

Análise do Planejamento Colaborativo em Cadeias de Suprimentos Baseada em Simulação Computacional

Guilherme Ernani Vieira*

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PPGEPS – CCET
Imaculada Conceição 1155, Curitiba, PR, 80215-901
gui.vieira@pucpr.br

Osmar César Júnior

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PPGEPS – CCET
Imaculada Conceição 1155, Curitiba, PR, 80215-901

Resumo: *Este artigo faz uma abordagem, provavelmente pioneira, de uma análise quantitativa do uso do planejamento, previsão e reposição colaborativo (CPFR) em cadeias de suprimento através de simulação computacional. Três indicadores de desempenho de cadeias são utilizados neste estudo: Tempo de ciclo de pedido; variação dos níveis de produção no último estágio da cadeia (fornecedor); e a variação do estoque médio total na cadeia. Quatro estratégias baseadas em colaboração são aplicadas a uma cadeia de suprimentos tradicional e os resultados são comparados com o desempenho obtido com a abordagem atual, isto é, sem colaboração entre os estágios da cadeia. As análises através de experimentos de simulação revelam o que já se descobriu através de casos de cadeias que implementaram o CPFR: Verificou-se que a colaboração realmente traz benefícios significativos à gestão da cadeia de suprimentos.*

Palavras-Chave: *CPFR, Cadeia de suprimentos, Simulação, Efeito chicote.*

1. Introdução

Pode-se definir cadeia de suprimentos (CS) de diversas maneiras: como sendo uma rede de negócios de fornecedores, indústria, distribuidores, centro de distribuição e consumidores finais que estão interconectados e preocupados com a conversão de matéria-prima em produtos de qualidade que podem ser fornecidos para consumidores num prazo e custo adequados. Três tipos de fluxos existem em uma CS: fluxo de materiais, de informação e de dinheiro – o gerenciamento desses fluxos compõe o *gerenciamento da cadeia de suprimentos (supply chain management - SCM)* – (Kalakota e Robinson, 2002; Chopra e Meindl, 2003; Gomes e Ribeiro, 2004). Já para Chang e Makatsoris (2001), uma CS é um processo de integração entre fornecedores, indústria, centros de distribuição e varejistas, onde produtos são produzidos e entregues na quantidade certa, na hora certa, a baixo custo e com a satisfação dos consumidores. Para Simchi-Levi *et al.* (2002), uma CS é um conjunto de caminhos utilizados para integrar eficientemente fornecedores, indústria, centros de distribuição e lojas, de maneira a produzirem-se e distribuírem-se mercadorias na quantidade certa, no local certo, e na hora certa, de tal maneira a minimizar-se os custos

* Autor para correspondência. Tel.: (41) 271-2473 Fax: (41) 271-1345

satisfazendo-se o nível de serviço requerido. Francischini e Gurgel (2002) definem CS como a integração dos processos que formam um determinado negócio, desde os fornecedores originais até o usuário final, proporcionando-se produtos, serviços e informações que agregam valor para o cliente. Segundo Harrison e Van Hoek (2003), uma CS é o alinhamento das habilidades a montante e a jusante dos parceiros da cadeia de suprimento para entregar-se valor superior ao cliente final com o mínimo custo para a cadeia de suprimento como um todo.

Um dos grandes problemas no gerenciamento da CS é o efeito chicote, que, segundo Lee *et al.* (1997), ocorre quando há uma comunicação distorcida entre os elementos da cadeia de fornecimento no momento em que ocorre uma variação na quantidade demandada pelo cliente final, as reações dos fornecedores tendem a ser amplificada a cada passagem na cadeia. Todos reagem aumentando ou diminuindo as encomendas acima do realmente necessário, procurando proteger-se. Para cadeias longas, os resultados podem ser extremamente negativos, pois as distorções, todas na mesma direção, vão se acumulando. As conseqüências para as programações de produção são devastadoras.

Partindo-se da idéia de que através do planejamento, previsão e reposição colaborativos (CPFR) consegue-se um aumento de eficiência através da criação de uma co-participação do gerenciamento do processo, ou seja, todos da cadeia podem dar a sua contribuição para a melhoria do processo, através de dados que lhe permitem fazer uma melhor previsão de demanda. Acredita-se que a utilização de idéias baseada em CPFR possa atuar de maneira positiva minimizando as conseqüências negativas do efeito chicote em cadeias de suprimentos.

Entretanto, para que uma empresa aplique seus recursos em qualquer método de melhoria, como o CPFR, por exemplo, necessita-se um estudo dirigido de forma a poder visualizar os resultados a serem alcançados, minimizando ao máximo os riscos que poderiam advir de um investimento errado. Simulação computacional, pode, então, fazer um papel importante no que tange esta análise.

Este artigo trata, portanto, de um estudo cujo objetivo é o desenvolvimento de um modelo de simulação computacional que permita se analisar os efeitos do uso de alguns princípios de CPFR em cadeias de suprimentos – em especial, sobre como o CPFR age no efeito chicote.

A organização deste artigo é a seguinte: A seção 2 define o que é o planejamento, previsão e a reposição colaborativo. Seção 3 fala sobre a CS considerada. Seção 4 descreve os modelos de simulação. Seção 5 trata dos experimentos de simulação da cadeia. Seção 6 faz a análise dos resultados dos experimentos. Seção 7 conclui o artigo e sugere alternativas para continuidade do trabalho.

2. Um pouco sobre CPFR na gestão de cadeias de suprimento

Pode-se dizer que o planejamento, previsão e reposição colaborativos nasceu da a iniciativa de se cobrir os espaços deixados por outras práticas anteriormente utilizadas, tais como *vendor-managed inventory* e *efficient consumer response* (Domingues, 2001). Com o CPFR, têm-se vários problemas resolvidos já no seu início, tais como os citados por Barratt e Oliveira (2001):

- A influência de promoções no cálculo da previsão de vendas (e sua influência na política de gerenciamento de estoques);

- A influência das mudanças no padrão de demanda no cálculo da previsão de vendas (e sua influência na política de gerenciamento de estoques);
- A prática comum de se manter altos níveis de estoques para garantir que se tenha produto disponível nas prateleiras;
- A falta de coordenação entre lojas, o processo de compras e o planejamento da logística dos varejistas;
- A falta de sincronismo geral entre os departamentos de manufatura (vendas/comercial, distribuição e planejamento da produção);
- O desenvolvimento de múltiplas previsões dentro da mesma empresa (vendas, finanças, compras e logística).

A colaboração na cadeia de suprimentos é um enorme desafio no aspecto de negócios, mais até que no aspecto tecnologia. Pode-se dizer então que o grande desafio em colaboração é implementar mudanças culturais e organizacionais (Simchi-Levi e Simchi-Levi, 2000).

Pode-se classificar colaboração na cadeia de suprimentos em três categorias (Simchi-Levi e Simchi-Levi, 2000):

- Troca de informações, este é o nível básico de colaboração em que cada parceiro da cadeia de suprimentos troca informações sobre demanda, nível de estoque e atividades promocionais;
- Coordenação dos planejamentos, neste nível reconhece-se que troca de informações não é tudo, que é importante um acordo para estratégias de previsão e reposição, que permitam um alto nível de coordenação na cadeia de suprimentos;
- Criação de comunidades de cadeia de suprimentos, este é o mais alto nível de colaboração, nas organizações consolidam-se verdadeiras comunidades cujos membros trocam informações sobre metas e objetivos entre si.

Pode-se, portanto, definir CPFRR como uma estratégia de negócios entre parceiros da cadeia de produção para colaboração através de uma simples visão de troca de informações sobre previsão de demanda de consumo a partir do nível de ponto de venda (Seifert 2002).

Assim, CPFRR é um conjunto de Normas e procedimentos amparado pelo VICS, um comitê fundado em 1986 e formado por representantes de diversas empresas, com o objetivo de aumentar a eficiência das Cadeias de Suprimentos, através do estabelecimento de padrões que facilitem o fluxo físico e de informações (Arozo, 2001). O VICS publicou pela primeira vez o guia VICS CPFRR em 1998, nesse pouco tempo, CPFRR passou a ser conhecido como a melhor prática em B2B. Em novembro de 2000, sobre a supervisão do *Global Commerce Initiative* (GCI), um grupo de trabalho passou a encontrarem-se várias vezes e utilizando suas experiências de implantação do CPFRR formulando-se assim um documento que teve sua última atualização em junho de 2002. A premissa básica é que através do CPFRR consegue-se um aumento de eficiência através da criação de uma co-participação do gerenciamento do processo, ou seja, todos da cadeia podem dar a sua contribuição para a melhoria do processo, através de dados que lhe permitem fazer uma melhor previsão de demanda. As informações do ponto de venda são consideradas nas previsões de demanda, no planejamento da produção e entregas. Neste canal disponibiliza-se um fluxo de informações na internet sobre estimativas, promoções, aberturas de loja, e outros parâmetros de planejamento. Compartilham-se essas informações por todos os

participantes da cadeia de suprimentos em tempo real, melhorando-se a eficiência na utilização do capital de giro das empresas envolvidas (GCI 2002).

Portanto, vê-se aqui é uma total mudança estratégica na natureza do relacionamento e das transações entre parceiros no negócio. Pode-se ver o CPFRR como um modelo geral de coordenação dos processos entre os participantes da cadeia de suprimentos (Skjoett-Larsen *et al.*, 2003) e se pode legitimar, através de estudos de caso, que o CPFRR é hoje um dos mais avançados processos de melhoria de desempenho da indústria, com inúmeros varejistas, indústrias e fornecedores, de diferentes mercados, implantando modelos de gestão baseados no CPFRR (César e Vieira 2003).

3. A cadeia de suprimentos considerada

Partindo da estrutura básica já desenvolvida por outro trabalho (Vieira 2004), os modelos de simulação desenvolvidos consideram um cenário onde uma cadeia é composta por quatro elementos (ou estágios): fornecedores (*suppliers*), processadores (*manufactures*), varejistas (*retailers*) e mercado consumidor (*consumer market*). A estrutura para modelagem e avaliação de desempenho dessa cadeia, através de simulação computacional, é composta por níveis hierárquicos. O primeiro nível hierárquico é formado pelos quatro elementos e por sua integração por meio de fluxos de informações e materiais. No segundo nível hierárquico, tem-se a primeira descrição sobre os processos de cada um dos elementos da cadeia. Algumas dessas funções são representadas no terceiro e quarto níveis hierárquicos (Figura 1).

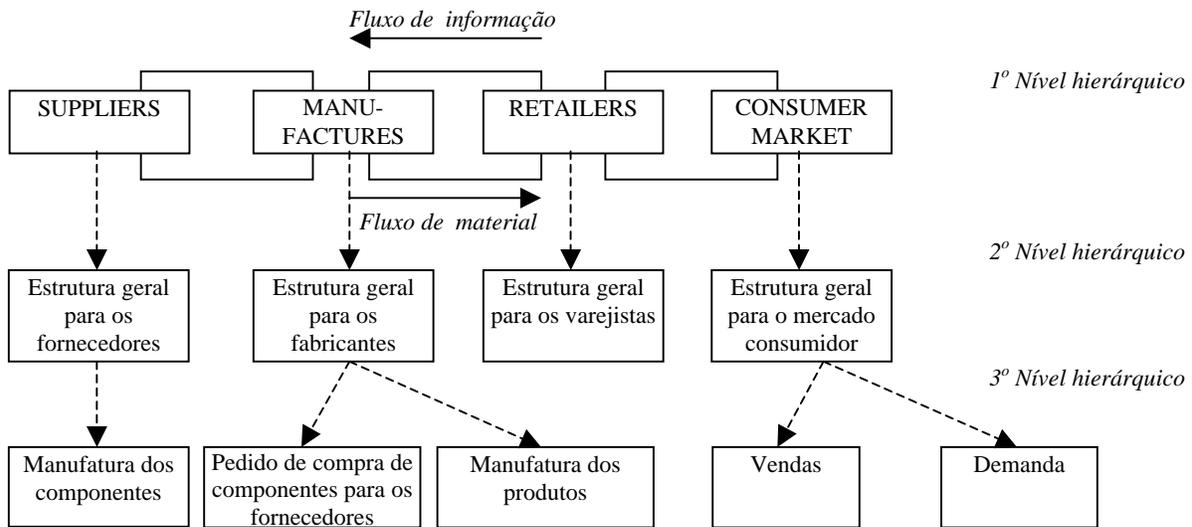


Figura 1: Estrutura hierárquica para modelagem da cadeia.

O desenvolvimento deste modelo de simulação foi baseado no modelo utilizado por (Slack *et al.*, 2001) para exemplificar como o efeito chicote atua na cadeia de suprimentos. Portanto, utilizou-se o princípio de que todos os estágios na cadeia de suprimentos devem manter em estoque um período de demanda, assumindo-se que a demanda no período seguinte será a mesma do período atual. Na Tabela 1 a coluna denominada estoque mostra, para cada nível de fornecimento, o estoque no início do período e o estoque no fim do período. Por exemplo, no início do período 2 a montadora tem 100 unidades de estoque, a demanda no período 2 é 95 e a montadora sabe que ela precisa produzir itens suficientes para terminar o período com 95 itens em estoque. Para conseguir isso ela precisa produzir apenas 90 itens, o que junto com cinco itens do estoque inicial, irá suprir a demanda e deixar o estoque final em 95 itens. Neste cenário, variações da demanda de 5%, tanto para cima (105) quanto para baixo (95) são considerados.

Período	Fornecedor 3		Fornecedor 2		Fornecedor 1		Montadora		Demanda
	Prod	Estoque	Prod	Estoque	Prod	Estoque	Prod	Estoque	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	20	100	60	100	80	100	90	100	95
3	340	60	200	80	140	90	115	95	105
4	0	200	0	140	55	115	85	105	95
5	320	200	260	30	145	85	115	95	105
6	0	260	0	145	55	115	85	105	95

Tabela 1: Ilustração do efeito chicote em cadeias de suprimentos.

Um fornecedor recebe as ordens (ou pedidos) de um fabricante. Se aquele tem a quantidade do componente (matéria bruta ou item) em estoque, este despacha

imediatamente o pedido. Caso contrário este deve ser processado para depois ser enviado. Se após a distribuição, o nível de inventário do componente cai abaixo do nível de segurança (valor do pedido anterior), é lançada uma ordem de serviço para repor o estoque. O princípio é baseado na produção *just-in-time*.

Semelhante ao caso do fornecedor com o fabricante, quando um fabricante recebe um pedido de um varejista, se aquele tiver suficiente quantidade do produto em estoque, o pedido é finalizado e despachado para o varejista. Caso contrário, o pedido fica em espera, até que haja produção do produto pedido. O produto é composto por itens (componentes). Por tanto, deve-se verificar a existência de estoque de componentes o suficiente para se ativar a ordem de produção correspondente. Caso não haja componentes suficientes, o fabricante deverá lançar pedidos de reposição ao(s) fornecedor(es). Os pedidos dos varejistas ficarão, nestes casos, em espera até a chegada dos componentes do(s) fornecedor(es). Assim que o fabricante recebe os componentes do(s) fornecedor(es), um sinal é emitido à produção para que seja dado início à fabricação do pedido do varejista.

Neste modelo, algumas simplificações foram feitas, não foram considerados, por exemplo: (a) Período de defasagem entre a ocorrência da demanda e sua transmissão para seu fornecedor; (b) Lote mínimo de compras, ou seja, qualquer que seja o tamanho do pedido o mesmo é enviado independente de custo; (c) Lote mínimo de fabricação, ou seja, qualquer que seja o tamanho do lote, o mesmo é produzido independente do custo; e (d) Tempo de envio/transporte de produtos;

Quanto à variação de demanda, todas as análises utilizaram uma distribuição Normal com média de 1000 unidades e desvio padrão de 20 unidades.

Com o objetivo de medir o desempenho das CS estudadas, utilizou-se os seguintes índices de desempenho:

- *Tempo de ciclo entre varejista e fabricante* - Mede o tempo gasto entre o pedido e o recebimento de um produto feito pelo varejista para o fabricante.
- *Variações dos níveis de produção dos fornecedores da cadeia de suprimentos*: Relaciona-se principalmente ao efeito chicote.
- *Estoque total médio na cadeia de suprimentos* - Mede os estoques médios totais na cadeia de suprimentos, ou seja, soma-se a média dos seguintes estoques: produtos acabados nos varejistas, produtos acabados no fabricante, componentes nos fornecedores.

Mesmo com algumas simplificações, este cenário ajuda a entender o efeito nocivo da falta de coordenação em uma cadeia de suprimentos e como o planejamento, previsão e reposição colaborativos pode auxiliar a minimizar tais efeitos.

4. Modelos de simulação da Cadeia de Suprimentos

Duas situações foram consideradas nas análises:

1. Abordagem tradicional de coordenação de CS (sem uso de CPFRR);
2. Abordagem integrando idéias baseadas em CPFRR.

A abordagem tradicional (*cenário 1*) não utilizou nenhum tipo de colaboração. Assim, qualquer componente da cadeia de suprimentos recebe um pedido envia o valor que foi pedido e se programa para o período seguinte com o mesmo valor pedido anteriormente.

Para os modelos com idéias baseadas em CPFR, quatro cenários foram considerados:

- *Cenário 2a* – Com exceção da demanda do mercado, considerada Normal(1000, 20), o restante da cadeia utiliza um valor médio de demanda de 1000 itens, com uma possível variação de 10% com relação ao combinado, ou seja, tem-se uma variação de 900 a 1100. Assim, para um pedido para qualquer membro da cadeia inferior a 900, considera-se o pedido como sendo de 900. Para o caso de pedidos com valor acima de 1100, considera-se como sendo de 1100 unidades. Para pedidos com valores entre 900 e 1100, considera-se o próprio valor do pedido. O planejamento para o próximo período levará em conta o valor do pedido real, não o acordado (1000 unidades).
- *Cenário 2b* - Utilizou-se a mesma idéia do cenário 2a, a única diferença foi na hora de se programar para o pedido seguinte. Neste caso utilizou-se o valor que foi combinado de 1000 itens e não o valor real do pedido recebido anteriormente.
- *Cenário 2c* - Este cenário considera o valor de demanda constante (acordado) de 1000 itens para todos da cadeia. Caso o pedido real feito pelo estágio a frente seja menor, faz-se uma divisão dos prejuízos. Sendo assim, calcula-se a diferença entre o pedido real e o combinado (1000) e dividi-se por dois. Ao valor resultante desta divisão, soma-se o valor do pedido, para o caso de pedidos inferiores a 1000, e subtraiu-se, para valores superiores a 1000.
- *Cenário 2d* - Utilizou-se a mesma idéia do cenário 2c com a diferença de que na hora de se programar para o pedido seguinte onde se utiliza o valor que foi combinado (1000 itens) e não o valor do pedido enviado anteriormente.

A Tabela 2 resume os diferentes cenários considerados.

Cenários	Demanda	Primeiro Pedido	Preparação para o próximo Pedido
<i>Cenário 1</i>	NORMAL (1000,20)	Sem colaboração	Igual ao primeiro
<i>Cenário 2a</i>	NORMAL (1000,20)	Variação de até 10% com relação ao planejado	Igual ao primeiro
<i>Cenário 2b</i>	NORMAL (1000,20)	Variação de até 10% com relação ao planejado	Planejado
<i>Cenário 2c</i>	NORMAL (1000,20)	Divisão de prejuízos	Igual ao primeiro
<i>Cenário 2d</i>	NORMAL (1000,20)	Divisão de prejuízos	Planejado

Tabela 2: Quadro comparativo dos cenários 1, 2a, 2b, 2c e 2d.

5. Experimentos de simulação da CS

Nos modelos de simulação, a cadeia de suprimentos é composta por três fornecedores (*suppliers*) que fornecem tipos diferentes de componentes, um fabricante (*manufacturer*), que fabrica produtos diferentes, três varejistas (*retailers*) e um mercado consumidor (*consumer market*).

O modelo de simulação da CS, feito no software ARENA, estrutura a cadeia em níveis hierárquicos, conforme ilustrado pela Figura 1. A Figura 2 mostra então o primeiro nível dessa hierarquia, dando uma visão geral dos módulos que representam a cadeia de suprimentos (devido ao número limitado de páginas, não se detalhará a implementação dos modelos de simulação).

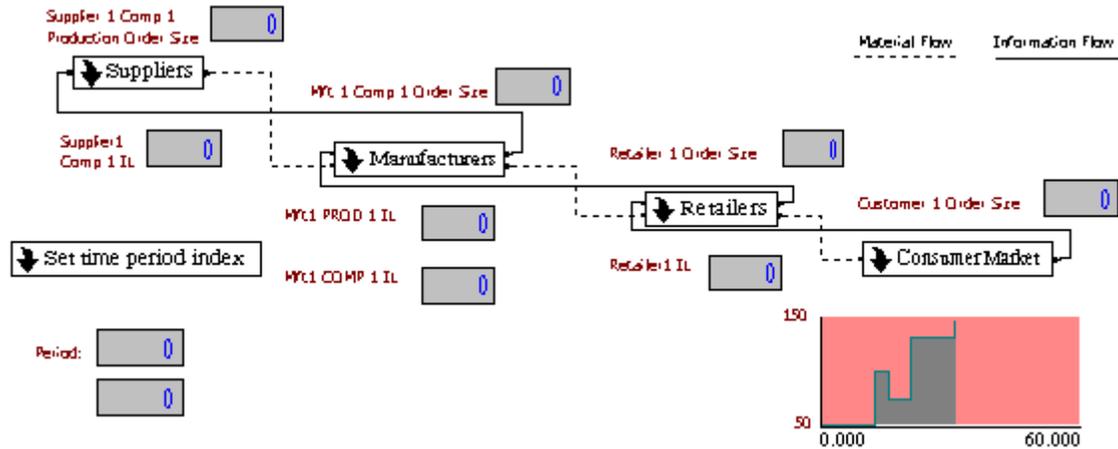


Figura 2: Visão geral do modelo de simulação da CS - primeiro nível hierárquico

Para rodar um modelo de simulação, deve-se especificar os níveis de estoque iniciais, as demandas por estágio/produto e tempos associados à realização desses pedidos. Tem-se também especificar as taxas de produção para fabricantes e fornecedores, e tempos de transporte de produtos (materiais).

6. Análise das simulações dos diferentes cenários

O estudo do uso de idéias que representem conceitos de CPFR aplicados à cadeia de suprimentos (cenário 2a à 2d) de forma quantitativa, tentando analisar os efeitos no desempenho da cadeia é a maior contribuição desse estudo - uma vez colaboração envolve conceitos subjetivos, difíceis de serem modelados.

Para as análises feitas pelas simulações, considerou-se a demanda do mercado consumidor como sendo Normalmente distribuída com média de 1000 unidades por período e desvio padrão de 20 unidades. O horizonte de tempo considerado nas análises foi de 10.000 dias, lançamento de pedidos pelo mercado consumidor a cada 20 dias (período de tempo). Trinta réplicas foram utilizadas para cada experimento e para análise das variações dos pedidos no fornecedor e estoque, replicaram-se 30 vezes as 30 réplicas, ou seja, utilizaram-se 900 réplicas do modelo. Um nível de confiança de 95% foi adotado.

Os resultados obtidos com as simulações dos cenários estão resumidos na Tabela 3.

Cenários	Tempo de Ciclo (Varejista/Fabricante)	Varição de níveis de produção (Fornecedores)	Varição do Estoque Total Médio na CS
<i>Cenário 1</i>	194,80 (8,48)	313,8 (2,56)	175,1 (2,34)
<i>Cenário 2a</i>	143,67 (10,32)	206,5 (2,14)	134,6 (2,14)
<i>Cenário 2b</i>	113,88 (4,98)	92,4 (2,09)	76,0 (2,23)
<i>Cenário 2c</i>	111,61 (8,26)	54,3 (2,12)	40,0 (2,41)
<i>Cenário 2d</i>	132,23 (12,0)	45,8 (2,06)	34,3 (2,42)

Tabela 3: Resultados obtidos na simulação.

Uma análise mais detalhada do efeito da colaboração nos três indicadores de desempenho considerados é descrita a seguir.

6.1 Tempo de ciclo

A Tabela 4 compara o tempo de ciclo e seu intervalo de confiança para cada um dos cinco cenários utilizados. Pode-se observar que no modelo tradicional o tempo de ciclo entre varejista e fabricante é maior do que em todos os demais cenários. Isto é compreensível, pois neste cenário não está sendo considerado nenhum tipo de colaboração, ou seja, troca de informações entre os diversos componentes da cadeia de suprimentos. No cenário 2a, partiu-se da idéia de colaboração, considerou-se o valor de demanda de 1000 itens para todos da cadeia de suprimentos e uma variação com relação ao que foi combinado de 10%, ou seja, tem-se uma variação de 900 a 1100. Nesse cenário, observa-se uma diminuição no tempo de ciclo entre varejista e fabricante, quando comparado com o cenário 1, ou seja, observa-se aqui o efeito da colaboração na cadeia de suprimentos. No cenário 2b utiliza a mesma idéia do cenário 2a, a única diferença foi na hora de se programar para o pedido seguinte onde neste caso utilizou-se o valor que foi combinado de 1000 itens. Nesse cenário observa-se também uma diminuição no tempo de ciclo entre varejista e fabricante, quando comparado com o cenário 1, ou seja, observa-se também o efeito da colaboração na cadeia. No cenário 2c considera o valor de demanda de 1000 itens para todos da cadeia de suprimentos. Um pedido feito para qualquer membro da cadeia de suprimentos com valor inferior a 1000, utilizou-se uma divisão de prejuízos, ou seja, calculou-se a diferença entre o pedido e 1000 e dividiu-se por dois. Nesse cenário há também uma diminuição no tempo de ciclo entre varejista e fabricante, quando comparado com o cenário 1, refletindo novamente o efeito positivo da colaboração na CS. O cenário 2d utiliza a mesma idéia do cenário 2c, a diferença foi na hora de se programar para o pedido seguinte onde neste caso utilizou-se o valor que foi combinado de 1000 itens, e não o mesmo valor do pedido enviado anteriormente. Nesse cenário observa-se também uma diminuição no tempo de ciclo entre varejista e fabricante, quando comparado com o cenário 1, ou seja, mais uma vez a colaboração tem um efeito positivo no desempenho da cadeia.

Comparando-se os intervalos de confiança dos cinco cenários estudados, pode-se concluir que para os cenários 2a, 2b, 2c e 2d, o tempo de ciclo diminui com relação ao cenário 1, pois como o intervalo de confiança do cenários 1 não sobrepõe nenhum outro intervalo, pode-se afirmar, com 95% de certeza, que há uma diferença significativa entre eles. Pode-se observar que nos cenários 2b e 2c é onde ocorre o menor tempo de ciclo, embora não possa dizer qual deles é menor por ocorrer uma sobreposição dos seus intervalos de confiança. Nos cenários 2a e 2d o tempo de ciclo é maior quando comparados com os cenários 2b e 2c. Aqui também não se pode dizer qual deles é maior por ocorrer uma sobreposição dos intervalos.

Cenários	Tempo de Ciclo (Varejista/Fabricante)		
	Varição mínima	Média	Varição máxima
<i>Cenário 1</i>	186,32	194,80	203,28
<i>Cenário 2a</i>	133,35	143,67	153,99
<i>Cenário 2b</i>	108,90	113,88	118,86
<i>Cenário 2c</i>	103,35	111,61	119,87
<i>Cenário 2d</i>	120,23	132,23	144,23

Tabela 4: Tempo de ciclo para os diferentes cenários.

6.2 Variação dos níveis de produção do fornecedor

A Tabela 5 compara a variação dos níveis de produção no último estágio da cadeia, isto é, nos fornecedores. A tabela também mostra os intervalos de confiança dessas variações para cada um dos cenários considerados.

Cenários	Variação dos níveis de produção (Fornecedores)		
	Variação mínima	Média	Variação máxima
<i>Cenário 1</i>	311,24	313,80	316,36
<i>Cenário 2a</i>	204,36	206,50	208,64
<i>Cenário 2b</i>	90,31	92,40	94,49
<i>Cenário 2c</i>	52,18	54,30	56,42
<i>Cenário 2d</i>	43,74	45,80	47,86

Tabela 5: Variações dos níveis de produção no fornecedor.

No modelo tradicional pode-se observar claramente o efeito chicote através da variação dos níveis de produção no fornecedor. No cenário 2a observa-se uma diminuição da variação desses níveis comparado com o cenário 1. Um fato também interessante é o fato de ao se aumentar a variação do percentual combinado (de 10% para 20%, por exemplo), tem-se um aumento na variação dos níveis de produção no fornecedor, o qual chega cada mais próximo da variação do cenário 1. Por outro lado, ao se diminuir essa variação (de 10% para 5%, por exemplo), tem-se uma diminuição dessa variação, chegando-se também próximo ao caso ideal, onde não há variação alguma, ou seja, o dado de variação da demanda é conhecida e repassada a toda a cadeia de suprimentos. Um fato também interessante a se observar é o fato de se poder considerar essa variação da colaboração como sendo um índice para representar se a colaboração é maior ou menor dentro da CS. No cenário 2b, observa-se uma situação mais próxima ao caso ideal, havendo também uma diminuição da variação dos níveis de produção (efeito chicote) no fornecedor com relação ao cenário 1. O cenário 2c demonstrou também uma diminuição da variação quando comparado com o cenário 1, pois ao dividir-se o prejuízo, está se fazendo diminuir a variação dos níveis e produção e/ou de pedidos ao longo da cadeia. É uma situação que pode tranquilamente ser associada ao caso real, pois a partir do momento que se tem um acordo de colaboração (ou de parceria) deve existir uma divisão dos prejuízos entre os parceiros envolvidos. No cenário 2d, tem-se uma situação ainda mais próxima do caso ideal, pois além de se ter a divisão dos prejuízos, há também uma programação para o pedido anterior igual a acertado no contrato de colaboração. Com relação à variação dos pedidos no fornecedor, observa-se também uma diminuição em relação ao cenário 1.

Observando-se os intervalos de confiança de cada cenários estudado, pode-se concluir que para os cenários 2a, 2b, 2c e 2d, as variações dos pedidos no fornecedor diminuem em relação ao cenário 1. Pode-se observar que a menor variação dos pedidos ocorre no cenário 2d e depois, sucessivamente, nos cenários 2c, 2b e 2a. Não ocorrendo nenhuma sobreposição dos intervalos de confiança dos cenários, portanto, pode-se afirmar com 95% de certeza que há uma diferença significativa de nas flutuações dos pedidos (de compra e de produção) – efeito chicote - entre os cenários. O que apresenta, portanto, o menor efeito chicote – conseqüentemente uma melhor coordenação da cadeia, é o cenário 2d, o qual tem o maior nível de colaboração.

6.3 Variação do estoque total médio

A Tabela 6 compara a variação do estoque total médio e seu intervalo de confiança para cada um dos cinco cenários utilizados.

Cenários	Variação do Estoque total médio na CS		
	Variação mínima	Média	Variação máxima
<i>Cenário 1</i>	172,76	175,10	177,44
<i>Cenário 2a</i>	132,46	134,60	136,74
<i>Cenário 2b</i>	73,77	76,00	78,23
<i>Cenário 2c</i>	37,59	40,00	42,41
<i>Cenário 2d</i>	31,88	34,30	36,72

Tabela 6: Variações do estoque total médio para os diferentes cenários.

No modelo tradicional, pôde-se observar o efeito chicote através da variação estoque médio ao longo da cadeia. Todos os novos cenários (2a à 2d) apresentam uma diminuição da variação do estoque total médio em relação ao cenário 1.

Novamente através da comparação dos intervalos de confiança, pode-se concluir que para os cenários 2a, 2b, 2c e 2d as variações dos pedidos no fornecedor diminuem em relação ao cenário 1. Pode-se observar também que a menor variação do estoque total médio ocorre no cenário 2d e depois, sucessivamente, 2c, 2b e 2a, não ocorrendo nenhuma interposição dos cenários. O que, novamente, significa dizer que os cenários têm diferença de desempenho, sendo que o cenário 2d o que apresenta a menor variação de estoque na cadeia.

A Tabela 7 mostra um resumo geral dos resultados obtidos, posicionando cada cenário com relação aos indicadores de desempenho em ordem do melhor para o pior caso.

Cenários	Tempo de Ciclo (Varejista/Fabricante)	Variação de pedidos (Fornecedores)	Variação do Estoque total médio na CS
<i>Cenário 1</i>	Terceiro	Quinto	Quinto
<i>Cenário 2a</i>	Segundo	Quarto	Quarto
<i>Cenário 2b</i>	Primeiro	Terceiro	Terceiro
<i>Cenário 2c</i>	Primeiro	Segundo	Segundo
<i>Cenário 2d</i>	Segundo	Primeiro	Primeiro

Tabela 7: Resumo geral dos resultados obtidos.

Portanto, de maneira geral, o cenário 2d – que possui as melhores características de colaboração - é o que trará melhor desempenho para a cadeia, pois apresenta menor variação de demanda e de estoque, mesmo embora o tempo médio de ciclo não seja necessariamente o menor dos obtidos nos diferentes cenários (perde apenas para o cenário 2c).

7. Conclusões

Este artigo mostrou que através de simulação computacional pode-se quantificar como os efeitos do uso do planejamento, previsão e reposição colaborativos em cadeias de suprimento. O efeito chicote, por exemplo, pode ser avaliado e minimizado a partir do uso do CPFRR. Pode-se dizer, portanto, que através do modelo de simulação desenvolvido se conseguiu medir e observar as melhorias que idéias baseadas em CPFRR podem trazer para uma cadeia de suprimentos.

Cinco cenários foram tratados. O primeiro cenário não considerou nenhum tipo de colaboração (abordagem tradicional) versus quatro outros cenários com diferentes abordagens de colaboração. Três indicadores de desempenho foram utilizados para as análises: Tempo de ciclo de pedido (tempo total desde a realização do pedido até seu fechamento); variação dos níveis de produção último estágio da cadeia; e a variação do estoque médio total na cadeia.

As análises através de experimentos de simulação revelaram o que já se sabia através de casos reais, isto é, de cadeias que têm implementado CPFR. Verificou-se que a colaboração realmente traz benefícios significativos à gestão da cadeia de suprimentos.

Outro fato importante que se observou foi o fato dos experimentos mostrarem que a colaboração não trouxe uma diminuição dos estoques totais da cadeia de suprimentos, mas sim uma diminuição da variação desses níveis. Isto significa dizer que os parceiros podem, de posse desses dados, trabalhar com estoques de segurança menores, uma vez que este depende diretamente dessas variações.

Pode-se dizer que esse trabalho trouxe algumas contribuições, tais como:

- Definição de medidas de desempenho que auxiliam a avaliação dos efeitos do CPFR em cadeias produtivas, em particular, no efeito chicote;
- Um modelo de simulação computacional que auxilia a gestão da cadeia de suprimentos a partir de conceitos de colaboração e que possibilita a avaliação da do CPFR em CS sem que o mesmo necessite de ser implantado de fato;
- Serve como base para estudos futuros, tais como os descritos a seguir.
- Mostra as conseqüências do efeito chicote e da integração de cadeias de suprimentos de maneira quantitativa e mais realista, se comparada com outros modelos encontrados na literatura.

Novas oportunidades de pesquisa foram identificadas, as quais podem dar continuidade a este projeto: (a) Aplicação dos modelos de simulação desenvolvidos em uma cadeia real; (b) Melhorar os modelos, tornando-os mais próximo possível da realidade, desconsiderando algumas das simplificações feitas neste estudo; (c) Incluir nos modelos de simulação conceitos de lotes econômicos de compras e fabricação; (d) Incluir análise detalhada dos benefícios econômicos trazidos com o CPFR (tal estudo deve verificar como tempos de ciclo e as variações nos níveis de produção podem ser quantificados monetariamente. Já com relação à variação nos níveis de estoque ao longo da cadeia, este provavelmente é o mais fácil de ser quantificado financeiramente, pois os custos de armazenamento (ou de estocagem), de pedido e de compra já são normalmente conhecidos (ou estimados) pela empresa; (e) Aprimoramento dos modelos de simulação desenvolvidos, de maneira a torná-los genéricos para poderem representar um número maior de cadeias de suprimentos; e (f) Incluir novos índices de desempenho, tal como nível de serviço e custos, falados anteriormente.

8. Referências Bibliográficas

AROZO, R. (2001), *CPFR - Planejamento Colaborativo: Em busca da redução de custos e aumento do nível de serviço nas cadeias de Suprimento*. CEL – Centro de estudos em Logística - COPPEAD-UFRJ, 2001. Disponível em <http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fs-busca.htm?fr-cpfr.htm>. Acesso em: 19/08/2003.

- BARRATT, M.; OLIVEIRA, A. (2001), *Exploring the experiences of collaboration planning initiatives*. International journal of physical distribution e logistics management, Vol.31, No.4, 2001, pp. 266-289.
- CÉSAR, O. J.; VIEIRA, G. E. (2003), *Use of CPFR to improve the efficiency of supply chains: an overview of concepts, characteristics, implementation and solutions*. X SIMPEP-Simpósio de Engenharia de Produção, UNESP, SP, 2003.
- CHANG, Y.; MAKATSORIS, H. (2001), *Supply chain modeling using simulation*. University of Cambridge; Institute for manufacturing, I.J. of Simulation, Vol.2, No.1, 2001, pp. 24-30.
- CHOPRA, S., e MEINDL, P. Supply Chain Management. 2nd Edition. Prentice-Hall.
- DOMINGUES, O. (2001), *Gestão de Compras em Supermercados (Estudo de caso: COOP-Cooperativa de consumo)*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Programa de pós-graduação em Administração, São Paulo, SP, 2001.
- FRANCISCHINI, P. G.; GURGEL, F.A. (2002), *Administração de Materiais e do Patrimônio*. 1^a Edição, São Paulo, SP, Editora Pioneira Thomson Learning, 2002.
- GCI (Global Commerce Initiative).(2002), *Recommended Guidelines. Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*. Versão 2.0, 2002, Disponível em <www.cpfr.org>. Acesso em 20/02/2002.
- GOMES, C.F.S.; RIBEIRO, P.C.C. (2004), *Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação*. 1^a Edição, São Paulo, SP, Editora Pioneira Thomson Learning, 2004.
- HARRISON, A.; VAN HOEK, R. (2003), *Estratégia e Gerenciamento de logística*. Tradução Bazán Tecnologia e Lingüística, 1^a Edição, São Paulo, SP, Editora Futura, 2003.
- KALAKOTA, R.; ROBINSON, M. (2002), *e.business: Estratégias para alcançar o sucesso no mundo digital*. 2^a Edição, Porto Alegre, RS: Editora Bookman, 2002.
- LEE, H.L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. (1997), *The Bullwhip effect in supply chains*. Sloan Management Review, Vol.38, No.3, 1997, pp. 93-102.
- SEIFERT, D. (2003), *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment. How to create a supply Chain Advantage*. USA, 1^a Edição, Amacom Books, 2003, 411p.
- SIMCHI-LEVI, D.; SIMCHI-LEVI, L.; WATSON, M. (2002), *Tactical planning for reinventing the supply chain*. University of Cambridge; Massachusetts Institute of Technology, USA, 2002, 30 p.
- SIMCHI-LEVI, D.; SIMCHI-LEVI, L. (2000), *The effect of e-business on supply chain strategy*. University of Cambridge; Massachusetts Institute of Technology, USA, 2000, 23 p.
- SKJOETT-LARSEN, T.; THERNOE, C.; ANDRESEN, C. (2003), *Supply chain collaboration: Theoretical perspectives and empirical evidence*. International journal of physical distribution e logistics management, Vol.33, No.6, 2003, pp.531-549.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. (2001), *Operations Management*. 3rd Edition. Prentice-Hall.
- VIEIRA, G. (2004), *Ideas for modeling and simulation of supply chains with arena*. A ser apresentado no Winter Simulation Conference – 2004 - USA.