos e técnicas de simulação. O modelo proposto pelos autores, em sua forma básica, se assemelha aos modelos de Lee, Padmanabhan e Whang (1997) e Chen *et al.* (2000), partindo do mesmo modelo de formação da demanda:

$$D_t = d + \rho D_{t-1} + \varepsilon_t \quad (63)$$

Onde  $t$  é o subscrito que denota o momento de observação da variável tempo,  $D_t$  é a demanda estocástica em  $t$ ,  $d$  é um demanda constante não negativa,  $\rho$  é o parâmetro e correlação do processo de formação da demanda e  $E t$  é o erro aleatório em  $t$ , normalmente distribuído, com médio e desvio-padrão 0.

O EC, em sua forma básica relativa ao primeiro nível da estrutura, é apresentado com função de  $\rho$  e do *lead time*,  $L$ :

$$EC_1 = 1 + \frac{2\rho(1-\rho^L)(1-\rho^{L+1})}{1-\rho} \quad (64)$$

#### *Visão geral dos modelos em sua forma primária*

Os principais modelos são apresentados no Quadro 10 em sua forma primária, correspondente à quantificação do EC em dois níveis adjacentes da estrutura. As notações utilizadas nesta seção estão de acordo com as seções anteriores; as únicas alterações referem-se ao *lead time*, que foi uniformizado em  $L$ , e à representação da demanda através do subscrito que indica se a mesma é de entrada – Din, ou se de saída – Dout, no respectivo nível. Tais alterações visam facilitar a comparação entre os modelos.

## QUADRO 10

### Principais modelos de quantificação do efeito chicote

	AUTOR(ES)	APRESENTAÇÃO DO MODELO – FORMA PRIMÁRIA
1	Lee <i>et al.</i> (1997b)	$EC = 1 + \frac{2\rho(1-\rho^{L+1})(1-\rho^{L+2})}{Var(D_{in})(1+\rho)(1-\rho)^2} \quad (65)$
2	Chen <i>et al.</i> (2000)	$EC = \frac{Var(D_{out})}{Var(D_{in})} \geq 1 + \frac{2L}{p} + \frac{2L^2}{p^2} \quad (66)$
3	Warburton (2004)	$EC = \frac{O(L)}{d} = \frac{I_D - I(L)}{Td} = \frac{Ld}{Td} = \frac{L}{T} \quad (67)$
4	Fransoo e Wouters (2000)	$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]} \quad (68)$

Fonte: FIORIOLLI, 2007.

### 2.17 Análise crítica dos modelos apresentados

Os modelos de quantificação do EC foram analisados neste subitem com base na sua capacidade de dimensionar plenamente o fenômeno estudado (EC), no grau de complexidade de sua operacionalização e no seu nível de precisão.

Assim, como visto, os modelos mencionados para mensurar o efeito chicote são os mesmos utilizados para mensurar o real grau de impacto na cadeia de abastecimento ou dos elos envolvidos na referida cadeia.

O modelo de Lee, Padmanabhan e Whang (1997) é simples. Elaborado a partir de um modelo autorregressivo de formação de demanda, incorpora o fator de correlação da demanda no tempo, o *lead time* e a variabilidade da demanda de entrada. Na prática, a identificação desse fator de correlação é imprecisa, o que enfraquece o modelo. Além disso, não leva em consideração a variabilidade do *lead time* e a natureza da demanda (quando o fator de correlação da demanda no tempo é zero). Apresenta, ainda, um erro de formulação referente ao fator de correlação, pois se este for negativo (caso de correlação

negativa próxima a -1), o EC pode resultar negativo. Uma vez que o EC é a razão entre duas variâncias, este resultado seria incorreto, por definição.

O modelo de Chen *et al.* (2000) é o mais comum no meio acadêmico. Foi construído a partir de um modelo autorregressivo que representa o processo de formação da demanda. Torna-se evidente a importância da escolha de um número adequado de períodos para o cálculo da média móvel a ser utilizada nas estimativas da demanda, com vistas à redução do EC. O modelo, ao trabalhar com *lead time* constante (desconsiderando sua variabilidade), pode levar a um subdimensionamento do EC. Em contrapartida, ao tratar os valores negativos obtidos no cálculo dos pedidos como excessos de estoque que podem ser devolvidos sem custo, o modelo tende a superdimensionar o EC. O resultado desses movimentos contrários é uma quantificação imprecisa do fenômeno em estudo. Quando os efeitos gerados pela variabilidade do *lead time* não são contabilizados, pode ocorrer uma forte distorção do peso atribuído ao *lead time* médio na amplificação da demanda e uma supervalorização do impacto que é o número de períodos (utilizados no cálculo da média móvel da demanda) a exercer sobre a intensidade do fenômeno.

A formulação final do modelo de Warburton (2004) é muito simples, porém o desenvolvimento é bastante complexo. O aspecto positivo consiste na incorporação, ao *lead time*, de uma variável de ajuste temporal para controlar a taxa de pedido, o que é compatível com a natureza estocástica do EC. Sua fragilidade reside na linearização do fenômeno, em relação ao *lead time* e na desconsideração da variabilidade do *lead time* e da natureza da demanda (através de seu coeficiente de variação).

O modelo de Fransoo e Wouters (2000), por sua vez, foi construído diretamente sobre a definição do EC. Seu ponto positivo é a incorporação dos coeficientes de variação da demanda de entrada e da demanda de saída para cada nível da estrutura. O aspecto negativo reside no fato de que o modelo não mostra como são calculados o desvio-padrão e a média da demanda de saída e não leva em consideração a variabilidade do *lead time* no cálculo do EC.

O Hosoda e Disney (2004) foi construído a partir de um modelo autorregressivo de formação da demanda, assim como o modelo de Lee, Padmanabhan e Whang (1997), e incorpora o fator de correlação da demanda no tempo e o *lead time*.

A estrutura de modelagem elaborada por Fransoo e Wouters (2000), embora apresente vulnerabilidade em termos de mensurar a variabilidade do *lead time*, foi elaborada diretamente sobre a definição do EC. Por opção deste autor, este foi o modelo

escolhido para esta pesquisa, por atender, de forma satisfatória, o objetivo proposto para o cálculo do efeito chicote na cadeia de suprimentos da empresa ora investigada.

## 2.18 Gestão de estoques

Para Simchi-Levi, Clayton e Raven (2013), a importância do gerenciamento de estoque e a necessidade de coordenação das decisões de estoque e de políticas de transporte se tornaram evidentes há muito tempo. Infelizmente, gerenciar estoques em cadeias de suprimentos complexas é geralmente uma tarefa muito difícil e pode ter um impacto significativo no nível de serviço prestado ao cliente e nos custos globais da cadeia de suprimentos. O autor destaca que, normalmente, uma cadeia de suprimentos é constituída de fornecedores e fabricantes, que transformam matérias-primas em produtos acabados, e de centros de distribuição e depósitos, a partir dos quais os produtos acabados são distribuídos para os clientes. Isto implica a existência de estoques na cadeia de suprimentos de diversas tipos: (i) estoques de matérias-primas; (ii) estoques em processo; e (iii) estoques de produtos acabados.

Para cada um desses tipos de estoque, há um mecanismo próprio de controle cuja determinação deve levar em consideração as interações dos diversos níveis da cadeia de suprimentos, não sendo, portanto, uma tarefa fácil de ser realizada. Entretanto, esses mecanismos podem reduzir os custos globais do sistema e melhorar os níveis de serviço ao cliente. As economias de escala oferecidas por empresas de transporte encorajam o transporte de grandes quantidades de itens, alocando grandes quantidades de estoque.

Ainda segundo Simchi-Levi, Clayton e Raven (2013), nas pesquisas realizadas pelo *Inventory Reduction Report* (1998), os gerentes de materiais e estoque foram solicitados a identificar as estratégias eficazes para redução de estoques, adotando aspectos práticos, indicando as cinco melhores, a saber:

- 1 *Política de revisão periódica de estoque* – estratégia em que o estoque é revisto em intervalos de tempo fixos, e todas as vezes que é revisto, uma decisão é tomada sobre o tamanho do pedido. A política de periodicidade de revisão de estoque torna possível identificar os produtos obsoletos e de movimentação lenta, permitindo gerenciar para reduzir continuamente os níveis de estoque.



- 2 *Gerenciamento rígido das taxas de utilização, 'lead times' e estoque de segurança* – permite à empresa ter certeza de que o estoque é mantido no nível apropriado, identificando, por exemplo, situações nas quais as taxas de consumo/utilização diminuem por alguns meses. Caso nenhuma ação apropriada seja tomada, esta diminuição implica um aumento nos níveis de estoque durante o mesmo período de tempo.
- 3 *Abordagem ABC* – nesta estratégia, os itens são classificados em três categorias. Os itens de Classe A compreendem todos os produtos de alto valor, que geralmente são responsáveis por 80% das vendas e representam em torno de 20% dos estoques. Os itens de Classe B incluem produtos que são responsáveis por cerca de 15% das vendas anuais, enquanto que os produtos de Classe C representam itens de baixo valor agregado, cujo valor não representa mais do que 5% das vendas. Devido ao fato de os itens de Classe A serem responsáveis pela maior parte do negócio, uma política de revisão periódica de alta frequência torna-se apropriada (revisão semanal). Da mesma forma, uma política de revisão periódica é indicada para controlar os itens da Classe B, embora a frequência de revisão não deva ser tão intensa quanto aquela dos produtos de Classe A. Quanto aos itens de Classe C, a depender do seu valor, **ou** a empresa não mantém estoques de produtos caros, ou mantém estoques de produtos baratos.
- 4 *Reduzir níveis de estoques de segurança* – estratégia que pode ser realizada focalizando a redução do *lead time*.
- 5 *Abordagens quantitativas* – focalizam o balanceamento correto entre os custos de pedido e de estocagem.

Em sua abordagem a respeito da teoria de gerenciamento dos estoques, Viana (2012) relata as principais atividades na gestão dos estoques, ou seja, aquelas que exploram suas ramificações estratégicas, configurando itens importantes tais como o estudo e acompanhamento do comportamento da demanda do cliente, cujo objetivo básico é fazer previsões de curto, médio e longo prazo que recebam ajustes periódicos como os já citados por Simchi-Levi, Clayton e Raven (2013).

A gestão de estoques abrange as matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados pertencentes às organizações. Estes que, por intermédio das transações efetuadas,

passam por entre os elos das cadeias de suprimento de acordo com as necessidades e quantidades demandadas, em determinado momento de realização dos processos produtivos, até o momento da sua comercialização nos canais de distribuição (distribuidor, atacadista, varejista).

Existe possibilidade de ocorrerem excedentes de estoque, por diversos motivos pontuais, o que irá representar custos operacionais e de oportunidade do capital empatado. Entretanto, níveis baixos de estoque podem originar perdas de economia e custos elevados, em razão da falta de produtos. Uma das principais vantagens de se manter estoques nos níveis equivalentes para o atendimento das demandas, é que eles poderão ser utilizados para enfrentar uma situação de falta temporária ou de dificuldades de obtenção, atrasos no processo de ressuprimento por causa da infraestrutura, ou mesmo de outras implicações na produção de bens.

São diversas as classificações dos estoques. De acordo com a natureza dos produtos fabricados e das atividades da empresa, eles podem receber 32 classificações diferentes (MARTINS; ALT, 2006). Segundo os autores, os estoques podem ser assim classificados:

- 1 *Estoque de produtos em processo* – este tipo se baseia essencialmente em todos os artigos solicitados, necessários à fabricação ou montagem do produto final, fazendo-se presente nas várias fases de produção.
- 2 *Estoque de matéria-prima e materiais auxiliares* – nesses estoques, encontram-se os materiais secundários, como os componentes que irão integrar o produto final. São usualmente compostos por materiais brutos destinados à transformação.
- 3 *Estoque operacional* – é um tipo destinado a evitar possíveis interrupções na produção por defeito ou quebra de algum equipamento. É constituído por lubrificantes ou quaisquer materiais destinados à manutenção, substituição ou reparos, tais como componentes ou peças sobressalentes.
- 4 *Estoque de produtos acabados* – composto pelo produto que teve seu processo de fabricação finalizado. Em empresas comerciais, é chamado de estoque de mercadorias.
- 5 *Estoque de segurança ou mínimo* – são as quantidades guardadas para garantir o andamento do processo produtivo, caso ocorra aumento na demanda do item por parte do processo ou atraso no abastecimento futuro.

Os estoques de segurança impedem a ocorrência de problemas inesperados em alguma fase produtiva, que venha a interromper as atividades sucessivas de atendimento da demanda. A existência de estoques de segurança em uma unidade fabril evita que o processo produtivo pare em caso de uma avaria, alimentando as máquinas subsequentes durante a reparação. São ainda utilizados para salvaguardar uma empresa de incertezas nas suas operações logísticas. *Lead-times*, procura dos clientes e quantidades recebidas são exemplos de fatores que podem apresentar variações não esperadas.

Segundo Godoy (2010), o termo *Gráfico de Pareto* ficou conhecido depois que Juran, em 1941, começou a utilizá-lo (JURAN, 1951). O nome se originou no trabalho de Vilfredo Pareto (1897), durante seus estudos na área de economia sobre distribuição de renda, ao descobrir que apenas 20% da população concentravam 80% da riqueza. No ambiente empresarial, este tipo de análise encontra a sua aplicação verificando-se que 80% (ou um percentual alto) dos problemas são causados por 20% (ou um percentual baixo) das causas. Nesta linha, conclui-se que poucas causas são responsáveis pela maioria dos problemas, levando um bom gestor a lidar com essas causas prioritariamente, pois assim se resolve a maior parte de problemas. O Princípio de Pareto é também conhecido como a regra dos 80/20, e serve como uma base para a classificação ABC.

A rentabilidade das organizações pode ser afetada pelo controle dos seus estoques. Portanto, os gestores devem observar o custo de oportunidade na aquisição dos estoques, à vista da utilização do capital no momento adequado, de forma que a eficiência seja medida pela necessidade dos estoques e pela disponibilidade do capital. Essa questão de rentabilidade, relacionada ao custo de oportunidade na utilização do capital, está no contexto do estudo dos impactos do efeito chicote, na medida em que implica manter estoque em quantidades acima das necessidades de consumo.

### **3 METODOLOGIA**

Vários são os métodos de realização de uma pesquisa social e cada método tem os seus pontos fortes e limitações a serem definidos pelo problema de pesquisa, pelo controle do pesquisador sobre o evento e pelo grau de enfoque sobre eventos contemporâneos em oposição aos históricos (YIN, 2010).

Neste sentido, com esta pesquisa de abordagem quantitativa, propõe-se analisar as consequências da propagação das oscilações do *efeito chicote* na performance da produção e distribuição de uma empresa do ramo alimentício.

#### **3.1 Tipo de abordagem**

Este estudo enquadra-se na modalidade quantitativa, caracterizando-se, para Richardson (1999 *apud* Marconi e Lakatos, 2007), pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no seu tratamento por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas como coeficiente de correlação, análise de regressão etc.

Malhotra (2001) ratifica o entendimento de que a pesquisa quantitativa se caracteriza pela quantificação de dados e generalização dos resultados da amostra, assim como pela aplicação da análise estatística de alguma forma, mas observando que para este tipo de pesquisa é indicada uma amostra consistente, que deve ser apresentada de forma estruturada.

Neste sentido, fundamentando-se em hipóteses previamente formuladas com base no escopo teórico que sustenta a sua proposição, a presente pesquisa, inserida na vertente quantitativa, é descritiva e exploratória quanto aos fins e um estudo de caso quanto aos meios.

#### **3.2 Estratégia de pesquisa**

Vergara (2011) classifica e qualifica uma pesquisa com base em dois aspectos básicos: quanto aos fins (objetivos) e quanto aos meios (procedimentos técnicos). Neste sentido, quanto aos fins, esta pesquisa apresenta caráter exploratório e descritivo.

Goulart e Carvalho (2002) e Vergara (2007) classificam a pesquisa descritiva como aquela que objetiva descrever as características de uma população ou fenômeno estudados ou, ainda, estabelecer uma relação entre variáveis.

Para Churchill (1987), uma pesquisa descritiva se propõe a conhecer e interpretar a realidade sem nela interferir para modificá-la. Triviños (1987) ressalta que, para realizar uma pesquisa descritiva, o pesquisador necessita deter conhecimento acerca do tema pesquisado, uma vez que sua pretensão é descrever os fatos e fenômenos observados.

Neste sentido, com o objetivo de descrever o fenômeno *efeito chicote* ao longo da cadeia de abastecimento onde se insere a Empresa Alpha, buscou-se identificar sua ocorrência e mensurar a amplificação da demanda, com base nos dados coletados.

A fundamentação teórico-metodológica baseada na Logística, e particularmente na cadeia de suprimentos, reuniu publicações sobre o *Supply Chain Management*, suas causas e consequências, assim como métricas de mensuração do *bullwhip effect* consideradas clássicas na literatura especializada.

### **3.3 Estudo de caso**

Esta pesquisa constitui um estudo de caso, na medida em que tem como objeto de análise o *efeito chicote* na organização empresarial Alpha, com vistas a sua mensuração na respectiva cadeia de abastecimento, com base em metodologia de Fransoo e Wouters (2000).

Segundo Yin (2005, p. 33), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa pautada em um método que abrange tudo – a lógica de planejamento, as técnicas de coleta de dados e as abordagens específicas à análise dos mesmos. Nesse sentido, “o estudo de caso não é uma tática para a coleta de dados nem meramente uma característica do planejamento em si (STOECKER, 1991), mas uma estratégia de pesquisa abrangente”.

Considerada uma das maiores organizações empresariais do mundo, a Empresa Alpha foi o alvo do estudo do *efeito chicote* ao longo de sua cadeia de abastecimento

### **3.4 Instrumentos de coleta de dados**

A coleta de dados é um recurso metodológico que busca, em teorias e pressupostos definidos pelo investigador, recolher respostas a partir da experiência subjetiva de uma fonte selecionada por deter informações que se deseja conhecer (Demo, 2001).

Segundo o autor, os dados não são apenas colhidos, pois também resultam da interpretação e reconstrução pelo pesquisador, em diálogo crítico com a realidade. Nesse percurso de descobertas, as perguntas permitem explorar um assunto ou aprofundá-lo, descrever processos e fluxos, compreender o passado, analisar, discutir e fazer previsões. E ainda possibilitam identificar problemas, microinterações, padrões e detalhes, obter juízos de valor e interpretações, caracterizar a riqueza de um tema e explicar fenômenos de abrangência limitada (Demo, 2001, p. 10).

Neste estudo, a coleta dos dados primários deu-se por meio de pesquisa em livros e artigos relativos ao tema *efeito chicote*, disponibilizados em bibliotecas, *websites* e bancos de dados virtuais, de forma a possibilitar maior compreensão do fenômeno, assim como permitir a contextualização e solidificação dos principais conceitos, para dar consistência à investigação pretendida.

Os dados secundários foram coletados em arquivos na Empresa Alpha, nos departamentos de Logística, DRP e Supplychain. Trata-se, pois, de uma pesquisa documental, haja vista a realização de investigação nos documentos internos da empresa acerca do objeto de estudo, a saber: planos de previsão de demanda, plano mestre de produção, planejamento da capacidade, volume de vendas, volume de compras e de consumo de matéria-prima. Ainda investigou-se o processo produtivo e as atividades logísticas da empresa, com base nos dados de planejamento e programação da produção, gestão da capacidade, considerando-se, também, as informações caracterizadoras da política adotada pela empresa na gestão de estoque, incluindo a compra de matéria-prima, o uso de tecnologias de informação, as parcerias, o tipo de relacionamento com os elos mais próximos da cadeia de suprimento, o processo de compra e o recebimento de pedidos.

### **3.5 Técnica de análise de dados**

Inicialmente foram analisados os dados relativos à empresa pesquisada e, na sequência, o seu processo produtivo constituído de atividades logísticas desempenhadas na cadeia de suprimentos da qual faz parte. E finalmente, formulou-se a mensuração do *efeito chicote* na referida cadeia, a partir do item de maior giro na companhia, de forma a mensurar a sua performance, segundo o desempenho apresentado de janeiro a agosto de 2015. Por fim, foi realizada a análise dos aspectos constitutivos no cenário empresarial.

A técnica usada para mensurar o *efeito chicote* foi o modelo matemático de Fransoo e Wouters (2000). O critério utilizado na aplicação do modelo obedeceu a escolha dos 10 itens de maior giro na cadeia de abastecimento da empresa pesquisada.

### **3.6 Caracterização da empresa**

A empresa Empresa Alpha é uma das maiores organizações empresariais do mundo. Tal condição foi alcançada após o processo de sua fusão com outra grande empresa do ramo, ocorrida em 2012, o que a transformou em uma das gigantes do mercado alimentício mundial. Hoje é considerada uma das principais exportadoras de proteína animal do planeta, com alimentos que chegam a mais de 110 países.

Por participar do cotidiano das pessoas, a Alpha atua amplamente nas comunidades onde está inserida, unindo práticas sustentáveis, inovação em produtos e um universo de sabores. Seu portfólio, que soma mais de cinco mil produtos, é constantemente renovado, a partir do lançamento de novos produtos desenvolvidos no Centro de Inovação. Atualmente, a empresa possui mais de 100 mil funcionários em 47 fábricas espalhadas pelo Brasil, além de onze unidades industriais em operação no Exterior.

Adepta da prática de cultivar vínculos, a empresa criou uma cultura comprometida com as relações de longo prazo com os membros da sua cadeia de suprimentos: produtores, consumidores, funcionários, investidores, clientes e parceiros. Desta forma, no seu dia-a-dia, busca fortalecer laços culturais que coloquem em sintonia todos os seus colaboradores, parceiros e clientes, em qualquer lugar do mundo.

Como estratégia de marketing de relacionamento, a direção da empresa criou o projeto “Viva Empresa Alpha”, constituído de um conjunto de ações, valores e atributos que provocam mudanças estratégicas na ligação da empresa com os mercados de atuação, nas relações entre gestores e equipes, nas parcerias entre áreas e na motivação no dia-a-dia. Tais ações vêm sendo desenhadas pelo Núcleo de Cultura, formado por executivos, lideranças e embaixadores indicados, responsáveis por dialogar com os colaboradores de todas as unidades sobre ações de engajamento e sobre as características da empresa, respeitando a diversidade e os costumes locais.

Tais medidas posicionaram a Empresa Alpha no *ranking* das 100 empresas mais inovadoras do mundo, segundo a Revista Forbes, sendo considerada também uma das 100 companhias mais sustentáveis do planeta, de acordo com um estudo conduzido pela Corporate Knights e lançado no início de 2014. Os esforços para garantir a qualidade de

seus serviços e dos produtos do seu portfólio endossam o seu reconhecimento por importantes organizações e pela imprensa brasileira e internacional.

Eis alguns números relevantes da Empresa Alpha obtidos no site da companhia:

- . é a sétima maior empresa de alimentos do mundo, em valor de mercado;
- . responsável por 9% do comércio internacional de proteínas;
- . produz 7 milhões de toneladas de alimentos por ano;
- . exporta mais de 2,5 milhões de toneladas por ano;
- . possui 47 fábricas no Brasil;
- . possui 8 unidades industriais na Argentina;
- . possui 2 fábricas na Europa sendo uma na Inglaterra e outra na Holanda;
- . possui mais de 110 mil funcionários;
- . possui 27 Centros de Distribuição;
- . possui 19 escritórios comerciais no exterior;
- . atende os 5 continentes em mais de 110 países ao redor do mundo;
- . lançou mais de 200 inovações;
- . obteve em 2014 o reconhecimento pelas marcas de alimentos mais valiosas do Brasil, sendo a primeira Sadia, e a segunda Perdigão;
- . foi considerada, pela Revista Forbes, uma das 100 empresas mais inovadoras do mundo pelo terceiro ano consecutivo;
- . reconhecida entre as 100 empresas mais sustentáveis do mundo;
- . apresentou uma Receita líquida, em 2013, de 30,5 milhões, sendo 43% originária do mercado externo;
- . em 2013, apresentou um EBITDA ajustado de 3,6 bilhões;
- . é a segunda maior empresa exportadora de produtos alimentícios do mundo;
- . detentora de 20% de produção mundial de frango; e
- . considerada o 5º maior empregador do Brasil.



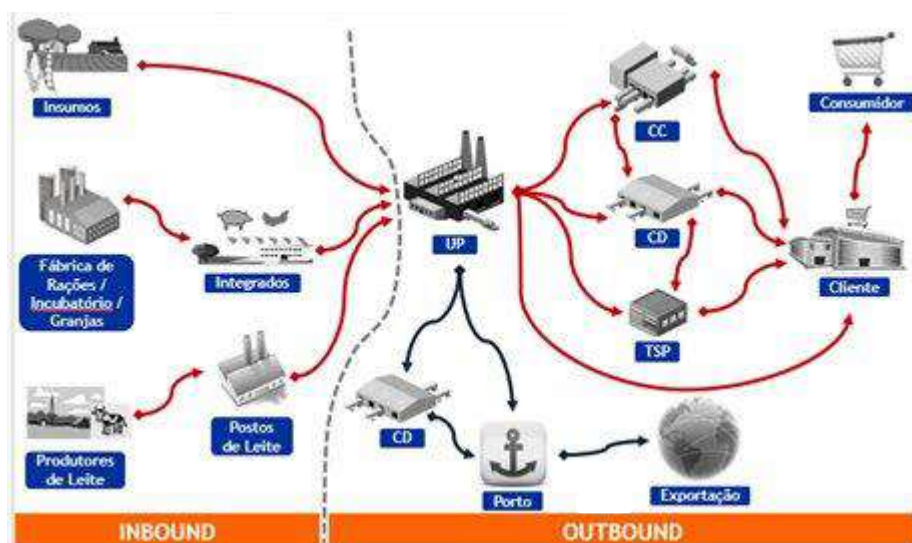
## 4 ANÁLISE DE RESULTADO

### 4.1 Cadeia logística da Empresa Alpha

Composta de vários níveis de processamento, esta cadeia logística tem início no fornecimento dos insumos, matéria-prima necessária para fabricação dos alimentos, passando pela fabricação dos itens nas unidades produtoras que, em seguida, são despachados para os Centros Concentradores e de Distribuição que, finalmente, abastecem os clientes e consumidores finais.

Na Figura 2, o macrofluxo da cadeia logística da Empresa Alpha retrata a complexidade de sua cadeia de abastecimento.

FIGURA 2  
Cadeia de abastecimento da Empresa Alpha



Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

Em termos de estrutura, a Empresa Alpha possui uma frota de 8.209 veículos, com 931 transportadores contratados rodando anualmente em torno de 560.000.000 km. O planejamento da empresa é desmembrado em seis categorias: (i) planejamento estratégico – projetado para 5 anos; (ii) planejamento operacional – projetado para 1 ano; (iii) *Sales and Operationsplanning* (S&OP) – projeção mensal e trimestral; (iv) *Distribution Resources Planning* (DRP) – previsão diária e mensal; e (v) execução – projeção diária.

A área de Logística é responsável pela Gestão de Estoque, Distribuição e Otimização de Frete. No que tange ao *efeito chicote*, a Logística é muito influente, haja vista ser a responsável pelo dimensionamento dos recursos necessários para garantir a qualidade do serviço acordado com os clientes. Para realizar o dimensionamento, necessária se faz a análise do planejamento estratégico englobando o planejamento de vendas. Um erro na previsão de vendas culminará em um deficitário dimensionamento da capacidade produtiva, que pode atingir os fatores: armazém, frota, fábrica e mão de obra.

Os processos logísticos do mercado interno compreendem o Recebimento, Controle de Estoque, Fluxo de Pedidos, Roteirização, *Picking*, Expedição, *Transit Point* e Entrega. Para cada processo existem indicadores-chave de desempenho para mensurar quantitativamente sua performance, a saber:

- 1 *No processo de recebimento* – diárias com carretas no pátio, devolução de paletes, descarga de carretas, paletes armazenados por turno e rejeito no armazém vertical;
- 2 *No processo de controle de estoque* – perdas do estoque, *On Time In Full* (OTIF), *picking* aéreo, volume de incineração, volume de danificados, gestão de *fifo*.
- 3 *No processo de roteirização* – volume expedido, ocupação da frota, ociosidade da frota, carga *exped*, OTIF, grade unificada, *dropsizes* e contratos atualizados.
- 4 *No processo de picking* – largada dos veículos no prazo, OTIF, falta e sobra e ocupação dos veículos.
- 5 *No processo de Expedição* – largada dos veículos no prazo, OTIF, falta e sobra e ocupação dos veículos.
- 6 *No processo de entrega* – frete de distribuição, retorno e reentrega, viagens no padrão, largada dos veículos no prazo, efetividade das entregas, homologação das entregas, OTIF, canchotos pendentes e aderência de rota.

Para que haja maior consistência em relação ao gerenciamento desses indicadores, são interpostas metas desafiadoras a cada período, presentes nos programas de melhoria contínua da companhia, que visam promover competições saudáveis para o reconhecimento de unidades que apresentarem melhor performance nos indicadores de desempenho e no cumprimento de padrões operacionais.

A seguir, tem-se a descrição da aplicação do modelo para mensuração do efeito chicote na cadeia de abastecimento, utilizando-se o item de maior giro. Foram estratificados e mensurados os respectivos efeitos chicotes dos 10 principais itens com maior giro na cadeia de abastecimento da Empresa Alpha.

TABELA 1

Efeito chicote no processo produtivo ao consumidor final – Material: 500732

PRODUTO: ITEM 500732				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de produção Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	8.537	8.686	9.818	6.550
fev/15	9.069	7.965	10.217	8.081
mar/15	9.591	10.474	12.788	10.470
abr/15	10.159	13.192	9.880	11.188
mai/15	10.159	13.174	13.789	11.188
jun/15	11.443	13.222	13.612	9.310
jul/15	11.603	13.725	13.404	12.432
ago/15	11.126	8.214	8.138	10.318
Média mensal	10.211	11.082	11.456	9.942
Desvio padrão	1.048	2.357	2.042	1.771
CIN	0,10		0,18	
COU	0,21		0,18	
EC	2,07		1,00	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

$\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*

$\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*

$\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*

$\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*

$C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 1, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 2,07, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $T = 2,07 \times 1,00 = 2,07$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se o fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado na tabela acima, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 2,070 unidades, ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 2.070 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00, se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 2,07. Observa-se que, conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 2.070 unidades. Ou seja, há um aumento de 1.070 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta elevado custo de estoque.

TABELA 2

Efeito chicote no processo produtivo ao consumidor final – Material: 123818

PRODUTO: 123818				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	2.875	2.614	2.660	2.640
fev/15	2.444	2.563	2.345	2.577
mar/15	2.833	3.192	2.181	2.571
abr/15	2.762	2.900	2.576	2.447
mai/15	2.882	2.776	2.539	2.189
jun/15	3.063	2.784	2.816	2.472
jul/15	2.689	2.874	2.750	2.500
ago/15	1.109	1.076	2.648	2.047
Média mensal	2.582	2.597	2.564	2.430
Desvio padrão	581	603	197	193
CIN	0,23		0,08	
COU	0,23		0,08	
EC	1,03		1,03	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa)

$\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*

$\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*

$\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*

$\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*

$C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 2, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 1,07, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $\_T = 1,03 \times 1,03 = 1,07$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado na Tabela 2, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 1,07 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 1.070 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00, se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 1,07. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 1.070 unidades. Ou seja, há um aumento de 1.070 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta em elevado custo de manutenção de estoque

TABELA 3

Efeito chicote no processo produtivo ao consumidor final – Material: 126849

PRODUTO: 126849				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	4.559	5.030	2.583	1.894
fev/15	3.783	3.182	3.193	2.832
mar/15	5.054	5.078	3.152	2.644
abr/15	2.741	3.102	3.506	2.653
mai/15	2.758	2.685	2.676	2.755
jun/15	2.754	2.592	2.946	2.633
jul/15	3.333	2.805	3.064	2.332
ago/15	2.873	2.933	2.850	2.738
Média mensal	3.482	3.426	2.996	2.560
Desvio padrão	845	958	279	287
CIN	0,24		0,09	
COUT	0,28		0,11	
EC	1,15		1,20	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

 $\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*
 $\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*
 $\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*
 $\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*
 $C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*
 $C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 3, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 1,39, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $\_T = 1,15 \times 1,20 = 1,39$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado pela Tabela 3, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 1,39 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 1.390 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00, se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 1,39. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 1.390 unidades. Ou seja, há um aumento de 1.390 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.



TABELA 4

Efeito chicote no processo produtivo ao consumidor final – Material: 330004

PRODUTO: 330004				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	959	863	629	683
fev/15	880	767	804	684
mar/15	950	753	814	778
abr/15	812	777	681	702
mai/15	777	822	703	780
jun/15	742	687	674	614
jul/15	654	607	575	459
ago/15	859	765	728	559
Média mensal	829	755	701	657
Desvio padrão	98	74	76	102
CIN	0,12		0,11	
COUT	0,10		0,16	
EC	0,83		1,44	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

 $\sigma[D_{in}(t, t + T)] =$  desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*
 $\sigma[D_{out}(t, t + T)] =$  desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*
 $\mu[D_{in}(t, t + T)] =$  média da demanda recebida durante o *lead time*
 $\mu[D_{out}(t, t + T)] =$  média da demanda gerada durante o *lead time*
 $C_{in} =$  coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*
 $C_{out} =$  coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 4, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 1,19, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $\_T = 0,83 \times 1,44 = 1,19$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado pela Tabela 4, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 1,19 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 1.190 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00, se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 1,19. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 1.190 unidades. Ou seja, há um aumento de 1.190 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.

TABELA 5  
Efeito chicote nível processo produtivo ao consumidor final – Material: 220981

PRODUTO: 220981				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	13.941	12.906	9.834	8.870
fev/15	12.799	11.389	10.253	10.662
mar/15	15.730	12.725	10.980	10.469
abr/15	11.430	12.415	10.644	9.951
mai/15	12.410	11.902	10.984	10.698
jun/15	13.836	13.468	11.135	10.646
jul/15	14.965	13.762	10.938	11.211
ago/15	12.805	13.240	11.693	10.436
Média mensal	13.490	12.726	10.808	10.368
Desvio padrão	1.317	749	530	653
CIN	0,10		0,05	
COUT	0,06		0,06	
EC	0,60		1,28	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

$\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*

$\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*

$\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*

$\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*

$C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 5, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 0,77, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $_{T} = 0,60 \times 1,28 = 0,77$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado pela Tabela 5, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 0,77 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 770 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00, se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 0,77. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente – se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 770 unidades. Ou seja, há um aumento de 1.190 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.

TABELA 6  
Efeito chicote nível processo produtivo ao consumidor final – Material: 539309

PRODUTO: 539309				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	2.489	1.981	2.655	2.004
fev/15	2.413	2.267	1.845	1.636
mar/15	2.463	1.919	1.849	1.756
abr/15	2.146	2.329	1.934	1.692
mai/15	2.045	1.951	1.894	1.641
jun/15	1.741	1.705	1.853	1.519
jul/15	1.450	1.059	1.713	1.826
ago/15	1.818	1.828	1.792	1.659
Média mensal	2.071	1.880	1.942	1.717
Desvio padrão	355	367	277	138
CIN	0,17		0,14	
COUT	0,20		0,08	
EC	1,14		0,56	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

$\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*

$\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*

$\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*

$\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*

$C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 6, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 0,64, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $_{T} = 1,14 \times 0,56 = 0,64$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado pela Tabela 6, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 0,64 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 640 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que, observa-se que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00 se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 0,64. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 664 unidades. Ou seja, há um aumento de 664 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.

TABELA 7

Efeito chicote nível processo produtivo ao consumidor final – Material: 4464

PRODUTO: 4464				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	6.853	5.541	4.753	4.436
fev/15	5.900	5.120	5.120	4.669
mar/15	6.547	5.301	5.162	5.005
abr/15	4.585	4.959	4.999	4.825
mai/15	5.502	4.951	5.197	4.226
jun/15	5.383	5.027	5.070	4.514
jul/15	4.573	4.422	4.573	4.362
ago/15	4.279	3.839	4.042	3.853
Média mensal	5.453	4.895	4.865	4.486
Desvio padrão	885	500	371	336
CIN	0,16		0,08	
COU	0,10		0,07	
EC	0,63		0,98	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

 $\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*
 $\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*
 $\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*
 $\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*
 $C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*
 $C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 7, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 0,62, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $\_T = 0,63 \times 0,98 = 0,62$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado pela Tabela 7, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 0,62 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 640 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que, observa-se que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00 se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 0,64. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 620 unidades. Ou seja, há um aumento de 620 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.



TABELA 8

Efeito chicote nível processo produtivo ao consumidor final – Material: 5000088

PRODUTO: 126849				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	4.559	5.030	2.583	1.894
fev/15	3.783	3.182	3.193	2.832
mar/15	5.054	5.078	3.152	2.644
abr/15	2.741	3.102	3.506	2.653
mai/15	2.758	2.685	2.676	2.755
jun/15	2.754	2.592	2.946	2.633
jul/15	3.333	2.805	3.064	2.332
ago/15	2.873	2.933	2.850	2.738
Média mensal	3.482	3.426	2.996	2.560
Desvio padrão	845	958	279	287
CIN	0,24		0,09	
COUT	0,28		0,11	
EC	1,15		1,20	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

 $\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*
 $\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*
 $\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*
 $\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*
 $C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*
 $C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 8, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 1,39, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $\_T = 0,88 \times 1,59 = 1,39$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000) e apresentado pela Tabela 8, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 1390 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 1.390 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que, observa-se que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00 se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 1,39. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 1.390 unidades. Ou seja, há um aumento de 1.390 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto automaticamente acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.

TABELA 9

Efeito chicote nível processo produtivo ao consumidor final – Material: 356735

PRODUTO: 356735				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	3.957	4.329	3.567	3.356
fev/15	4.437	3.852	3.794	3.698
mar/15	5.015	4.074	3.933	4.126
abr/15	4.124	4.450	4.140	3.788
mai/15	5.354	4.856	4.334	3.456
jun/15	4.456	4.123	4.137	3.703
jul/15	4.334	4.229	4.218	4.173
ago/15	2.138	1.979	3.586	3.624
Média mensal	4.227	3.987	3.964	3.741
Desvio padrão	898	808	272	270
CIN	0,21		0,07	
COUT	0,20		0,07	
EC	0,95		1,05	

Fonte: EMPRESA ALPHA (original desta pesquisa).

$\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*

$\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*

$\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*

$\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*

$C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 9, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 1,00, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $\_T = 0,95 \times 1,05 = 1,00$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos.

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado pela Tabela 9, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 1.000 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 1.000 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que, observa-se que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00 se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 1,00. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo 1 – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 1.000 unidades. Ou seja, há um aumento de 1.000 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto automaticamente acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.

TABELA 10

Efeito chicote nível processo produtivo ao consumidor final – Material: 679119

PRODUTO: 679119				
No amostras	Nível 1		Nível 2	
	Previsão de vendas Din1	Volume de produção Dout 1	Previsão de compras Din2	Volume de vendas Dout2
jan/15	2.872	2.565	2.178	1.894
fev/15	2.563	2.249	1.931	2.078
mar/15	3.303	2.673	2.088	2.298
abr/15	2.561	2.791	2.033	2.094
mai/15	2.650	2.549	2.300	2.143
jun/15	2.748	2.591	2.172	2.033
jul/15	2.765	2.572	2.372	2.445
ago/15	1.225	1.223	1.831	1.907
Média mensal	2.586	2.402	2.113	2.112
Desvio padrão	560	468	169	175
CIN	0,22		0,08	
COUT	0,19		0,08	
EC	0,90		1,03	

Fonte: EMPRESA ALPHA (Original desta pesquisa).

$\sigma[D_{in}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda recebida durante o *lead time*

$\sigma[D_{out}(t, t + T)]$  = desvio-padrão da demanda gerada durante o *lead time*

$\mu[D_{in}(t, t + T)]$  = média da demanda recebida durante o *lead time*

$\mu[D_{out}(t, t + T)]$  = média da demanda gerada durante o *lead time*

$C_{in}$  = coeficiente de variação da demanda recebida durante o *lead time*

$C_{out}$  = coeficiente de variação da demanda gerada durante o *lead time*

$$(!) - EC = \frac{C_{out}}{C_{in}}$$

$$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t,t+L)]\mu[D_{in}(t,t+L)]}{\sigma[D_{in}(t,t+L)]\mu[D_{out}(t,t+L)]}$$

Pelos cálculos apresentados na Tabela 10, observa-se que o EC para o nível 1 é igual a 0,93, enquanto para o nível 2 é igual a 1,00. De tal modo, determina-se que o efeito chicote para o recorte da cadeia analisada é igual ao produto entre os efeitos chicotes calculados, ou seja,  $_{T} = 0,90 \times 1,03 = 0,93$ .

Diante desses resultados, confirma-se a ocorrência do efeito chicote na cadeia de suprimento, quantificando-se este fenômeno nos seus três elos

O grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000), apresentado pela Tabela 10, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 930 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 1.000 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível. Além disso, é possível confirmar o aspecto amplificador existente no fenômeno do EC, uma vez que, observa-se que o grau de variabilidade no nível 2 é de 1,00 se comparado ao efeito chicote mensurado para o nível 1 quantificado em 0,90. Observa-se que conforme as análises indicavam, para a relação entre o elo – fábrica – e o elo 2 – centro de distribuição ao cliente –, se a sinalização da demanda de mercado recebida pela empresa de alimentos for de 1000 unidades, a previsão de demanda recebida pelo elo fabril será de 0,93 unidades. Ou seja, há um aumento de 930 unidades na passagem dessa informação pelos elos da cadeia. Isto, automaticamente, acarreta em elevado custo de manutenção de estoque.

## 4.2 Síntese analítica

Conforme os resultados evidenciados no Gráfico 3, constata-se a ocorrência do *efeito chicote* nos 10 itens investigados da cadeia de abastecimento em questão, quando relacionados aos elos “produção” e “distribuição”, com resultado médio de 1,1. Portanto, a pesquisa apresentou resultados relevantes para a empresa investigada.

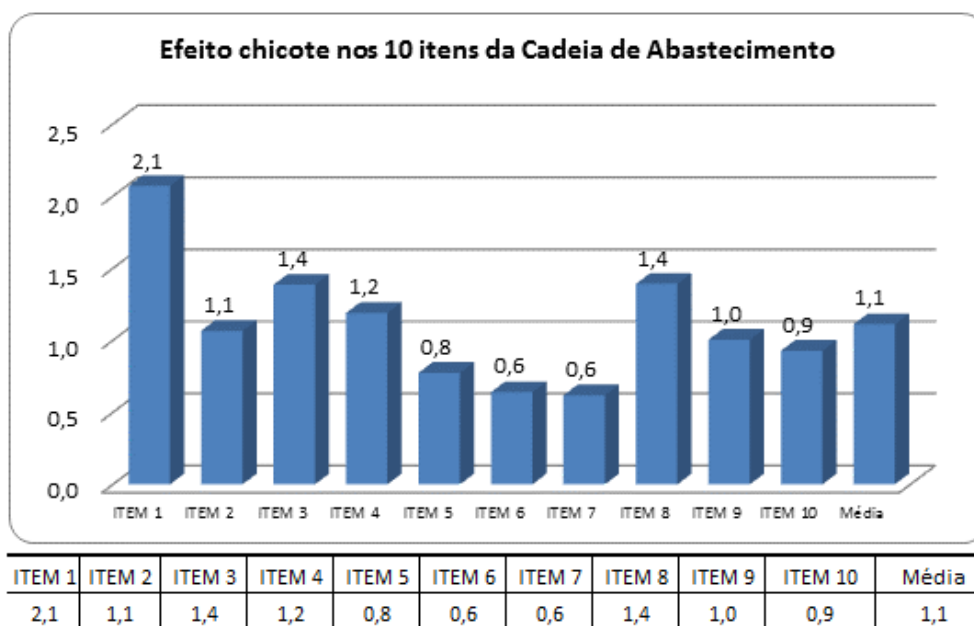


GRÁFICO 3 – Resultados da aplicação do modelo matemático de Fransoo e Wouters (2000).  
Fonte: Original desta pesquisa.

Dessa forma, o grau do EC determinado pelo método de Fransoo e Wouters (2000) nos 10 itens analisados, apresentado no Tabela 10, indica que se a sinalização da demanda que chega ao nível 1 for de 1000 unidades, quando esta demanda chegar ao nível 2 sofrerá uma amplificação de 1100 unidades ou seja, o valor da demanda passará a ser percebido erroneamente como sendo igual a 1.100 unidades, acarretando custos elevados de manutenção de estoque para esse nível.

## 5 CONCLUSÃO

Ao final deste estudo, concluiu-se pelo alcance de seu objetivo, a partir da análise dos efeitos da propagação das oscilações do *efeito chicote* na performance da produção e distribuição da empresa do ramo alimentício investigada, tanto pela identificação da variabilidade entre os cenários de produção e distribuição previstos e realizados entre dois elos da cadeia de abastecimento, como pela identificação das causas e impactos do *efeito chicote* na referida cadeia.

Dentre as constatações teóricas, considerando o atual desafio das organizações em operar de forma eficiente e eficaz para garantir a continuidade de suas atividades, observou-se na empresa investigada um constante desenvolvimento pautado na busca por novas frentes de atuação, de forma a elevar a lucratividade, agregando valor aos olhos dos clientes, ao menor custo possível, a prática de uma gestão centrada na cadeia de abastecimento. E para tal, recorrendo à estratégia do SCM para alinhar todas as atividades de produção de forma sincronizada, visando reduzir custos, minimizar ciclos e maximizar o valor percebido pelo cliente final por meio da quebra de barreiras entre departamentos e empresas.

Nessa perspectiva, adotando a gestão da cadeia de suprimentos – a mais nova concepção no tratamento dos problemas logísticos da atualidade –, a Empresa Alpha vem buscando a integração entre os processos ao longo dessa cadeia, pela coordenação dos fluxos de materiais, do caixa e da demanda. Para tal, seus agentes vêm atuando de forma estratégica e integrada, buscando os melhores resultados possíveis em termos de agregação de valor para o consumidor final.

Comprovou-se, também, que um dos aspectos que interferem significativamente no desempenho das cadeias de abastecimento refere-se ao fator variabilidade dos fluxos e das demandas, a saber, o efeito chicote, presente na cadeia de abastecimento da empresa pesquisada.

Assim, de acordo com os resultados obtidos, concluiu-se pela ocorrência do efeito da amplificação no fluxo de demanda, quando se analisou dois elos da cadeia de abastecimento, compreendendo os processos de produção e atendimento ao cliente final pelo centro de distribuição. Tal constatação deu-se pelo método de Fransoo e Wouters (2000) para a cadeia de suprimentos, que quantificou um efeito chicote com intensidade de 1,11. Tal índice do efeito chicote para as cadeias de suprimento aponta o quão amplificado

é o valor da demanda, quando este é passado pelos elos envolvidos no processo de planejamento e programação da produção.

Observou-se que esta amplificação distorcida que se propaga ao longo da cadeia pode gerar ineficiência operacional nas áreas de planejamento e controle da produção, acarretando um acúmulo de estoques ao longo mesma, pelo fato de o cenário em questão ser marcado pela incerteza e elevada variabilidade dos fluxos e da demanda. Por outro lado, verificou-se que a empresa pesquisada atua com um elevado custo de manutenção de estoques e, também, com perda de vendas em virtude de ruptura no processo de atendimento dos pedidos.

Quanto às causas que promovem o efeito do chicoteamento, constatou-se a necessidade de atualização da previsão da demanda e atenção à flutuação dos preços e ao jogo de racionamento e falta. E isto porque a pesquisa aponta que a principal causa do efeito chicote é o desconhecimento sobre a real demanda a ser atendida, bem como a ausência de compartilhamento de informações sobre a demanda do consumidor final. Tornou-se evidente, pois, a existência do efeito chicote na cadeia de abastecimento pesquisada, a partir de sua mensuração quantitativa, que apontou erro na previsão de demanda. Pode-se concluir, portanto, que a pesquisa endossou os resultados defendidos pelos pesquisadores Lee, Padmanabhan e Whang (1997) quanto às causas do efeito chicote.

É importante reforçar que o cenário pesquisado constituiu-se de uma indústria do ramo alimentício que possui um elevado mix de produtos, onde a produção é empurrada para o mercado e as entregas são realizadas com *lead time* de 24 e 48 horas, inclusive, no varejo. Trata-se, portanto, de um cenário extremamente complexo e desafiador, onde a empresa se sujeita a uma atuação afetada pelo efeito chicote, de forte impacto para os custos, nível de serviço e rentabilidade.

Neste sentido, conclui-se pela necessidade da realização de estudos futuros para entender os modelos de previsão de vendas utilizados atualmente pelas empresas e, eventualmente, de outras pesquisas com vistas à busca de uma maior eficiência na realização das previsões de demanda.

Dessa forma, por ser relativamente novo, e por isso não possuir variada referência acadêmica, principalmente no que tange à sua mensuração quantitativa, o tema *efeito chicote na cadeia de abastecimento* carece de investigação em todos os fatores que o constituem. Tal afirmativa decorre do fato de não ter sido detectada pesquisa alguma desta



natureza em outras organizações do ramo alimentício, principalmente, envolvendo os concorrentes diretos da empresa pesquisada.

Conclui-se, pois, que este estudo irá contribuir para a realização de outras pesquisas envolvendo a gestão da cadeia de abastecimento pelo controle e mensuração sistemáticos do efeito chicote. Consequentemente, a realização de outras pesquisas poderá contribuir significativamente para a redução do efeito chicote nas organizações, principalmente, se pautadas na aplicação dos modelos de previsão de venda disponíveis no meio acadêmico. A limitação desta pesquisa tem sua causa, principalmente, na reduzida abrangência da mensuração da cadeia de abastecimento, que alcançou apenas dois de seus elos e somente os dez fatores de maior giro na empresa investigada.

Desta forma, pode-se asseverar, que esta pesquisa abre possibilidade para novos estudos científicos visando o aprofundamento e a consolidação de uma abordagem mais complexa e de relevância para a ciência no campo da Logística Empresarial. Dentre as temáticas a serem exploradas, sugere-se: (i) aplicar os demais modelos matemáticos para avaliação da consistência e coerência do método de mensuração do efeito chicote de Fransoo e Wouters (2000); (ii) aplicar os modelos matemáticos de avaliação do efeito chicote abordando maior quantidade de fatores; e (iii) aplicar modelos matemáticos de controle do efeito chicote em outras empresas do mesmo ramo industrial.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D. L.; BRITT, F. E.; FAVRE, D. J. The seven principles of SCM. *SCM Review*, spring 1997.
- ANDERSON J. R.; FINE, C. H.; PARKER, G. G. Upstream volatility in the supply chain: the machine tool industry as a case study. POMS Series. *Techno Logy and Operations Management*, n. 9, p. 239–261, 2000.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BURBIDGE, J. L. The new approach to production. *Prod. Engnr.*, v. 40, p. 12, p. 769-784, 1961.
- CACHON, G. P.; ZIPKIN, P. H. 1999. Competitive and cooperative inventory policies in a two-stage supply chain. *Management Science*, v. 45, p. 936-953, 1999.
- CARLSSON, C.; FULLÉR, R. Fuzzy reasoning in decision making and optimization. *Studies in Fuzziness and Soft Computing Series*, v. 82, Berlin, Springer, 2002.
- CHEN, F. Y.; DISNEY, S. M. The order-up-to policy sweet spot: using proportional controls to eliminate the bullwhip problem. In: EUROMA POMS CONFERENCE, Lago di Como, Itália, 16-18 June 2003. *Anais...* Provincia de Como: Euroma Poms, 2003. p. 551-560.
- CHEN, F. Y.; DREZNER, Z.; RYAN, J. K.; SIMCHI-LEVI, D. 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, 2000.
- CHEN, E. H.; PRYCE, B. A.; TZENG, J. A.; GONZALEZ, G. A.; OLSON, E. N. Control of myoblast fusion by a guanine nucleotide exchange factor, loner, and its effector ARF6. *Cell*, v. 114, n. 6, p. 751-762, 2003.
- CHOI, K. S.; DAI, J. G.; SONG, J. S. On measuring supplier performance under vendor-managed-inventory programs in capacitated supply chains. *Manufacturing & Service Operations Management*, v. 6, n. 1, p. 53-72, 2004.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. São Paulo: Pearson Education do Brasil. 2011.
- CHRISTOPHER, Martin. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custo e melhoria dos serviços*. São Paulo: Pioneira, 2007.
- CHURCHILL JR.; G. A. *Marketing research: methodological foundations*. Chicago: The Dryden Press, 1987.
- COELHO, L. C.; FOLLMANN, N.; TABOADA RODRIGUEZ, C. M. O efeito chicote e o seu impacto na gestão das cadeias de suprimentos. SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, IV, Rio de Janeiro 22, 23 e 24 out. 2007. *Anais...* Rio de Janeiro: AEBD, 2007.

COELHO, L. C.; FOLLMANN, N.; TABOADA RODRIGUEZ, C. M. O impacto do compartilhamento de informações na redução do efeito chicote na cadeia de abastecimento. *Revista Gestão e Produção*, Recife, v. 16, n. 4, p. 571-583, 2009.

COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. Supply chain management: more than a new name for logistics. *The International Journal Of Logistics Management*, v. 8, n.1, p. 1-14, 1998.

CROSON, R.; DONOHUE, K. Upstream versus downstream information and its impact. *Bullwhip Effect System Dynamics Review*, v. 21, n. 3, p. 249-260, 2005.

D'AUBETERRE, F.; SINGH, R; IYER, L. A semantic approach to secure collaborative inter-organizational e business processes. *Journal of the Association for Information Systems*. Atlanta, v. 9, ed. 3/4, p. 233-269, 2008.

DEMO, P. *Pesquisa e informação qualitativa*. Campinas-SP: Papirus, 2001.

DIAS, G. P. P.; YOSHIKAZI, H. T. Y. A simulation study to quantify opportunities for E-business in a medicine distribution system. THIRTEENTH ANNUAL CONFERENCE OF THE PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT SOCIETY, POMS-2002, Proceedings of the Thirteenth Annual Conference of the Production and Operations Management Society, 2002, São Francisco-USA. *Anais...* San Francisco, 2002.

DIAS, G. P. P. *Gestão dos estoques numa cadeia de distribuição com sistema de reposição automática e ambiente colaborativo*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DIAZ, C.; PIRES, S. Variação da demanda ao longo da cadeia de suprimentos: o efeito da amplificação da demanda. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, 2003. *Anais...* Ouro Preto: ABEPRO, 2003.

DELFMAMN, W. *Working paper n. 102*. Cologne: University of Cologne, 2000.

DONOVAN, M. *Supply chain management: cracking the bullwhip effect*. Working Paper, 2003.

DORNIER, P. P.; ERNEST, R.; FENDER, M.; KOUVELIS, P. *Logística e operações globais: textos e casos*. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

DORNIER, P. P.; ERNEST, R.; FENDER, M.; KOUVELIS, P. *Logística e operações globais: textos e casos*. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

FIORIOILLI, J. C. Modelagem matemática do efeito chicote em cadeias de abastecimento, 2007, 111f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FISHER, M. L. What is the Right Supply Chain for Your Product? *Harvard Business Review*, v. 75, p. 105-117, 1997.

FORRESTER, J. Industrial dynamics. *Harvard Business Review*, Boston, n. 36, Jul. 1961.

FRANSOO, J.; WOUTERS, M. Measuring the bullwhip effect in the supply chain supply: chain management. *International Journal*, v. 5, n. 2, p. 78-89, 2000.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção. In: *Produção e competitividade: aplicações e inovações*, Recife: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, 2000.

GEARY, S.; DISNEY, S. M.; TOWILL, D. R. On bullwhip in supply chains: historical review, present practice and expected future impact. *International Journal of Production Economics*, n. 101, p. 2-18, 2006.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai./jun., 2010.

GOULART, S.; CARVALHO, C. Formalismo no processo de institucionalização das bibliotecas universitárias. *Revista de Administração Pública*, v. 37, n. 4, p. 921-938, 2003.

HOLT, C. C.; F. MODIGLIANI, J. F. MUTH, H. A. S. *Planning production, inventories, and work forces*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1960.

HOSODA, T; DISNEY, S. M. An analysis of a three echelon supply chain model with minimum mean squared error forecasting. WORD CONFERENCE ON P&OM, second; ANNUAL POM CONFERENCE, 15<sup>th</sup>, 2004, Cancun-México. *Anais... P&OM*, 2004. p. 1-24.

JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. *Operations research in production planning, scheduling, and inventory control*. New York: John Wiley & Sons, 1974.

JOHNSON, M. E; PYKE, D. F. *Supply chain management*. Working Paper: The Tuck Scholl Business, 1998.

JOHNSON, M. E.; PYKE D. F. *Supply chain management*. Working Paper, The Tuck School of Business, 1999.

JURAN, J. M. *Quality control handbook*. New York: McGraw-Hill, 1951. p. 157-158.

KAHN, J. Inventories and the volatility of production. *American Economic Review*, n. 77, p. 667-679, 1987.

KRANE, S. P.; BRAUN, S. N. Production smoothing evidence from physical-product data. *Journal of Political Economy*, v. 99, n. 3, p. 558-581, jun. 1991.

KUNCOVÁ, M. *Optimization methods and bullwhip effect*, 2002. Disponível em: <http://www.fhi.sk/files/katedry/kove/ssov/VKOXI/Kuncova.pdf> . Acessado em 5 jan. 2016.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. *Management Science*, v. 43, p. 546-558, 1997.

LEE, H. L.; Padmanabhan, V.; Whang, S. The bullwhip effect in supply chains. *Sloan Management Review*. v. 38, p. 93-102, 1997a.

- LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. The value of information sharing in a two level supply chain. *Management Science*, v. 46, n. 5, p. 628-643, 2000.
- LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG. Comments on information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. *Management Science*, 50, p. 1887-1893, 2004.
- MALDONADO, M. U.; VAZ, C. R. Uma revisão teórica conceitual do efeito chicote na cadeia de suprimentos. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, V, 2-4 dez, 2005, Ponta Grossa-PR. *Anais...* Ponta Grossa-PR: ABEPRO, 2015.
- MALHOTRA, N. *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia do trabalho científico*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. 2 ed. Saraiva, 2006.
- METTERS, R. Quantifying the bullwhip effect in supply chains. *Journal of Operations*, v. 15, p. 89-100, 1997.
- MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. *Safári de Estratégia*. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- MITCHEL, J. T. W. Competitive illusion as a cause of business cycles. *Quarterly Journal of Economics*, v. 38, p. 631-652, 1923.
- NOVAES, A. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação*. Campus: Rio de Janeiro, 2007.
- PADOVEZE, L. C.; CAMPOS, J. A.; BIAGGI, G. V. Análise de conjuntura e previsão de demanda: exemplos de modelos decisórios de controladoria na estratégia e operações. *Revista de Administração Unisal*, v. 1, p. 39-58, 2004.
- PADOVEZE, C. L. *Controladoria estratégica e operacional; conceito, estrutura e aplicação*. 2 ed. Cengage Learning, 2009.
- PAIK'S, Seung-Kuk; BAGCHI, Prabir. Understanding the causes of the bullwhip effect in a supply chain. *International Journal of Retail & Distribution Management*, v. 35, n. 4, p. 308-324, apr. 2007.
- PARETO, V. *Cours d'économie politique*. 1897.
- PIRES, S. R. I. *Gestão da cadeia de suprimentos: supply chain management*. São Paulo: Atlas, 2004.
- RYAN, J. K. *Analysis of inventory models with limited demand information*. 1997. Tese. (Doutorado em Engenharia industrial) – Northwestern University, Evanston, Illinois. 1997.

- SEURING, S.; MÜLLER, M. Core issues in sustainable supply chain management – a delphi study. In: *Business strategy ant the environment*, v. 17, 8. ed., p. 455-456, dez. 2008.
- SILVA, D. F. A.; CABRAL, R. B.; COLENCI JÚNIOR, A. Proposta de modelo de maturidade de processos de gestão acadêmica para instituições. ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CURSOS DE INSTITUIÇÕES, 12 jun. 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: ANGRAD, 2008. v. 1. p. 1-2.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SMICHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SMICHI-LEVI, E. *Managing the supply chain: the definitive guide for the business professional*. New York: McGraw-Hill, 2004, 307 p.
- SIMCHI-Levi, D.; CLAYTON, A.; RAVEN, B. When one size does not fit all. *Sloan Management Review*, v. 54, n. 2, p. 14-17, 2013.
- STERMAN, J. Misperceptions of feedback in dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 43, n. 3, p. 301-335, 1989.
- STOECKER, R. Evaluating and rethinking the case study. *The Sociological Review*, v. 39, n. 1, p. 88-112, 1991.
- SVENSSON, G. The multiple facets of the bullwhip effect: refined and redefined. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 35, n. 10, 2005.
- TAYLOR, David A. *Logística na cadeia de suprimento: uma perspectiva gerencial*. Pearson: São Paulo, 2005.
- THONEMANN, U. S. Improving supply chain performance by sharing advance demand information. *European Journal of Operational Research*. v. 142, n. 1, p. 81-107, 2002.
- TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo, Atlas, 1987.
- TUBINO, D. F. *Planejamento e controle de produção: teoria e prática*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em Administração*. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- VIANA, J. J. *Administração de materiais: um enfoque prático*. São Paulo: Atlas, 2012.
- WARBURTON, R. D. H. An analytical investigation of the bullwhip effect. *Production and Operations Management*, v. 13, n. 2, p. 150-160, 2004.

WEST, K. D. A variance bound tests of the linear quadratic inventory model. *Journal of Political Economy*, v. 94, p. 374-401, 1986.

WIKNER, J.; NAIM, M. M; TOWILL, D. R. The system simplification approach in understanding the dynamic behaviour of a manufacturing supply chain. *J. Syst Eng.*, v. 2, p. 167-178, 1992.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZHENXIN, Y., HONG, Y.; CHENG, T. C. E. Benefits of information sharing with supply chain partnerships. *Industrial Management & Data Systems*, v. 101, n. 3, p. 114-121, 2001.