

Uma revisão teórica conceitual do Efeito Chicote na cadeia de suprimentos

Caroline Rodrigues Vaz (UFSC) caroline-vaz@hotmail.com
Mauricio Uriona Maldonado (UFSC) mauricio.uriona@gmail.com

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma visão sobre o efeito chicote abordando seu histórico, definições, causas e consequências, suas formas ou tipos, as maneiras de combatê-lo, além de apresentar alguns exemplos em determinadas organizações, contribuindo dessa forma com o desenvolvimento acadêmico e profissional para implementar e aperfeiçoar o conhecimento sobre esse fenômeno na cadeia de suprimentos. Esta pesquisa se caracteriza como de natureza básica em relação ao tema abordado. Quanto aos seus procedimentos técnicos, enquadra-se como um estudo bibliográfico, pois tratou de dados e verificações providas diretamente de trabalhos já realizados do assunto pesquisado. Do ponto de vista dos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva, pois buscou informações específicas e características do que está sendo estudado. Foram identificadas similaridades quanto ao conceito de cadeia de suprimentos na literatura especializada; a compreensão do efeito chicote como uma manifestação da amplificação da demanda ao longo da cadeia; identificação de 10 possíveis causas na ocorrência desse fenômeno; 7 possíveis efeitos; 11 possíveis ações para aperfeiçoamento; 4 tipos de modelagem matemática, além da apresentação do status operacional atual para um dado conjunto de cadeias de suprimento trans europeias.

Palavras chave: Efeito chicote. Cadeia de suprimentos. Revisão de literatura.

A conceptual theoretical review of Bullwhip Effect in Supply Chain

Abstract

This paper aims to present an overview of the bullwhip effect by addressing its history, definitions, causes and consequences, its forms or types, ways to combat it, and present some examples of certain organizations, thus contributing to the academic and professional development to implement and refine knowledge of this phenomenon in the supply chain. This research is characterized as basic in nature in relation to the topic discussed. As for his technical procedures, it falls into a bibliographical study, treated as data and findings stemmed directly from previous work of the subject studied. From the point of view of the objectives, it is classified as exploratory and descriptive, it sought specific information and features of what is being studied. Similarities were identified on the concept of supply chain in literature; understanding of the bullwhip effect as a manifestation of demand amplification along the chain, identification of 10 possible causes in this phenomenon; 7 possible effects; 11 possible actions for improvement, 4 types of mathematical modeling along with a presentation of the current operating status for a given set of supply chains of European trans.

Key-words: Bullwhip effect. Supply chain. Literature review.

1. Introdução

Filho e Hamacher (2000) afirmam que a cadeia de suprimentos é uma metodologia criada para alinhar todas as atividades de produção com objetivo de minimizar custos, reduzir ciclos e aumentar o valor percebido pelo usuário final, em virtude de resultados superiores. O *Council of Logistic Management*, define a cadeia de suprimento é a integração de processos de negócio de várias empresas, que compreende o fornecedor original até o usuário final, proporcionando agregação de valor para os clientes. A definição é compartilhada pelos autores Cooper et al. (1997) e Lambert et al. (1998).

Beamon (1999) conceitua a cadeia de suprimentos é como um conjunto de processos integrados, através da matéria-prima, que é manufaturada em produto final entregue ao consumidor. Firmo e Lima (2005) salientam que com o passar dos anos, o modelo tradicional de relacionamento baseado na competitividade entre indústria e fornecedores vêm perdendo o espaço para os modelos baseados na cooperação e nas alianças de longo prazo. Esses modelos que implicam em uma nova distribuição de responsabilidades, acompanhada de uma terceirização da produção de bens e prestação de serviços (NOBREGA JR, 2000). Assim, Jesus (2003) compreende que a competição de mercado passa a ocorrer não mais entre empresas, e sim entre as cadeias de suprimentos, requerendo um elevado grau de integração e coordenação entre os membros da cadeia de suprimentos.

A cadeia de suprimentos, também conhecida como *Supply Chain Management* (SCM) têm sua origem na função da logística e possuem diferentes definições, sendo considerada por vários autores como:

Bond (2002) expõe que a cadeia de suprimentos é representada por fornecedores, empresas, distribuidores e consumidores. Atuam sobre o marketing, vendas, finanças, planejamento, pesquisa e desenvolvimento (P&D).

A cadeia de suprimentos de acordo com Souza, Carvalho e Liboreiro (2006) e Oliveira e Longo (2008), identificam a Cadeia de Suprimentos como um conjunto de instalações (fornecedores de matéria-prima, plantas produtivas, centros de distribuição, varejistas, estoque em trânsito, produtos intermediários e produtos acabados) dispersas geograficamente interagindo entre si. Afirmam ainda, que a cadeia de suprimentos é um subconjunto da cadeia de valor, a qual é focada em agregar valor a um serviço ou a um produto físico, enquanto que a cadeia de suprimentos é preocupada principalmente com a produção, distribuição e vendas de produtos físicos. O foco na integração entre cada componente da cadeia de suprimentos, é para com a maximização da eficiência, possibilitando a maior satisfação do cliente e, consequentemente, o aumento do *market share*.

O gerenciamento da demanda desempenha um importante papel em diversas áreas da gestão das organizações, quer seja na operacionalização de diversos aspectos da gestão da produção, como no gerenciamento de estoques e no desenvolvimento de planos agregados de produção e de capacidade. Todavia, a previsibilidade da demanda, em termos de acurácia e determinação, têm uma dificuldade adicional, que são os erros decorrentes da propagação amplificada da demanda a montante da cadeia de suprimentos, originando uma amplificação da demanda, também conhecida como efeito chicote (FREITAS et al, 2010).

Freitas et al. (2010), salientam que a amplificação da demanda é o fenômeno onde 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 função, 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. Diante do fenômeno do efeito chicote, observado na cadeia de suprimento, este trabalho tem como objetivo apresentar uma visão abordando seu histórico, definições, causas e consequências, suas formas e tipos, as maneiras de combatê-lo, além de apresentar alguns exemplos da sua investigação em determinadas organizações, contribuindo, dessa forma com o desenvolvimento acadêmico e profissional para implementar e aperfeiçoar o conhecimento sobre esse efeito na cadeia de suprimentos.

Esta pesquisa caracterizou-se como de natureza básica, em relação ao tema abordado. Quanto aos seus procedimentos técnicos, enquadrou-se como um estudo bibliográfico, pois tratou de dados e verificações providas diretamente de trabalhos já realizados do assunto abordado. Do ponto de vista dos objetivos, classificou-se como exploratória e descritiva, pois buscou informações específicas e características do que está sendo estudado (GIL, 2007).

O trabalho se apresenta em seis seções, sendo a primeira composta pela introdução. A segunda apresenta o histórico e suas definições do efeito chicote. A terceira mostra quais são as causas e as consequências do efeito chicote. A quarta seção apresenta as modelagens matemáticas para o efeito chicote. A quinta seção apresenta um exemplo do efeito chicote na área do conhecimento. A sexta seção mostra as oportunidades de trabalhos futuros. E, por último, o trabalho apresenta as considerações finais para o seu encerramento.

2. Efeito Chicote

2.1 Histórico

O efeito chicote (EC), ou também conhecido como *bullwhip effect*, ou ainda *whiplash effect*, passou a receber maior atenção na literatura especializada, a partir dos trabalhos realizados por Forrester, sobre *System Dynamics*, nas décadas de 1950 e 1960 (DIAS e YOSHIZAKI, 2003). Segundo Geary *et al.* (2006), o efeito chicote pode ser entendido como a amplificação da demanda ao longo da cadeia de suprimentos. Este fenômeno já havia sido percebido (Mithel, 1923) pelos economistas, no início do século XX, cujo comportamento da amplificação é, geralmente, não linear ao longo da cadeia. Geary *et al.* (2006), apresentam um histórico sobre as boas práticas, para o fluxo de materiais na cadeia de suprimentos e o reconhecimento do fenômeno do efeito chicote. A tabela 1 apresenta um breve histórico do efeito chicote, buscando relacionar o efeito chicote ao longo dos últimos dois séculos.

Ano	Histórico
1851	Eficácia do JIT demonstrado na construção do Palácio de Cristal, Londres.
1916	Gestão do fluxo de valor (e Keirutsu) inventado nos EUA por William Durant, da GM
1919	Ação bem sucedida pela Procter e 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	Partes da indústria da aviação inglesa, na Segunda Guerra Mundial implementam a produção enxuta e com isso suavizam o fluxo de materiais
1946	O Reino Unido solta um suspiro de alívio, abandona a produção enxuta e retorno 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 publicada por Jack Burbidge 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, no método “Entender Documentar Simplificar e Otimizar”
1980	Algumas firmas ocidentais atingem resultados expressivos, com regressões seguidas de progressos
1982	Richard Schonberger publicou “ <i>Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity</i> ”
1990	<i>The Machine That Changed The World</i> apresenta um <i>benchmarking</i> , evidenciando, dos aperfeiçoamentos obtidos pela adoção dos princípios de controle para a suavização do fluxo de materiais
Metade da década de 1990	Estima-se que apenas 7% (Joseph Andraski, verejo 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 *et al.* (2006).

Tabela 1 – Histórico do efeito chicote

No mundo acadêmico, o primeiro autor a referenciar o EC foi Jay Forrester (1961), em seu livro *Industrial Dynamics*, no qual desenvolveu uma teoria para simular sistemas complexos e não-lineares. Posteriormente, apoiado nesta 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 *et al.* (1960), Blinder (1982), Blanchard (1983), West (1986) e Krane & Braun (1991), também notaram o fenômeno da amplificação distorcida da demanda, à medida que perceberam haver uma variação entre a produção industrial e a variação de vendas, conforme evidenciado por Lee, Padmanabhan e Whang (1997) e Metters (1997).

2.2 Definições

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 *et al.*, 1997).

O efeito chicote é a definição usada para capturar as percepções por trás do comportamento dinâmico das cadeias de suprimentos. A demanda originada no nível do cliente começa todo o processo. O fato de que há diversos membros na cadeia de suprimentos (por exemplo, fábricas, distribuidores, atacadistas e varejistas) por meio dos quais o processo deve passar antes de chegar aos clientes implica que o processo e coordenação da informação deveriam ser reforçados como um meio 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).

Fiorilli (2007) apresenta a definição do efeito chicote em três relações: a primeira entre a variação de pedido e demanda; segunda entre a taxa de pedido e demanda e a última entre coeficiente de demanda gerada e demanda recebida. A tabela 2 mostra essas principais definições e consequentemente seus autores. Segundo Lee, Padmanabhan e Whang (1997); Metters (1997); Chen *et al.* (2000); Fransoo & Wouters (2000) e Fiorilli (2007) o efeito chicote é um fenômeno derivado da maior variação das ordens de compra comparadas às ordens de vendas, de tal modo que, existe uma distorção amplificada entre a demanda real e a informada à medida 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 de informação, ou seja, diferença temporal entre consumo no ponto de venda e chegada dessa informação ao fornecedor provoca um aumento da variabilidade da demanda junto ao fornecedor.

Tipo	Autores	Definições do efeito chicote
Relação entre a variância dos pedidos e a variância da demanda	Lee, Padmanabhan e Whang (1997)	Fenômeno presente em estruturas de abastecimento em que os pedidos enviados aos fornecedores tendem a apresentar variância maior que a variância das vendas realizadas junto aos 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.
	Carlsson e Fullér (2000)	Fenômeno em que o tamanho dos pedidos encaminhados aos fornecedores tende a ter maior variância que as quantidades vendidas aos clientes (distorção da demanda) e, na seqüência, a variância do tamanho dos pedidos encaminhados aos fabricantes é ainda maior que a variância das quantidades vendidas aos clientes. Propagação da distorção da demanda de uma forma amplificada (amplificação da variância).
	Chen, Drezner, Ryan e SimchiLevi (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: Fiorilli, (2007).

Tabela 2 – Principais definições do efeito chicote

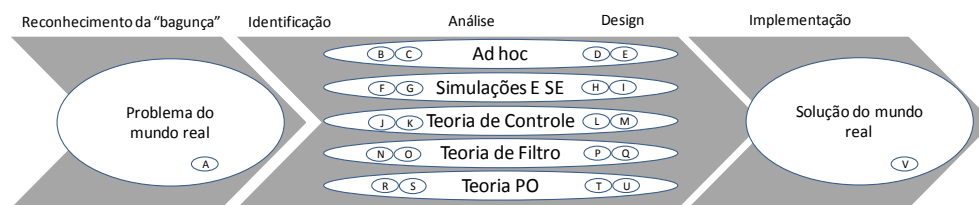
Pode se afirmar que o efeito chicote é resultado da discrepância entre a demanda real e a prevista, unida à intenção das empresas alinharem sua oferta a essa demanda, sem deixar de atendê-la. Desta forma, as empresas, por não possuírem a informação correta de seus clientes, buscam se proteger e garantir o estoque para uma possível variação nesta demanda (COELHO, FOLLMANN e TABOADA RODRIGUEZ, 2007).

Coelho, Follmann e Taboada Rodriguez (2009) afirmam que como essa demanda prevista, muitas vezes não se concretiza, as organizações acabam com excesso de produtos em estoque, o que as leva, por exemplo, a reduzirem suas compras. Ou, numa situação de falta de estoques, as empresas passariam aumentar seus pedidos, criando aos fornecedores uma falsa impressão de alta demanda. Independente da situação, esse reflexo vai sendo passado de cliente para fornecedor, até o final da cadeia, estabelecendo o efeito chicote.

3. Meios para construir conhecimento sobre o efeito chicote na cadeia de suprimentos

Na linguagem de Russell Ackoff (1999), uma cadeia de suprimentos exibindo o efeito chicote é uma “*bagunça*”, no sentido de que o problema a ser resolvido deve ser identificado a partir dessa situação, a fim de que uma solução possa ser proposta. O resultado final, após utilizar a rotina proposta por Watson (1994) “entender-documentar-simplificar e otimizar”, poderá proporcionar uma cadeia de suprimentos mais eficaz, exibindo um efeito chicote reduzido, no mundo real. Supondo que uma “*bagunça*” no mundo real foi identificada como um problema

do efeito chicote, como é que o nosso conhecimento das potenciais soluções adquiridas? Geary et al. (2006), apresentam cinco linhas, na figura 1, juntamente com as referências de apoio.



Legenda: a) Ackoff (1999); b) Schmenner (2001); c) Zymelman (1965); d) Lee and Billington (1992); e) Holmström (1997); f) Lambrecht and Dejonckheere (1999); g) Sterman (1989); h) Forrester (1958); i) van Ackere et al. (1993); j) Vassian (1955); k) Deziel and Eilon (1967); l) Riddalk and Bennett (2002); m) Assäter (1985); n) Towill and Del Vecchio (1994); o) Burns and Sivizlian (1978); p) Adekon (1996); q) Towill et al. (2002); r) Chen et al. (2000); s) Lee et al. (1997); t) Thonemann (2002); u) Holt et al. (1960); v) McCullen and Towill (2002).

Figura 1 - Cinco rotas para a redução do efeito chicote. Fonte: Geary et al. (2006).

4. As causas e suas consequências

A despeito dos primeiros estudos realizados sobre o efeito chicote, tem-se que estes indicavam que a amplificação da demanda era causada pela falta de uma análise racional das informações relacionadas com a demanda e pela falta de conhecimento de práticas relacionadas à gestão do inventário e gerenciamento da cadeia de suprimento. Contrapondo-se a esta 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. Estes autores demonstraram através de modelos matemáticos, que as causas da amplificação da demanda, ao contrário do que se pensava, derivavam de decisões tomadas de maneira racional pelos responsáveis pela 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. A tabela 3 apresenta de forma sucinta, as causas evidenciadas por Lee et al. (1997).

Causas	Fatores intensificadores
Atualização das previsões de demanda	Múltiplos <i>forecastings</i> <i>Lead times</i> longos Desconhecimento da demanda final
Racionamento	Desconhecimento das condições de abastecimento Inexistência de limites para os pedidos Proporcionalidade de racionamento nos pontos da C.A.
Loteamento de pedidos	Elevado custo de colocação de pedidos Alta correlação entre pedidos
Variações de preços	Compras e entregas não sincronizadas Falta de política estável de preços

Fonte: Lee et al. (1997).

Tabela 3 – Causas do efeito chicote

Segundo Geary et al. (2006), Jay Forrester e Jack Burbidge são considerados como pioneiros no conhecimento da cadeia de suprimentos contemporânea. Esses dois pesquisadores explicitaram muitos dos problemas relacionados à cadeia de suprimentos, mostrando possíveis soluções. Muito das descobertas posteriores, realizadas nesse tema, tem por base o trabalho desses pesquisadores, que identificaram inicialmente quatro causas para o efeito chicote no *design* das cadeias de suprimentos, apresentadas em forma de princípios. Sendo eles:

1- *Princípio do controle do sistema*: Há a necessidade de identificar os pontos de controle

mais relevantes, a fim de constituir um sistema de controle para a cadeia de suprimentos, o mais apropriado para o alcance dos objetivos de seus usuários. Isso implicará na necessidade de acessar os estados mais importantes da cadeia de suprimentos, para evitar o trabalho de adivinhações desnecessárias para o 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 no sistema. Significa, também, entregar a tempo, o que é realmente necessário. Este princípio abrange a capacidade do processo.

3- Princípio da transparência da informação: Atualização dos dados livre de ruídos e tendenciosidade deveriam ser disponibilizados a todos os participantes do sistema. Isso remove, simultaneamente, os atrasos nas informações e as adivinhações feitas pelos participantes. Como os 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 mais adequado para os objetivos da cadeia de suprimentos. O objetivo é ter não apenas um nível ótimo de estoques (talvez em alguns casos igual a zero), mas também ter esses estoques no local e na hora certa.

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

5- Princípio da sincronização: Nas simulações de Forrester, todos os eventos são sincronizados, de modo que as encomendas e as entregas são visíveis em pontos discretos no tempo. Burbidge mostrou, referenciando vários clientes trabalhando com lotes econômicos de compra, que isso implicou na 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 foi identificado por Wikner *et al.* (1992) inerente ao modelo original da cadeia de abastecimento de Forrester. Isso é muito importante como fonte do efeito chicote, como demonstrado na indústria de máquinas-ferramenta (Anderson *et al.*, 2000).

6- Princípio multiplicador: Pode haver situações em que se multiplicam os pedidos diretamente em um efeito prolongado, geralmente entre os fabricantes do produto e seus fornecedores de capital produtivo. Portanto, se um fabricante do 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 a mais quatro princípios, emergindo como extensões da abordagem de Forrester, publicada por Lee *et al.* (1997), e que tem sido demonstrados por eles como significativos geradores do efeito chicote.

7- Princípio da previsão da demanda: As previsões de demandas podem ser um problema, simplesmente devido a sua incerteza. Tentativas de construí-las por meio de fatores de segurança e identificação de tendências podem resultar na geração do efeito chicote. Além do mais, as previsões de demanda precisam lidar com o fenômeno da substituição de produtos, onde o que está disponível é 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 aproveitar 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 os 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 seria melhor eu pedir 1200, em todo o caso” e assim por diante. Para reduzir o efeito chicote os autores Dias e Yoshiki (2003) apresentam o quadro 1 que traz as melhorias e os seus autores.

	Forrester (1958)	Lee et al. (1997)	Simchi-Levi et al. (2000)
Melhoria do processo logístico	- Agilidade do tratamento dos pedidos	- Formação de lotes de compra e de produção	- Redução do tempo de ressuprimento
Compartilhamento de informações	- Melhora na qualidade dos dados - Ajuste dos estoques	- Processamento das variações na demanda	- Formação de parcerias estratégicas - Redução da incerteza
Redução do efeito de políticas comerciais	-	- Variações de preço - Racionamento	- Redução da variabilidade

Fonte: Dias e Yoshiki, 2003.

Quadro 1 – Indicações para reduzir efeito chicote

A partir do conhecimento dessas causas (apresentadas em formas de princípios) é possível relacionar alguns dos possíveis efeitos conforme apresentadas por Donavan (2003) na tabela 4.

Possíveis efeitos
1 - Aumento da variabilidade no cronograma
2 - Sobre carregamento ou sub carregamento 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).

Tabela 4 – Possíveis efeitos

Através do conhecimento dos possíveis efeitos pode-se relacionar algumas ações para aperfeiçoamento, de acordo com Donavan (2003) na tabela 5.

Possíveis ações para aperfeiçoamento
Minimizar o tempo de ciclo em receber informações sobre a demanda projetada e real
Estabelecer o monitoramento para a demanda de produtos o mais próximo possível do tempo real
Entender os padrões da demanda dos produtos em cada estágio da cadeia de suprimentos
Aumentar a frequência e a qualidade do compartilhamento das informações de demandas
Minimizar ou eliminar as filas de informações que geram atrasos no fluxo de informações
Eliminar métodos de reposições de estoques que criam irregularidades nas demandas da cadeia de suprimentos
Eliminar incentivos para clientes que diretamente causam irregularidades na demanda (acúmulo/escassez), tais como descontos para volumes transportados
Minimizar promoções incentivadas que causam o atraso nos pedidos dos clientes e com isso interrompem a regularidade no padrão dos pedidos
Oferecer produtos num patamar de compra considerável para minimizar surtos de compras provenientes de descontos promocionais temporários
Identificar e, preferencialmente, eliminar as causas das reduções e cancelamentos de pedidos
Prover serviços de VMI em colaboração em serviços de planejamento das necessidades de estoques junto aos clientes para

projeções de demanda, então monitorar a demanda atual para sintonizá-la com os níveis do VMI

Fonte: Adaptado de Donavan (2003).

Tabela 5 – Possíveis ações para aperfeiçoamento

Após o conhecimento das causas, dos efeitos e das possíveis ações de aperfeiçoamento do efeito chicote, pode-se relaciona-las entre si, conforme apresentada na tabela 6.

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 em receber informações sobre a demanda projetada e real
3 - Princípio da transparência da informação	1 - Aumento da variabilidade no cronograma 2 - Sobre carregamento ou sub carregamento 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 - Sobre carregamento ou sub carregamento 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 fluxo de informações
8 - Princípio do pedido por lotes 5 - Princípio da sincronização	1 - Aumento da variabilidade no cronograma	Eliminar métodos de reposições 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 compras 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	Prover serviços de VMI em colaboração em serviços de planejamento das necessidades de estoques junto aos clientes para projeções de

ciclo
7 - Aumento da carga de trabalho e segurança
demanda, então monitorar a demanda atual para sintonizá-la com os níveis do VMI

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 – Relações entre as causas, efeitos e ações do efeito chicote

5. Modelagem matemática

O quadro 2 apresenta as fórmulas matemáticas para o efeito chicote.

	Autores	Fórmulas matemáticas
1	Lee et al. (1997)	$EC = 1 + \frac{2p(1-p^{L+1})(1-p^{L+2})}{Var(D_{in})(1+p)(1-p)^2}$
2	Chen et al. (2000)	$EC = \frac{Var(D_{out})}{Var(D_{in})} \geq 1 + \frac{2L}{p} + \frac{2L^2}{p^2}$
3	Warburton (2004)	$EC = \frac{O(L)}{d} = \frac{I_D - I(L)}{Td} = \frac{Ld}{Td} = \frac{L}{T}$
4	Frasoo e Wouters (2000)	$EC = \frac{\sigma[D_{out}(t, t+L)] \mu[D_{in}(t, t+L)]}{\sigma[D_{in}(t, t+L)] \mu[D_{out}(t, t+L)]}$

Fonte: Fiorilli, 2007.

Quadro 2 – Modelagem matemática

O modelo de Lee *et al.* (1997) é simples. Construído a partir de um modelo auto-regressivo 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 considera 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. Dado que o EC é a razão entre duas variâncias, este resultado seria incorreto, por definição.

O modelo de Chen *et al.* (2000) é um dos mais citados na literatura. Foi construído a partir de um modelo auto-regressivo 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 oposição, 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 destes movimentos contrários e 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 o número de períodos (utilizados no cálculo da média móvel da demanda) exerce sobre a intensidade do fenômeno.

A formulação final do modelo de Warburton (2004) é muito simples, porém de desenvolvimento 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) 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 incorpora a variabilidade do *lead time* no cálculo do EC.

6. Considerações finais

A amplificação da demanda, ou o efeito chicote, é um fenômeno já reconhecido pelos economistas no início do século XX. No entanto, a formalização dos seus estudos veio a ocorrer a partir das décadas de 1950 e 1960, com o pioneirismo de Forrester e Burbidge. Estes pesquisadores identificaram algumas das possíveis causas associadas a esse fenômeno, que serviram de base para as pesquisas posteriores para a identificação outras possíveis causas, efeitos e, também, ações de aperfeiçoamento para tratar do efeito chicote na cadeia de suprimentos. Neste trabalho, foram apresentadas 10 possíveis causas na ocorrência desse fenômeno; 7 possíveis efeitos; 11 possíveis ações para aperfeiçoamento; meios utilizados para a sua investigação; 4 tipos de modelagens matemáticas.

Para oportunidades de estudos futuros sobre esse assunto, sugere-se: Analisar a contribuição da prevenção do efeito chicote para o Desenvolvimento Sustentável Organizacional: i) Qual a relação entre o efeito chicote e a questão dos resíduos para as organizações? ii) Como o tratamento do efeito chicote influencia as dimensões (econômica, social e ambiental) do Desenvolvimento Sustentável? iii) Avaliar os desperdícios ocasionados pelo efeito chicote na cadeia de suprimentos, por exemplo, na área de alimentos: i) Como tratar os desperdícios (recebimento, processamento e distribuição) de matéria-prima na cadeia de suprimentos?

Referências

- ACKOFF, R.L.** *Ackoff's Best—His Classic Writings on Management*. New York. Wiley, 1999.
- ANDERSON JR.; FINE, C.H.; PARKER, G.G.** Upstream volatility in the supply chain: the machine tool industry as a case study. *POMS Series in Technology and Operations Management*, n.9, p.239–261, 200
- ANDRASKI, J.C.** Foundations for a successful continuous replenishment programme. *International Journal of Logistics Management*. Vol.5, n 1, p.1–8, 1994.
- BEAMON, B. M.** Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations e Production Management*, vol. 9, n. 3, p. 275-292, 1999.
- BOND, E.** *Medição de desempenho para gestão da produção em um cenário de cadeia de suprimentos*, 2002, 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2002.
- CHEN, F.et al.** Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times, and information. *Management Science*, v. 46, n.3, march, 2000, p. 436 – 443.
- COELHO, L. C.; FOLLMANN, N.; TABOADA RODRIGUEZ, C. M.** O efeito chicote e o seu impacto na gestão das cadeias de suprimentos. In: *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 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*, vol. 16, n. 4, 2009, p. 571-583.
- COOPER, M. C. et al.** Supply chain management: more than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, vol. 8, n. 1, p. 1-14, 1997.
- DONOVAN, M.** *Supply chain management: cracking the bullwhip effect*. Working Paper, 2003.
- DORNIER, P. P. et al.** *Logística e Operações Globais: texto e casos*, São Paulo: Atlas, 2000.
- FILHO, G. P.; HAMACHER, S.** Modelo para avaliação dos ganhos do gerenciamento da cadeia de suprimentos. In: *Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, 2000.
- FIORILLI, 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.
- FIRMO, A. C. C.; LIMA, R. S.** Gerenciamento da cadeia de suprimentos no departamento automobilístico: um

estudo de caso no consórcio modular. In: *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 25., outubro – novembro, Porto Alegre, 2005.

FISHER, M. What is the right supply chain for your product? *Harvard Business Review*, p.105–116, march/april, 1997.

FORRESTER, J. W. (1961) – Industrial dynamics, New York: MIT Press: **HOLWEG, M.; BICHENO, J.** *International Journal of Production Economics*, 78, 2002, p.163 – 175.

FRANSOO, J. C.; WOUTERS, M. J. F. Measuring the bullwhip effect in the supply chain. *Supply Chain Management*, v. 5, n. 2, p. 78-89, 2000.

FREITAS, L. M. et al. Os reflexos do efeito chicote nos custos logísticos de Estoque: o caso de uma empresa componente da cadeia de Suprimento de bebidas. *Revista Produção Online*, vol. 10, n. 2, p. 342-367, 2010.

GEARY, S. et al. On bullwhip in supply chains: historical review, present practice and expected future impact. *International Journal of Production Economics*, n. 101, p. 2-18, 2006.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 171p.

JESUS, G. *Estudo de caso sobre a medição desempenho da cadeia de suprimentos de uma montadora de automóveis*, 2003. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção), Universidade Federal de São Carlos, 2003.

LAMBERT, D. M. et al. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, vol. 9, n. 2, p. 1-19, 1998.

LEE, H. L., PADMANABHAN, V., WHANG, S. The bullwhip effect in supply chains. *Sloan Management Review*, Spring, 1997, p. 93 – 102.

McCULLEN, P.; TOWILL, D.R. Diagnosis and reduction of bullwhip in supply chains. *Supply Chain Management, An International Journal*. Vol.7, n 3–4, p.164–179, 2002.

METTERS, R. Quantifying the bullwhip effect in supply chains. *Journal of Operations Management*, v. 15, n. 2, 1997, p. 89 - 100.

MITCHELL, T., 1923. Competitive illusion as a cause of business cycles. *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 38, 631–652.

NOBREGA JR., J. I. C. *Metodologia para análise estratégica de projetos de cadeias de abastecimento industrial*, 2000. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

OLIVEIRA, M. B.; LONGO, O. C. Gestão da cadeia de suprimentos. In: *CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO*, 4., julho-agosto, 2008.

SOUZA, G. D.; CARVALHO, M. S. M. V.; LIBOREIRO, M. A. M. Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação. *Revista de Administração Pública*, vol. 40, n. 4, 2006.

STERMAN, J. Modeling managerial behavior: misperception of feedback in a dynamic decision-making experiment. *Management Science*, v. 35, n. 3, 1989, p. 321-339.

STEVENS, G.C. Integrating the supply chain. *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*. Vol.19, n 8, p.3–8, 1989.

THONEMANN, U.S. Improving supply chain performance by sharing advance demand information. *European Journal of Operational Research*. Vol.152, p.81–107, 2002.

WATSON, G.H. *Business Systems Engineering: Managing Breakthrough Changes for Productivity and Profit*. NY, Wiley, 1994.

WIKNER, J., NAIM, M.M., TOWILL, D.R. The system simplification approach in understanding the dynamic behaviour of a manufacturing supply chain. *Journal of Systems Engineering* Vol.2, n 2, p.164–178, 1992.