FELIPE AKIRA SASAKI

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS USANDO A DINÂMICA DE SISTEMAS

CURITIBA - PR

2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ PUC-PR

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA CCET

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS PPGEPS

FELIPE AKIRA SASAKI

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS USANDO A DINÂMICA DE SISTEMAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Professor Gustavo Henrique da Costa Oliveira **Co-Orientadora**: Professora Patrícia Alcantara Cardoso

CURITIBA - PR

2009

Dedico este trabalho, a todas as pessoas, familiares e amigos, que me apoiaram durante esse período de trabalho árduo.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gustavo Henrique da Costa Oliveira por tudo o que com ele pude aprender. Pela sua paciência, dedicação, amizade, confiança depositada.

A minha co-orientadora, Prof.ª Patrícia Alcantara Cardoso, pelos conselhos e orientação dados.

A Fundação Araucária pelo apoio concedido, sem o qual este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao Prof. Eduardo de Oliveira Pacheco e família, por sua dedicação ao auxiliar nos estudos deste projeto.

A minha família e amigos, especialmente aos meus pais, Edson e Lucy, pela educação, carinho e formação proporcionada.

Aos meus colegas do mestrado PPGEPS - PUC-PR.

Aos professores que participaram da comissão examinadora.

A todos os professores e funcionários do Departamento pelos ensinamentos e ajuda.

Resumo

Uma cadeia de suprimentos pode ser definida como o caminho percorrido por um produto, iniciando a partir dos fornecedores de matérias-primas, passando pela distribuição no ambiente produtivo, manufatura e terminando com a distribuição do produto aos centros consumidores. O sucesso de uma Cadeia de Suprimentos é ser competitiva em relação a seus concorrentes em diferentes aspectos, por exemplo: redução de custo, eficiência ao atendimento ao cliente, qualidade e inovação, etc. Um modo para unir estes objetivos é através da análise da dinâmica da Cadeia de Suprimentos.

Desde a década de 60, a metodologia conhecida como Dinâmica de Sistemas (*System Dynamics* - SD) vem se destacando como ferramenta para analisar a dinâmica dos sistemas produtivos. Pode-se definir esta metodologia como a aplicação dos conceitos de realimentação em sistemas produtivos. Isto envolve desde a análise estrutural até a definição de políticas de tomada de decisão um determinado ambiente produtivo.

Este trabalho apresenta resultados relativos ao apoio a tomada de decisão sobre as políticas da cadeia de suprimentos tendo como objetivo a melhora de desempenho, e através de simulação do comportamento dinâmico da Cadeia de Suprimentos. Para a obtenção dos dados foram utilizados indicadores de desempenho tradicionais e estruturas conhecidas como *Inventory and Order Based Production Control System* (IOBPCS) e *Automatic Pipeline Inventory and Order Based Production Control System* (APIOBPCS).

Palavras-Chave: Dinâmica de Sistemas, Gerenciamento de Cadeia de Suprimentos, Indicadores de Desempenho, IOBPCS.

Abstract

A supply chain can be defined as a product itinerary, from the raw materials suppliers, continuing with distribution in the productive environment, manufacturing, assembly to product distribution to consuming centers. Supply Chains try to overcome competitors by being competitive in many aspects such as cost reduction, efficiency in customer attendance, quality and innovation. A way to achieve this objective is through the Supply Chain dynamics.

Since the sixties, the methodology known as Systems Dynamics (SD) is a highlighted tool to analyze the productive systems dynamics. This methodology can be defined as the application of feedback concepts in productive systems. It involves procedures from the structural analysis to the definition of policies of strategies of in a certain productive environment.

This study presents relative results of support for decisions on policies of supply chain and has as objective performance improvement through simulation of the Supply Chain dynamic behavior. The data was obtained using traditional performance indices and known structures as Inventory and Order Based Production Control System (IOBPCS) and Automatic Pipeline Inventory and Order Based Production Control System (APIOBPCS), assisted by performance indices to support new decisions over the system parameters.

Keywords: System Dynamics, Supply Chain Management, Performance Indices, IOBPCS.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS E DINÂMICA DE SISTEMAS	18
1.2 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA FECHADA	20
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO	22
1.4 METODOLOGIA	24
2 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	27
2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS	27
2.2 GESTÃO DE CADEIA DE SUPRIMENTOS	29
2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO	37
2.3.1 Tipos-chave de Indicadores	40
2.3.2 Recursos	41
2.3.3 Saídas	43
2.3.4 Flexibilidade	45
3 SISTEMA, PENSAMENTO SISTÊMICO E DINÂMICA DE SISTEMAS	48
3.1 SISTEMA	48
3.2 PENSAMENTO SISTÊMICO - SYSTEM THINKING (ST)	50
3.3 DINÂMICA DE SISTEMAS – SYSTEM DYNAMIC (SD)	52
3.3.1 Realimentação	55
3.3.1.1 Realimentação Positiva (Feedback Positivo - FP)	55
3.3.1.2 Realimentação Negativa (Feedback Negativo - FN)	56
3.3.2 Comportamentos Dinâmicos Fundamentais	56
3.3.2.1 Crescimento Exponencial	56
3.3.2.2 Goal-Seeking	57
3.3.2.3 Oscilação	58
3.3.3 Diagramas Causais	59
3.3.4 Estoque e Fluxos	60
3.3.5 Variáveis Auxiliares	61
3.3.6 Atrasos	61
3.3.6.1 Atraso de Material	62
3.3.6.2 Atraso de Informação	62
3.3.6.3 Atraso e Aprendizado sobre Sistemas Complexos	63
3.3.7 Formulando Relações Não lineares	63
4 MODELAGEM E CONTROLE DA DINÂMICA DA CADEIA DE SUPRIM	
	64

4.1 IOBPCS – INVENTORY AND ORDER BASED PRODUCTION CONTROL SYSTEM	
4.2 APIOBPCS – AUTOMATIC PIPELINE INVENTORY AND ORDER BASE PRODUCTION CONTROL SYSTEM	
4.3 MODEL PREDICTIVE CONTROL – MPC (CONTROLE PREDITIVO POR MODELO)	
4.3.1 MPC em Cadeias de Suprimentos	81
5 APLICAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO SOB OS AMBIENTES PRODUTIVOS TIPO IOBPCS E APIOBPCS	84
5.1 DEMANDA CONSTANTE	88
5.1.1 IOBPCS	88
5.1.2 APIOBPCS	99
5.2 DEMANDA TIPO "DEGRAU"	106
5.2.1 IOBPCS	106
5.2.2 APIOBPCS	113
5.3 DEMANDA SAZONAL	121
5.3.1 IOBPCS	121
5.3.2 APIOBPCS	130
5.4 COMPARATIVO ENTRE SITUAÇÃO INICIAL E FINAL DOS MODELOS IOBPCS E APIOBPCS	
6 CONCLUSÃO	143
6.1 TRABALHOS FUTUROS	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145

Lista de Figuras

Figura 1 – Estrutura do Trabalho	26
Figura 2 - Fluxos logísticos de uma cadeia de suprimento. (TAYLOR, 2005)	32
Figura 3 - Estrutura de Gestão de Cadeias de Suprimentos (Cooper et al.,1997)	33
Figura 4 - Passos num método de ST (RICHMOND, 2000)	50
Figura 5 - Crescimento Exponencial	57
Figura 6 - Goal-Seeking	58
Figura 7 - Oscilação	59
Figura 8 - Um diagrama causal sobre a dinâmica do crescimento popula	icional
(STERMAN, 2000)	60
Figura 9 - Um exemplo de diagrama de Estoque e Fluxos (Estoque = INTE	GRAL
(Produção-Vendas, Estoque Inicial)	61
Figura 10 - Fluxos logísticos de uma cadeia de suprimento. (TAYLOR, 2005)	64
Figura 11 – IOBPCS modelado a partir da visão da Dinâmica de Sistemas	68
Figura 12 – Comportamento do Processo Produtivo de Um Nível IOBPCS	71
Figura 13 - Variação do Estoque em Relação à Variação do Tempo de Aju	ste de
Estoque (Ti)	72
Figura 14 - Diagrama de causa e efeito de um nível produtivo IOBPCS e APIOBP	CS 75
Figura 15 – Diagrama de fluxo de um nível produtivo APIOBPCS	76
Figura 16 – Ordem de Produção APIOBPCS	78
Figura 17 - Pedido de Reposição WIP	79
Figura 18 – Soma entre Pedido de Reposição Wip e a Ordem de Produção	79
Figura 19 – Intervalo de Tempo do Horizonte de Previsão	82
Figura 20 - Diagrama de Blocos de um elo da Cadeia de Suprimentos controlad	o pelo
MPC	83
Figura 21 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Demanda nos três e	elos da
Cadeia de Suprimentos	89
Figura 22- Demanda Constante - Situação Inicial IOBPCS: Estoque nos três e	los da
Cadeia de Suprimentos	89
Figura 23 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Ordem de Produç	ão nos
três elos da Cadeia de Suprimentos	90

Figura 24 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Volume de Vendas
Efetivas de cada elo.da Cadeia de Suprimentos
Figura 25 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Custo Total de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 26 - Demanda Constante - Situação Inicial IOBPCS: Receita de cada elo da
Cadeia de Suprimentos. 92
Figura 27 - Demanda Constante - Situação Inicial IOBPCS: Lucro de cada elo da
Cadeia de Suprimentos. 92
Figura 28- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Demanda nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 29- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Estoque nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 30- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Ordem de Produção nos três
elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 31- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo
da Cadeia de Suprimentos
Figura 32- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Custo Total de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 33- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Receita de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 34 – Demanda Constante – Situação Final IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia
de Suprimentos
Figura 35- Demanda Constante - Situação Inicial APIOBPCS: Demanda nos três elos
da Cadeia de Suprimentos
Figura 36 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Estoque nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 37 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Ordem de Produção nos
três elos da Cadeia de Suprimentos. 101
Figura 38 - Demanda Constante - Situação Inicial APIOBPCS: Wip nos três elos da
Cadeia de Suprimentos. 101
Figura 39 - Demanda Constante - Situação Inicial APIOBPCS: Vendas Efetivas de
cada elo da Cadeia de Suprimentos
Figura 40 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Custo Total de cada elo
da Cadeia de Suprimentos

Figura 41 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Receita de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 42 - Demanda Constante - Situação Inicial APIOBPCS: Lucro de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 43 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Backlog de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 44 - Demanda Constante - Situação Final APIOBPCS: Wip nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 45 - Demanda Degrau - Situação Inicial IOBPCS: Demanda nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 46 - Demanda Degrau - Situação Inicial IOBPCS: Estoque nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 47 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Ordem de Produção nos três
elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 48 - Demanda Degrau - Situação Inicial IOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo
da Cadeia de Suprimentos
Figura 49 - Demanda Degrau - Situação Inicial IOBPCS: Custo Total de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 50 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia
de Suprimentos. 110
Figura 51 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia
de Suprimentos
Figura 52 – Demanda Degrau – Situação Final IOBPCS: Volume de Vendas Efetiva de
cada elo da Cadeia de Suprimentos
Figura 53 – Demanda Degrau – Situação Final IOBPCS: Receita e Lucro de cada elo da
Cadeia de Suprimentos. 112
Figura 54 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Demanda nos três elos da
Cadeia de Suprimentos. 113
Figura 55 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Estoque nos três elos da
Cadeia de Suprimentos. 114
Figura 56 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Ordem de Produção nos
três elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 57 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Wip nos três elos da
Cadeia de Suprimentos

Figura 58 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Vendas Efetivas de cada
elo
Figura 59 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Custo Total de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 60 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Receita de cada elo 117
Figura 61 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Lucro de cada elo da
Cadeia de Suprimentos. 117
Figura 62 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Backlog de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 63 – Demanda Degrau – Situação Final APIOBPCS: Wip nos três elos da Cadeia
de Suprimentos. 119
Figura 64 - Demanda Degrau - Situação Final APIOBPCS: Demanda e Ordem de
Produção dos três elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 65 – Demanda Degrau – Situação Final APIOBPCS: Volume de Vendas Efetivas
e Receita dos três elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 66 - Demanda Sazonal - Situação Inicial IOBPCS: Demanda nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 67 - Demanda Sazonal - Situação Inicial IOBPCS: Estoque nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 68 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Ordem de Produção nos três
elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 69 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Vendas Efetivas de cada ele
da Cadeia de Suprimentos
Figura 70 – Custo Total de cada elo
Figura 71 - Demanda Sazonal - Situação Inicial IOBPCS: Receita de cada elo da
Cadeia de Suprimentos. 125
Figura 72 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia
de Suprimentos
Figura 73 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Ordem de Produção nos três
elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 74 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Estoque nos três elos da
Cadeia de Suprimentos. 127
Figura 75 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Volume de Vendas Efetivas
de cada elo da Cadeia de Suprimentos

Figura 76 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Custo Total de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 77 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia
de Suprimentos
Figura 78 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia
de Suprimentos
Figura 79 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Demanda nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 80 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Estoque nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 81 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Ordem de Produção nos
três elos da Cadeia de Suprimentos
Figura 82 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Wip nos três elos da
Cadeia de Suprimentos
Figura 83 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Vendas Efetivas de cada
elo da Cadeia de Suprimentos
Figura 84 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Custo Total de cada elo
da Cadeia de Suprimentos
Figura 85 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Receita de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 86 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Lucro de cada elo da
Cadeia de Suprimentos
Figura 87 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Backlog de cada elo da
Cadeia de Suprimentos

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tipos-chave de indicadores
Tabela 2 - Medidas de Desempenho e seus objetivos
Tabela 3 - Tipos de Flexibilidade
Tabela 4 - Características de Sistema de Cadeia de Suprimentos e associação com o tipo
de flexibilidade
Tabela 5 - Relação dos níveis de serviço e fator de segurança
Tabela 6 - Família IOBPCS
Tabela 7: Como será feita as simulações e análises:
Tabela 8: Demanda Constante: IOBPCS - Novos Parâmetros para Ta, Ti e TP 95
Tabela 9: Demanda Constante: IOBPCS - Situação Inicial no instante 50
Tabela 10: Demanda Constante: IOBPCS - Nova Situação no instante 50
Tabela 11: Demanda Constante: APIOBPCS - Novos Parâmetros para Ta, Ti e Tp 104
Tabela 12: Demanda Constante: APIOBPCS Situação Inicial x Situação no instante 50
Tabela 13: Demanda Constante: Comparativo entre Ti´s para o elo Fabricante 106
Tabela 14: Demanda Degrau: IOBPCS - Situação Inicial no instante 50
Tabela 15: Demanda Degrau: IOBPCS - Nova Situação no instante 50
Tabela 16: Demanda Degrau: APIOBPCS - Novos Parâmetros para Ta, Ti e TP 118
Tabela 17: Demanda Degrau: APIOBPCS - Situação Inicial x Situação Final no instante
50
Tabela 18: Demanda Sazonal: IOBPCS - Situação Inicial no instante 50
Tabela 19: Demanda Sazonal: IOBPCS - Nova Situação no instante 50
Tabela 20: Demanda Sazonal: APIOBPCS - Novos Parâmetros para <i>Ta, Ti e TP</i> 135
Tabela 21: Demanda Sazonal: APIOBPCS - Situação Inicial x Situação Final no
instante 50
Tabela 22: Comparativo IOBPCS nas três situações de Demanda no instante 50 136
Tabela 23: Comparativo APIOBPCS nas três situações de Demanda no instante 50 138

Lista de Símbolos

APIOBPCS – Automatic Pipeline Inventory and Order Based Production Control System

FP – Feedback Positivo

FN – Feedback Negativo

IOBPCS - Inventory and Order Based Production Control System

MPC – Model Predictive Control

SC – Supply Chain

SCM – Supply Chain Management

SD – System Dynamics

ST – System Thinking

Wip – Work in Process

T_a – Tempo de Ajuste da Demanda

T_i – Tempo de Ajuste do Estoque

 $T_{\rm P}$ – *Lead Time* produtivo

T_{Wip} – Tempo de Ajuste do Wip

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, as empresas têm que ser competitivas para se destacar no mercado. Este espírito, somado ao alto nível de exigências de clientes, faz com que as empresas procurem novos caminhos visando serem mais eficientes e competitivas. A busca por novos caminhos normalmente resulta em um crescimento das competências empresariais relativas à qualidade de produtos e serviços prestados.

Diante deste fato, o desenvolvimento das competências empresariais requer dos administradores uma visão de todo o comportamento de seus negócios. Ao verificar seu negócio e identificar todos seus elementos que o influenciam, percebe-se a necessidade de um planejamento para que se possam atingir as metas pré-estabelecidas pelos acionistas da empresa. Ao realizar este planejamento, os administradores notarão a real situação da empresa, escolhendo o melhor caminho a ser tomado naquele instante, conseguir realizar um plano futuro e fazer uma reavaliação de toda a situação.

Deve-se perceber também que o ambiente empresarial é um meio de relacionamento com alto grau de interdependência. Ao tratar da interdependência, o tema cadeia de suprimentos surge. Cadeia de Suprimentos pode ser tratada como uma rede de empresas que participam das etapas de formação e comercialização de um determinado produto e/ou serviço (LEE & BILLINGTON, 1992; BEAMON, 1998). Conforme esses autores, estas etapas englobam desde a aquisição de matéria-prima, passando pelas etapas de transformação em produto intermediário até produto final e sua entrega ao cliente final. Beamon (1998) destaca ainda que com o aumento a interdependência entre as empresas, aumenta a necessidade de um maior compartilhamento de informações entre as empresas. Para o sucesso de uma cadeia de suprimentos, além do compartilhamento de informações, a eficiência operacional é fundamental (MARTINS, 2005).

No passado, a preocupação da empresa era somente seu cliente imediato, não existindo a visão do restante da cadeia do ponto inicial e até o cliente final, isto é, não enxergando o conjunto como um todo. Decisões tomadas pelas empresas que afetavam todo o restante da cadeia não eram levadas em consideração, resultando em discordâncias operacionais e estratégicas.

Nas últimas décadas, passou-se a ver uma empresa como um membro de uma cadeia. Decisões tomadas por esta empresa, assim como sua influência no restante da

cadeia, devem ser apresentadas aos outros membros, pois podem trazer resultados ser adversos aos objetivos da própria cadeia. Em outras palavras, a cadeia de suprimentos passou a ser vista como um sistema formado pela interligação de vários subsistemas, isto é, as empresas (WOOD, 2001). As situações adversas que possam surgir entre os membros (problemas políticos, por exemplo) e com eles (localização, objetivos, etc.), devido à quantidade de membros e ao tamanho da cadeia, devem ser solucionadas através de um alinhamento de pensamento ou uma coordenação voltada para funções como: fornecimento, produção e distribuição.

Uma situação adversa que merece ser mencionada é o dimensionamento do *lead-time* de entrega em relação aos membros da cadeia. *Lead-time* é o intervalo de tempo entre o início de uma atividade até o seu término, ou seja, a resposta ao cliente em relação ao seu pedido. Caso a produção não consiga atender os clientes, as empresas recorrem aos seus estoques, cujo objetivo é suprir a demanda num eventual problema (por problemas de produção, por exemplo) de aumento repentino da demanda. Corrê *et al.* (2000) define estoque como acúmulos de recursos materiais em determinadas fases do processo de transformação. Dentro do ambiente produtivo, estoques existentes entre as fases produtivas são elementos necessários para evitar interrupções na produção e proporcionar certa independência entre as fases (BALLOU, 2001; BRANDOLESE *et al.*, 2001). Slack *et al.* (1999) afirma que os estoques são recursos materiais distribuídos em determinadas fases do processo produtivo. A existência do estoque acontece devido a uma diferença entre o volume produzido, qual se baseia numa demanda prevista, e a demanda real por um produto. Caso o volume de produção supra a demanda, não existe necessidade de estoque.

Um dos caminhos para a solução do problema de gerenciamento de estoque/produção é a construção de modelos para analisar o seu comportamento dinâmico. Estes modelos devem conseguir representar uma situação real de forma a identificar todos os elementos que influenciam a cadeia de suprimentos. Através de modelos é possível testar várias hipóteses, em um procedimento conhecido como simulação. Com isto, se ganha tempo, pois a simulação de várias hipóteses é realizada com maior velocidade se comparadas com o ambiente real, permite-se um melhor planejamento para determinada ação.

Ao comparar o cenário virtual com o real, percebe-se que as empresas encontram-se envolvidas e dependentes de cadeias de alto grau de complexidade, formadas por inúmeros administradores que estão tomando ações em processos

interdependentes, os quais estão envolvidos a vários processos de realimentação e que só podem ser compreendidos através de uma visão mais abrangente e dinâmica.

Através de simulações de sistemas, administradores aprendem sobre sua estrutura e comportamento (o efeito que certas variáveis apresentam sobre o sistema, por exemplo) e sobre o que cada elemento pode agregar ao sistema. Ao testar modelos para entender o comportamento dinâmico de sistemas, as respostas obtidas são independentes dos dados fornecidos. O comportamento dinâmico é uma função da estrutura do sistema. Para isso são utilizados dados de entradas reais permitindo uma comparação com a situação real.

A importância de se enxergar o sistema de uma forma mais abrangente e de conhecer o funcionamento do seu sistema se deve ao fato de aumentar as percepções que as variáveis causam (diretamente ou indiretamente) ao sistema permitindo uma compreensão melhor sobre o comportamento dinâmico do sistema. Neste contexto destaca-se a metodologia de análise denominada "Dinâmica de Sistemas" (FORRESTER, 1961; ACKOFF, 1981; TOWILL, 1982; TOWILL & DEL VECCHIO, 1994; STERMAN, 2000; KHATOR & DESHMUKH, 2002; DENNIS, 2007).

1.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS E DINÂMICA DE SISTEMAS

Para o estudo do comportamento dinâmico de sistemas existe uma metodologia denominada Dinâmica de Sistemas. Esta metodologia tem como base a construção de modelos de estruturas organizacionais de um meio produtivo e analisar seu comportamento dinâmico através do tempo com o objetivo de melhorar seu desempenho e compreender o sistema através de como os modelos mentais influenciam a forma das pessoas enxergarem a realidade, conforme Protil *et. al*, (2008a) & Protil *et. al*, (2008b). Orienta-se o emprego da Dinâmica de Sistemas para explicitar o pensamento sobre a realidade, ao invés da obtenção de respostas numéricas para os problemas.

Esta metodologia pode ser aplicada em diferentes aspectos num sistema produtivo, como o estudo do impacto de uma variação na demanda (TOWILL, 1982) até na influência de propaganda num ambiente produtivo, conforme descrito em

(FORRESTER, 1959). Outras áreas relacionadas com a análise de modelos dinâmicos são: modelos de política pública e urbana (ALFELD & GRAHAM, 1976), modelos de gerenciamento (COYLE, 1977; ROBERTS, 1978; MORECROFT, 1988), modelos econômicos (FORRESTER, 1989), modelos para comércio de drogas ilegais (GARDINER & SHRECKENGOST, 1987), entre outros.

O termo conhecido como Dinâmica Industrial (*Industrial Dynamics*) ao ser proposto por J. W. Forrester (FORRESTER, 1961; TOWILL, 1996), teve o objetivo de abordar os problemas de sistemas produtivos através do uso de métodos matemáticos. O autor define o tema como um estudo das características da atividade industrial na presença de fluxo de informações com realimentação (realimentação), demonstrando a influência da interação da estrutura organizacional com as políticas adotadas para o sucesso da empresa (ANSOFF & SLEVIN, 1968). Este termo aborda ainda a interação entre fluxo de informação, fluxo financeiro, fluxo de material e recursos.

Após a década de 70, a Dinâmica Industrial passou a ser conhecido como Dinâmica Gerencial (Management Dynamics) como em Coyle (1977) ou através do termo genérico *System Dynamics* (TOWILL, 1982; TOWILL & DEL VECCHIO, 1994; KHATOR & DESHMUKH, 2002). Neste contexto, tem como objetivo estudar e simular o comportamento das equações que descrevem o comportamento dinâmico do ambiente produtivo, ou seja, analisar a dinâmica do ambiente produtivo.

Através da definição de Cadeia de Suprimentos anteriormente citada e desta definição de Dinâmica de Sistemas, tem-se que uma Cadeia de Suprimentos pode ser vista como um meio de aplicação dos conceitos da Dinâmica de Sistemas. Portanto um critério utilizado para um nível da cadeia poderá ser utilizado em todo o restante da cadeia respeitando sua estrutura operacional de cada nível produtivo. Por exemplo, ao adotar a metodologia para o nível produtivo, esta poderá ser adotada para os níveis distribuidor e varejista. Uma Cadeia de Suprimentos é um ambiente onde existe a necessidade constante de melhoria em seu desempenho e a necessidade do administrador conhecer toda a estrutura organizacional.

Pode-se analisar a Dinâmica de Sistemas aplicada a Cadeia de Suprimentos como uma aplicação de conceitos de realimentação (realimentação) em sistemas produtivos, envolvendo desde estudos de sua estrutura até as políticas de decisão estratégica de um ambiente produtivo. Isto é feito através do estudo e simulação das equações que descrevem o comportamento dinâmico do sistema produtivo (PACHECO, 2005).

A técnica baseia-se na análise do comportamento dinâmico do sistema ao longo dos níveis de uma Cadeia de Suprimentos através dos sinais de entrada, de saída, de perturbação e com as incertezas que existem em todos os sistemas. Neste tipo de modelo, por ter aprendido a ter uma visão do todo, podem-se testar decisões, a fim de verificar sua influência numa determinada variável.

Ao se aplicar a Dinâmica de Sistemas numa Cadeia de Suprimentos, podem-se gerar critérios no comportamento dinâmico e nas essências causais das relações. Problemas referentes a *lead-time* produtivos, rupturas de estoque, dimensionamento produtivo podem ser percebidos analisando o sistema com a metodologia. As percepções dos problemas e sua correção podem resultar numa melhoria no desempenho da cadeia (um ponto diferencial perante a concorrência). Uma forma típica de notar isso é na velocidade na apresentação de novos produtos, no controle de estoque ou na satisfação do cliente.

1.2 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA FECHADA

Um sistema pode ser considerado um conjunto de componentes que apresentam uma interação onde o que interessa são as relações entre as entradas e saídas dele. Podese determinar um sistema como um elemento simples ou um elemento complexo em conjunto de seus componentes e suas interações, importando suas entradas e saídas. A vantagem de considerar um sistema desta forma é por causa de similaridades entre sistemas. Com isso pode-se determinar diferentes tipos de sistemas terão uma mesma relação de entrada-saída.

Para se estudar um sistema, é necessária a construção de um modelo. O modelo é uma representação de um cenário a fim de permitir a análise e uma melhor compreensão do comportamento do sistema. Um modelo não irá representar fielmente a realidade de um sistema, pois, a sua construção foi feita com base em pressupostos assumidos a priori, mas irá ajudar na compreensão do comportamento do sistema.

Num sistema de controle, os valores da saída são controlados com o intuito de variar de acordo com os valores de referência. A forma mais usual de sistemas de controle é o de malha fechada.

Em um sistema de controle em malha fechada, é feita a comparação do sinal de saída com o sinal de referência e o resultado é utilizado para modificar, se necessário, o valor de entrada. Esse procedimento é a retroalimentação, ou realimentação. Ogata (1998) diz que: "Um sistema que mantém uma relação preestabelecida entre a grandeza de saída e a grandeza de referência, comparando-as e utilizando a diferença como meio de controle, é dito um sistema de controle com retroalimentação". O mesmo autor afirma que neste tipo de sistema, o sinal atuante de erro, que é a diferença entre o sinal de entrada e o sinal da realimentação, excita o controlador de modo a reduzir o erro e trazer o valor do sinal de saída para o valor desejado.

Através dessa definição pode-se comparar uma Gestão de uma Cadeia de Suprimentos com um sistema de controle em malha fechada. Existe na cadeia, várias variáveis (volume de estoque, nível de produção, lead time produtivo, etc.) que devem ser gerenciados de forma adequada durante todo o seu percurso. Com isso, é desprendido esforços e investimento em tecnologia e pesquisa buscando o melhor resultado para satisfazer os objetivos do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, que são: redução de custos, atendimento ao cliente, fluxo de produção contínuo. Esse objetivo deve ser alcançado mesmo em ambientes onde existam incertezas no ambiente produtivo. Uma forma para se abordar o problema de modelagem, gerenciamento e controle da Cadeia de Suprimentos, é conhecida como Dinâmica Industrial ou Dinâmica de Sistemas e estuda o comportamento dinâmico do sistema ao longo dos vários níveis frente a sinais de entrada, perturbações e/ou incertezas, como em (RIDALLS, 2000; AXSÄTER, 1985; EDGHILL & TOWILL, 1989, WIKNER et al. 1992; TOWILL & MCCULLEN, 1999, ZHOU et al. 2006). Desta forma, a tomada de decisão é realizada com o propósito de influenciar uma variável controlada, como o volume de produtos em estoque, cujo resultado poderá influenciar nas decisões futuras, ou retroalimentando o sistema.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho representa uma extensão do trabalho de Pacheco (2004) ao realizar o estudo sobre o Gerenciamento de uma Cadeia de Suprimentos utilizando modelos IOBPCS e APIOBPCS auxiliados por indicadores de desempenho.

O objetivo deste trabalho é demonstrar, através de simulações, como o desempenho da gestão da Cadeia de Suprimentos pode ser melhorado através da utilização da Dinâmica de Sistemas e conceitos de controle de sistemas em malha fechada. Para tanto uma Cadeia de Suprimentos será representada através de modelos conhecidos como IOBPCS - *Inventory and Order Based Production Control System* (TOWILL & DEL VECCHIO, 1994; OLIVEIRA & PACHECO, 2004; PACHECO, 2004) e APIOBPCS - *Automatic Pipeline Inventory and Order Based Production Control System* (DISNEY *et al.*, 2000). Através destes dois modelos serão analisados os dados gerados pelos indicadores de desempenho e comparados seus resultados para verificar qual a melhoria que os novos parâmetros trouxeram. Este estudo será aplicado em três situações de demanda, que representam uma possível situação do mercado, e permitirá uma rápida resposta numa real situação.

Este tipo de modelo permite analisar o comportamento dinâmico de uma cadeia de suprimentos através da posição do estoque, comportamento da demanda, *lead time* de produção, informação da demanda entre os elos, etc. Ao gerenciar uma cadeia de suprimentos deverão ser adotadas novas estratégias para cada elo e assim verificar qual a melhor combinação delas para um melhor resultado. Para auxiliar na mensuração destas informações e mostrar de uma forma prática o desempenho da cadeia será atribuído indicadores de desempenho. Com estes novos resultados a empresa poderá determinar qual o melhor caminho a seguir.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira:

 Capítulo 2 – este capítulo apresenta os principais conceitos de Cadeia de Suprimentos e de sua gestão. Neste, demonstra-se o desafio das empresas ao tentar atender as demandas dos clientes com eficiência. Para auxiliar na medida de eficiência, estão presentes neste capítulo os indicadores de

- desempenho onde alguns serão selecionados para analisar os ambientes produtivos presentes neste trabalho.
- Capítulo 3 este capítulo apresenta a estrutura para compreensão da metodologia Dinâmica de Sistemas. Abordam aqui conceitos sobre Sistemas para auxiliar na compreensão do Pensamento Sistêmico. Sobre Dinâmica de Sistemas é apresentado os elementos fundamentais para a compreensão de seu funcionamento.
- Capítulo 4 Neste capítulo é apresentada a modelagem de Cadeia de Suprimentos através de estruturas conhecidas como IOBPCS e APIOBPCS. Modelos em Vensim são apresentados para compreensão do ambiente em uma cadeia de três elos (varejista, distribuidor e fabricante) demonstrando o efeito da amplificação da demanda sobre cada um dos elos. Ao compreender o comportamento da cadeia de suprimentos é possível propor novos parâmetros para o modelo (novas estratégias produtivas) para atender os objetivos do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, que é obter lucro e redução de custos, atendendo o cliente no instante exato e na quantidade exata. Neste capítulo também é apresentado outra forma de controle de sistemas conhecida como MPC (Controle Preditivo por Modelo *Model Predictive Control*).
- Capítulo 5 Neste capítulo é proposta a aplicação de novas estratégias produtivas (variando-se os tempos de ajustes para buscar uma nova e melhor combinação) visando à busca pelo melhor resultado (melhor desempenho) da cadeia através da análise de indicadores sobre os modelos IOBPCS e APIOBPCS verificando o impacto sobre a cadeia em três diferentes situações de demanda.
- Capítulo 6 Neste capítulo, encontram-se as descrições dos principais resultados alcançados, as conclusões e a apresentação de propostas para trabalhos futuros.

1.4 METODOLOGIA

Seguindo a classificação de Silva & Menezes (2001), este trabalho pode ser definido, quanto a sua metodologia, como uma pesquisa aplicada, com uma abordagem quantitativa, com o objetivo de ser exploratório e aplica os procedimentos técnicos de pesquisa bibliográficos e experimentais. É uma pesquisa quantitativa, pois busca através de indicadores numéricos de desempenho, mensurar o desempenho da gestão da cadeia de suprimentos. Em relação aos procedimentos adotados, pode-se classificar como uma pesquisa exploratória, pois serão construídos modelos (experimentos) para análise de hipóteses, tornando o problema mais explícito e a busca de soluções para a gestão da cadeia de suprimentos em diferentes situações de demanda do mercado.

Conforme Law & Kelton (2003), um modelo que possui um fator (valor de entrada), a concepção de um modelo experimental é simples. Neste caso serão aplicados ao modelo vários valores, ou níveis, dos fatores, talvez formando um intervalo de confiança para o resultado esperado para cada nível do fator. Para fatores quantitativos, um gráfico do resultado, como função do nível do fator, pode ser útil. Conforme Pacheco (2004), o sinal de entrada do ambiente produtivo é a demanda de mercado.

O universo da pesquisa é uma cadeia de suprimentos de três camadas, sendo limitada a uma empresa por elo (onde a fundação da empresa é recente, ou seja, não apresenta histórico passado), permitindo uma visão sistêmica de toda a cadeia. Para este trabalho, define-se varejo, distribuição e produção cada um dos elos da cadeia de suprimentos.

O trabalho será realizado da seguinte forma:

• Construção de modelo de cadeia de suprimentos formada por três elos (varejista, distribuidor e fabricante) destacando o sinal de entrada em cada elo (demanda do elo) e as variáveis influenciadas por ele (estoque, produção, custos, receita, lucro, etc. de cada elo), que possibilite a análise da gestão de cadeia de suprimentos através de indicadores de desempenho, em três situações diferentes de demanda do mercado. Será realizada uma análise preliminar com valores iniciais adotados aleatoriamente, disponibilizando assim, um desempenho inicial de uma suposta cadeia de suprimentos para poder compará-lo a novas situações;

• Atribuir novos valores as variáveis de controle. Essas variáveis (tempos de ajustes de: demanda (Ta), estoque (Ti) e produção (Tp), irão determinar uma nova forma de planejamento do volume de produtos e como o nível produtivo irá atender a este planejamento. Isso acabará gerando novas situações num intervalo de análise de 50 semanas. Nesta etapa, será verificado se o comportamento da cadeia de suprimentos, através de uma análise gráfica das variáveis e dos indicadores de desempenho em função do tempo, atenderá aos objetivos do trabalho, que consiste na melhoria da gestão da cadeia de suprimentos, através de novos valores aos tempos de ajustes (resultante de uma nova estratégia) e dos resultados dos indicadores de desempenho em comparação a sua situação inicial.

Montgomery (1991) indica a necessidade de um procedimento formado por etapas para o planejamento experimental e análise dos resultados, para atingir estes objetivos, a metodologia de desenvolvimento da pesquisa será descrito através das etapas citadas abaixo:

- Etapa 1: Definir o problema;
- Etapa 2: Levantar os objetivos;
- Etapa 3: Criar um modelo conceitual da cadeia da suprimentos sob a ótica da dinâmica de sistemas;
- Etapa 4: Criar um modelo da CS em computador usando o Vensim;
- Etapa 5: Criar e modelar os cenários propostos para análise em Vensim;
- Etapa 6: Analisar os resultados dos modelos matemáticos propostos;
- Etapa 7: Fazer considerações com base no resultados;

A primeira e a segunda etapa acontecem no capítulo 1. Para atender a terceira etapa, será necessária pesquisa bibliográfica referente ao assunto de cadeia de suprimentos e dinâmica de sistemas, que estão presentes no capítulo 2 e no capítulo 3. Com base no referencial teórico, a quarta etapa, está presente no capítulo 4. Para atender ao objetivo do trabalho, de melhorar a gestão da cadeia de suprimentos, a quinta etapa apresentará uma nova combinação das variáveis de controle, conforme em Towill (1996), auxiliado pelos indicadores de desempenho gerando novos valores para as

variáveis de estudo que possibilite suas análises (a sexta etapa), estarão presentes no capítulo 5. As considerações finais estarão presentes no capítulo 6. O trabalho está organizado conforme a figura 1.

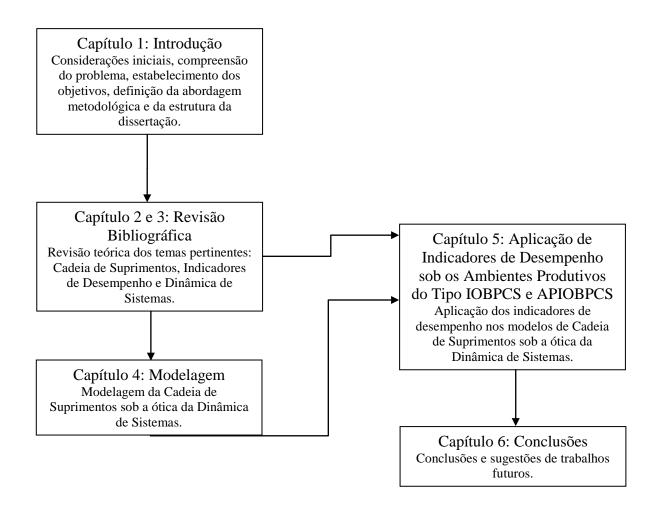


Figura 1 – Estrutura do Trabalho

2 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Na atualidade, o grande desafio das empresas é conseguir minimizar seus custos e principalmente melhorar a eficiência no atendimento ao cliente. Um fator determinante para a concretização destes objetivos é o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM - Supply Chain Management). Este capítulo visa apresentar o conceito de SCM.

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

Nas últimas décadas, a preocupação das empresas em relação aos clientes era somente com o seu cliente imediato. Ou seja, fornecedores de matéria-prima (MP) tinham preocupação somente com as empresas que iriam utilizá-las, isto é, a expedição era o ponto mais importante. Por não enxergar o cliente final, e nem a cadeia como um todo, somente seu cliente imediato (relações binárias), os fornecedores não tinham idéia do impacto dos atrasos na entrega de MP ao cliente direto causaria, por acreditar que não iria afetar o cliente final.

Atualmente, as empresas perceberam o impacto negativo da falta de visão e passaram a tentar enxergar todo o processo - da geração de produtos e serviços (desde a entrada da MP até a chegada ao cliente final) e do monitoramento destes processos que possibilita vantagens como amenizar ou eliminar o efeito chicote (são pequenas oscilações na demanda final que trazem grandes oscilações nos primeiros estágios das empresas que formam a Cadeia de Suprimentos – *Supply Chain* - SC). Para este fim, para obter uma melhoria contínua, deve-se ter informações compartilhadas, alinhamento de canal e eficiência operacional, conforme (MARTINS, 2005):

 Informação compartilhada - compartilhamento de informações através da cadeia de modo que todas as operações possam monitorar a demanda verdadeira sem distorções a fim de minimizar flutuações (efeito chicote, por exemplo);

- Alinhamento de canal ajuste da programação, movimentação de materiais, níveis de estoque, estratégia de preço/vendas a fim de alinhar com todas as operações da SC;
- Eficiência operacional são os esforços que cada etapa da SC pode realizar a fim de diminuir sua complexidade, diminuindo assim seus custos com outras operações na cadeia e aumentando o tempo de atravessamento.

Pode-se descrever uma Cadeia de Suprimentos como uma rede de relacionamentos diádicos existindo uma permuta entre eles necessários para a criação e/ou desenvolvimento de produto/serviço para um cliente final, afirma Cox *et al.* (2001). Conforme o mesmo autor, para que um produto/serviço seja fornecido a um cliente, este produto deve sofrer transformações (a matéria-prima deve sofrer alterações e agregação de valor até que atinja seu formato final) e entregue ao cliente final. Beamon (1998) complementa que existe a necessidade de haver a integração entre as empresas dentro desta rede e que elas devam compartilhar informações necessárias (aquisição de MP, processos de transformação de MP em produtos finais e oferta do produto nos pontos de vendas) para tornar as atividades mais eficientes e competitivas.

Para Abramczuk (2001), para que um conceito descritivo de Cadeia de Suprimento seja geral e livre de pressupostos *ad hoc*, é mais adequado dizer que ela é representada por uma concatenação lógica de atividades diferenciadas e complementares, necessárias para que um produto ou serviço seja criado, elaborado e colocado ao alcance de um cliente final. Para este tipo de conceito descritivo (concatenação de atividades físicas), a SC típica para um produto de consumo será descrita em termos de fluxo de materiais (obtenção de matéria-prima, transformação desta em produto acabado, distribuição para os pontos de vendas e venda para o cliente final).

O mesmo autor diz que o conceito descritivo de SC abre uma possibilidade de analisar a concatenação lógica de atividades que ocorrem dentro de uma única empresa ou numa rede de empresas independentes. Este conceito, embora necessário, não é suficiente para permitir análises do paradigma de produção em massa em confronto com o paradigma de redes de empresas interdependentes. Para isso, necessita-se de um conceito analítico de SC estando presente o objetivo econômico determinante da atividade empresarial, o da exploração pacífica de oportunidades de lucro

proporcionadas por um mercado. Este conceito analítico deve apresentar os conceitos mostrados por Porter (1985) em relação ao conceito de cadeia de valor.

"Um conceito analítico de cadeia de suprimento deve se abstrair da descrição das propriedades físicas dos produtos, serviços e atividades presentes na cadeia e levar em conta o fluxo de valor que nela ocorre. No tocante a este ponto, infelizmente, o conceito de valor não é tão simples quanto se possa presumir. O termo 'valor' é usado para designar de maneira ampla três coisas diferentes. Em primeiro lugar, é usado para se referir à utilidade que decorre da aquisição do bem ou serviço pelo cliente. Este é o valor exigido pelo cliente. Em segundo lugar, o termo é usado com referência ao processo de transformação que tem lugar dentro das organizações empresariais, pelo qual, insumos sem utilidade para o cliente são transformados em produtos que lhe são úteis. A isto se refere geralmente como processo de agregação de valor. Finalmente, o termo é usado em relação ao montante de dinheiro ganho por uma organização empresarial pelo fato de se envolver em determinado estágio da cadeia de suprimento. A isto se refere normalmente como apropriação de valor. Cada um destes usos [do termo 'valor'] implica algum tipo de relacionamento entre o que é fisicamente feito e sua utilidade (os benefícios financeiros e outros que se obtém com o que é feito). (...) As duas primeiras maneiras de entender valor são condições necessárias para o sucesso de uma empresa, mas a terceira é a condição suficiente. A apropriação de valor em benefício dos acionistas é sem dúvida alguma, o único propósito real da existência das organizações empresariais" (COX et al., 2001).

Podemos resumir a SC como sendo um conjunto de empresas participantes dos processos de formação e comercialização de um produto/serviço (desde a compra de matéria-prima, passando pela transformação dessa matéria em produtos intermediários e depois em produtos finais) que será disponibilizado a um cliente final (LEE & BILLINGTON, 1995).

2.2 GESTÃO DE CADEIA DE SUPRIMENTOS

Ao adotar uma política de SCM, a idealização de atingir metas e objetivos individualmente, diferentes das metas de seus fornecedores/clientes acabou, conforme Shank & Govindarajan (1997). Conforme o autor, gerenciar uma cadeia de suprimentos é um meio de integrar o planejamento e controle da cadeia com o objetivo de otimizar o fluxo de bens e produtos, informações e recursos, desde os fornecedores até o cliente final, administrando as relações na cadeia. Rodrigues (1997) destaca ainda que as instituições que optarem pelo SCM terá um diferencial em relação às outras empresas,

pois estarão em sincronismo com a cadeia produtiva, não criando estoques desnecessários, gerando baixos custos de produtos e conseqüentemente aumento na satisfação dos clientes quanto a preço e disponibilidade.

O principal objetivo do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* – SCM) é a integração de todos os processos (da fabricação à distribuição) com o intuito de otimizar custos para o fabricante e agregar mais valor para o consumidor final, devendo ser realizado com um rápido tempo de resposta (*baixo lead time* de resposta), desde o atendimento do pedido à entrega do produto. Guarnieri & Hatakeyama (2005) destacam a necessidade de desenvolver e manter relacionamentos confiáveis entre fornecedores e clientes. Baldin *et al.* (2003) complementam ao incorporar os fornecedores nas fases iniciais do processo de desenvolvimento do produto. Pois assim, os fornecedores terão maiores oportunidades para participar nas especificações do produto, antecipando possíveis problemas futuros e da divisão de responsabilidades no desenvolvimento do produto, projeto, produção e distribuição.

Segundo Rodrigues *apud* Yoshizaki (1999), há duas visões para o conceito de SCM. A primeira é a visão intra-organizacional, e a segunda é a visão inter-organizacional. Considerando a primeira, o SCM envolve tanto as operações de logística como as de manufatura, ou seja, a integração da logística e da manufatura (produção) dentro de uma única organização. Na visão inter-organizacional, o SCM, além de desenvolver a visão intra-organizacional, seleciona e organiza parcerias que aceitem o desafio de trabalhar de forma integrada, permitindo a integração mútua das organizações e gerando, no final da cadeia produtiva, a satisfação do cliente.

Slack *et al.* (1996) sistematizou o estudo de Cadeia de Suprimentos, a partir dos conceitos da gestão:

- 1. **Gestão de compras e suprimentos**: tem como função lidar com a interface da unidade produtiva e seus mercados fornecedores;
- Gestão da distribuição física: gestão da operação de fornecimento aos clientes imediatos;
- 3. **Logística**: extensão da distribuição física, gestão do fluxo de materiais e informações a partir de uma empresa, até os clientes finais, por intermédio de um canal de distribuição;
- 4. **Gestão de materiais**: gestão do fluxo de materiais e informações por meio da cadeia de suprimento imediata. O conceito inclui as

funções de compras, gestão de estoques, gestão de armazenagem, planejamento e controle da produção e gestão da distribuição física;

5. **Gestão da cadeia de suprimentos**: conceito desenvolvido com a abrangência bem maior e com enfoque holístico, que gerencia além das fronteiras da empresa. Reconhece-se que há benefícios significativos ao dirigir estrategicamente toda uma cadeia em direção à satisfação dos clientes finais.

A identificação da gestão estratégica é importante para obter maior foco no mercado e nos clientes. Com isto é possível derrubar barreiras conceituais na administração estratégica, conforme Buosi & Carpinetti (2004), conseguindo a eliminação de:

- Barreiras verticais: redução de níveis hierárquicos;
- Barreiras horizontais: enfraquecimento dos silos departamentais e da especialização funcional;
- Barreiras externas: parcerias e alianças estratégicas;
- Barreiras geográficas: exploração de novos mercados.

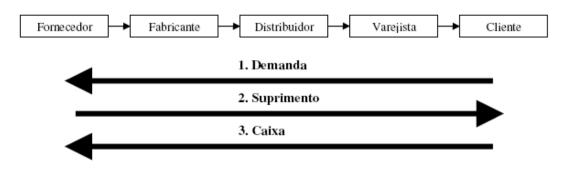
Através deste novo posicionamento estratégico, resulta a formação de alianças estratégicas, ou seja, inicia um processo de cooperação entre empresas. Com isso, a concorrência entre empresas deixa de existir passando a ser entre as cadeias objetivando obter uma maior coordenação e sincronização da cadeia de suprimentos, otimização de resultados, parceria através de ações colaborativas e trocas de informações para alcançar um novo nível de relacionamento - a integração dos elementos da cadeia de suprimentos, conforme GARCIA (2005).

Esta integração simultânea de esforços de todas as partes – fornecedores, fabricantes, distribuidores, varejistas, consumidores, etc. – estão envolvidos ao focar no atendimento das necessidades de um consumidor comum, para estabelecer fortes laços de comunicação e confiança entre todos os parceiros de modo que estes possam atuar efetivamente como uma corporação virtual, totalmente alinhada para enriquecer os processos de negócio e alcançar satisfação plena do consumidor.

Kanter *apud* Buosi & Carpinetti (2004) identificaram os fatores de sucesso nesta cooperação com os "I's", (em inglês):

- Excelência individual (*Individual Excelence*): os parceiros são fortes e têm algo importante a oferecer no relacionamento;
- Importância (*Importance*): os parceiros têm objetivos de longo prazo, pelos quais desempenham papéis;
- Interdependência (Interdependence): Eles precisam da colaboração mútua;
- Investimento (*Investment*): eles investem uns nos outros, mostrando sinais tangíveis do comprometimento entre eles;
- Informação (*Information*): compartilham informações requeridas para o relacionamento;
- Integração (Integration): desenvolvem ligações e compartilhamento de operações;
- Institucionalização (*Institutionalization*): responsabilidades e processos claros e formais;
- Integridade (*Integrity*): se comportam de forma a justificar a confiança mútua.

O SCM além de abranger diversas áreas, desde a previsão de demanda aos transportes, da interação nas perspectivas estratégicas, táticas e operacionais, ele envolve também a coordenação da informação, material e fluxos financeiros entre múltiplas empresas (PYKE & JOHNSON, 2003, *apud* BALDIN; NOVAES e DUTRA, 2003). A Figura 2 descreve o sentido dos fluxos em relação ao fluxo da Cadeia de Suprimentos, conforme a seguir:



 $Figura\ 2 - Fluxos\ logísticos\ de\ uma\ cadeia\ de\ suprimento.\ (TAYLOR, 2005)$

- Fluxo de material: representa o fluxo físico de produtos, que inicia nos fornecedores e termina nos consumidores, também como seu fluxo reverso (de retorno de produtos provenientes de serviços de reparo, garantia e reciclagem);
- Fluxo de informações: representa a transmissão do pedido e o rastreamento do mesmo, o qual coordena o fluxo físico dos produtos.
- Fluxos financeiros: neste, são representados os termos de crédito, cronogramas de pagamento e arranjos de propriedade e consignação.

Dentro do fluxo acima, os membros do *The Global Supply Chain Forum* identificaram sete processos de negócios chave citados em COOPER *et al.* (1997) e incluíram o processo de negócio "Retornos" (LAMBERT et al., 1998; LAMBERT e COOPER, 2000). Esses oito processos de negócio são, conforme Figura 3:

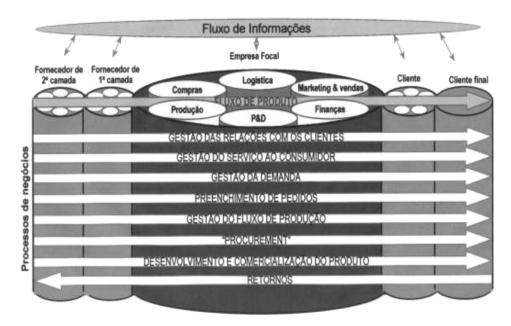


Figura 3 - Estrutura de Gestão de Cadeias de Suprimentos (Cooper et al.,1997).

• Gestão do Relacionamento com o Cliente: empresas que se baseiam neste tipo de gestão desenvolvem e mantém um relacionamento com o cliente. Cooper et al. (1997) afirma que este tipo de gestão consiste na identificação dos clientes e com os quais se devem desenvolver e implementar programas. Ou seja, para sua implantação se devem identificar os clientes chaves que a empresa acredita ser essencial para o alcance de suas metas. Autores como Croxton et al. (2001) e Simchi-Levi et al. (2003), afirmam sobre a

- importância de estabelecer acordos produtivos e serviços neste instante com os clientes chave e, os níveis de desempenho para estes acordos.
- Gestão do Serviço ao Cliente: este tipo de gestão desenvolve uma interface para o cliente utilizando sistemas de informação "on-line" que dispõe informações atualizadas em relação a pedidos, situação da produção e distribuição. Este processo administra os acordos produtivos desenvolvidos no processo acima. Ele também pode responder pelas atividades de orientação ao cliente em relação à aplicabilidade do produto (LAMBERT, 2004; CROXTON et al., 2001), não devendo ser confundido com as definições tradicionais de serviço e atendimento ao cliente que estão relacionadas com as atividades necessárias no recebimento, processamento, entrega e fatura de pedidos dos clientes (CHRISTOPHER, 2001).
- Gestão da Demanda: Lambert (2004) destaca a importância de observar que esta gestão não está limitada a fazer previsões. Outra preocupação chave desta gestão é a redução da variabilidade, pois ela necessita equilibrar as necessidades dos clientes com a capacidade produtiva da empresa. Ou seja, planejar a demanda e sincronizá-la com a produção, compras e distribuição. Este processo ainda determina o que e quando os clientes vão comprar. Fora isso, o processo desenvolve e executa planos de contingência em momentos onde as operações são interrompidas ou quando existe um desequilíbrio entre suprimentos e demanda.
- Atendimento do Pedido (Order Fulfillment): o sucesso de uma gestão da cadeia de suprimentos é atender as necessidades dos clientes no momento certo. Esta gestão atende pela entrega no tempo proposto e precisa dos pedidos dos clientes. Para isso acontecer é necessário a integração da manufatura, logística e marketing da empresa. A empresa necessita desenvolver parcerias para atender as necessidades dos clientes e obter redução de custo na entrega para os clientes (CROXTON et al. 2001). Este processo engloba todas as atividades necessárias para traçar as necessidades dos clientes, projetarem uma rede e capacitar a empresa para atender as necessidade dos clientes e reduzir custos.
- Gestão do Fluxo de Manufatura: esta gestão consiste em fazer os produtos que os clientes desejam, no instante que eles querem (*just-in-time*, JIT). Com

isso os processos de manufatura necessitam ser flexíveis o bastante para atender as mudanças de mercado com o mix correto de produtos. Isto significa que é necessário ter flexibilidade para realizar mudanças rápidas para acomodar a customização em massa (CROXTON et al., 2001; LAMBERT, 2004).

- Gestão do Relacionamento com o Fornecedor: esta gestão define a interação entre a empresa e seus fornecedores. Ela praticamente é uma "cópia" da Gestão do Relacionamento com o Cliente. Do mesmo modo que a empresa necessita desenvolver relações com os clientes, ela necessita dar a devida atenção aos seus fornecedores. Lambert (2002) afirma que existem fornecedores (fornecedores chave) que são mais importantes para o sucesso da empresa pela tecnologia que ela incorpora ao produto ou pelo volume de fornecimento.
- Desenvolvimento e Comercialização do Produto: esta gestão é importante no momento em que novos produtos são elementos críticos para o sucesso da empresa. O desenvolvimento de novos produtos rápido e a colocação no mercado de uma forma eficiente é um ponto importante para o sucesso da empresa. Por isso, clientes e fornecedores precisam ser integrados ao processo de desenvolvimento do produto para reduzir o *time to market*, conforme citado por Baldin *et al.* (2003) anteriormente. Conforme o ciclo de vida de um produto diminui, os produtos certos precisam ser desenvolvidos e lançados com sucesso em intervalos de tempo cada vez menores para manter a competitividade da empresa (LAMBERT, 2004).
- Gestão de Retornos/Devoluções: esta é uma gestão crítica para os gestores da cadeia de suprimentos porque em relação ao processo de negócio, traz para a empresa a chance de alcançar vantagens competitivas sustentáveis, embora muitas empresas ignorem o fato por não acreditar na sua importância. Em muitos lugares no mundo pode ser considerado um fator ambiental, o que nem sempre é considerada assim. Gerir eficazmente os Retornos/Devoluções permite a identificação de oportunidades de melhorias na produtividade e desenvolvimento de produtos/serviços, conforme CROXTON et al. (2001).

Dentro destes processos chaves conseguimos identificar as seguintes atividades: processamento de pedidos dos clientes, suprimentos, administração de estoques,

planejamento e controle da produção, embalagem, manuseio de materiais, armazenagem, distribuição, transporte, manuseio de mercadorias devolvidas, recuperação e descarte adequado de sucata e bens de pós-consumo e sistemas de informação.

As atividades pertencentes ao SCM são divididas em atividades-chave e atividades de apoio ou suporte. As primeiras abrangem o processamento de pedidos dos clientes, transporte e administração de estoques, transporte e sistemas de informação. Enquanto as outras englobam a armazenagem, manuseio de materiais, suprimentos, embalagem, manuseio de mercadorias devolvidas e também sistemas de informação.

O SCM vem se tornando mais importante por gerenciar o relacionamento com clientes, fornecedores e todos seus intermediários criando um desafio e por ser considerado também um diferencial competitivo. As empresas que conseguirem implementar o melhor gerenciamento conseguirão ganhos como: redução de custos, maior flexibilidade, ciclo de desenvolvimento de produtos reduzido e aumento nas receitas.

A busca pelo diferencial entre a concorrência demanda tempo que as empresas não têm. Ballou (2001) afirma que quando a alta direção das empresas perceberem que o gerenciamento da cadeia de suprimentos afeta diretamente os custos da empresa e impacta diretamente no nível de serviço ao cliente, poderão utilizá-la como estratégia eficaz para entrarem em novos mercados e maximizar, assim, sua lucratividade. Dentro dessa ótica em relação à percepção das tomadas de decisões afetarem diretamente os desempenhos de custos/lucros, autores como Handfield & Nichols (1999), destacam diferentes motivos que provam a preocupação/necessidade ao avaliar o desempenho da cadeia: medir o desempenho da cadeia permite a identificação e eliminação de problemas operacionais e possibilita a identificação de melhorias para os clientes finais. Aragão (2004) destaca que existe a necessidade de estabelecer as relações entre as empresas pertencentes ao sistema, por que existe a necessidade de avaliar o sistema como um todo, assim como cada um de seus componentes e das relações entre elas, ou seja, um sistema dinâmico.

2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Ao acompanhar a evolução das condições de competição no mercado globalizado, novos modelos de gestão empresarial foram desenvolvidos, cujas características estão descritas abaixo (COUTINHO E FERRAZ, 1994):

Processos decisórios

- o Aumento na descentralização;
- o Diminuição do número de níveis hierárquicos;
- Crescente participação dos trabalhadores nas decisões e ganhos da empresa.

• Fluxos de informação

- o Horizontalização;
- o Crescente intensidade.

• Produtos

- o Aumento no atendimento às especificações dos clientes;
- o Crescentes esforços de desenvolvimento.

• Processos Produtivos

- o Busca da melhoria contínua (kaizen);
- o Crescente flexibilidade;
- o Baixos níveis de estoque;
- o Menores tempos mortos.

Pode-se notar a existência de uma crescente necessidade de informações que possibilitem a descentralização das decisões, o atendimento às expectativas dos clientes e a melhoria dos processos produtivos.

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos surge como uma fonte promissora, para a empresa, de vantagens competitivas perante a concorrência. Dentre todas as questões que envolvem esta fonte, a determinação de indicadores de desempenho deva ser adequada e confiável. Indicadores são meios de representar de forma quantificável as características de produtos e processos e, são essenciais ao planejamento e controle dos processos das organizações. Ao apurar os resultados através dos indicadores, é possível avaliar o desempenho (a avaliação de desempenho, definida por Neely et al. (1995) é o processo de quantificar a eficiência e eficácia de uma ação. Nesse contexto, eficácia determina se as necessidades dos clientes são satisfeitas, enquanto eficiência mede a quantidade dos recursos da empresa que estão sendo utilizados para fornecer a satisfação aos clientes. Existem duas dimensões desempenho: uma relacionada à satisfação do cliente; e outra relacionada à produtividade do processo) da organização no período, comparando-a com a meta e outros referenciais, sendo a base das tomadas de decisão e do re-planejamento. Para isso o acompanhamento do indicador deve demonstrar níveis (refere-se ao nível em que os resultados se situam no período), tendências (refere-se à variação do nível dos resultados em períodos consecutivos) e comparações.

De uma forma geral, os indicadores de desempenho têm como objetivo fornecer a gerência informações sobre a competitividade da cadeia. Conforme Chan & Qi *apud* Aragão (2004), a avaliação do desempenho das cadeias de suprimento contribui para a tomada de decisões na SCM. Então, estes indicadores precisam focar os resultados, os quais devem estar alinhados com clientes, funcionários, acionistas, parceiros e fornecedores existindo a necessidade da estratégia estar clara e estar abordando as necessidades de todos. Quando isso não acontece, essa avaliação no desempenho pode trazer total insatisfação.

Beamon & Ware (1998) afirmam que a adoção de indicadores de desempenho deve passar pelo seguinte questionamento inicial:

- Quais aspectos deverão ser medidos?
- Como se podem medir tais aspectos?
- Como utilizar as medidas para analisar, melhorar e controlar a qualidade da cadeia produtiva?

Deve-se destacar também a necessidade de estabelecer uma relação entre as medidas de desempenho e as metas da empresa, conforme MASKELL (1991).

Essas medidas de desempenho podem ser divididas entre internas e externas, conforme Stock *et al.* (1998), onde a velocidade e a confiabilidade de entregas, qualidade, distribuição, flexibilidade e serviço prestado pertencem às medidas internas. As medidas externas abrangem a participação no mercado, crescimento nas vendas e retornos sobre investimentos.

Conforme Beamon (1998), pesquisas anteriores demonstram que o uso exclusivo do custo como indicador de desempenho é comum entre as empresas. Esse uso de um único indicador aponta pela simplicidade, destacando ao fato dessa prática fornecer dados superficiais sobre a realidade. Esses indicadores devem apresentar simultaneamente: abrangência (incluir a medida de todos os aspectos pertinentes), universalidade (permitir a comparação em todas as dimensões), mensurabilidade (todos os dados necessários sejam mensuráveis) e consistência (garantir medidas consistentes de acordo com os objetivos da organização), conforme BEAMON (1996).

Maskell (1991) identifica muitos defeitos da contabilidade tradicional. Esses defeitos são: falta da relevância das categorias de custo, distorções do custo (especialmente despesas gerais), e da inflexibilidade, tal como valiosos relatórios estarem atrasados. Autores como Lee & Billington (1992) identificam muitas armadilhas no gerenciamento da cadeia de suprimentos e, uma identificada, foi à avaliação errada dos custos de estoque. Dois tipos de custos, identificados pelos autores, são:

- 1. Estoque Obsoleto;
- 2. Retrabalho por alterações de engenharia.

Este problema é amplificado pelas técnicas de custos analíticos atuais, como o cálculo de *overhead* e custos de estoques omitidos. Os modelos existentes de cadeia de suprimentos ficaram restritos às medidas tradicionais do custo, e não se utilizaram ainda das vantagens da gerência estratégica de custos da cadeia de suprimentos.

Por outro lado, não se pode ignorar o custo como um indicador de desempenho, devido à importância dentro das necessidades de redução de custos na cadeia. Uma alternativa ao uso do único indicador seria o uso de indicadores múltiplos que envolvem uma combinação de custo, tempo, flexibilidade e qualidade, segundo as prioridades competitivas das empresas.

2.3.1 Tipos-chave de Indicadores

Os indicadores devem estar orientados para os resultados do negócio, de forma a direcionar as ações da organização no sentido de entregar sempre um melhor valor ao cliente e aprimorar o seu desempenho. Os tipos-chave de indicadores devem estar, portanto, associados às áreas-chave do negócio, conforme a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Tipos-chave de indicadores

Áreas-chave do negócio	Tipos-chave de indicadores	
Clientes	I – Satisfação, retenção e insatisfação de	
	clientes	
Mercados	II – Participação no mercado e	
	desenvolvimento de novos mercados	
Produtos	III – Desempenho de produtos e serviços	
Processos	IV – Desempenho operacional e financeiro	
Fornecedores	V – Desempenho de fornecedores	
Recursos Humanos	VI – Desempenho de recursos humanos	
Comunidade e Meio Ambiente	VII – Desempenho na responsabilidade	
	pública e no espírito comunitário	

Adaptado: FPNQ (1995)

Normalmente, ao avaliar o desempenho, ele é limitado aos processos de uma única empresa ou de um processo produtivo. Para a SCM, esses conceitos devem ser expandidos para toda a cadeia, envolvendo todos os participantes dela.

A partir destas considerações Taboada (1999) listou algumas possíveis medidas de desempenho em cadeias:

- Medidas de Disponibilidade para avaliar o acesso aos recursos necessários ao tempo de realizar as operações.
- Medidas de Confiabilidade para avaliar a garantia de realização das operações.
- Medidas de Flexibilidade de Processo para avaliar a possibilidade de realização de uma mesma operação por recursos diversos.

- Medidas de Utilização da Capacidade para avaliar o grau de utilização dos recursos disponíveis, verificando a adequação da escala de projeto e investimento.
- Medidas de Flexibilidade Operacional para avaliar a possibilidade de utilização de um mesmo recurso na realização de operações diversas.
- Medidas de Atendimento ao Cliente para avaliar a integração das operações da cadeia logística, visando Satisfação na interface final e os objetivos da cadeia.
- Medidas de Custos para avaliar se as operações são realizadas a valores que garantem a sobrevivência econômica da organização.

Com base no trabalho de Beamon (1998), consegue-se inserir os indicadores destacados por Taboada (1999) nas seções a seguir. Para uma avaliação do desempenho da cadeia de suprimentos, o estudo deve ter como base três tipos de medidas: recursos, saídas e flexibilidade, conforme a Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Medidas de Desempenho e seus objetivos

Tipo de Medida de Desempenho	Objetivo	Propósito
Recursos	Altos níveis de	6
	eficiência	dos recursos é essencial para a lucratividade.
Saídas	Altos níveis de serviço ao consumidor	Sem saídas aceitáveis, os consumidores se utilizarão de outras cadeias
Flexibilidade	Habilidade de reposta a mudanças no ambiente	Em ambientes instáveis, a cadeia de suprimentos deve estar apta a responder às
		mudanças

Fonte: BEAMON (1998)

2.3.2 Recursos

Medições de recursos englobam: níveis de estoque, necessidades pessoais, utilização de equipamento, utilização de energia e custo. Recursos são mensurados com o intuito de minimizar seu uso.

A eficiência mede a utilização de recursos no sistema e que é utilizado para encontrar seus objetivos. Muitos poucos recursos podem afetar negativamente a saída e a flexibilidade do sistema quando há um crescimento das necessidades do sistema.

Um dos objetivos da análise da cadeia de suprimentos é minimizar a utilização dos recursos. Embora um nível mínimo de saída seja especificado, o efeito de reduzir recursos em relação à flexibilidade da cadeia de suprimentos não é muito considerado. A cadeia pode ser re-configurada com o nível de recursos reduzido quando se conhece a demanda, mas tais análises em curto prazo não esclarecem a natureza dinâmica da demanda. Nesta linha, os recursos estão diretamente ligados com a saída do sistema e o desempenho da flexibilidade.

A seguir, alguns exemplos de indicadores de desempenho que podem ser utilizados para a análise dos recursos das cadeias de suprimentos:

- (1) **Custo total**: total dos custos dos recursos.
- (2) **Custos de distribuição**: total dos custos de distribuição, incluindo transporte e manuseio.
- (3) **Custos de manufatura**: total dos custos de manufatura, incluindo processamento, manutenção e custos relacionados ao retrabalho.
- (4) Custos de estoque: custos associados ao estoque:
 - Custo de manutenção: custos de armazenagem (aluguel do local de armazenagem, impostos, depreciação, mão-de-obra direta/indireta); de obsolescência; seguros; deterioração; custo de oportunidade de capital (retorno do investimento através de uma taxa do valor dos produtos ou materiais armazenados); etc.
 - Custos por ruptura: causado pela falta do produto. Ao errar no dimensionamento do pedido e ficar sem estoque, haverá custos causados por esta falha. Se o cliente for externo poderá trocar para outro fornecedor, caso permaneçam com o mesmo, apresentarão ociosidade em sua linha de produção até a chegada do pedido (backlog pedidos em carteira, CHECCHINATO (2002). Os backlogs representam pedidos recebidos e que não foram atendidos por motivos de falta de estoque do produto e que deverão ser atendidos o mais rápido possível. Esses pedidos não são perdidos, eles são atendidos com um nível de prioridade maior e juntamente

com os novos pedidos. Em caso de acontecer uma falta de produto futura, esta quantidade é acrescida ao *backlog* anterior para ser atendida.) ou por atrasos na produção. Acaba gerando perda de vendas, insatisfação dos clientes, desgaste na imagem da empresa etc.

- Custos de aquisição: Custos referentes à preparação, emissão e acompanhamento de pedidos, proporcional ao volume ou tamanho do pedido, analisando-se o preço unitário dos produtos e os custos variáveis.
- Custos de preparação: Referentes à preparação das máquinas para fabricação (setup) e de todas as atividades relacionadas com as ordens de produção.
- (5) **Retorno de investimentos**: medida da lucratividade da organização.

2.3.3 Saídas

Medidas das saídas são: resposta ao consumidor, qualidade e volume de produção. Alguns indicadores podem ser representados facilmente de maneira quantitativa: número de itens produzidos, tempo necessário para a produção e número de entregas *on-time*. Outra como satisfação do cliente e qualidade do produto é difícil de expressar de forma quantitativa (pois existe a necessidade de identificar, junto aos clientes, quais são as características mais importantes de cada produto - aquelas que agregam maior valor para sua satisfação. Antes de passar a controlar tudo se deve, portanto, identificar essas características, para depois então desdobrá-las para dentro de um processo. Uma vez explicitados suas necessidades e expectativas de forma imprecisa e qualitativa, é necessário traduzi-las para a linguagem da produção e obter a sua importância relativa para os clientes). Medidas de desempenho das saídas devem corresponder às metas da organização bem como às necessidades dos clientes.

Seguem alguns exemplos de indicadores de desempenho das saídas da cadeia de suprimentos:

- (1) **Vendas**: total de vendas.
- (2) Lucro: total de vendas menos as despesas.
- (3) **Taxa de preenchimento** (*fill-rate*): proporção de pedidos preenchidos imediatamente:
 - 1. Taxa de preenchimento alvo: extensão da taxa de preenchimento atingida.
 - 2. Taxa média de preenchimento de um item: taxa de preenchimento agregada dividida pelo número de itens.
- (4) **Entregas** *on-time*: mede o desempenho de entrega de um determinado item, pedido ou produto:
 - 3. Atraso de produto: data da entrega menos data devida (*due date*).
 - Atraso médio dos pedidos: atraso agregado dividido pelo número de pedidos.
 - Antecipação média dos pedidos: antecipação agregada dividida pelo número de pedidos.
 - 6. Porcentagem de entregas *on-time*: porcentagem das entregas realizadas na data prometida ou antecipadamente.
- (5) **Devolução de pedidos/falta em estoque**: mede o desempenho dos itens, pedidos ou disponibilidade de produtos:
 - 7. Probabilidade de falta em estoque: probabilidade instantânea de que não haja um item solicitado em estoque.
 - 8. Número de pedidos devolvidos: número de pedidos devolvidos devido à falta em estoque.
 - Número de faltas no estoque: número de requisições de itens em falta no estoque.
 - 10. Nível médio de devolução de pedidos: número de pedidos devolvidos dividido pelo número de itens.
- (6) Tempo de resposta ao consumidor: tempo entre a colocação de um pedido e sua a entrega correspondente.
- (7) **Lead time da manufatura**: É o tempo entre o momento de entrada do material até a sua saída do inventário LAMBERT *et al.* (1998). O lead time está intimamente ligado ao contexto de produção. Os processos de fabricação sofrem de atrasos inesperados ou inatividade. Durante os períodos em que

um processo, linha de produção ou máquina estão parados devido à manutenção, atrasos ou falhas logísticas, reduz a eficiência da produção. Todos os atrasos inesperados representam sérios problemas no fluxo da produção. O desempenho do lead time pode afetar o plano estratégico da empresa. As empresas que conseguirem reduzir o lead time e controlar ou eliminar as variações inesperadas na produção terão maior flexibilidade para satisfazer as necessidades dos clientes e ao mesmo tempo reduzir custos (BOWERSOX *et al.*, 2006).

- (8) Erros de entrega: número de entregas erradas realizadas.
- (9) **Reclamação dos consumidores**: número registrado de reclamações dos clientes.

2.3.4 Flexibilidade

A medição de flexibilidade, que é raramente utilizado em análises de cadeia de suprimentos, consegue mensurar a capacidade do sistema em balancear o volume e agenda dos fornecedores, com a manufatura e com os clientes.

A flexibilidade é um processo vital para o êxito da cadeia de suprimentos, desde que a cadeia de suprimentos exista em ambientes de incertezas. Slack (1991) identificou dois tipos de flexibilidade: o grau de flexibilidade é definido como o quanto a operação pode ser alterada. Flexibilidade de resposta é definida como a facilidade (em termos de tempo, custo ou ambos) da operação ser alterada.

Apesar de existir um limite para o grau de flexibilidade e a flexibilidade de resposta da cadeia de suprimentos, a cadeia pode ser elaborada para adaptar-se adequadamente para um ambiente de incertezas, por exemplo, uma redução num sistema de recursos pode afetar negativamente a flexibilidade da cadeia de suprimentos.

Algumas vantagens de uma cadeia de suprimentos flexível incluem:

- Redução do número de pedidos devolvidos;
- Redução no número de vendas perdidas;
- Redução no número de pedidos atrasados;

- Aumento da satisfação dos clientes;
- Capacidade de responder a variações de demanda;
- Capacidade de responder a baixos desempenhos da manufatura (quebra de equipamentos);
- Capacidade de responder a baixo desempenho de fornecedores (problemas com equipamentos – setup);
- Capacidade de responder a baixo desempenho de entregas;
- Capacidade de responder a novos produtos, novos mercados ou novos concorrentes.

Uma cadeia de suprimentos pode aplicar seus recursos de forma eficiente, produzindo o esperado. A flexibilidade é uma importante consideração no desempenho da cadeia de suprimentos, a cadeia de suprimentos estaria apta para ajustar mudanças na demanda de produtos, numa manufatura insegura, na introdução de novos produtos, ou na deficiência de fornecedores.

Flexibilidade são medidas distintamente diferentes das medidas de entradas (recursos) e de saídas. Slack (1983) indica que a flexibilidade mede um potencial comportamento, enquanto os outros objetivos operacionais demonstram o comportamento do sistema operacional (desempenho). Slack (1983) identifica fatores que dificultam a medição da flexibilidade de um sistema de produção. Esses fatores são:

- Flexibilidade é uma medida de potencial;
- Flexibilidade pode ser aplicada em outros objetivos de produção, como o volume ou entrega; e
- A multi-dimensionalidade da flexibilidade (grau e resposta).

Quando uma empresa está submetida a experiências de mudanças em diferentes graus, e existe uma grande diversidade destas possíveis alterações, existe a possibilidade de apropriar vários tipos diferentes de flexibilidade, conforme DAS (1996).

Como existe uma grande complexidade em se medir a flexibilidade do sistema, desenvolveu-se várias medidas.

Slack (1991) define a flexibilidade do sistema como sendo a flexibilidade de toda a operação. A Tabela 3 descreve os tipos de flexibilidade a seguir:

Tabela 3 - Tipos de Flexibilidade

Tipo de Flexibilidade	Definição
Flexibilidade de volume	A habilidade de mudar o nível de saída de
	produtos produzidos
Flexibilidade de entrega	A habilidade de mudar as datas de entrega
Flexibilidade de Mix	A habilidade de mudar a variedade de
	produção
Flexibilidade de novos produtos	A habilidade de inserir e produzir novos
	produtos (isto inclui a alterações de produtos
	existentes)

Fonte: BEAMON (1999)

Cada um destes tipos de sistemas de flexibilidade pode ser aplicado em sistemas de cadeia de suprimentos, existindo a restrição de cada tipo não ser apropriado para cada cadeia de suprimentos.

Verificando dados do sistema consegue-se indicar quais tipos de medidas de flexibilidade são apropriados para o interesse do sistema. A Tabela 4 contém as características da Cadeia de Suprimentos e seu tipo correspondente de flexibilidade.

Tabela 4 - Características de Sistema de Cadeia de Suprimentos e associação com o tipo de flexibilidade

Tipo de Flexibilidade	Característica do Sistema de Cadeia de
	Suprimentos
Flexibilidade de volume	Demanda Variável
Flexibilidade de entrega	Alteração nas datas de entrega regularmente e
	custos estão associados.
Flexibilidade de Mix	Demanda fixa para múltiplos tipos de
	produtos
Flexibilidade de novos produtos	Produtos com curtos ciclo-de-vida

Fonte: BEAMON (1999)

3 SISTEMA, PENSAMENTO SISTÊMICO E DINÂMICA DE SISTEMAS

Este capítulo descreve a estrutura da Dinâmica de Sistemas. Inicialmente é definido um sistema. Após sua compreensão, parte-se para a organização do sistema e de suas variáveis, analisando sua influencia. A partir desta organização, estuda-se o comportamento dinâmico do sistema.

3.1 SISTEMA

De acordo com Kramer & de Smit (1977), sistema é "um conjunto de entidades inter-relacionadas os quais nenhum subconjunto está sem relações com qualquer outro subconjunto".

Sistema é uma forma lógica de apreensão da realidade. Ao se formular sistemas, não se busca um "reflexo" do mundo real, mas sim a descrição ou destaque daqueles "traços" da realidade, cujo conjunto permite a percepção de uma condição de ordem e a proposição de uma forma operativa voltada para um dado objetivo. LIEBER (2004)

Conforme a explicação acima, um sistema é qualquer grupo de interação, interrelacionamento, ou conjunto de partes independentes que forma um todo complexo e unificado, o qual se propõe atingir um propósito específico. Para se estudar a estrutura de um sistema é necessária conhecer os elementos que o constituem e as relações existentes entre eles.

Em um sistema, todas as partes estão inter-relacionadas e interdependentes de algum modo. Sem essas interdependências, tem-se somente uma coleção de partes, e não um sistema.

Conforme Kim (1999), as características de um sistema são:

• **Ter um propósito** – todos os sistemas têm um propósito. Este, contudo, é uma propriedade do sistema como um todo e não de qualquer parte.

- Todas as partes devem estar atualizadas para que o sistema funcione se você tirar pedaços de algo sem afetar suas funcionalidades, então se tem uma coleção e não um sistema.
- As ordens que as partes são organizadas afetam o desempenho do sistema –
 se as partes de uma coleção podem ser combinadas em qualquer ordem, então
 elas não formam um sistema.
- Manter a estabilidade com o uso de realimentação Este é a transmissão e o retorno de informações. O recurso mais importante da realimentação é que ele provê informações para o sistema que o permite saber sobre como ele está em relação a algumas situações desejadas.

Um sistema é formado pela combinação de seus componentes, ou seja, qualquer variável envolvida no sistema. Nos sistemas, as variáveis independentes são denominadas de entradas (*inputs*) e as variáveis dependentes são conhecidas como saída (*outputs*).

Um sistema é dito ser dinâmico se a saída presente depender de uma entrada passada. Caso isto não ocorra, ele é considerado estático. No sistema dinâmico, as variáveis independentes e dependentes são funções do tempo e são denominadas sinais.

Um sistema é considerado contínuo quando seus sinais variam continuamente no tempo. Já os sistemas discretos possuem como principal propriedade o fato dos sinais assumirem valor somente em instantes discretos de tempo.

Em relação à propriedade de linearidade de um sistema, um sistema é dito ser linear quando satisfaz ao Princípio da Superposição. Um sistema satisfaz ao princípio de superposição quando sua resposta em relação a uma combinação linear de sinais de entrada é a combinação linear das respostas do sistema a cada entrada tomada individualmente, com os mesmos coeficientes. Já sistemas não-lineares não apresentam esta propriedade.

3.2 PENSAMENTO SISTÊMICO - SYSTEM THINKING (ST)

Kim (1999) descreve o ST como um meio de enxergar e falar sobre a realidade e que auxilia a compreender melhor e trabalhar com sistemas que influenciam a qualidade de nossas vidas. Em outras palavras, com o ST, é possível especificar um problema, construir um modelo/hipótese, testar esta hipótese e implementar mudanças e comunicar o aprendizado, conforme a Figura 4 abaixo.

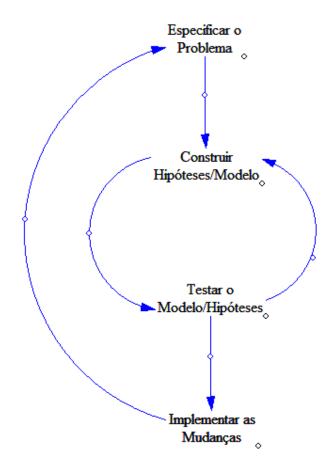


Figura 4 - Passos num método de ST (RICHMOND, 2000)

Dentro das etapas de processo descritas na subseção 3.1, durante sua formulação, pode-se perceber que algumas etapas irão aparecer. São sete ao total, e são eles:

• Pensamento Dinâmico - *Dynamic Thinking* (DT) – ajuda a moldar o problema, o qual se deseja lidar como um fenômeno que se desenvolve com

- o passar do tempo. Por exemplo: vendas devem aumentar após a cada promoção e depois caem.
- Pensamento do Sistema como uma Causa System-as-Cause Thinking (SaCT) e Pensamento Forest Forest Thinking (FT) são inestimáveis em ajudar a determinar quais aspectos da realidade deve-se incluir em suas hipóteses, e quão detalhado deve ser em representar cada um. O primeiro auxilia na determinação dos limites do modelo (quais variáveis serão incluídas no modelo). Através deste método nota-se que devem ser incluídas somente variáveis que estão sob o controle gerencial e que são capazes de gerar um comportamento que queira demonstrar. O segundo ressalta a necessidade de considerar os detalhes.
- Pensamento Operacional Operational Thinking (OT) busca a causalidade
 e a compreensão da geração de um comportamento.
- Pensamento de Laço Fechado Closed-Loop Thinking (CLT) enxerga a
 causalidade como um processo contínuo, e não como evento de único, com o
 "efeito" realimentando para influenciar as causas, e as causas afetando umas
 as outras.
- Pensamento Quantitativo *Quantitative Thinking* (QT) aceita que é possível quantificar, entretanto não se pode medir.
- Pensamento Científico *Scientific Thinking* (ScT) reconhece que todos os modelos estão trabalhando com hipóteses que limitaram sua aplicabilidade.

O ST surgiu na década de 20 quando as maiorias das disciplinas acadêmicas estavam enfrentando um aumento na complexidade dos problemas (von BERTALANFFY, 1968). Em todos os campos, o método tradicional de pesquisa estava se tornando cada vez menos adequado para tratar com problemas complexos (KRAMER & de SMIT, 1977). Por exemplo, no campo da engenharia, teoria de controle surgiu como um resultado de sistemas complexos composto por elementos interdependentes.

De acordo com Richmond (2000), o ST é um conjunto de ferramentas (como diagramas de loops causais, diagramas de fluxo de estoque, e modelos de simulações)

que auxiliam no mapeamento e exploração da complexidade dinâmica. Sendo uma perspectiva única da realidade, uma perspectiva que agiliza as qualidades como um todo e em quantas partes este todos se inter-relaciona. Podendo se referir a um vocabulário específico com o qual é possível expressar a compreensão de uma complexidade dinâmica (CD). Um exemplo, o ST sempre descreve um mundo em termos de reforçar e balancear processos, limites, atrasos, testes padrões sobre tempo, e assim por diante.

O autor destaca que para se compreender sobre todos os modelos é que eles sempre estão errados em algum ponto. Todos os modelos são necessariamente: uma representação incompleta da realidade e por essa razão, não "verdadeira".

O teste real para o valor de um modelo não é em razão do quão certo ele está, e sim o quanto ele é útil. Alguns modelos são mais úteis que outros porque eles auxiliam na compreensão da realidade melhor que outros.

No ST, tende-se preocupar com o quanto se pode confiar na utilidade de um modelo em um problema. O interesse dos Pensantes Sistêmicos está mais em usar um modelo para decidir qual estratégia deverá ser utilizado para maximizar o crescimento das vendas ou representar onde o crescimento das estratégias é mais perigoso numa competição.

3.3 DINÂMICA DE SISTEMAS – SYSTEM DYNAMIC (SD)

A SD pode ser representada por uma modelagem matemática (modelos sistêmicos através de relacionamentos entre variáveis contidas em um sistema) capaz de analisar a resposta de um sistema dinâmico, com intuito de compreender e interpretar a natureza dinâmica a fim de melhorar o desempenho deste sistema.

Bastos (2003) e Souza (2007) definem a SD como uma metodologia que tenta expor as estruturas de sistemas, buscando verificar a inter-relação de suas variáveis, vendo-as de uma forma ampla, enxergando o sistema como um todo. Por intermédio da simulação, a SD quer compreender como o sistema progrediu no tempo e como mudanças em suas variáveis chegam a afetar o seu comportamento. Permite ao pesquisador testar diferentes políticas e soluções para operação do sistema, avaliando o impacto de decisões. Proporciona, por fim, um conjunto de instrumentos para

compreensão e comunicação sobre os modelos da realidade (ANDRADE, 1997; ZAMBOM, 2000a; FERNANDES, 2001; SOUZA, 2007).

Conforme ZAMBOM (2000a), sendo uma técnica de modelagem, assume-se em SD que a análise de uma situação pode ser empreendida de um ponto de vista objetivos externa, e que a estrutura e os processos dinâmicos reais podem ser recriados em diagramas com simbologia específica e modelos matemáticos. Ou seja, busca-se em SD a compreensão da estrutura e do comportamento dos sistemas compostos por enlaces de realimentação. Para compreender a SD, utilizam-se principalmente dois tipos de notação: Diagramas de Enlace Causal (comuns à modelagem através de uma abordagem conceitual, provendo informações qualitativas) e Diagramas de Estoque e Fluxo (característicos da modelagem com envolvimento de equações matemáticas, resultando em representações da realidade com informações quantitativas) (ANDRADE, 1997).

A SD é um método para estudar o mundo ao nosso redor. Ao contrário de outros cientistas, que estudam o mundo, separando-o em partes menores, os estudiosos de SD olham coisas como um todo. O conceito central de SD compreende como todos os objetos em um sistema interagem um com o outro (através de estudos em sistemas de realimentação complexos, tais como os encontrados em negócios), conforme o MIT SDEP (*System Dynamics in Education Project*, 2000).

A relação existente entre SD e ST é que ambos abrangem o mesmo tipo de problema sob as mesmas perspectivas, dividindo os mesmos mapas de técnicas de laços causais. Entretanto, a SD apresenta uma vantagem em relação ao ST por permitir a construção de modelos para simular e confirmar que a estrutura hipotética pode ser moldada em relação ao comportamento observado e testar os efeitos das alternativas propostas sobre as variáveis-chave.

Ao empregar a SD, é possível construir um modelo da realidade com as variáveis essenciais visíveis, onde os resultados de suas inter-relações podem ser acompanhados graficamente, ao longo do tempo, por simulação (ZAMBOM, 2000b). Com isso, podem-se aplicar situações hipotéticas e verificar o comportamento do sistema através do comportamento no tempo das variáveis principais (ZAMBOM, 2000a). A partir dos modelos criados, podem ser definidos vários cenários, que tem como base as mudanças das variáveis-chave. Os resultados são comportamentos diferentes do sistema (MARTELANC, 1998).

Os quatro campos de origem da Dinâmica de Sistemas, como descritos pelo próprio Forrester, em seu artigo de 1958, são (RICHARDSON, 2000):

- Tecnologia computacional;
- Modelagem e simulação por computadores;
- Análise de decisão estratégica;
- Teorias de Realimentação e Controle.

Conforme MAANI & CAVANA (2000), SD em síntese é:

- O QUÊ? é um método rigoroso para auxiliar a pensar, visualizar, compartilhar e comunicar a respeito da evolução de sistemas complexos no tempo;
- PARA QUÊ? solucionar problemas e desenvolverem planos e melhores estratégias, que minimizem a probabilidade de resultados inesperados, com consequências indesejadas;
- COMO? criando modelos e desenvolvendo simulações que externalizem modelos mentais e capturem as inter-relações dos agentes, das forças, dos padrões comportamentais, dos limites organizacionais, das políticas, dos laços de influência e dos atrasos; e, por meio do modelo e conhecimento desenvolvidos, testando o comportamento e reações do sistema;
- QUEM? um arranjo, um combinado, seja uma equipe ou um indivíduo, competente para apresentar e mapear as necessidades e valores (modelos cognitivos) do sistema, de modo franco, aberto, claro e responsável.

3.3.1 Realimentação

As estruturas geradoras dos comportamentos dinâmicos dos sistemas complexos são formadas por laços de realimentação. Realimentação é o nome dado ao procedimento pelo qual parte do sinal de saída de um sistema é transferida para a entrada deste sistema, com o intuito de interferir na saída deste sistema. Esse processo ocorre quando um elemento influencia outros elementos e, através de uma série de relacionamentos o efeito desta influência inicial o retroalimenta.

Segundo Corbett (2003), na SD, há apenas dois tipos de realimentação, os positivos e os negativos. Quando a retro alimentação diminui o nível da saída, fala-se de retro alimentação negativa, e quando a retro alimentação amplifica o nível da saída fala-se de retro alimentação positiva¹. Pode existir também uma retro alimentação com efeito variável (podendo ser positivo e negativo) conforme os ruídos externos dos sistemas que podem provocar efeitos variados.

3.3.1.1 Realimentação Positiva (*Feedback* Positivo - FP)

O fenômeno do FP acontece quando em um sistema, o seu sinal de saída realimenta o próprio sinal de entrada, reforçando o valor (crescimento ou declínio). Conforme Corbett (2003), um FP é o que gera um círculo vicioso ou virtuoso, representa uma situação de consequências crescentes ou declinantes. Ou seja, uma piora numa variável resulta numa ampliação desta piora na mesma variável. Uma melhora resulta num aumento desta melhora na variável. Consequentemente, o FP gerará o crescimento ou declínio do sistema.

_

¹ É importante ressaltar que esta classificação para sistemas com realimentação é própria de SD e não é válida para sistemas dinâmicos com realimentação encontrados na Teoria de Controle, (OGATA, 1998).

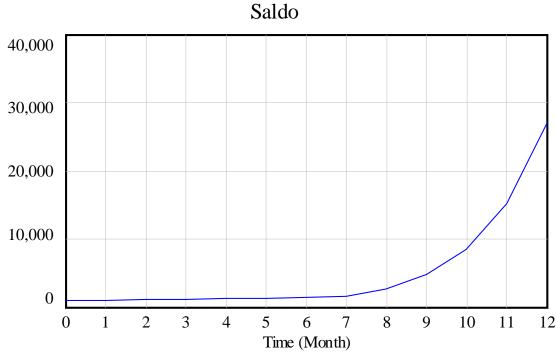
3.3.1.2 Realimentação Negativa (*Feedback* Negativo - FN)

Conforme o mesmo autor, o FN representa um sistema que busca estabilidade ou uma meta específica. Visa um objetivo ou a auto-regulação do sistema. O FN tenta manter o sistema em equilíbrio, reagindo a qualquer distúrbio para manter este equilíbrio.

3.3.2 Comportamentos Dinâmicos Fundamentais

3.3.2.1 Crescimento Exponencial

O FP gera normalmente um comportamento de crescimento exponencial. A variável aumenta a uma porcentagem fixa, ou seja, quanto maior o valor, maior seu crescimento. Um exemplo: a quantidade de dinheiro em uma caderneta de poupança. Ao aplicarmos uma quantia "x" obtém-se um juro referente ao valor depositado. Se aplicarmos mais uma quantia, consequentemente os juros aumentarão. Com isso, o saldo final será maior. O crescimento poderá não apresentar um crescimento perfeito devido à existência de perturbações (ruídos) nos laços de realimentação. A Figura 5 ilustra esse processo.

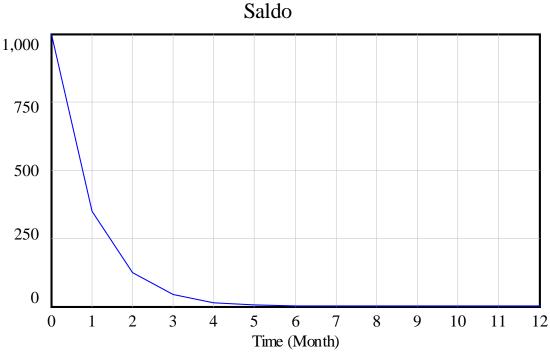


Saldo: Current2 —

Figura 5 - Crescimento Exponencial

3.3.2.2 Goal-Seeking

Conforme a definição descrita anteriormente, o FN representa um sistema que busca estabilidade, a auto-regulação do sistema. Ele tenta manter o sistema em equilíbrio, reagindo a qualquer distúrbio para manter este em equilíbrio. Essas reações são tomadas normalmente pelos administradores do sistema (no caso de um controle de estoque, seu nível estar abaixo do esperado). Ou seja, quanto mais perto do objetivo se chega, diminui-se este distúrbio (KIRKWOOD, 1998; CORBETT, 2003), conforme a Figura 6.

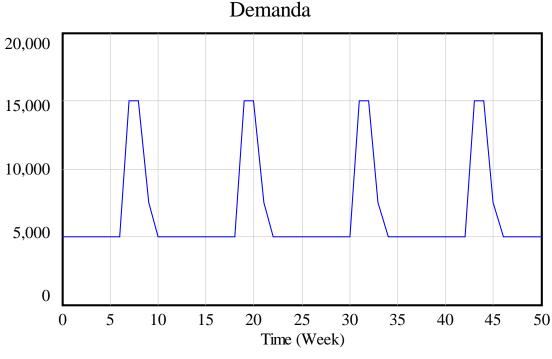


Saldo: Current2

Figura 6 - Goal-Seeking

3.3.2.3 Oscilação

O comportamento oscilatório também é causado pelos FPs. Fazem-se comparações entre o estado atual e as metas, traçam-se ações corretivas com o objetivo de eliminar estas discrepâncias. Porém, existem atrasos presentes nesta inter-relação causal e como consequência destes atrasos, existe uma demora na aplicação destas ações corretivas. A fim de tentar corrigir esta demora (muitas vezes por falta de conhecimento) serão feitas mais correções do que o necessário. Como consequência deste "exagero" de correções, gera-se mais correções devido ao ato de forçar o sistema (por causa dos ajustes desnecessários). Essa dinâmica é repetida inúmeras vezes, o que acaba gerando um comportamento no qual o estado do sistema oscila em torno do seu objetivo. A oscilação (Figura 7) é um FP acompanhado de um atraso (KIRKWOOD, 1998; CORBETT, 2003).



Demanda: current

Figura 7 - Oscilação

3.3.3 Diagramas Causais

Diagramas Causais é a linguagem do Pensamento Sistêmico. Com o Pensamento Sistêmico procura-se relatar, entender, comunicar, estruturas sistêmicas. Antes de essas estruturas serem transformadas em equações, a SD criou os diagramas causais. Nas estruturas existem variáveis que fazem parte da estrutura de realimentação. Estas variáveis são conectadas por flechas e cada uma possui um sinal positivo ou negativo. O sinal positivo indica um aumento na variável que se encontra na parte final da flecha quando a variável no início aumenta. Já o sinal negativo apresenta o comportamento oposto, quando a variável no início da flecha aumenta, o lado oposto diminui. Contudo, um aumento numa variável de causa não irá aumentar à variável efeito, pois, um sistema, na maioria das vezes, possui mais de uma entrada (para compreender o que realmente irá acontecer precisa-se analisar todas as entradas para determinar o que vai acontecer) e diagramas causais não distinguem entre estoques e fluxos (CORBETT, 2003).

A Figura 8 serve para ilustrar as causas do crescimento populacional. Ela demonstra o que causa o crescimento da população e o seu controle através do 'número de óbitos' e da 'longevidade' da população.

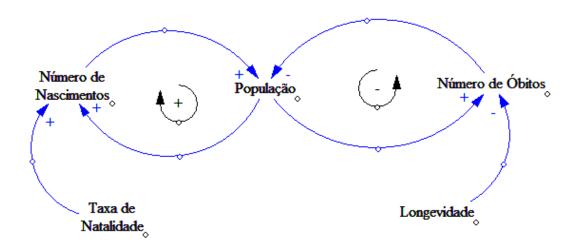


Figura 8 - Um diagrama causal sobre a dinâmica do crescimento populacional (STERMAN, 2000)

3.3.4 Estoque e Fluxos

Os diagramas causais representam as interdependências e os processos de realimentação. Este tipo de estrutura não consegue representar as estruturas de estoque e fluxos do sistema. O estoque é o estado em que o sistema se encontra e gera informações para tomadas de decisões. O estoque é considerado a memória do sistema, já os fluxos, representa as decisões tomadas, pois, alteram o estoque.

Nos modelos de SD os estoques são representados por retângulos, as taxas de entrada são representadas por flechas compostas que apontam para o estoque (adicionam valor), as taxas de saída são flechas compostas que apontam para fora do estoque (diminuem valor), as ampulhetas representam o controle de taxas de entrada e saída, e as nuvens representam as fontes e os depósitos para os fluxos. As nuvens são fontes/depósitos infinitas de valores (STERMAN, 2000)

Os estoques também recebem a denominação de integrais, variáveis de estado e pulmões. Já as taxas são as derivadas.

A Figura 9 representa um diagrama de fluxos e estoque. Ele demonstra a relação entre as variáveis que possuem grande potencial de alterarem ao longo do tempo.

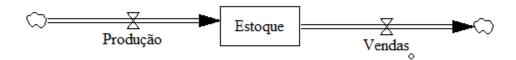


Figura 9 – Um exemplo de diagrama de Estoque e Fluxos (Estoque = INTEGRAL (Produção-Vendas, Estoque Inicial)

3.3.5 Variáveis Auxiliares

Um modelo matemático em SD necessita de seu estoque e fluxos. Para evitar o uso de equações com um grau de complexidade alto para compreensão, utilizam-se variáveis auxiliares. Essas variáveis são funções de estoque, constantes ou entradas exógenas (CORBETT, 2003).

3.3.6 Atrasos

Um sistema pode apresentar oscilações devido a sua estrutura ou causado em algum elo de realimentação. Quando num processo estudado existe a interferência de algum elemento humano, a consequência para o evento seria o aparecimento de atrasos entre as ocorrências devido ao fato de suas percepções, comunicação, decisões e implementações.

Os atrasos são encontrados em todos os sistemas. Os resultados que um atraso pode trazer a um sistema pode ser benéfico ou maléfico. No caso de benefício, ele nos ajuda a filtrar variações indesejáveis. No caso negativo, eles criam instabilidades e oscilações ao sistema. Existem dois tipos de atraso. O primeiro é atraso de material e o

segundo é o atraso de informação. Os atrasos de materiais envolvem o fluxo de material e o de informação representa o ajuste gradual de percepções.

3.3.6.1 Atraso de Material

Conforme BASTOS (2003), o atraso representa uma defasagem de alguma forma em relação à entrada. Como a saída difere da entrada, tem de existir pelo menos um estoque no processo para acumular essa diferença.

Um exemplo é o correio. O envio de uma correspondência pelo correio chega ao destino com atraso. Neste processo de envio e chegada da correspondência, o pacote fica num estoque – "documentos em trânsito". Para qualquer atraso de material, o estoque de material em trânsito é dado como:

Material em Trânsito

$$= \int [Taxa \ de \ Entrada(t) - Taxa \ de \ Saída(t)]dt$$

$$+ Material \ em \ Trânsito \ (t_0)$$

Este tipo de atraso mostra o fluxo físico de materiais e necessita formular a taxa de saída em relação à de entrada. Além disso, necessita definir seu tempo médio e sua distribuição da taxa de saída.

3.3.6.2 Atraso de Informação

Corbett (2003) diz que os atrasos de informação estão relacionados com previsões e percepções de variáveis. As percepções e previsões são baseadas em dados passados. O tempo necessário para o levantamento necessário e seu processamento seria o atraso de informação. A existência deste tipo de atraso é pelo fato na maior parte das

vezes não conseguir mudar as percepções rapidamente no instante de tempo em que novas informações chegam.

O atraso de informação é uma suavização exponencial e neste caso seria um ajuste gradativo ao valor real de uma variável.

3.3.6.3 Atraso e Aprendizado sobre Sistemas Complexos

A compreensão de uma alteração rápida de alguma ação, na qual um efeito seja claro, é fácil. Entretanto, se a ação gerar um tempo maior para gerar o efeito, aumenta a complexidade de compreender a relação causal (CORBETT, 2003). Um bom exemplo para isto ocorre ao tentar ajustar a temperatura de um refrigerador. A temperatura não resfria instantaneamente. O termostato deve analisar a temperatura atual com a qual se deseja estar. Para atingir a temperatura desejada, ele faz o compressor trabalhar ao máximo até atingir uma temperatura menor que a desejada e assim realizar um processo de equilíbrio (um processo oscilatório de liga e desliga do compressor) até atingir a temperatura desejada.

Aprender com estes tipos de sistemas ajudam, pois a realimentação ocorre rapidamente e que a tomada de decisão do termostato causou o problema. Se o tempo de reação do termostato fosse elevado, a identificação de uma relação causar seria possível? A relação "dificuldade de compreensão/tempo de compreensão" é diretamente proporcional. Quanto maior a distância entre o tempo da causa estiver do efeito, maior a dificuldade de compreender as relações de causa e efeito, criando incertezas e impossibilitando um aprendizado rápido e claro do sistema.

3.3.7 Formulando Relações Não lineares

Em SD existem muitas informações não lineares, podendo ser analiticamente especificadas. Normalmente podem ser aplicadas usando uma tabela de funções, onde a relação é especificada como uma tabela de valores para as variáveis dependentes e independentes (CORBETT, 2003).

4 MODELAGEM E CONTROLE DA DINÂMICA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Este capítulo irá apresentar formas de controle e modelagem de Cadeia de Suprimentos. Neste capítulo serão apresentados modelos baseados no IOBPCS e APIOBPCS, seu funcionamento e comportamento. Será descrita a metodologia da política de reposição baseada no MPC – Model Predictive Control.

A Figura 10 representa o funcionamento dos fluxos dentro de uma Cadeia de Suprimentos. Dentro de uma Cadeia de Suprimentos existem os fluxos de demanda, de suprimentos (materiais) e de caixa (financeiro). O fluxo da demanda representa a direção das informações para a geração de produtos/serviços. Este fluxo ocorre quando existe a necessidade de um determinado produto/serviço. Por exemplo, assuma que o cliente busque por um determinado produto. Este por sua vez, verifica a disponibilidade do produto em seus estoques e efetua a venda (caso exista o produto em seu estoque) ou solicita ao seu fornecedor (em caso de falta de estoque). Essa ação entre o cliente e o setor de varejo se repete ao longo da cadeia até atingir o primeiro membro desta. Na outra direção da cadeia ocorre o fluxo de suprimentos ou materiais, que seria a resposta ao pedido do cliente com a entrega do produto solicitado. Na mesma direção do fluxo de demanda acontece o fluxo de caixa que seria a confirmação (pagamento) do produto solicitado.

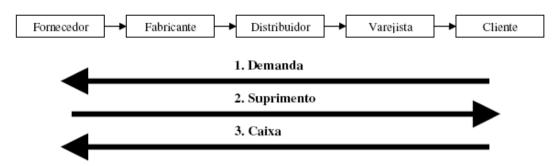


Figura 10 - Fluxos logísticos de uma cadeia de suprimento. (TAYLOR, 2005)

A decisão destes três fluxos depende de um alinhamento entre as empresas pertencentes à cadeia e, neste ponto, a situação pode se tornar um problema, pois cada empresa tende a apresentar um interesse particular em relação à sua participação na cadeia. Conforme Beamon (1998), para o sucesso de uma cadeia, existe a necessidade de uma eficiência operacional e compartilhamento de informações e, para isso existir, é necessário enxergar toda a cadeia e compreender o seu funcionamento. Para isso, usamse modelos matemáticos, pois, ao permitir o teste de várias hipóteses, torna possível em atender a essas necessidades. O modelo deverá representar uma Cadeia de Suprimentos real, identificando os elementos que a influenciam e sua dinâmica.

Conforme Pacheco (2005) a Dinâmica de Sistemas aplicada a Cadeia de Suprimentos é uma aplicação dos conceitos de realimentação nos sistemas produtivos, pois eles englobam desde estudos estruturais até políticas de decisão estratégicas de um ambiente produtivo através de estudos e simulações do modelo matemático que descreve o comportamento dinâmico da cadeia. Sob a ótica da Dinâmica de Sistemas, uma Cadeia de Suprimentos pode ser vista como um conjunto de vários sistemas que apresentam uma interligação (Ordem de Produção). Este modelo é conhecido como IOBPCS - *Inventory and Order Based Production Control System* (TOWILL, 1982; TOWILL & DEL VECCHIO, 1994; OLIVEIRA & PACHECO, 2004; PACHECO, 2004).

4.1 IOBPCS – INVENTORY AND ORDER BASED PRODUCTION CONTROL SYSTEM

Sob a ótica da dinâmica de sistemas, conforme Forrester (1961), alguns passos importantes devem ser seguidos de forma determinante na construção e análise do modelo matemático e, conforme escreve Pacheco (2005), estes passos são:

- ✓ Identificação do tipo de problema no ambiente produtivo a ser analisado.
- ✓ Analise e determinação das interações entre os processos que formam a estrutura do sistema produtivo.

- Construção do diagrama de causa e efeito das informações do sistema em malha fechada junto com as decisões com as ações.
- ✓ Elaboração de uma política de decisão que seja aceitável, com base nos resultados obtidos no fluxo de informação.
- Elaboração do modelo matemático aplicando-se as políticas de decisão, as informações obtidas e as interações entre os processos do sistema.
- Verificação do comportamento do sistema ao longo do tempo e assim colher os resultados simulados.
- Comparação dos resultados simulados obtidos e do comportamento real do sistema.
- ✓ Revisão constante do modelo até sua aproximação com o comportamento real.
- Elaboração de um novo projeto de estrutura organizacional do sistema com base nas relações estruturais, sub-estruturais e na política de decisão a fim de buscar uma melhoria no sistema inicial.
- ✓ Alteração do sistema real em função das informações obtidas na simulação e observar a melhoria de desempenho.

Neste tipo de sistema produtivo, o modelo é descrito por equações diferenciais em tempo contínuo. Este tipo de ambiente pode ser definido como um sistema no qual a ordem de produção é uma função da demanda prevista e da diferença entre o objetivo de estoque e o estoque atual. A fase de produção é modelada por um atraso de tempo que representa o lead time de produção.

Um modelo do tipo IOBPCS apresenta três parâmetros fundamentais: o lead time produtivo, o tempo de ajuste de estoque e o tempo de ajuste de previsão de demanda. Ao tratar do *lead time* da produção, Towill (1982) afirma que este atraso deve variar muito devido à variedade de problemas (incertezas) comumente encontrados sob os processos manufatureiros.

O autor afirma que estas incertezas podem ser evitadas com o uso apropriado da malha de realimentação que detecta e opera sob as variações do estoque. Este tipo de sistema é reconhecido pela sua eficiência em relação aos controles sob o sistema de produção. Para o perfeito funcionamento deste tipo de sistema, o comportamento dinâmico de suas partes deve ser compreendido.

Este modelo básico pode incluir variações como tipo de estoque de segurança (se ele adota um valor fixo ou um múltiplo da média de vendas) e o tipo de política (política de demanda, estoque ou *pipeline*) em favor da otimização do sistema respeitando os objetivos de desempenho.

As variações no modelo básico serão discutidas com mais detalhes mais a frente neste capítulo.

Levando-se em consideração as políticas citadas, tem-se conforme TOWILL *et al.* (1997):

- a) Política de Estoque: a política de estoque trabalha com a taxa de recuperação do estoque e está baseada na Ordem de Produção. Este tipo de política considera o comportamento dinâmico do sistema e, principalmente, seu lead time. Quando se aplica este tipo de política com objetivo de recuperar rapidamente o nível de estoque, resulta-se num excesso de produtos em produção (Wip Work in Process) e o nível de produção e estoque apresentará um comportamento oscilatório. As consequências deste tipo de política são: os altos custos de produção e movimentação (devido ao elevado nível de produtos em trânsito), altos custos de estoque (o excesso de produção gera um aumento nos produtos estocados e consequentemente não haverá espaço para seu armazenamento, gerando a necessidade de novos locais para armazenar), baixo atendimento ao cliente (consequência dos altos produção e um desabastecimento do mercado).
- b) Política *Pipeline*: A política de *pipeline* está relacionada o quanto Wip está presente no chão de fábrica. O nível de Wip desejado é uma função da demanda comum e o tempo que leva para produzir o produto, por exemplo, o lead time de produção. Durante períodos em que o Wip é insuficiente, por exemplo, logo após um aumento da demanda, então é benéfico para a política de *pipeline* aumentar as demandas no chão de fábrica a fim de responder pelo déficit em Wip. Porém, há períodos em que o Wip no chão de fábrica é excessivo devido ao estoque e as políticas de demanda que não consideram os efeitos das demoras (atrasos) no sistema. Então, é benéfico para a política de *pipeline* reduzir os objetivos de produção. O *pipeline* é um mecanismo de correção que utiliza as informações que não estão no estoque

atual. Ou seja, sinais de produtos em trânsito (Wip) cancelam os sinais de estoque e aumentam a importância da Demanda Prevista. Os valores do déficit do Wip são calculados pela diferença entre os valores do Wip atual e o Wip desejado (média da demanda do mercado). O objetivo do *pipeline* é diminuir a discrepância.

c) Política de Demanda: Esta política define o comportamento da demanda (volume, variação, sazonalidade) (OLIVEIRA & CARVALHO, 2004).

Comparando as políticas previamente descritas, a presença do *pipeline* permite identificar com maior velocidade as necessidades de aumento na Ordem de Produção, especialmente quando existe um aumento repentino na demanda de mercado. Logo o tempo de resposta para a produção é reduzido.

A estrutura do sistema baseado no IOBPCS é definida através dos processos descritos a seguir: demanda prevista (previsão sobre o comportamento da demanda real), ordem de produção (volume de produtos a ser feito dependendo da informação da demanda e da posição do estoque), produção e estoque. Na Figura 11 abaixo, apresentam-se as interações da estrutura do sistema produtivo IOBPCS.

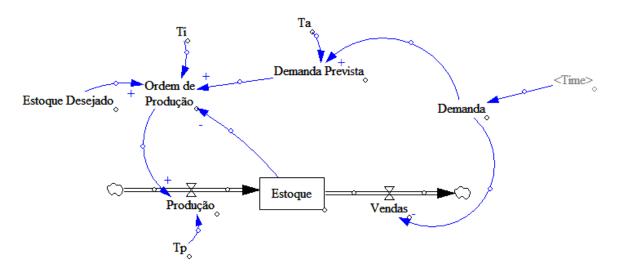


Figura 11 – IOBPCS modelado a partir da visão da Dinâmica de Sistemas

A relação de causa e efeito entre os processos também é mostrada na Figura 11. Pode-se observar que a demanda prevista é representada como uma função direta da demanda de mercado, onde seu objetivo é antecipar informações para a produção sobre o comportamento de mercado evitando assim, o excesso ou a falta de produtos em

estoque. A Ordem de Produção é função das informações obtidas sobre o estoque desejado, isto é, o valor de segurança para o número de produtos em estoque, o nível de estoque atual e a demanda prevista. Com isso, a decisão enviada à produção do quanto produzir resultará na situação atual do sistema (estoque desejado e estoque atual) e a situação futura (demanda futura). Com base na Ordem de Produção e, após o lead time de produção, têm-se a reposição do estoque, que está sujeito as ações da demanda de mercado. Com isso, espera-se manter uma determinada posição de estoque, a fim de atender o mercado consumidor sem que exista uma quebra ou excesso no fornecimento. Na Figura 10, consegue-se também observar uma representação do fluxo de informação e de materiais. O fluxo de informação é representado pela demanda prevista, que gera uma ordem de produção. O fluxo de materiais é representado pela produção abastecendo o estoque.

- ✓ A política de tomada de decisão está baseada no sinal de controle gerado (Ordem de Produção). A ordem de produção é calculada em função do estoque atual, do estoque desejado e da previsão da demanda. Este sistema é uma composição entre uma alimentação direta (feedforward Ordem de Produção) e uma realimentada (feedback Estoque).
- ✓ Tomando-se como base a linguagem da SD aplicadas a um software de modelagem no Vensim². Temos representados na forma de SD:

•
$$Estoque(t) = \int (Produção(t) - Vendas(t));$$
 (1)

■ $\frac{dDemanda\ Prevista\ (t)}{dt}$. $T_a = -Demanda\ Prevista(t) +$

Ordem de Produção =

 $Demanda\ Prevista + \frac{Estoque\ Desejado\ - Estoque}{T_{i}}$ (3)

• $Produção(t) = Ordem de Produção(t - T_P)$ (4)

69

²Vensim - é uma ferramenta de modelagem visual que permite a você desenvolver, documentar, simular e analisar modelos de sistemas dinâmicos. Criada por Ventana Systems, Inc. foi delineada para tornar mais fácil o aprendizado da Dinâmica de Sistemas. Há um editor de equações para auxiliar a completar a simulação. Uma vez montado o ambiente, pode-se explorar o comportamento do modelo.

Os valores obtidos na Ordem de Produção representam o valor da Demanda do elo à montante da SC. A simulação do modelo IOBPCS pode ser feita utilizando o software de SD Vensim² (conforme Figura 11). A seguir um modelo em Vensim que irá mostrar o comportamento de um elo da cadeia de suprimentos influenciada pela demanda do tipo "degrau" e modelada sob a ótica da Dinâmica de Sistemas/IOBPCS. Este modelo será utilizado no capítulo 5 sob a influência de outras formas de demanda.

Exemplo:

Neste exemplo, para efeitos de ilustração da utilização do Vensim, será mostrado o comportamento de um elo de uma Cadeia de Suprimentos modelado sob a ótica do IOBPCS. Neste elo, a Demanda apresenta o comportamento do tipo "degrau", que representa o aumento do volume de demanda após determinado tempo, se estabilizando neste novo valor. As unidades de tempo utilizadas são 'semanas'. A etapa da manufatura é composta pela equação (4) com um lead time produtivo (T_p) de 3,5 semanas. A demanda prevista pelo sistema é formada pela equação (2) onde o tempo para consumo (T_a) é 1 semana. O tempo para o ajuste do estoque (T_i) assume o valor 6,5 semanas. A equação (3) representa a Ordem de Produção. O Estoque Desejado assume um valor do Estoque de Segurança proposta por (EVERS, 1999), onde ele diz que o estoque de segurança (s_s) pode ser dimensionado em função do desvio padrão da demanda durante o lead time produtivo e do nível de serviço, isto é, $ss = n_d \cdot \sigma$, onde n_d é um fator de segurança baseado no nível de serviço do cliente e σ é o desvio padrão da demanda durante o lead time considerando-se uma distribuição normal. A relação entre o nível de serviço e o fator n_d em relação a uma distribuição normal é dada pela Tabela 5 (TUBINO, 2000).

Tabela 5 - Relação dos níveis de serviço e fator de segurança.

Nível de Serviço	Fator n_d
80%	0,84
85%	1,03
90%	1,28
95%	1,64
99%	2,32
99,99%	3,09

Fonte: TUBINO (2000)

Admitindo um estoque de segurança com o nível de serviço em 90%, ou seja, a falta de estoque aconteça somente em 10% durante o processo produtivo. Adotando uma demanda média de 11706 produtos, temos um desvio padrão de 4743 produtos.

Aplicando a equação de estoque de segurança, temos ss = 4743.1,28, onde obtemos o valor aproximado de 6.000 componentes para o estoque de segurança (Estoque Desejado). Assumimos os valores como em Sasaki *et al.* (2008), então o valor para Estoque Desejado é 6.000. O valor inicial do Estoque é um valor igual ao Estoque Desejado e o valor da Demanda assume um comportamento degrau, onde durante os primeiros 15 intervalos de tempo a Demanda solicita 5.000 componentes e após o 16° intervalo, esse valor sobe para 15.000 componentes.

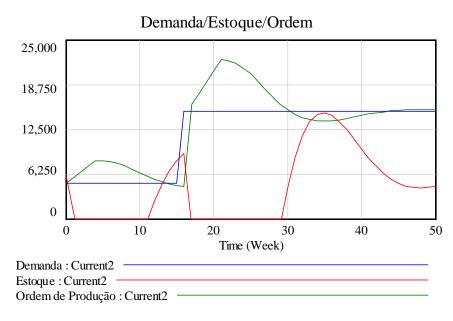


Figura 12 – Comportamento do Processo Produtivo de Um Nível IOBPCS

Neste modelo podemos perceber o efeito causado pela amplificação da Demanda e do impacto causado pelo lead time produtivo. De acordo com a Figura 12, pode-se perceber que o lead time produtivo acaba retardando o volume de produtos entregues ao Estoque em relação ao número de Ordens de Produção propostas. Esse menor volume de produtos acaba gerando uma quebra de estoque nos períodos iniciais. O elo consegue se estabelecer seu nível de Estoque após o 10º período. Até o 15º período pode-se notar um aumento do volume de Estoque quando acontece a amplificação da Demanda.

Como resultado da amplificação da Demanda, o volume de produtos em Estoque acaba reduzindo. Somente próximo ao 30° período, o elo consegue se restabelecer. Esta quebra de estoque significa deficiência em atender o cliente. Este tipo de comportamento cria um déficit de produtos ao mercado que pode ser entendida ou não pelo cliente final (os produtos faltantes poderão ser entregues com atraso ou não, dependendo da política/comportamento do cliente).

A seguir, o comportamento do sistema para diferentes tempos de ajustes é ilustrado como descrito anteriormente, a Política de Estoque trabalha com a taxa de recuperação do estoque e tem como base a Ordem de Produção. Considerando uma alteração no Tempo de Ajuste de Estoque (T_i) de 6.5 ("Current2") para 10 ("Current") observamos uma alteração no nível de estoque conforme a Figura 13.

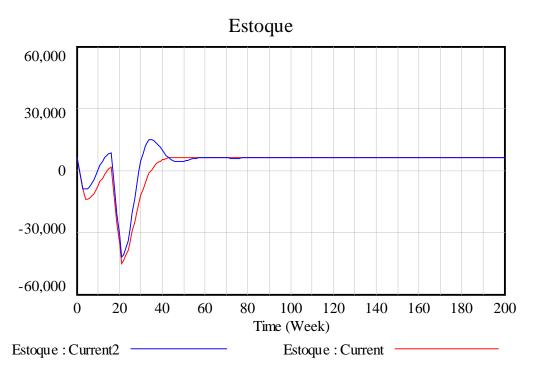


Figura 13 - Variação do Estoque em Relação à Variação do Tempo de Ajuste de Estoque (Ti)

Conforme descrito anteriormente, existem variações do modelo IOBPCS básico. A família IOBPCS é formada por: IBPCS (*Inventory Based Production Control System*), VIOBPCS (*Variable Inventory and Order Based Production Control System*), APIOBPCS (*Automatic Pipeline Inventory and Order Based Production Control System*) e o APVIOBPCS (*Automatic Pipeline Variable Inventory and Order Based*)

Production Control System). A Tabela 6 apresenta as variações do IOBPCS básico, a política de demanda e como é o comportamento do Estoque Desejado (Estoque de Segurança).

Tabela 6 - Família IOBPCS

Modelo	Descrição	Estoque	Política de	
		Desejado	Demanda	
IBPCS	Inventory Based	Constante	Não há.	
	Production Control			
	System			
IOBPCS	Inventory And Order	Constante	Existe um atraso	
	Based Production		em relação à	
	Control System		demanda real.	
VIOBPCS	Variable Inventory and	Múltiplo da	Existe um atraso	
	Order Based Production	media da	em relação à	
	Control System	demanda do	demanda real.	
		mercado		
APIOBPCS	Automatic Pipeline	Constante	Existe um atraso	
	Inventory and Order		em relação à	
	Based Production		demanda real.	
	Control System			
APVIOBPCS	Automatic Pipeline	Múltiplo da	Existe um atraso	
	Variable Inventory and	media da	em relação à	
	Order Based Production	demanda do	demanda real.	
	Control System	mercado		

Fonte: SARIMVEIS, et al. 2007

A diferença entre o VIOBPCS e o IOBPCS está no valor utilizado para o Estoque Desejado.

4.2 APIOBPCS – AUTOMATIC PIPELINE INVENTORY AND ORDER BASED PRODUCTION CONTROL SYSTEM

O APIOBPCS - Automatic Pipeline Inventory and Order Based Production Control System (Disney et al., 2000), analisa o comportamento dinâmico do nível produtivo monoproduto em: nível do estoque, comportamento da demanda, lead time produtivo, canal de suprimentos, backlogs e etc. O modelo caracteriza-se através da

presença de um estoque de material em processamento (Wip - Work in Process: são peças, componentes ou subcojuntos que sofrem atrasos ou são armazenados durante o processo de produção ou que estão sendo processados, transportados ou movimentados internamente, conforme MARTINS & ALT (2003). Pode-se dizer que o Wip é o material que está fora do almoxarifado dos produtos acabados. O volume presente depende diretamente do ambiente produtivo, eficiência dos setores operacionais, qualidade e eficiência do Planejamento e Controle da Produção - PCP) e de um estoque de segurança.

Este tipo de ambiente produtivo segue os conceitos de construção de um nível produtivo IOBPCS (através do fluxo de informação e de materiais). Conforme visto anteriormente, o nível produtivo IOBPCS é formado por um Estoque de Desejado (estoque de segurança), pela Demanda real e Prevista, pela fase de produtiva (Produção) e de seu lead time produtiva e da demanda para o próximo nível da cadeia de suprimentos (Ordem de Produção) em sistemas realimentados (TOWILL, 1982). No ambiente produtivo APIOBPCS existe um canal automático de suprimentos (*pipeline*) incorporado ao nível produtivo IOBPCS. Esse canal de suprimentos tem o objetivo de diminuir impactos (ex.: *Bullwhip Effect*) sobre a produção quando o ambiente produtivo está sob ação de incertezas (variação de demanda em curtos intervalos de tempo) e picos de mercado evitando assim a sobrecarga da capacidade produtiva.

Um nível produtivo do tipo APIOBPCS é composto por um canal de suprimentos formado por um único WIP incorporado ao nível produtivo IOBPCS (modelado segundo os conceitos da Dinâmica de Sistemas), conforme OLIVEIRA & PACHECO (2004).

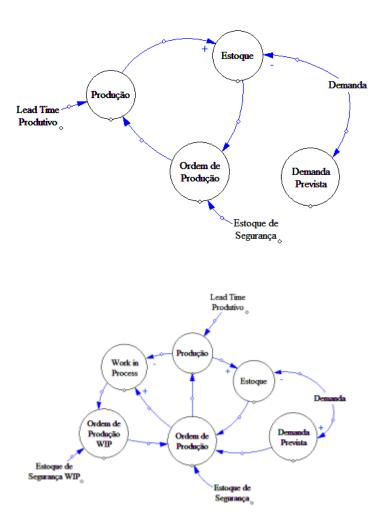


Figura 14 - Diagrama de causa e efeito de um nível produtivo IOBPCS e APIOBPCS

A Figura 11 pode ser representada na forma de diagrama de causa e efeito. A primeira ilustração da Figura 14 representa um nível produtivo do tipo IOBPCS na forma de diagrama de causa e efeito. Tomando como base a Figura 14 e comparando os diagramas de fluxo dos modelos IOBPCS e o APIOBPCS, percebe-se que o Wip é uma função da diferença entre a entrada de uma Ordem de Produção e da Produção de um produto a ser enviado ao Estoque. O Estoque é uma função da Demanda do mercado e da Produção (reposição do produto no estoque). O intervalo de tempo entre a chegada de uma Ordem de Produção e sua chegada ao Estoque é definido como lead time. Portanto, neste tipo de ambiente produtivo, ele é composto por uma função de transferência com atraso (atraso) e por duas funções de transferências (uma contendo um Wip e a outra com o Estoque). No APIOBPCS, a Ordem de Produção depende de um fator a mais que o IOBPCS: Pedido de Reposição Wip. O modelo no formato de SD de um nível APIOBPCS é apresentado na Figura 15.

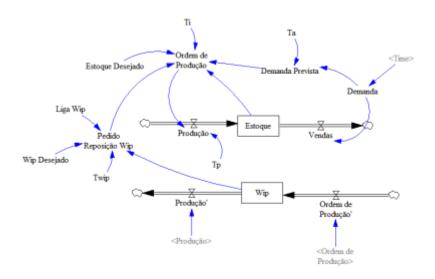


Figura 15 – Diagrama de fluxo de um nível produtivo APIOBPCS

Em relação ao modelo IOBPCS, as equações de um modelo APIOBPCS apresentam diferenças na variável Ordem de Produção, a presença do estoque de material em processamento (Wip). Na equação da Ordem de Produção (3) ocorre o acréscimo do Pedido de Reposição Wip. Este material em processo consiste num material que ainda necessita ser processado e seu volume deve ser considerado no instante de gerar a Ordem de Produção.

$$Ordem\ de\ Produção(t) = Demanda\ Prevista(t) + \frac{Estoque\ Desejado\ - Estoque\ (t)}{T_i} + Pedido\ de\ Reposição\ Wip(t)$$
 (5)

O Pedido de Reposição Wip consiste nesta ordem para processar o estoque existente no chão de fábrica. A presença de um estoque de segurança para um sistema é importante para evitar e/ou amenizar alguns inconvenientes causados por algum fator externo, dentro do canal do Wip também poderá ocorrer algum inconveniente como uma quebra de máquina causando uma parada ou algum problema de movimentação. Por isso, existe neste canal um valor desejado de estoque em processamento (Wip Desejado). O $T_{\rm Wip}$ consiste no tempo de ajuste do Wip.

• Pedido de Reposição WIP(t) =
$$\frac{Wip\ Desejado\ -Wip(t)}{T_{Wip}}$$
 (6)

O WIP é composto pela diferença entre a Produção e a Ordem de Produção:

•
$$Wip = \int (Ordem\ de\ Produção - Produção)$$
 (7)

Para obter o real valor do estoque (Estoque Total), soma-se o valor do WIP com o valor do Estoque do IOBPCS.

•
$$Estoque\ Total = WIP + Estoque$$
 (8)

Numa simulação de um ambiente produtivo do tipo APIOBPCS pode-se analisar os impactos causados pelas incertezas e pelo efeito chicote. Verifica-se também qual o comportamento que a Ordem de Produção e os Estoques em relação às incertezas da Demanda. Considerando ausências de restrições no nível produtivo (Produção), ou seja, capacidade de fabricação e capacidade máxima em ambos os estoques. Assume-se também que o *lead time* produtivo (T_P), que para efeito de simulação, foi considerado constante (em ambientes produtivos reais, o *lead time* produtivo pode variar em função de vários fatores, por exemplo, o volume de pedidos e seu ajuste representaria uma nova configuração do nível produtivo, como um novo layout).

Exemplo:

Para ilustrar, um modelo APIOBPCS, será utilizado os mesmos valores do exemplo anterior com a Demanda apresentando incertezas e sofrendo um aumento de nível de 10 mil unidades no intervalo do 15° a 30° período e um decréscimo de 5 mil unidades após o 30° período mantendo a demanda em 10 mil unidades até o final do período produtivo, sendo o valor inicial de 5 mil unidades. Para o canal WIP serão

utilizados o Tempo de Ajuste Wip (T_{Wip}) em 6,5 semanas e o nível de WIP desejado em zero unidade.

Na Figura 16, pode-se observar que os valores da Ordem de Produção (Demanda para os outros níveis da cadeia de suprimentos) convergem para os valores da Demanda Prevista por causa da ausência de restrições produtivas. Observa-se também que o efeito chicote (ou amplificação da demanda) para o nível subsequente da cadeia de suprimentos é atenuado. Isto acontece devido à incorporação do *pipeline* que reduz as incertezas sobre os pedidos de reposição a serem feitos para o nível produtivo através da gestão do Wip, corrigindo estes pedidos de reposição em função da diferença entre objetivo e a posição atual Wip.

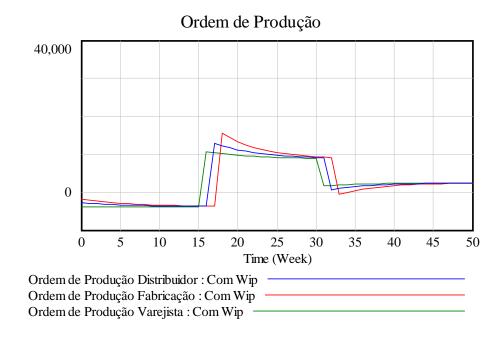


Figura 16 – Ordem de Produção APIOBPCS

Na Figura 17, pode-se observar o comportamento do Pedido de Reposição do Wip apresentando valores negativos durante o período produtivo, resultando numa necessidade de reduzir a quantidade de Ordens de Produção a serem passados para a Produção. Também se pode perceber que o *pipeline* apresenta a característica de nivelar a Produção, ou seja, fornecer a cada instante de tempo o valor do Pedido de Reposição do Wip com objetivo de determinar o comportamento dos pedidos de reposição (aumento ou redução dos pedidos em função da diferença entre o objetivo e a posição

atual do Wip) a serem feitos para o nível produtivo. Assim, os impactos de amplificação de demanda (efeito chicote) gerados através das Ordens de Produção são reduzidos e consequentemente existirá uma melhor gestão da capacidade produtiva frente a incertezas na demanda de mercado.

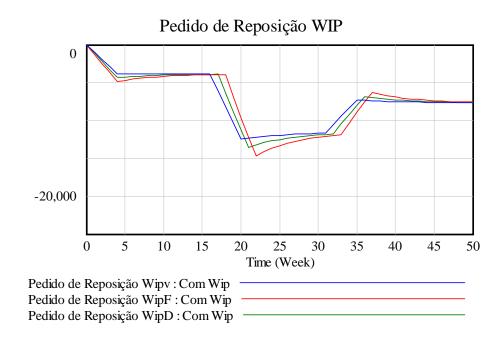


Figura 17 - Pedido de Reposição WIP

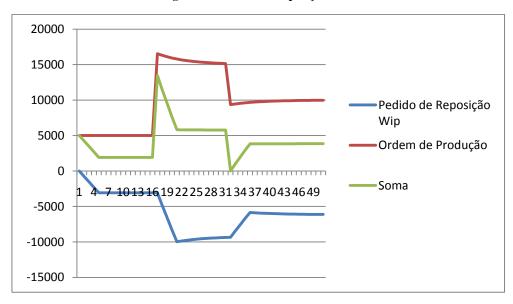


Figura 18 – Soma entre Pedido de Reposição Wip e a Ordem de Produção

A Figura 18 apresenta o resultado da adição entre as ordens de produção (Ordem de Produção do nível produtivo e o Pedido de Reposição do Wip). Neste gráfico, pode-

se notar o comportamento do *pipeline* (linha da Soma) ao determinar uma redução de produção durante os períodos que antecedem ao aumento da demanda, durante o aumento (controlando o aumento de produção).

4.3 MODEL PREDICTIVE CONTROL – MPC (CONTROLE PREDITIVO POR MODELO)

Devido ao desenvolvimento global, muitas empresas estão deixando de atuar somente no mercado local/nacional e partindo para atuar no mercado global. Esta escolha causa nos sistemas produtivos um stress substancial exigindo uma melhor organização e a procura por metodologias para gerenciar suas cadeias de suprimentos para melhorar o serviço de atendimento ao cliente e ao mesmo tempo reduzir custos.

O MPC passou a ser utilizado em problemas envolvendo Cadeia de Suprimentos por apresentar resultados promissores, em sistemas cuja informação sobre o futuro não existam. A utilização de uma metodologia de previsão irá mostrar a eficiência da ação dos controles para fornecer dados sobre o futuro.

Ao adotar a metodologia do MPC, é possível adotar restrições para as variáveis manipuladas/controladas para conseguir lidar com as não linearidades presentes em sistemas dinâmicos. O MPC pode ser descrito como sendo um modelo dinâmico do processo e as medidas de interesse são utilizadas para dizer o comportamento futuro do sistema (QIN & BADGWEL, 1996).

O controle é obtido ao minimizar a função do erro entre a resposta prevista do processo e a trajetória desejada (*set-point*). O MPC tem como objetivo trabalhar com o controle de multi-variáveis complexas na presença de interações entre variáveis de entrada (variáveis manipuladas) e de saídas (variáveis controladas).

4.3.1 MPC em Cadeias de Suprimentos

O MPC possui muitas variações, conforme RASKU (2004). O caso da cadeia de suprimentos e o controle de estoque com MPC possuem suas próprias características que dependem do tipo de negócio da cadeia. De uma maneira geral, o MPC pode ser visto com um método complexo de controle, especialmente quando a consideração de restrições é relevante.

O uso do MPC para o controle de uma cadeia de suprimentos não se faz necessário quando existe uma pequena gama de produtos ou quando há poucos parâmetros para controle. O uso adequado para o MPC é para casos de escala de produção grande devida a existência de um número maior de parâmetros de controles para gerenciar.

O modelo de controlador para o controle de estoque pode ser considerado simples para sua implementação, desde que desconsiderando as restrições do estoque (limitação do estoque, estoque negativo, etc.) e ser um integrador. A equação que define o estoque pode ser descrita como em (PACHECO, 2004):

$$y(k+1) = y(k) + p(k) - d(k) - e(k)$$
 (i)

Onde y(k+1) representa a posição do estoque no instante k+1, onde k representa intervalos de tempo discreto; p(k) representa o nível produtivo; d(k) representa a demanda do sistema e; e(k) representa o erro entre a demanda real e a demanda prevista, ou seja, o erro de previsão.

O nível produtivo representado por p(k) é uma função da Ordem de Produção (u(k)) acontecida no passado.

$$p(k) = u(k - d) \tag{ii}$$

O 'd' representa o lead time produtivo, ou seja, é o tempo entre o pedido de reposição e a reposição efetiva do componente no estoque. Isto força o intervalo de tempo do horizonte de previsão a expandir para dados passados desde que os efeitos das ordens de produção aplicada ser percebidas após certo tempo (atraso). Isso se deve ao fato da existência de incertezas na previsão da demanda.

Outro fator para considerar os dados passados é a presença do estoque em processamento (WIP). O WIP consiste no material já ordenado e está a caminho do estoque e que não seja ordenado novamente enquanto ele não chegar ao estoque. Isto é um procedimento importante, como o canal automático de suprimentos (*pipeline*), que regula a quantidade de fabricação de produtos, reduzindo assim, o excesso na fabricação de produtos. Pode-se perceber na Figura 19 que a diferença entre a Previsão da Demanda e as Ordens Futuras Otimizadas representa o intervalo das Ordens Passadas.

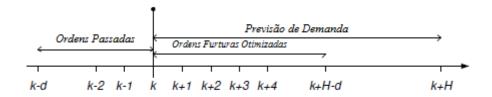
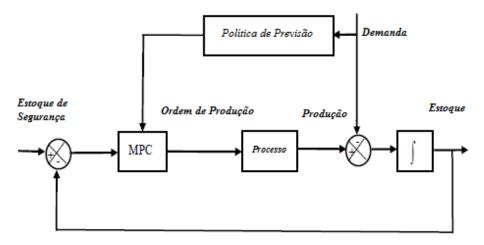


Figura 19 - Intervalo de Tempo do Horizonte de Previsão

A Equação (i) representa um controle linear. Mesmo que o Estoque represente um sistema não linear devido às capacidades limitadas e do nível de estoque não ser negativo. Isto não será um empecilho desde que os valores mínimos de estoque (zero) e os valores máximos sejam indesejados e que sejam regidos pelo controle das restrições. Ou seja, até este momento todos os trabalhos envolvendo o MPC controlando a cadeia de suprimentos são similares entre si, por exemplo, em trabalhos de (LEE & BILLINGTON, 1992; RIDDALLS & TIPI 2000; TZAFESTAS & KYRIANNAKIS, 1997). A Figura 20 representa o diagrama de blocos de uma SC controlada pelo MPC.



 $Figura\ 20-Diagrama\ de\ Blocos\ de\ um\ elo\ da\ Cadeia\ de\ Suprimentos\ controlado\ pelo\ MPC$

5 APLICAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO SOB OS AMBIENTES PRODUTIVOS TIPO IOBPCS E APIOBPCS

Este capítulo busca a melhor forma de gerenciar uma Cadeia de Suprimentos em três situações diferentes de políticas de demanda (constante, tipo degrau e sazonal) sobre os modelos baseados no IOBPCS e APIOBPCS auxiliados por indicadores de desempenho. Através desses resultados será possível verificar a melhor estratégia a ser tomada.

Beamon (1998) destacou que existe uma crescente necessidade por informações que possibilitem descentralizar as decisões, atender as expectativas dos clientes e melhorar os processos produtivos. O uso de indicadores proporciona representar, de forma quantificável, as características de um processo produtivo, sendo essencial para o planejamento e controle dos processos de uma organização, ou seja, o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Isso possibilita a avaliação do desempenho durante um determinado período, permitindo a comparação com as metas pré-estabelecidas e outras referências visando atingir o objetivo proposto.

Para atingir os objetivos de gestão da Cadeia de Suprimentos, serão aplicados aos modelos IOBPCS/APIOBPCS diferentes parâmetros estratégicos (lead time produtivo (T_p) , tempo de ajuste de estoque (T_i) e tempo de ajuste de previsão de demanda (T_a)), que são obtidos através da variação deles num intervalo de um a dez (que representa a variação do tempo em semanas) conforme em Pacheco (2004), em três situações distintas de demanda (demanda constante, demanda tipo degrau e demanda sazonal). Para auxiliar na mensuração do desempenho da cadeia serão atribuídos aos modelos indicadores de desempenho para permitir uma comparação entre as situações propostas inicialmente de uma Cadeia de Suprimentos de três elos com os resultados obtidos nas novas configurações. A Cadeia de Suprimentos proposta nas três situações de demanda é uma cadeia nova onde não existem dados anteriores a análise realizada. A tabela 7 destaca a forma de como serão feitas as simulações e análises.

Tabela 7: Como será feita as simulações e análises:

Situação Inicial de para cada modelo	Análise dos Indicadores Iniciais	Construção de um novo cenário	Análise dos Indicadores Finais
	- Demanda		
IOBPCS/APIOBPCS	- Estoque	Variação dos parâmetros de	
Nas três situações de	- Ordem de	controle numa escala de 1 a	
comportamento da	Produção	$10 (T_p, T_i, T_a)$ que representa	Comparativo entre as
Demanda:	- Vendas	o ajuste de tempo em	situações iniciais e finais.
- Constante;	Efetivas	semanas, buscando o melhor	situações iniciais e iliiais.
- Degrau;	- Receita Total	resultado através da análise	
- Sazonal.	- Custo Total	dos novos valores obtidos.	
	-Lucro		

Essas situações simulam uma alteração estratégica permitindo o estudo em três situações. A primeira é o impacto da demanda de um produto recém-lançado no mercado, onde sua demanda aumenta após um determinado tempo de mercado e se mantém assim, apresentando um comportamento do tipo "degrau". A outra situação a ser abordada é a questão de produtos que apresentam demanda sazonal. Produtos que apresentam uma elevação na sua demanda em determinados períodos. A última situação aborda produtos que apresentam uma demanda praticamente constante. Este tipo de comportamento pode ser observado em vendas de commodities.

Conforme apresentado anteriormente, um modelo IOBPCS apresenta três parâmetros fundamentais: o lead time produtivo (T_p) , o tempo de ajuste de estoque (T_i) e tempo de ajuste de previsão de demanda (T_a) . Um modelo APIOBPCS apresenta, além destes três, o tempo de ajuste do estoque em processo (T_{Wip}) . Para a operação perfeita deste tipo de sistema, seu comportamento dinâmico deve ser entendido. No IOBPCS/APIOBPCS, a Ordem de Produção é uma função que varia de acordo com a posição atual do Estoque, ajustado pelo tempo de ajuste do estoque, e do Wip (no caso do APIOBPCS). Com a proposta de novas estratégias, novos valores são propostos para essa variável, determinando novos tempos de resposta para o modelo. Ao propor um novo valor para o lead time produtivo, estará representando o tempo necessário para o nível produtivo repor o volume pedido e retirado pela demanda. Ao suavizar

exponencialmente o valor da demanda através do aumento do tempo de ajuste de previsão de demanda, o volume necessário para atender a demanda é suavizado, postergando seu pedido de produção.

Os indicadores que serão aplicados aos modelos, dentre os abordados no capítulo 2, são:

• Recursos:

- o Medidas de Custos:
 - Total representa o total dos custos que o elo/cadeia apresenta. É
 a soma dos custos de Estoque, Backlog e Fabricação;
 - Estoque representa o custo de manutenção do Estoque;
 - Backlog representa o custo pela falta de estoque, o modelo que aborda a falta de estoque será o APIOBPCS;
 - Fabricação representa o custo de produção de produtos.

• Saídas:

- o Lucro total de vendas menos as despesas;
- O Vendas Efetivas: a Taxa de Atendimento e a Entrega on-time estão englobadas neste indicador. Este indicador aborda somente o produto existente em estoque, ou seja, ele computa a venda somente quando existir o produto em estoque no volume igual à demanda.

Os indicadores foram construídos da seguinte forma:

• Custo(t) =

Valor de Produção. Produção(t) +

• Custo Total(t) =
$$\int \text{Custo}(t) dt$$
 (10)

• Vendas Efetivas = se o Estoque for maior que a Demanda, então Vendas

• Receita(t) = Vendas(t). Valor do Produto
$$(12)$$

• Receita Total(t) =
$$\int \text{Receita}(t)dt$$
 (13)

• Lucro(t) =
$$\int (\text{Receita}(t) - \text{Custo}(t)) dt$$
 (14)

Para representar as diferentes situações estratégicas da Cadeia de Suprimentos serão alterados as varáveis T_a , T_i e T_P (Tempo de Ajuste de Previsão de Demanda, Tempo de Ajuste de Estoque e Tempo de Ajuste da Produção) de cada elo em cada situação de Demanda proposta. Ao ajustar o tempo de Previsão de Demanda, suaviza-se a informação de volume de produtos necessários para produzir. Referente ao Ajuste do Tempo de Estoque, novos valores acabam resultando numa diminuição do volume de ordem de produção. O Tempo de Ajuste da Produção representa o lead-time produtivo. Sua variação resulta numa diminuição ou aumento do tempo produtivo. Melhoria neste ponto pode necessitar de um investimento para uma possível melhoria no nível produtivo como a aquisição de novos equipamentos, novo layout, etc.

Ao variar esses parâmetros será possível perceber o comportamento do sistema para atender a uma nova demanda, o intervalo de tempo necessário para o Estoque se restabelecer e/ou verificar o impacto do *lead time* produtivo em todo o sistema. Para mensurar a variação, os indicadores de desempenho irão auxiliar nisso.

Ao adotar uma nova estratégia, deve-se tomar cuidado ao adotar a mesma estratégia de outro elo. Conforme Beamon (1998), ao destacar que as empresas necessitam compartilhar informações para um melhor desempenho da cadeia de suprimentos, essas informações devem ser interpretadas e servir de fonte para uma estratégia para cada empresa. A empresa não deve copiar simplesmente a estratégia de outra empresa sem prever seus impactos, pois isso poderá representar o fracasso da cadeia de suprimentos. Os modelos da seção 4.1 e 4.2 representam este tipo de estratégia.

Para todos os tipos de cenário a seguir, os valores iniciais para Estoque Inicial, $T_{\rm a}$, $T_{\rm i}$ e $T_{\rm P}$ serão Estoque Inicial= 6 mil, $T_{\rm a}$ = 1,0, $T_{\rm i}$ = 6,5 e $T_{\rm P}$ = 3,5. Para modelos APIOBPCS, o $T_{\rm Wip}$ = $T_{\rm i}$. O valor unitário de cada produto é de \$21,00. O valor de produção unitária é de \$1,00 e o valor de estoque unitário é de 1,5. O sistema possui capacidade produtiva infinita, ou seja, livre de restrições produtivas.

O modelo representado na seção 4.1 representa uma cadeia que adota a mesma estratégia para todos os elos. Ao adotar estratégias distintas (novos valores para T_a , T_i e T_p) para cada elo será possível notar melhorias de resultados, o qual é o objetivo do SCM. A adoção dos novos parâmetros dará do sentido varejo-fabricante, ou seja, será estabelecido um melhor resultado ao elo Varejista e com isso, o elo Distribuidor se

modelará conforme os resultados obtidos com o Varejo e assim, se repetirá com o elo Fabricante. O intervalo de tempo analisado é de 50 semanas.

5.1 DEMANDA CONSTANTE

Esta situação, onde o comportamento da Demanda do mercado permanece praticamente constante, representa um exemplo de demanda de commodities, cujo consumo é praticamente constante. Nesta subseção o objetivo é demonstrar o comportamento da Cadeia de Suprimentos para a Demanda constante no mercado (Demanda Varejista) em modelos do tipo IOBPCS/APIOBPCS e analisar a melhoria em relação à situação inicial através dos novos parâmetros para T_a , T_i e T_p . A Demanda para o elo varejista é de 5.000 produtos/semana, podendo variar em até 200 produtos.

5.1.1 IOBPCS

Analisando o comportamento da Demanda, Ordem de Produção e Estoque inicial do modelo para os três elos pode-se observar uma amplificação da Demanda para os elos 'Distribuidor' e 'Fabricante' causada pela falta de produto no Estoque devido ao consumo e ao tempo de ajuste de estoque (T_i) não conseguir suprir o sistema a tempo, conforme se podem observar as figuras a seguir.

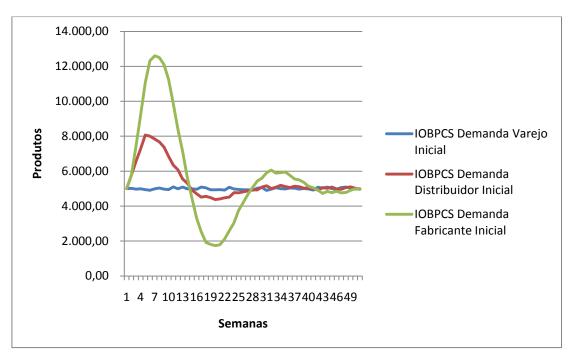


Figura 21 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Demanda nos três elos da Cadeia de Suprimentos

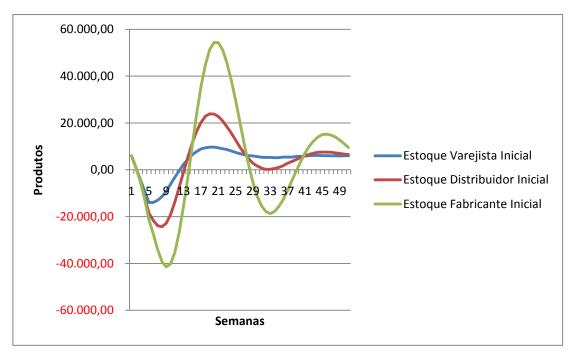


Figura 22- Demanda Constante - Situação Inicial IOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos

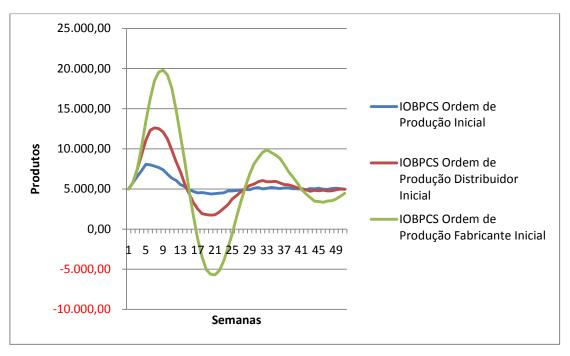


Figura 23 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos

A resposta do sistema a queda do nível de Estoque é suprir essa diferença, igualando ou aproximando ao valor do Estoque Desejado (6.000 produtos). Esta informação é passada ao nível produtivo através da Ordem de Produção. A Produção irá abastecer o Estoque, respeitando o *lead time* produtivo ($T_{\rm P}$) proposto inicialmente. Ou seja, o item produzido irá demorar o valor proposto de $T_{\rm P}$ para ir ao Estoque, conforme a Figura 21. Devido ao *lead time* produtivo ser elevado combinado ao consumo do mercado (Demanda), diminui-se o nível de Estoque, sendo necessário algum tempo para restabelecer seu nível. Esta falta de tempo sem produtos em estoque (*backlog/backorder*) gera um aumento na necessidade por produtos, gerando a amplificação nas Ordens de Produção resultando um aumento na Demanda para o elo montante. Esta falta pode trazer para a companhia algumas penalidades como multas, aumento nos custos e queda nos lucros. No caso de um cliente final, pode resultar na procura de um produto concorrente.

Pode-se analisar o desempenho da cadeia através dos Indicadores de Desempenho propostos, conforme as figuras 24 a 27:

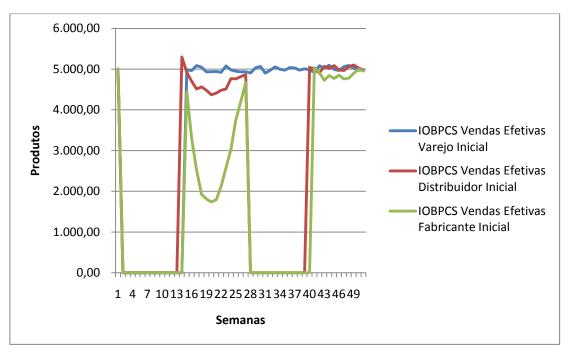


Figura 24 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Volume de Vendas Efetivas de cada elo.da Cadeia de Suprimentos

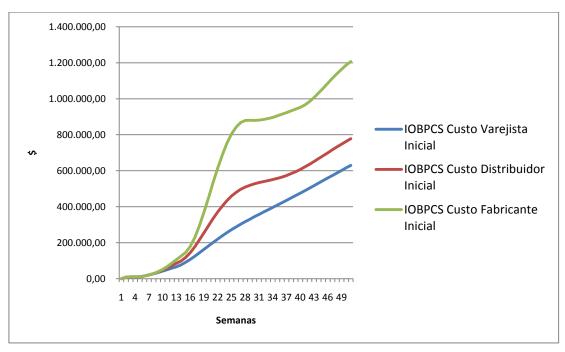


Figura 25 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Custo Total de cada elo da Cadeia de Suprimentos

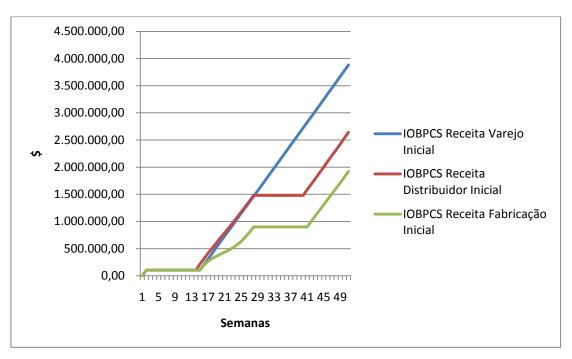


Figura 26 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

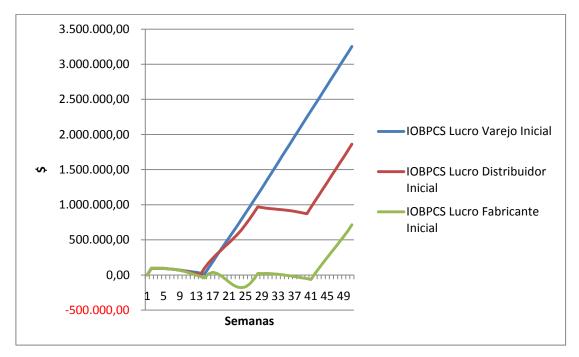


Figura 27 – Demanda Constante – Situação Inicial IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Estes gráficos indicam o lucro, custo total, vendas e receita dos três elos da Cadeia de Suprimentos nesta situação inicial proposta. Na Figura 24 é possível notar o impacto da falta de Estoque em relação às Vendas Efetivas dos elos. Ao verificar o volume de Estoque até ao 13º período, percebe-se uma falta de produto estocado. Esta

falta gera nas Vendas Efetivas um efeito negativo (a equação (11) é modelada para só processar quando o nível de Estoque é maior que a Demanda). No caso da falta de produtos, o volume vendido é igual à zero, resultando uma receita nula.

A Figura 25 mostra o comportamento do Custo Total para a Cadeia de Suprimentos. Nele pode-se verificar o custo do volume produzido e do volume estocado. Analisando a Figura 22 e a Figura 23, pode-se perceber que com a queda do nível estocado, existe a necessidade de aumentar a produção. O resultado para isso é o aumento de custos de Produção e Estoque. Como consequência da necessidade do aumento de Produção, gera-se também uma maior Demanda ao elo montante da Cadeia de Suprimentos. Com isso pode-se notar uma amplificação nos custos.

Ao analisar a Receita da cadeia (figura 26), é possível notar um ganho desigual. A consequência para isso é devido ao volume de Estoque existente e das Vendas Efetivas. Conforme não existam produtos estocados o suficiente para atender as necessidades de vendas, não existe fluxo financeiro para o elo. Durante o intervalo de falta de Estoque do elo Fabricante, por exemplo, existia uma Demanda alta por produtos. Consequentemente não existiram ganhos financeiros. Como o elo varejista permaneceu menos tempo com falta de Estoque, ele apresentou maior receita em relação aos outros elos devido a esta diferença de tempo. Com isso, o lucro do elo varejista foi maior que os outros dois elos, como se pode notar na figura 27.

Como existe a necessidade de melhoria do desempenho da Cadeia de Suprimentos, foi proposta uma nova estratégia (novos parâmetros para T_a , T_i e T_P) com o objetivo de melhorar esses indicadores. O resultado da nova simulação é possível notar através das figuras 28 a 30:

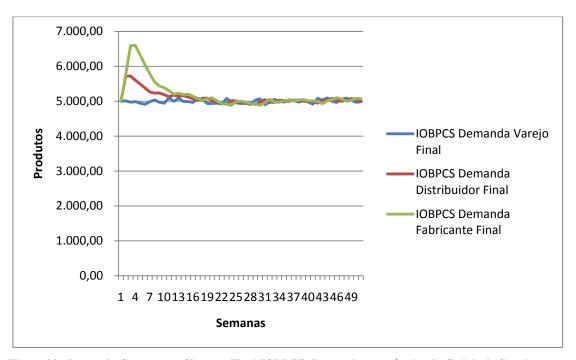


Figura 28- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Demanda nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

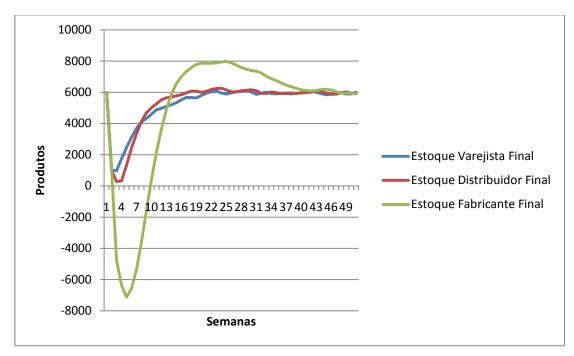


Figura 29- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

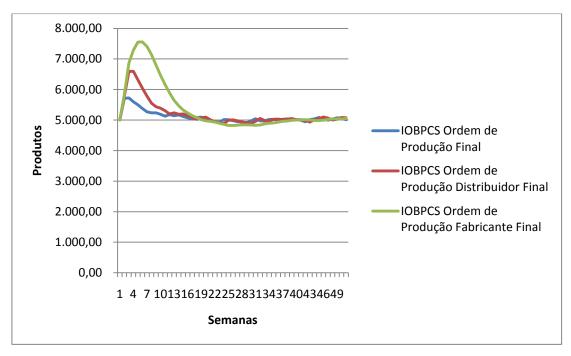


Figura 30- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Como se pode perceber, existiu uma redução da amplificação da demanda para os elos a montante da cadeia de suprimentos (Figuras 21 e 28). Nesta nova configuração resultou em um maior volume de produtos em estoque (Figura 29) devido à diminuição da demanda aos elos e com isso gerou uma diminuição das ordens de produção (Figura 30).

Os novos parâmetros adotados para T_a , T_i e T_p foram, conforme Tabela 8:

Tabela 8: Demanda Constante: IOBPCS - Novos Parâmetros para T_a , T_i e T_P

	Varejo	Distribuidor	Fabricante
$T_{\rm a}$	2,0	1,0	10,0
$T_{ m i}$	7,0	6,5	6,0
$T_{ m P}$	1,0	1,0	2,0

Com esses novos valores obtidos (Tabela 7) pode-se perceber que com a redução do lead time produtivo $T_{\rm P}$ do elo varejista foi possível aumentar a presença de produtos

no Estoque, diminuindo o volume e o tempo de falta, devido ao aumento no tempo de resposta da produção. Como resultado do aumento de produção e Estoque, gerou um aumento de custo para o elo. Mas ao mesmo tempo, o aumento do elo varejista resultou numa diminuição de Ordens de Produção (Figura 30) para o elo, comparando-se aos parâmetros iniciais, gerando uma Demanda menor ao elo montante (Figura 28).

Para o elo Distribuidor, uma redução no $T_{\rm P}$ resultou num aumento da produção, gerando um maior nível de Estoque. Isso se deve ao fato do aumento da velocidade de resposta da produção em relação à demanda, contribuindo para uma redução nas Ordens de Produção do elo, o que acaba resultando numa diminuição para a Demanda para o próximo elo a montante devido à menor necessidade de pedir produtos.

Um aumento do T_a do elo Fabricante gera um alisamento exponencial para a Demanda do elo, ou seja, foi amenizado o pico de Demanda gerado pelo o elo jusante. Isso acaba resultando numa diminuição das Ordens de Produção. Ao diminuir o *lead time* produtivo do elo é possível aumentar a quantidade de produtos em Estoque diminuindo a falta deste nos primeiros períodos.

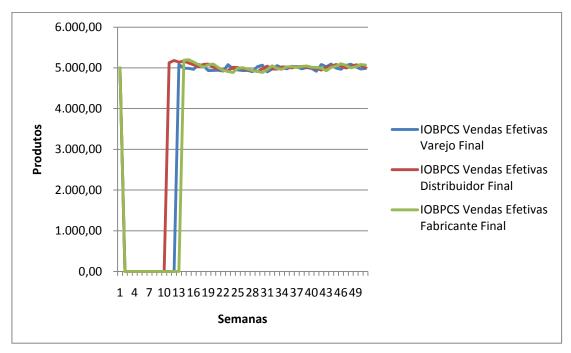


Figura 31– Demanda Constante – Situação Final IOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo da Cadeia de Suprimentos

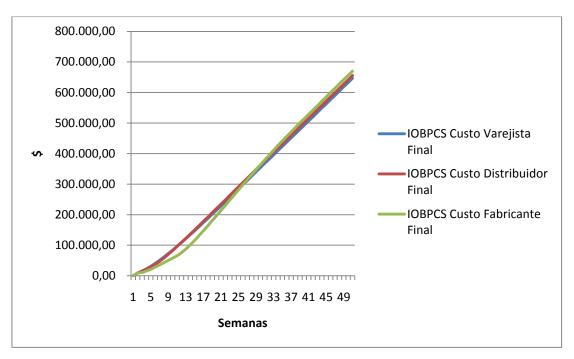


Figura 32- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Custo Total de cada elo da Cadeia de Suprimentos

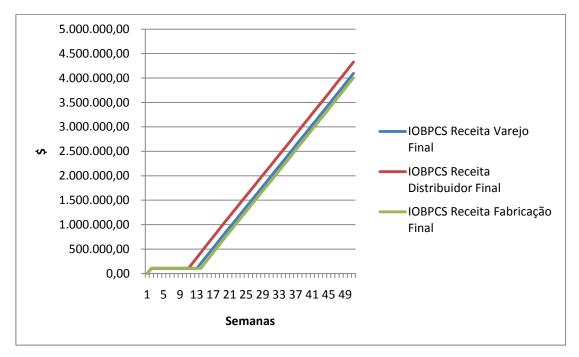


Figura 33- Demanda Constante - Situação Final IOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia de Suprimentos

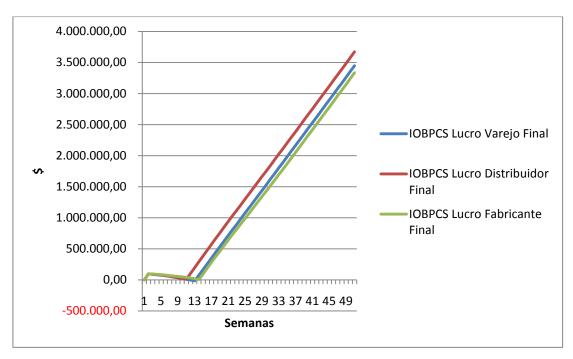


Figura 34 – Demanda Constante – Situação Final IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos

Com uma maior presença de produtos em estoque que atende a Demanda, o volume de vendas apresentou um comportamento constante após o restabelecimento do nível de produtos em Estoque (Figura 31). Como resultado para isso é o aumento das Receitas da cadeia (Figura 33). A redução das Ordens de Produção acabou gerando uma redução de custo por diminuir o volume a produzir e ao volume em estoque (Figura 32). Com o aumento nas receitas e uma diminuição nos custos, o resultado foi um aumento nos lucros da cadeia (Figura 34).

Tabela 9: Demanda Constante: IOBPCS - Situação Inicial no instante 50

	Varejista	Distribuidor	Fabricação
T_{a}	1.0	1.0	1.0
$T_{ m i}$	6.5	6.5	6.5
$T_{ m P}$	3.5	3.5	3.5
Receita	3.882.320,00	2.640.329,50	1.921.177,62
Custo Total	630.013,43	778.280,00	1.206.980,12
Lucro	3.252.306,50	1.862.049,5	714.197,50

Tabela 10: Demanda Constante: IOBPCS - Nova Situação no instante 50

	Varejista	Distribuidor	Fabricação
$T_{\rm a}$	2,0	1,0	10,0
$T_{ m i}$	7,0	6,5	6,0
$T_{ m P}$	1,0	1,0	2,0
Receita	4.094.025,00	4.326.591,50	4.003.431,00
Custo Total	646.621,50	655.535,50	670.031,12
Lucro	3.447.403,50	3.671.056,00	3.333.400,00

Como se pode notar, os objetivos do SCM (que consiste numa elevação dos lucros e/ou diminuição de custos) foram atendidos, como se pode perceber ao comparar a situação inicial (Tabela 9) com a nova situação (Tabela 10). Um detalhe que se pode perceber é o fato do elo Varejista ter apresentado um aumento em seu Custo Total. Isso se deve ao lead time produtivo do elo apresentar um tempo de resposta rápida em relação às Ordens de Produção que acabou gerando um aumento de produção, um resuprimento do Estoque e que causou o aumento de Custo.

5.1.2 APIOBPCS

Considerando sob o modelo anterior o impacto da falta de estoque (*backlog*) e a presença do canal automático de suprimentos (*pipeline*) incorporado ao nível produtivo IOBPCS, tem-se um ambiente produtivo do tipo APIOBPCS. O objetivo deste canal é a redução de impactos causados pelas incertezas da demanda (variação/amplificação da demanda) sobre o nível produtivo, quando este está sobre ação de incertezas de mercado.

Nesta subseção, a Demanda do mercado (Varejo) apresenta um comportamento praticamente constante de 5 mil produtos. A pequena variação da demanda imposta de mais ou menos 200 produtos pode gerar certa amplificação aos outros níveis da cadeia de suprimentos. Pode-se notar o que esta variação causa na Demanda (Figura 35).

A presença do canal automático de suprimentos reduz consideravelmente a necessidade de aumentar a produção (geração de Ordem de Produção) para atender a

demanda. Como consequência da diminuição de Ordens de Produção, diminui-se a demanda para os elos montantes da cadeia de suprimentos.

Ao comparar o comportamento da Demanda, Estoque e Ordem de Produção do modelo IOBPCS da seção anterior com este, do modelo APIOBPCS, conforme as Figuras 35, 36 e 37, observam-se uma grande diferença de comportamento.

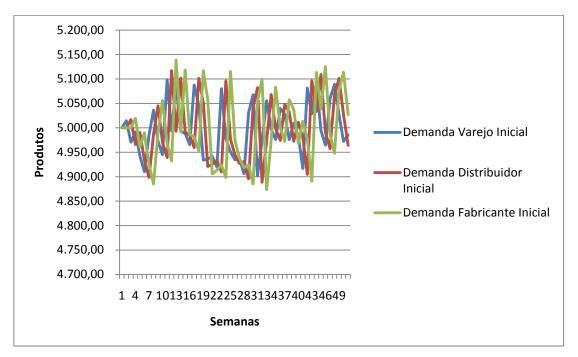


Figura 35- Demanda Constante - Situação Inicial APIOBPCS: Demanda nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

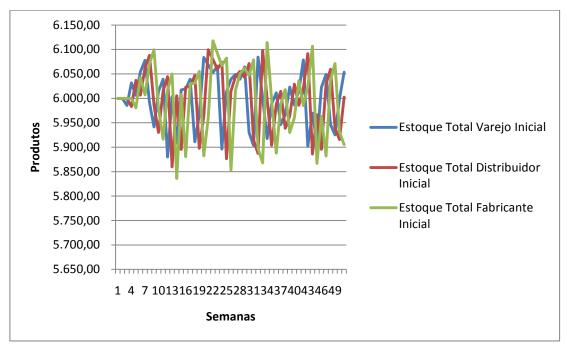


Figura 36 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

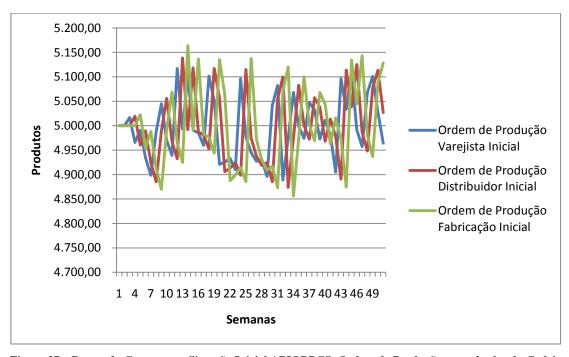


Figura 37 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Como se pode observar, a Ordem de Produção e o Estoque (não existindo a falta de Estoque, *Backlog* – Figura 43) para os elos permaneceram praticamente dentro dos valores propostos pela Demanda e pelo Estoque de Segurança. Isso se deve ao fato da Gestão do Wip (Pedido de Reposição Wip) regular a produção, estabilizando o sistema, conforme o Figura 38. Os valores negativos adotados pelo Pedido de Reposição Wip (6) determinam uma redução nas Ordens de Produção (5) a serem emitidas para a Produção.



Figura 38 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Wip nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

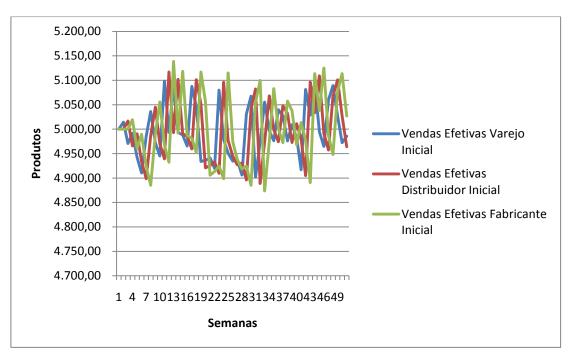


Figura 39 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo da Cadeia de Suprimentos

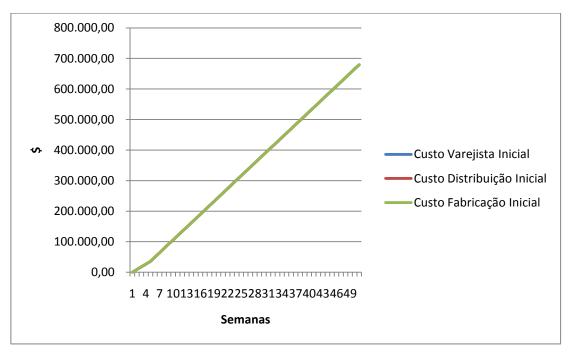


Figura 40 — Demanda Constante — Situação Inicial APIOBPCS: Custo Total de cada elo da Cadeia de Suprimentos

Ao analisar os indicadores propostos, pode-se perceber devido à presença de produtos em Estoque, um Volume de Vendas Efetivas (Figura 39). Com a diminuição de Ordens de Produção, acontecerá uma redução no volume produzido e

consequentemente uma redução nos custos de produção (Figura 40) e estoque, resultando numa redução de custo em relação ao modelo IOBPCS da seção anterior.

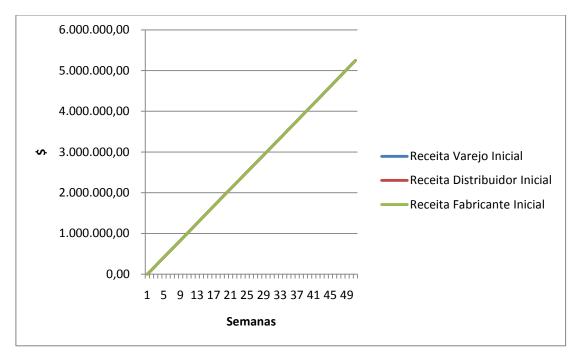


Figura 41 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia de Suprimentos



Figura 42 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos

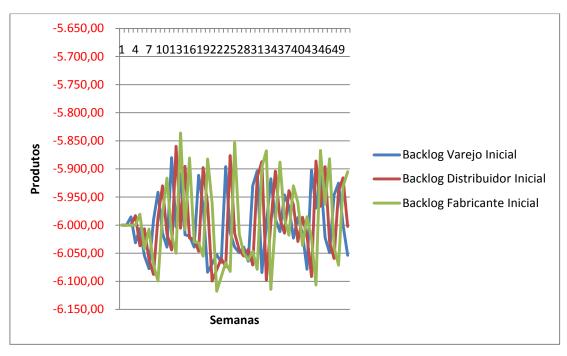


Figura 43 – Demanda Constante – Situação Inicial APIOBPCS: Backlog de cada elo da Cadeia de Suprimentos

Com o Volume de Vendas Efetivas de produtos acontecendo, gera-se receita para o elo e consequentemente para a cadeia inteira. Com a combinação de redução de custo percebida e com o aumento das Receitas (Figura 41) percebe-se um aumento nos lucros da cadeia (Figura 42).

Pode-se afirmar que com a inclusão do canal automático de suprimentos, o desempenho da cadeia de suprimentos melhorou. Mas com a adoção de uma nova estratégia, será possível obter um melhor desempenho.

Ao adotar novos parâmetros para T_a , T_i e T_P dos três elos foi possível obter melhorias, como se pode observar nas Tabelas 11 e 12 a seguir:

Tabela 11: Demanda Constante: APIOBPCS - Novos Parâmetros para Ta, Ti e Tp

	Varejo	Distribuidor	Fabricante
T_a	1,0	1,0	1,0
$T_{ m i}$	1,0	1,0	1,5
$T_{ m P}$	10,0	10,0	10,0

Tabela 12: Demanda Constante: APIOBPCS Situação Inicial x Situação no instante 50

-	Varejista		Distri	tribuidor		Fabricante	
_	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Estoque	6.053,72	6.054,67	6.002,34	6.154,24	5.905,14	6.140,44	
OP	4.964,10	4.917,69	5.026,85	4.810,54	5.128,36	4.989,95	
Demanda	4.985,77	4.985,77	4.964,10	4.917,69	5.026,85	4.810,54	
Venda Efetiva	4.985,77	4.985,77	4.964,10	4.917,69	5.026,85	4.810,54	
Custo Total	679.460,44	649.570,38	679.460,25	649.324,81	679.445,81	649.164,94	
Receita	5.246.089,50	5.246.089,50	5.247.217,00	5.247.238,00	5.247.267,00	5.250.476,50	
Lucro	4.566.629,00	4.596.519,00	4.567.757,00	4.597.913,00	4.567.821,00	4.601.311,50	
Backlog	-6.053,72	-6.054,67	-6.002,34	-6.154,24	-5.905,14	-6.140,44	
Wip	20.152,89	50.257,49	20.121,60	50.519,32	20.144,82	50.494,19	
OP Wip	-3.100,45	-50.257,49	-3.095,63	-50.519,32	-3.099,20	-33.662,79	

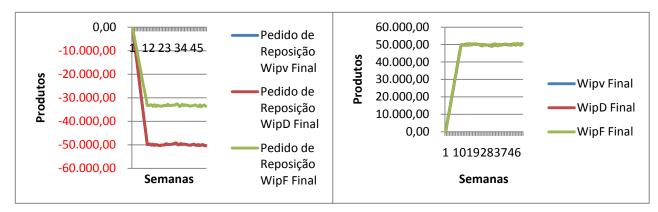


Figura 44 – Demanda Constante – Situação Final APIOBPCS: Wip nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

A Figura 44 ilustra o comportamento do Wip na nova configuração, demonstrando que a pequena diferença do elo Fabricante resulta num volume menor do Wip. Ao adotar uma estratégia diferente dos elos Varejista e Distribuidor, o elo Fabricante consegue obter rentabilidade. Com o tempo de ajuste de inventário (T_i) maior do que dos outros elos foi possível obter maior lucro devido a um valor de estoque final menor (Tabela 13).

Tabela 13: Demanda Constante: Comparativo entre T_i 's para o elo Fabricante

_	$T_{ m i}$	
	1,5	1,0
Lucro	4.601.311,50	4.491.647,37
Custo	649.164,94	649.033,13
Receita	5.250.476,50	5.140.680,50
Venda Efetiva	4.810,54	4.810,54
Estoque	6.140,44	6.290,86
OP	4.989,95	4.792,71
Wip	50.494,19	50.718,83
OP Wip	-33.662,79	-50.718,83

5.2 DEMANDA TIPO "DEGRAU"

Nesta situação, a variável Demanda comporta-se de forma que a sua variação acaba formando um degrau no gráfico. Este tipo de comportamento acontece quando uma companhia insere no mercado um novo produto. Como resultado para o sucesso deste produto, há o crescimento de suas vendas por agradar os consumidores e depois estabilizando neste novo patamar. O comportamento gráfico da Demanda apresenta um comportamento de degrau, onde existe uma demanda inicial e que amplifica e se estabiliza após certo tempo depois.

5.2.1 IOBPCS

Pode se notar que com a amplificação da Demanda do elo Varejo resultou numa amplificação da Demanda dos outros elos (efeito chicote), conforme Figura 45. Devido ao aumento de consumo, diminui-se o nível de Estoque (Figura 46) e é necessário elevar o volume de Ordem de Produção (Figura 47) e tempo para restabelecer o nível de estoque pelo menos até o mesmo valor do estoque desejado. Este intervalo de tempo

sem produtos em Estoque (*backlog/backorder*) pode trazer para a companhia algumas penalidades conforme dito na subseção 5.1.

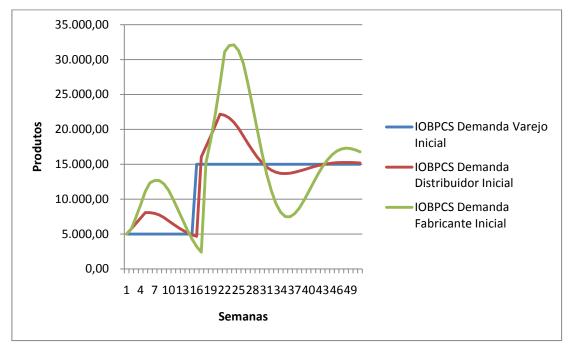


Figura 45 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Demanda nos três elos da Cadeia de Suprimentos

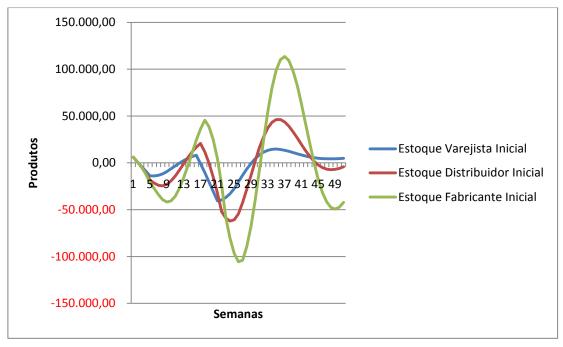


Figura 46 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos

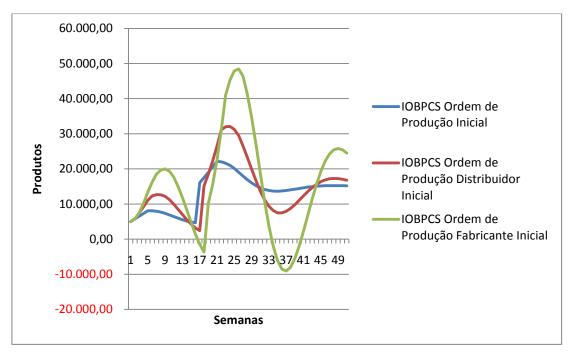


Figura 47 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos

Os próximos gráficos mostram o comportamento dos indicadores de desempenho em relação a: lucro, custo total e de vendas dos três elos. Na Figura 48, é possível notar que as Vendas Varejistas não vendem ao se comparar com os outros elos. A razão deste comportamento é o comportamento do nível de estoque. A equação (11) é modelada para só processar quando o nível de estoque for maior que a Demanda, o volume de produtos só computou acontecido quando há volume de produtos em estoque. Como consequência de um volume menor de vendas, o resultado na receita (Figura 50) é afetado e consequentemente o seu lucro (Figura 51). Na Figura 49 é possível notar que a amplificação da demanda eleva os custos na cadeia de suprimentos. A necessidade de aumentar a produção para atender a demanda e suprir o Estoque, elevou os custos finais, em conjunto da elevação de produtos em estoque e sua fabricação. Tudo isso causado pela amplificação.

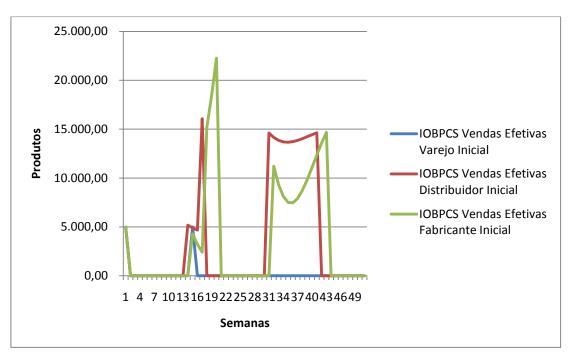


Figura 48 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo da Cadeia de Suprimentos

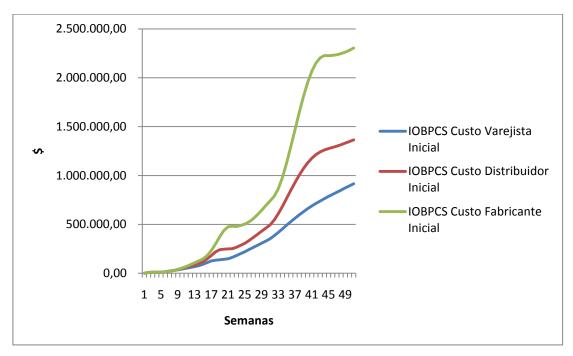


Figura 49 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Custo Total de cada elo da Cadeia de Suprimentos

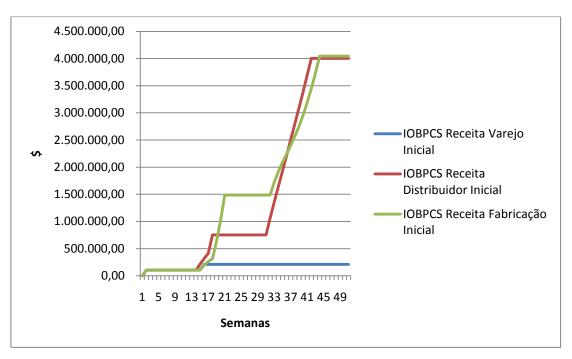


Figura 50 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

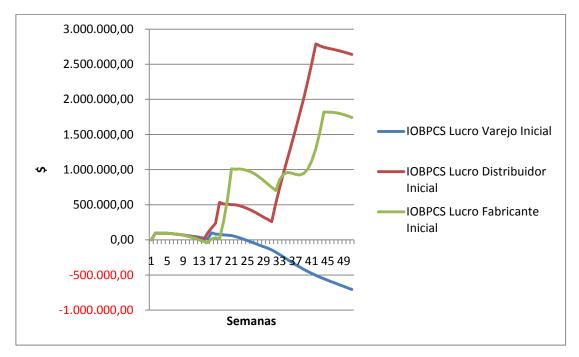


Figura 51 – Demanda Degrau – Situação Inicial IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Para tentar medir o ganho para este tipo de situação e comparar a uma situação nova, uma nova estratégia deverá ser adotada pela empresa e assim comparar com os valores iniciais e ver o resultado. A razão é adquirir os melhores resultados para a Cadeia de Suprimentos. Ao adotar uma nova estratégia para a cadeia, espera-se uma

melhora como um aumento nos lucros e redução de custos. O resultado está mostrado na Tabela 14 e na Tabela 15.

Tabela 14: Demanda Degrau: IOBPCS - Situação Inicial no instante 50

	Varejista	Distribuidor	Fabricação
T_{a}	1.0	1.0	1.0
$T_{ m i}$	6.5	6.5	6.5
$T_{ m P}$	3.5	3.5	3.5
Receita	210.000,00	4.004.046,25	4.045.775,75
Custo Total	916.429,31	1.364.817,63	2.303.883,00
Lucro	-706.429,31	2.639.228,50	1.741.892,75

Tabela 15: Demanda Degrau: IOBPCS - Nova Situação no instante 50

	Varejista	Distribuidor	Fabricação
$T_{\rm a}$	2.0	5.0	10.0
$T_{ m i}$	4.0	4.0	4.0
$T_{ m P}$	4.0	7.0	9.5
Receita	3.675.000,00	7.291.412,00	10.944.778,00
Custo Total	1.182.334,62	3.547.895,25	4.659.892,50
Lucro	2.492.665,50	3.743.516,75	6.284.885,50

Como se pode notar foi possível atingir o objetivo do SCM, que consiste na melhora de desempenho ao obter um aumento nos Lucros e uma Redução de Custo (ao comparar Lucro/Custo) ao adotar novos métodos de gerenciamento.

Com a estratégia em deixar a cadeia responder de uma forma mais lenta que a proposta inicialmente foi possível observar uma melhora nos resultados. Essa forma de responder acabou gerando um volume de Estoque através de um aumento de produção. Esse aumento gerou um volume estocado que conseguiu atender a demanda da cadeia, gerando Vendas (Figura 52). Isso acabou gerando um aumento nas receitas e lucro (Figura 53).

Ao adotar um T_a mais lento, gera-se uma suavização na Demanda para os elos, o que acaba resultando numa diminuição nas Ordens de Produção e amenizando assim o efeito de amplificação sobre a cadeia. O ajuste feito sobre T_i , diminuindo seu valor, é

para conseguir aumentar o volume de produção, mas não gerando ou agravando o efeito chicote. Um baixo lead time gera para a cadeia uma redução nas vendas pela diminuição do volume de Estoque que consiga atender a Demanda.

Ao comparar os resultados obtidos nesta simulação com os obtidos em Sasaki *et al.* (2009b), percebe-se uma redução nos resultados. Ou seja, ao implementar uma resposta mais lenta comparado ao obtido em Sasaki *et al.* (2009b), acaba-se gerando uma perda nos rendimentos.

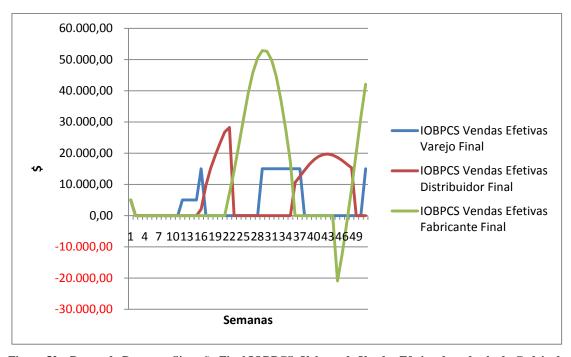


Figura 52 – Demanda Degrau – Situação Final IOBPCS: Volume de Vendas Efetiva de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

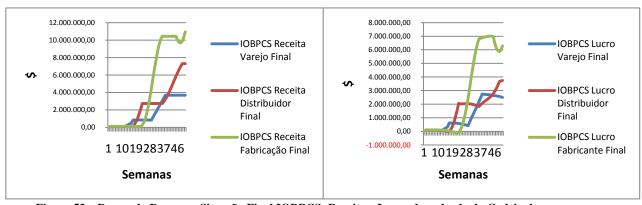


Figura 53 – Demanda Degrau – Situação Final IOBPCS: Receita e Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

5.2.2 APIOBPCS

Ao adotar o *pipeline*, as incertezas do mercado são suavizadas se comparadas ao modelo IOBPCS da subseção anterior, como se pode notar na Figura 54. A necessidade de fabricação de produtos (Ordem de Produção) do sistema tende a se comportar conforme a demanda do mercado (Figura 56).

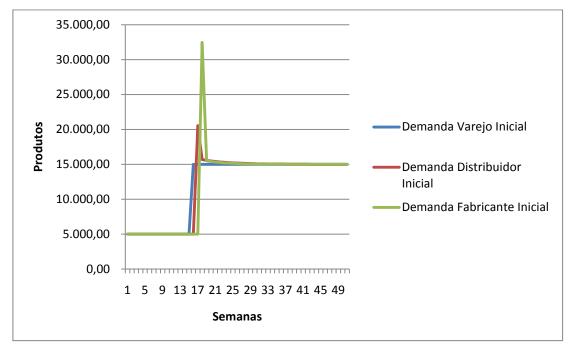


Figura 54 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Demanda nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

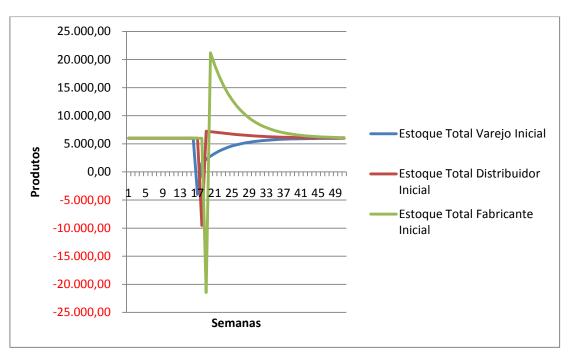


Figura 55 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

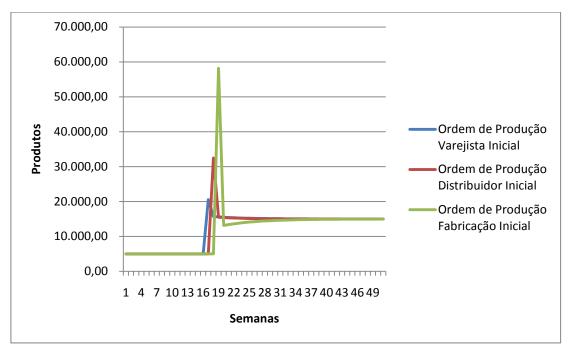


Figura 56 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Ao analisar a Figura 54, percebe-se um pico que representa a elevação na Demanda do mercado. Esta elevação é passada para os outros elos através da necessidade de produtos e acaba aumentando a demanda para os elos montantes. Para tentar atender a Demanda, o modelo acaba ordenando um volume de produtos maior (picos da Figura 56) que a Demanda (Figura 54) causando uma queda no volume de

estoque (Figura 55). Ao analisar a Figura 57 pode se notar uma maior presença de produtos em processamento (Wip).

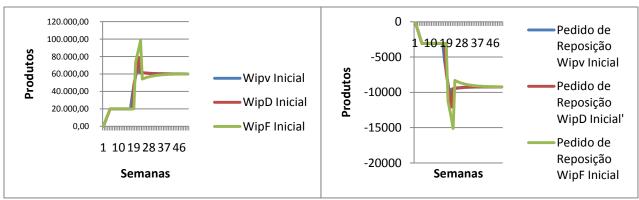


Figura 57 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Wip nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

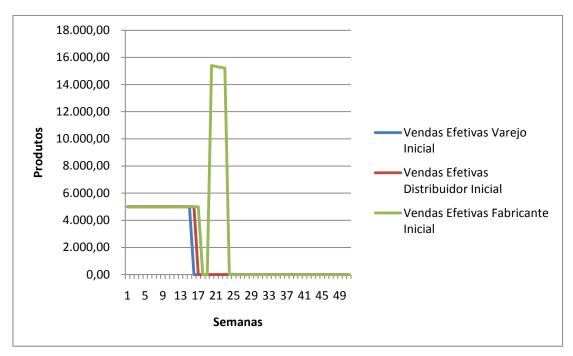


Figura 58 - Demanda Degrau - Situação Inicial APIOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo.

Ao analisar os indicadores de desempenho, a falta de produto em estoque causada pela amplificação resulta numa queda nas vendas. Ao adotar uma política de Estoque de Segurança constante de 6 mil produtos, o sistema repõe o estoque até que este atinja este volume. Contudo a demanda por produtos é maior que o Estoque, o que acaba resultando o comportamento da Figura 58.

Devido à existência de estoque que atenda a demanda por mais intervalos de tempo, o elo Fabricante acaba tendo produtos para atender o mercado. Como resultado acaba apresentando uma receita maior do que os outros elos (Figura 60).

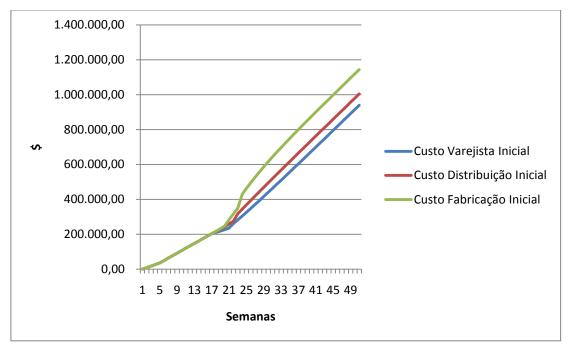


Figura 59 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Custo Total de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Em relação aos custos, a sua elevação (Figura 59) é causada pela quebra de estoque (Figura 62). A falta de produtos acaba gerando uma multa para a empresa que resulta na elevação dos custos.

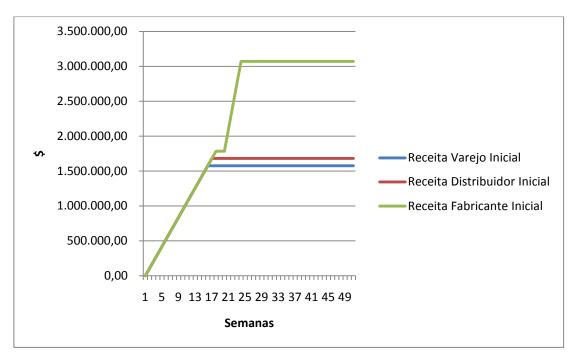


Figura 60 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Receita de cada elo.

Como consequência da presença de estoque, volume que atenda a demanda e receita, o lucro do elo Fabricante (Figura 61) é o maior em relação aos outros elos.

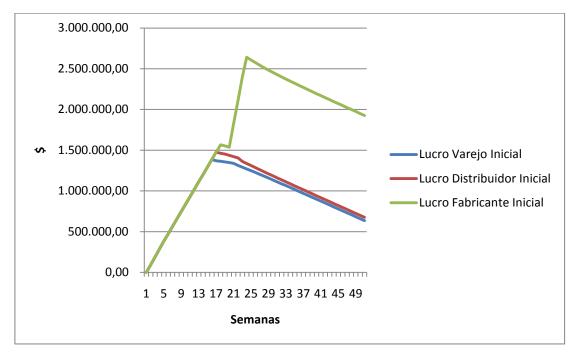


Figura 61 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

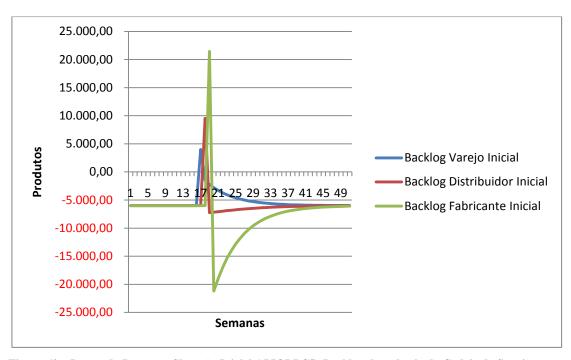


Figura 62 – Demanda Degrau – Situação Inicial APIOBPCS: Backlog de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Ao adotar uma nova estratégia, visando diminuir esta amplificação e seus efeitos sobre a cadeia, é adotada uma estratégia similar para os três elos que acaba apresentando um melhor desempenho, conforme as tabelas 16 e 17 abaixo:

Tabela 16: Demanda Degrau: APIOBPCS - Novos Parâmetros para $T_{\rm a}$, $T_{\rm i}$ e $T_{\rm P}$

	Varejo	Distribuidor	Fabricante
$T_{\rm a}$	10,0	10,0	10,0
$T_{\rm i}$	6,0	6,0	6,0
$T_{ m P}$	10,0	10,0	10,0

Tabela 17: Demanda Degrau: APIOBPCS - Situação Inicial x Situação Final no instante 50

_	Varejista		Distri	Distribuidor		Fabricante	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Estoque	5.982,00	3.066,31	6.024,96	2.505,11	6.095,58	1.851,38	
OP	15.002,77	15.238,63	14.999,43	15.539,83	14.984,73	15.839,47	
Demanda	15.000,00	15.000,00	15.002,77	15.238,63	14.999,43	15.539,83	
Venda Efetiva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Custo Total	939.640,44	638.786,50	1.004.314,44	634.750,19	1.144.015,13	639.475,63	
Receita	1.575.000,00	1.575.000,00	1.680.000,00	1.680.000,00	3.070.399,00	1.785.000,00	
Lucro	635.359,56	936.213,50	675.685,56	1.045.249,81	1.926.383,88	1.145.524,38	
Backlog	-5.982,00	-3.066,31	-6.024,96	-2.505,11	-6.095,58	-1.851,38	
Wip	60.017,13	152.751,00	59.994,02	155.092,41	59.903,58	156.795,13	
OP Wip	-9.233,40	-25.458,50	-9.229,85	-25.848,73	-9.215,94	-26.132,52	

A elevação do T_a resulta numa suavização no volume pedido para produzir. Ou seja, acaba minimizando os efeitos da amplificação da Demanda. Com a elevação do T_P , o volume de produtos em processo aumenta (Figura 63) resultando numa diminuição e controle da quantidade de novas ordens de produção, gerando uma diminuição na demanda para os elos a montante (Figura 64).

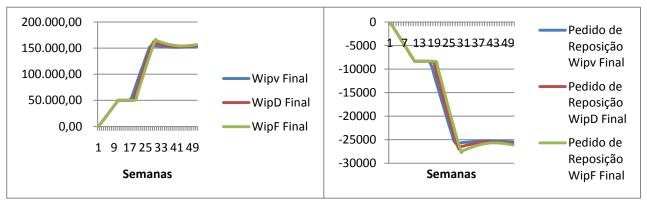


Figura 63 - Demanda Degrau - Situação Final APIOBPCS: Wip nos três elos da Cadeia de Suprimentos.



Figura 64 – Demanda Degrau – Situação Final APIOBPCS: Demanda e Ordem de Produção dos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Ao analisar os indicadores, pode-se perceber que houve uma redução de custos em relação ao modelo inicial. Esta redução se deve ao menor volume em estoque, menor quantidade de produtos a produzir.

A presença de produtos em estoque por um intervalo de tempo maior do que os outros, o elo fabricante apresenta um volume maior de vendas, resultando numa maior receita do que os outros elos. Um detalhe que pode ser notado neste caso é uma redução

nas receitas do elo Fabricante e consequentemente uma redução nos lucros em comparação à estratégia inicial.



Figura 65 – Demanda Degrau – Situação Final APIOBPCS: Volume de Vendas Efetivas e Receita dos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Ao ajustar o T_a do elo 'Varejista', elevando seu valor, obtém-se uma redução de custo para todos os elos. Como resultado desta elevação, diminui-se o volume de produtos a ser produzido pelo elo 'Distribuidor' e resultando numa redução da demanda para o elo 'Fabricante'. Isso faz com que se produza menos no elo eliminando assim o pico de produtos existente nos parâmetros iniciais. Isso causou uma redução nas Receitas do elo e com isso uma redução nos lucros.

Analisando os resultados da Tabela 16 pode-se afirmar que o objetivo do SCM foi atendido. Ao gerenciar a cadeia deve-se ter como objetivo lucro e/ou redução de custo. Com os novos objetivos foi possível reduzir o *backlog* da cadeia, diminuir a amplificação causada pela demanda. Esse controle da amplificação aconteceu devido ao *pipeline* que gerenciou os produtos em processo diminuindo as necessidades de novos produtos. Isso resultou na redução de custo.

Já para a elevação do lucro, a presença de um volume necessário para atender a demanda resultou num volume de vendas maior. Pode-se notar na Figura 65 que o sistema atende durante um tempo as vendas e depois se torna nula. Para conseguir alterar este comportamento, o objetivo de estoque (volume de Estoque de Segurança) deverá ser elevado.

5.3 DEMANDA SAZONAL

Nesta subseção, o comportamento da Demanda irá representar um mercado, cuja elevação do consumo de um determinado produto acontece em determinadas épocas. Este tipo de situação pode ser percebido com vendas de produtos em datas festivas, época do ano onde existam promoções ou num ambiente agrícola, durante período de fartura na produção. Nesta subseção será possível notar o impacto da amplificação e da redução na Demanda durante o intervalo analisado.

A Demanda em períodos constantes é de 7.500 produtos, sendo que durante os picos de Demanda, ela dobra suas necessidades atingindo 15.000 produtos.

5.3.1 IOBPCS

O comportamento da Demanda pode ser visto na Figura 66. Como resultado da necessidade de maior volume de produtos durante um intervalo de tempo mais curto (por exemplo, uma época festiva como o Natal), gera-se um aumento considerável nas Ordens de Produção (Figura 68). Ao se elevar a necessidade de produtos, o Estoque acaba reduzindo seu volume para atender a Demanda, mas, acaba recebendo os produtos prontos gerados pela Ordem de Produção que eleva seu nível, atingindo um volume alto causado pela amplificação (Figura 67).

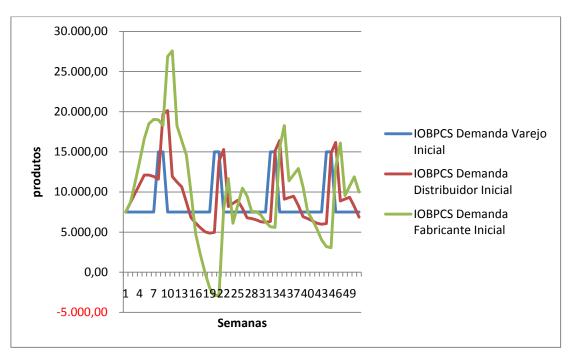


Figura 66 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Demanda nos três elos da Cadeia de Suprimentos

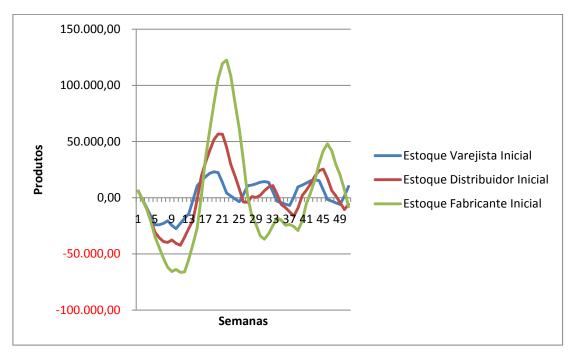


Figura 67 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos

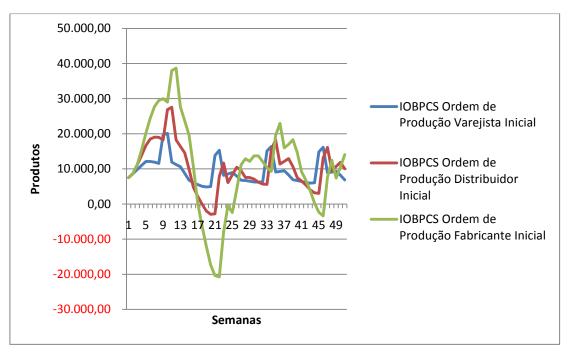


Figura 68 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos

Ao acompanhar os indicadores, pode-se notar que durante o primeiro pico de Demanda, o volume no Estoque não atende as necessidades (devido a seu volume inicial de 6 mil produtos) e acabam faltando produtos para atender o mercado. Como consequência, o volume de vendas durante esse período é nulo, conforme a Figura 69. Mas durante os outros períodos de pico, o volume de Estoque consegue atender a Demanda, resultando num volume de vendas. Um fato interessante que se pode notar é o sistema conseguir suprir a Demanda durante os outros picos.

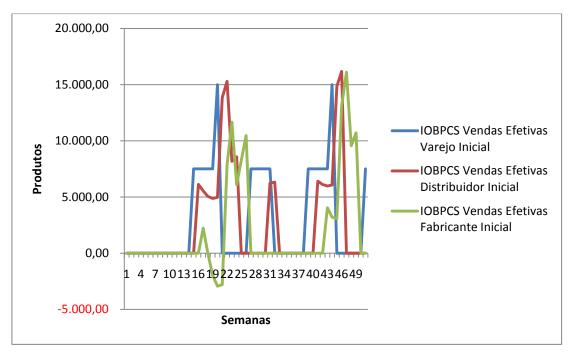


Figura 69 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Outro ponto em que a elevação da produção afeta é o Custo (Figura 70). Devido à elevação da produção e a necessidade de armazenar um volume maior, os custos acabam elevados. Outro fator que resultou negativamente foi o período sem produtos, ou seja, sem vendas. Durante este períodos existiram custos para a cadeia, mas não existindo receita (Figura 71) resultando numa perda financeira (Figura 72).

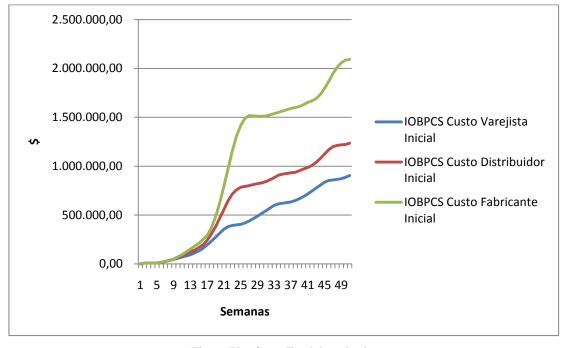


Figura 70 - Custo Total de cada elo.

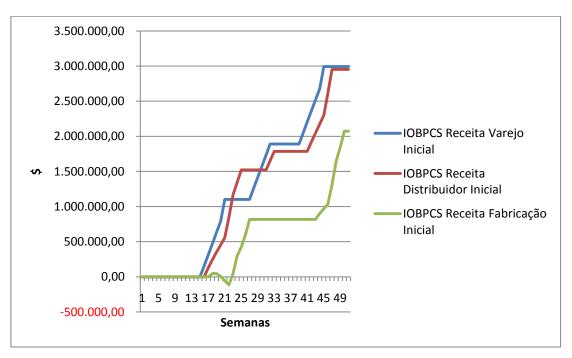


Figura 71 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

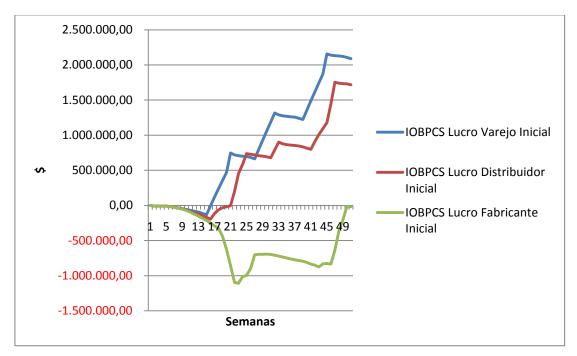


Figura 72 – Demanda Sazonal – Situação Inicial IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Para atender os objetivos do SCM, uma nova estratégia é proposta e podem-se verificar os resultados abaixo nas Tabelas 18 e 19:

Tabela 18: Demanda Sazonal: IOBPCS - Situação Inicial no instante 50

	Varejista	Distribuidor	Fabricação
T_{a}	1.0	1.0	1.0
$T_{ m i}$	6.5	6.5	6.5
$T_{ m P}$	3.5	3.5	3.5
Receita	2.992.500,00	2.952.786,00	2.073.219,88
Custo Total	904.485,5	1.234.769,13	2.091.635,88
Lucro	2.088.014,5	1.718.016,875	-18.416,00

Tabela 19: Demanda Sazonal: IOBPCS - Nova Situação no instante 50

	Varejista	Distribuidor	Fabricação
$T_{\rm a}$	1.0	1.0	8.0
$T_{ m i}$	4.0	9.0	10.0
$T_{ m P}$	2.0	6.0	1.0
Receita	3.622.500,00	3.800.720,00	3.548.955,25
Custo Total	939.573,13	1.174.062,75	1.288.402,00
Lucro	2.682.927,00	2.626.657,25	2.260.553,25

Ao adotar uma estratégia de responder de uma forma mais rápida para o elo Varejista e mais lenta para os outros elos acabou gerando uma redução nas Ordens de Produção da cadeia (Figura 73).

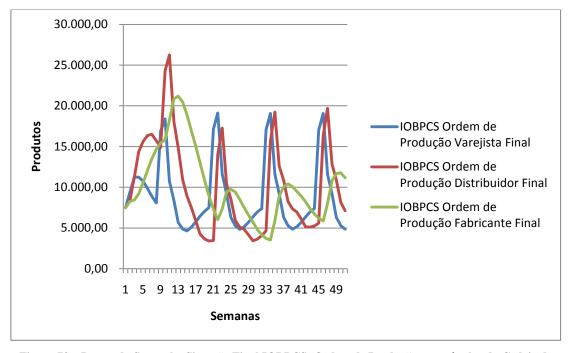


Figura 73 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Como resultado para essa diminuição, houve uma quebra de Estoque durante o primeiro pico de Demanda, conforme Figura 74.

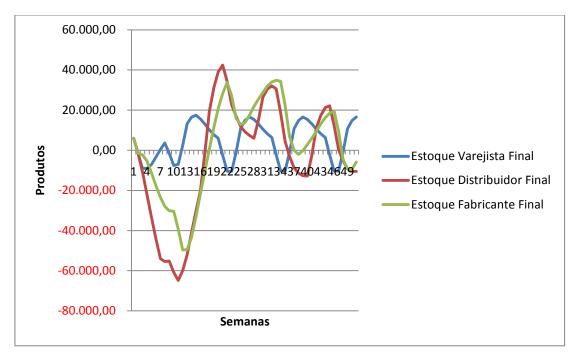


Figura 74 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Como resultado deste período sem produtos, o volume de vendas foi nulo neste trecho. Com uma maior quantidade de produtos em Estoque após o início ruim, o volume de vendas foi maior em relação à estratégia inicial (Figura 75). Isso acabou resultando numa elevação nas Receitas (Figura 77).

Com um menor volume de produtos a produzir, houve uma redução nos custos como se pode observar na Figura 76, com isso foi possível obter um lucro maior (Figura 78).

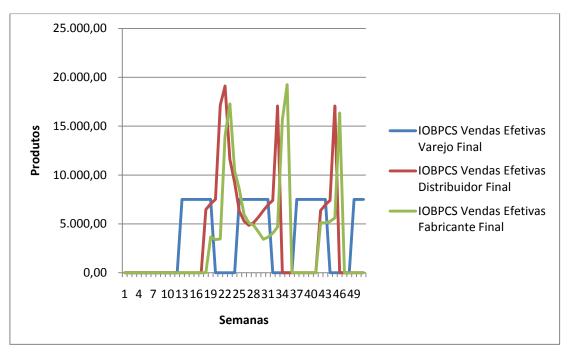


Figura 75 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Volume de Vendas Efetivas de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

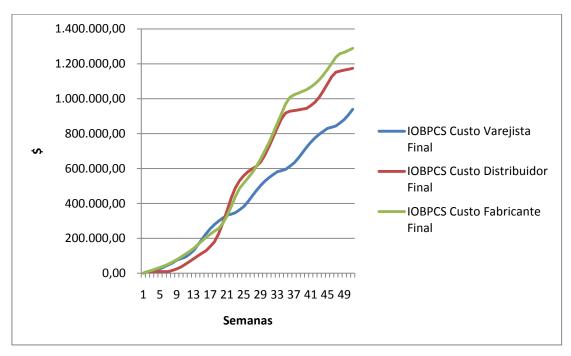


Figura 76 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Custo Total de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

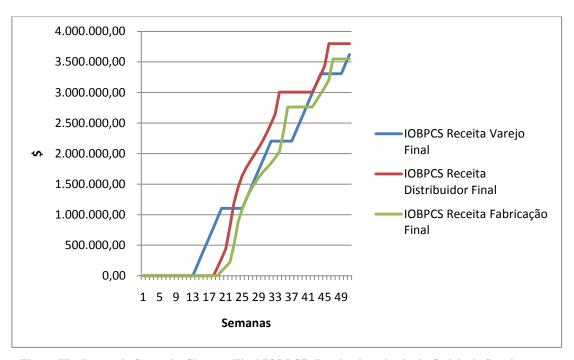


Figura 77 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

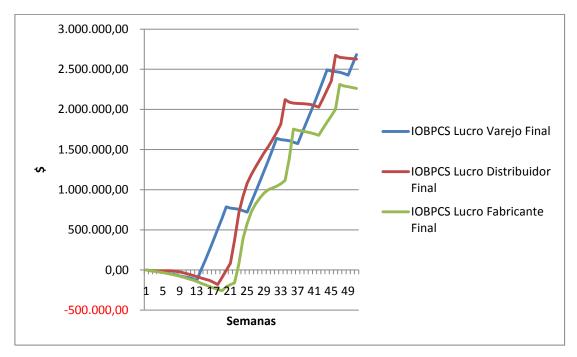


Figura 78 – Demanda Sazonal – Situação Final IOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

5.3.2 APIOBPCS

Após a inclusão do canal automático e comparar com o modelo da subseção anterior, pode-se notar um comportamento diferente da Demanda (Figura 79). Neste gráfico é possível notar que a duração da amplificação da Demanda é menor. Com um melhor controle para as incertezas (Figura 82), gera-se uma redução no volume de produção (Figura 81) e o *backlog* é menor como se pode observar na Figura 80 e na Figura 87.

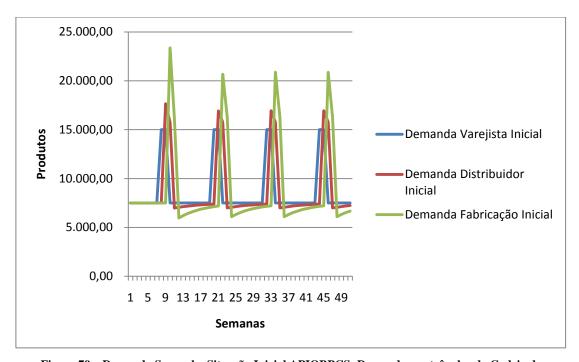


Figura 79 — Demanda Sazonal — Situação Inicial APIOBPCS: Demanda nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

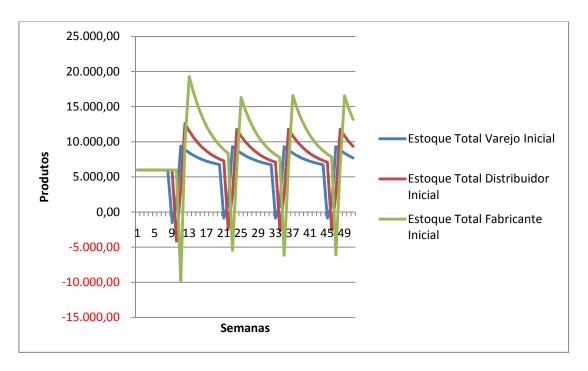


Figura 80 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Estoque nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

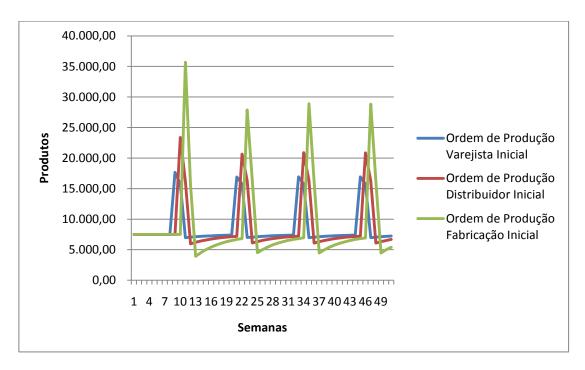


Figura 81 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Ordem de Produção nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

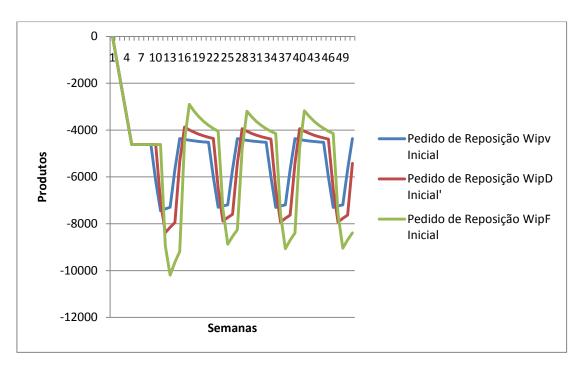


Figura 82 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Wip nos três elos da Cadeia de Suprimentos.

Em relação aos indicadores, o que se pode observar é a existência de Vendas durante os períodos de baixa da demanda. O sistema não consegue vender durante os picos (Figura 83). Mas devido conseguir atender mais durante o período de baixa, a receita da cadeia apresenta um valor expressivo (Figura 85).

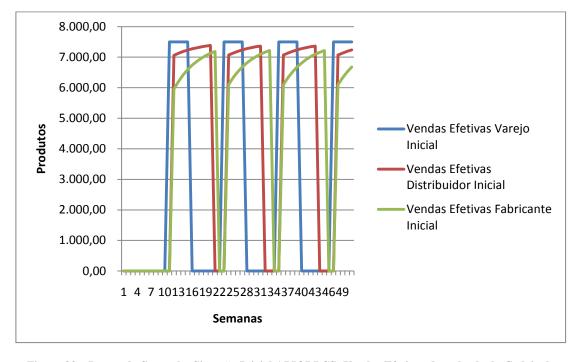


Figura 83 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Vendas Efetivas de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

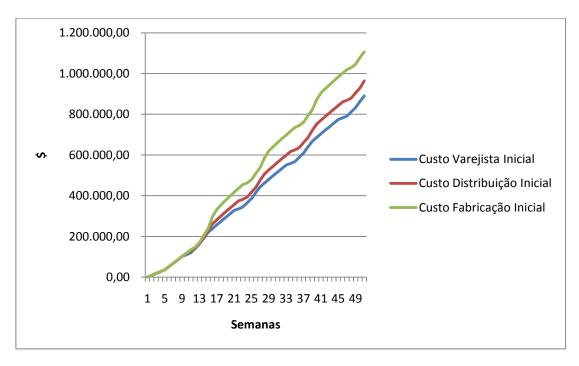


Figura 84 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Custo Total de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Devido aos picos de Ordens de Produção, que acabam gerando na própria produção, os custos do elo Fabricante são os maiores, conforme o Figura 84.

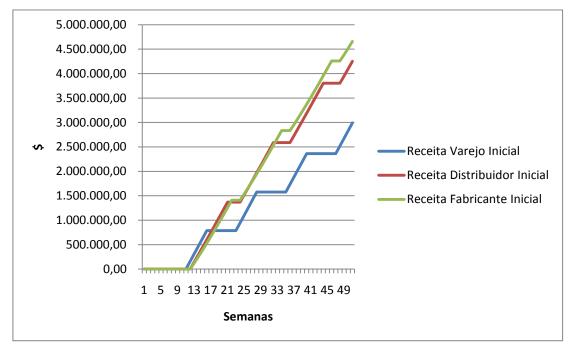


Figura 85 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Receita de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Devido às vendas expressivas, na Figura 86 é possível notar o expressivo lucro da cadeia.

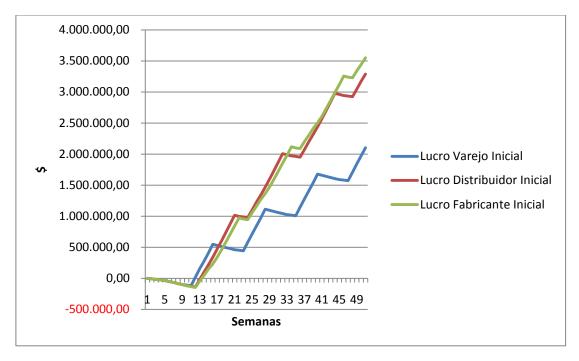


Figura 86 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Lucro de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

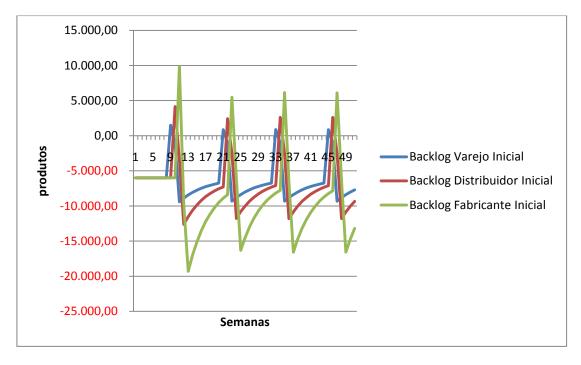


Figura 87 – Demanda Sazonal – Situação Inicial APIOBPCS: Backlog de cada elo da Cadeia de Suprimentos.

Tabela 20: Demanda Sazonal: APIOBPCS - Novos Parâmetros para T_a , T_i e T_P

	Varejo	Distribuidor	Fabricante
$T_{\rm a}$	2,0	1,0	1,0
$T_{ m i}$	4,0	6,5	5,0
$T_{ m P}$	10,0	10,0	10,0

Tabela 21: Demanda Sazonal: APIOBPCS - Situação Inicial x Situação Final no instante 50

	Varejista		Distribuidor		Fabricante	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Estoque	7.700,95	9.375,77	9.349,69	9.902,91	13.182,82	13.228,07
OP	7.238,32	6.831,88	6.675,40	6.243,16	5.410,20	4.983,91
Demanda	7.500,00	7.500,00	7.238,32	6.831,88	6.675,40	6.243,16
VendaEfetiva	7.500,00	7.500,00	7.238,32	6.831,88	6.675,40	6.243,16
Custo Total	890.052,44	869.834,50	964.177,38	871.555,19	1.106.429,88	949.132,31
Receita	2.992.500,00	4.410.000,00	4.252.877,00	4.502.038,00	4.656.381,00	4.094.375,00
Lucro	2.102.447,50	3.540.165,50	3.288.699,50	3.630.482,75	3.549.951,00	3.145.242,75
Backlog	-7.700,95	-9.375,77	-9.349,69	-9.902,91	-13.182,82	-13.228,07
Wip	28.382,81	0,00	35.230,54	91.257,11	54.514,11	92.424,91
OP Wip	-4.366,59	-22.814,28	-5.420,08	-14.219,22	-8.386,79	-18.991,46

Ao adotar novos valores conforme a Tabela 20 obtém-se os resultados da Tabela 21. Ao adotar para o elo Varejista um valor de $T_{\rm a}$ maior que o inicial, se amenizou os picos da Demanda Sazonal. Isso acabou gerando um aumento nas Ordens de Produção e conseqüentemente um aumento de produção e Estoque. Ao reduzir o $T_{\rm i}$, foi possível observar uma redução nas Ordens de Produção, amenizando a Demanda para os elos a montante. Isso gerou uma diminuição de novos produtos se comparado ao aumento de $T_{\rm a}$ isoladamente. Ao elevar o lead time produtivo $T_{\rm P}$, eleva-se o volume de produtos em processo, aumentando o estoque em processamento Wip. A presença deste estoque intermediário acaba gerando uma redução nos custos devido ao sistema não necessitar ordenar novamente, conforme a natureza do *pipeline*.

Já para o elo Distribuidor, houve apenas um aumento para o lead time produtivo. Esse aumento acabou resultando um aumento dos estoques intermediários e que acabou resultando numa redução de custo. Esse comportamento também se repete ao elo Fabricante. O aumento no lead time produtivo acaba aumentando o volume de estoque intermediário resultando numa diminuição nos custos.

O que se pode notar é uma redução nos lucros do elo Fabricante em relação à situação inicial. Isso é causado pelas decisões relacionadas às estratégias de cada elo e o tanto que elas influenciam umas sobre as outras. Ao adotar os novos parâmetros do elo Varejista, acaba influenciando no comportamento de todos os elos e nesta situação acabou influenciando os lucros do elo Fabricante. Este elo teve que adotar uma estratégia para compensar suas perdas em relação ao sucesso do elo Varejista e assim trazer o sucesso a toda cadeia.

5.4 COMPARATIVO ENTRE SITUAÇÃO INICIAL E FINAL DOS MODELOS IOBPCS E APIOBPCS

Tabela 22: Comparativo IOBPCS nas três situações de Demanda no instante 50

	IOBPCS - Demanda Constante					
	Vare	ejista	Distri	buidor	Fabr	icação
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Ta	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	10,00
Ti	6,50	7,00	6,50	6,50	6,50	6,00
Tp	3,50	1,00	3,50	1,00	3,50	2,00
Estoque	6.003,50	5.992,70	6.503,08	5.908,33	9.556,55	5.889,62
OP	4.971,82	5.008,61	4.951,21	5.072,52	4.448,49	5.051,09
Demanda	4.985,77	4.985,77	4.971,82	5.008,61	4.951,21	5.072,52
VendaEfetiva	4.985,77	4.985,77	4.971,82	5.008,61	4.951,21	5.072,52
Receita Total	3.882.320,00	4.094.025,00	2.640.329,50	4.326.591,50	1.921.177,62	4.003.431,00
Custo Total	630.013,43	646.621,50	778.280,00	655.535,50	1.206.980,12	670.031,12
Lucro	3.252.306,57	3.447.403,50	1.862.049,50	3.671.056,00	714.197,50	3.333.399,88

IOBPCS - Demanda Degrau

	Varejista		Distribuidor		Fabricação	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Та	1,00	2,00	1,00	5,00	1,00	10,00
Ti	6,50	4,00	6,50	4,00	6,50	4,00
Tp	3,50	4,00	3,50	7,00	3,50	9,50
Estoque	4.795,48	15.386,42	-4.215,76	-99.386,18	-42.090,98	217.737,53
OP	15.185,31	12.653,39	16.790,84	42.103,30	24.469,61	-51.132,28
Demanda	15.000,00	15.000,00	15.185,31	12.653,39	16.790,84	42.103,30
VendaEfetiva	0,00	15.000,00	0,00	0,00	0,00	42.103,30
Receita Total	210.000,00	3.675.000,00	4.004.046,25	7.291.412,00	4.045.775,75	10.944.778,00
Custo Total	916.429,31	1.182.334,62	1.364.817,63	3.547.895,25	2.303.883,00	4.659.892,50
Lucro	-706.429,31	2.492.665,50	2.639.228,50	3.743.516,75	1.741.892,75	6.284.885,50

IOBPCS - Demanda Sazonal

	Varejista		Distribuidor		Fabricação	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Ta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,00
Ti	6,50	4,00	6,50	9,00	6,50	10,00
Тр	3,50	2,00	3,50	6,00	3,50	1,00
Estoque	10.070,93	16.550,64	-5.665,22	-10.489,37	-8.166,31	-5.828,51
OP	6.873,70	4.862,34	10.002,37	7.120,87	14.068,93	11.166,60
Demanda	7.500,00	7.500,00	6.873,70	4.862,34	10.002,37	7.120,87
VendaEfetiva	7.500,00	7.500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Receita Total	2.992.500,00	3.622.500,00	2.952.786,00	3.800.720,00	2.073.219,88	3.548.955,25
Custo Total	904.485,50	939.573,13	1.234.769,13	1.174.062,75	2.091.635,88	1.288.402,00
Lucro	2.088.014,50	2.682.927,00	1.718.016,88	2.626.657,25	-18.416,00	2.260.553,25

Tabela 23: Comparativo APIOBPCS nas três situações de Demanda no instante 50

	APIOBPCS - Demanda Constante					
	Vare	ejista	Distri	buidor	Fabri	cante
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Ta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ti	6,50	1,00	6,50	1,00	6,50	1,50
Tp	3,50	10,00	3,50	10,00	3,50	10,00
Estoque	6.053,72	6.054,67	6.002,34	6.154,24	5.905,14	6.140,44
OP	4.964,10	4.917,69	5.026,85	4.810,54	5.128,36	4.989,95
Demanda	4.985,77	4.985,77	4.964,10	4.917,69	5.026,85	4.810,54
Venda Efetiva	4.985,77	4.985,77	4.964,10	4.917,69	5.026,85	4.810,54
Custo Total	679.460,44	649.570,38	679.460,25	649.324,81	679.445,81	649.164,94
Receita	5.246.089,50	5.246.089,50	5.247.217,00	5.247.238,00	5.247.267,00	5.250.476,50
Lucro	4.566.629,00	4.596.519,00	4.567.757,00	4.597.913,00	4.567.821,00	4.601.311,50
Backlog	-6.053,72	-6.054,67	-6.002,34	-6.154,24	-5.905,14	-6.140,44
Wip	20.152,89	50.257,49	20.121,60	50.519,32	20.144,82	50.494,19
OP Wip	-3.100,45	-50.257,49	-3.095,63	-50.519,32	-3.099,20	-33.662,79

	APIOBPCS - Demanda Degrau								
	Varejista		Distribuidor		Fabricante				
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			
Ta	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00			
Ti	6,50	6,00	6,50	6,00	6,50	6,00			
Tp	3,50	10,00	3,50	10,00	3,50	10,00			
Estoque	5.982,00	3.066,31	6.024,96	2.505,11	6.095,58	1.851,38			
OP	15.002,77	15.238,63	14.999,43	15.539,83	14.984,73	15.839,47			
Demanda	15.000,00	15.000,00	15.002,77	15.238,63	14.999,43	15.539,83			
Venda Efetiva	0	0	0	0	0	0			
Custo Total	939.640,44	638.786,50	1.004.314,44	634.750,19	1.144.015,13	639.475,63			
Receita	1.575.000,00	1.575.000,00	1.680.000,00	1.680.000,00	3.070.399,00	1.785.000,00			
Lucro	635.359,56	936.213,50	675.685,56	1.045.249,81	1.926.383,88	1.145.524,38			
Backlog	-5.982,00	-3.066,31	-6.024,96	-2.505,11	-6.095,58	-1.851,38			
Wip	60.017,13	152.751,00	59.994,02	155.092,41	59.903,58	156.795,13			
OP Wip	-9.233,40	-25.458,50	-9.229,85	-25.848,73	-9.215,94	-26.132,52			

APIOBPCS - Demanda Sazonal

	Varejista		Distribuidor		Fabricante	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Ta	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ti	6,50	4,00	6,50	6,50	6,50	5,00
Tp	3,50	10,00	3,50	10,00	3,50	10,00
Estoque	7.700,95	9.375,77	9.349,69	9.902,91	13.182,82	13.228,07
OP	7.238,32	6.831,88	6.675,40	6.243,16	5.410,20	4.983,91
Demanda	7.500,00	7.500,00	7.238,32	6.831,88	6.675,40	6.243,16
VendaEfetiva	7.500,00	7.500,00	7.238,32	6.831,88	6.675,40	6.243,16
Custo Total	890.052,44	869.834,50	964.177,38	871.555,19	1.106.429,88	949.132,31
Receita	2.992.500,00	4.410.000,00	4.252.877,00	4.502.038,00	4.656.381,00	4.094.375,00
Lucro	2.102.447,50	3.540.165,50	3.288.699,50	3.630.482,75	3.549.951,00	3.145.242,75
Backlog	-7.700,95	-9.375,77	-9.349,69	-9.902,91	-13.182,82	-13.228,07
Wip	28.382,81	0	35.230,54	91.257,11	54.514,11	92.424,91
OP Wip	-4.366,59	-22.814,28	-5.420,08	-14.219,22	-8.386,79	-18.991,46

Através das análises da Tabela 22 e 23 podem-se notar as melhorias buscadas pela gestão da cadeia de suprimentos. A tabela 22 apresenta os dados referentes aos modelos IOBPCS e a tabela 23 apresentam os dados dos modelos APIOBPCS. Verificando os dados pode-se notar uma melhoria de desempenho através de uma nova gestão da cadeia. Esta tabela destaca os novos parâmetros de controle (T_a , T_i e T_p) e os sinais de melhoria (aumento do lucro nos elos). Tendo como meta a melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos e atender o objetivo do SCM, pode-se perceber o aumento dos lucros, redução nos custos e elevação nas receitas de cada elo.

No primeiro modelo IOBPCS com demanda constante foi possível perceber uma amplificação para o restante da cadeia, o que acabou gerando um aumento nas Ordens de Produção, gerando uma elevação nos Custos. Ao gerar este aumento de produção, eleva-se o volume de produtos produzidos e do estoque que acaba contribuindo também para a elevação nos Custos. Como o pico de demanda acaba amplificado no último elo, o intervalo de tempo sem produto em estoque é maior. Isto resulta em uma receita menor ao se comparar aos outros elos por não conseguir atender a demanda e custos maiores pela necessidade de aumentar sua produção para repor a falta de produtos.

Ao propor uma nova gestão a esta cadeia, adotando novos valores para os parâmetros de gestão, foi possível notar uma melhora considerável. O efeito chicote foi amenizado para toda a cadeia, resultando numa diminuição no volume de produtos a

produzir e na falta de produtos em estoque. Como resultado, tem-se um período de vendas da cadeia maior e uma elevação da receita. Com o volume de produtos menor a fazer, tem-se uma redução nos custos da cadeia. A combinação de menor custo e maior receita acaba elevando os lucros da cadeia e o objetivo principal do gerenciamento da cadeia de suprimentos é atingido.

Com a presença do *pipeline* (Tabela 23) no sistema, um controle sobre essas pequenas incertezas é amenizado. Com ele é possível notar uma estabilização no nível da demanda. O valor do Estoque converge para o nível do estabelecido pelo estoque estratégico (Estoque de Segurança). Esta convergência acaba diminuindo o volume produzido e gera uma redução nos custos. Ao manter o volume de estoque dentro de uma faixa que atende a demanda, as vendas são possíveis na maior parte do tempo analisado, resultando num alto volume de vendas e receita para a cadeia.

Para o sistema IOBPCS com a demanda do tipo degrau, foi possível notar que o aumento repentino da demanda acaba gerando uma amplificação ao sistema em todos os elos e causando uma oscilação no nível de estoque. Esse efeito faz com que exista um período maior sem produtos em estoque, gerando um aumento na produção para repor esse déficit. Consequentemente, tem-se uma perda no volume de vendas e uma redução na receita da cadeia. Pela necessidade de aumentar a produção e o pelo estoque que necessita comportar um volume maior de produtos, os custos se elevam o que afeta os lucros da cadeia.

Através da gestão da Cadeia de Suprimentos foi possível aumentar a presença de produtos em estoque, com um volume de vendas maior do que a proposta inicial. Isso acaba resultando em um aumento para a receita da Cadeia de Suprimentos. Consequentemente com o aumento de produção tem-se um aumento nos custos de produção e estoque, gerando um aumento nos custos totais. Pode-se dizer que, com a nova gestão para este tipo de Demanda, apesar do aumento nos custos, obteve-se uma elevação nos lucros da cadeia.

Ao adotar o *pipeline*, neste caso, a Demanda para os elos 'Distribuidor' e 'Fabricante' passou a ter um comportamento similar ao da Demanda do elo Varejista. O aumento repentino, de Demanda para os elos causou um aumento nas ordens de produção que acabou resultando numa elevação na produção e, consequentemente, no Estoque. Nesta situação, a presença do estoque em processamento também é menor o que acaba não reduzindo o volume de Ordens de Produção a um nível que seja possível diminuir a amplificação da Demanda. Com um maior volume de produção e estoque,

gera-se um aumento nos custos. A presença do produto em Estoque acaba gerando vendas para a cadeia. Como para o elo Fabricante apresenta um pico de produção e Estoque, ele obtém um lucro maior nesta situação devido ao maior volume presente, resultando num lucro maior do que os outros elos.

Na nova gestão da cadeia para este caso, os picos de Demanda foram suavizados de forma que afetem o menos possível os elos. Esta suavização acabou regulando o sistema a fornecer uma quantidade de produtos determinados pela Demanda do mercado. Isso acabou eliminando o pico de produção e estoque que o elo Fabricante possuía, igualando seu comportamento ao dos outros elos. Com os novos parâmetros, foi possível uma redução de custo em relação à situação inicial. Isso deve ao fato da maior presença de estoque em processamento causada pela elevação do lead time produtivo. Essa maior presença de produtos em processamento regulou o volume de Ordens de Produção, diminuindo assim o efeito causado pela amplificação da Demanda. Como resultado da diminuição dos picos de produção e Estoque do elo Fabricante, seu lucro acabou sendo diminuído. Mas em compensação, o lucro dos outros elos acabou aumentando. Nesta situação, o objetivo do SCM acabou sendo atendido ao aumentar o lucro e as receitas da cadeia. O contraponto ficou na diminuição do lucro do elo Fabricante.

Para a última situação proposta, a demanda sazonal IOBPCS representa um comportamento da Demanda para o caso de um produto onde sua maior demanda acontece em determinados períodos. O que se pode notar neste caso é o impacto sobre o elo Fabricante acaba resultando num maior volume de produção e Estoque. Isso gera um aumento nos Custos do elo. Diferente da situação anterior, as vendas neste caso acabam diminuindo devido ao volume de produtos em Estoque não atender a Demanda quando ela está em alta.

Ao ajustar a cadeia para uma nova gestão foi possível notar melhor distribuição da Demanda para o elo Distribuidor. Isso acabou resultando também numa melhor distribuição para o elo Fabricante. O resultado foi numa diminuição nas Ordens de Produção e nos picos de Estoque pelo menor volume produzido o que gera uma redução de custo. Pela presença de Estoque por mais tempo aumentou-se o volume de vendas e as receitas. Com a redução de custo e o aumento das receitas, o objetivo do SCM foi atingido.

Ao adotar o *pipeline* para este caso, pode-se observar que o comportamento da Demanda para todos os elos são similares, o que acaba se repetindo para as Ordens de Produção. Devido à presença de produtos em Estoque, mesmo durante os picos de Demanda, existe um volume de vendas gerando receita a cadeia. O aumento das Ordens de Produção acabou gerando um aumento do nível de Estoque e fabricação de produtos que ocasionou o aumento dos custos.

Ao adotar os novos parâmetros foi possível diminuir a amplificação da Demanda, o que acabou gerando uma melhor distribuição das Ordens de Produção durante os picos de demanda. Isso resultou numa redução no volume de Estoque, que afeta as vendas para os elos 'Distribuidor' e 'Fabricante'. Mesmo assim, a nova configuração trouxe redução de custos para a cadeia devido à diminuição das Ordens de Produção e do nível de produtos em Estoque. O controle causado pelo *pipeline* resultou numa diminuição dos lucros do elo Fabricante. Porém houve uma redução de custos para o elo também. Pode-se dizer que o objetivo do SCM foi atingido devido à redução de custos combinado ao aumento de receitas.

Pode-se notar nestes três modelos da Tabela 23 que a presença do canal de resuprimentos altera o desempenho da cadeia. A alteração de desempenho causado pelo *pipeline*, por muitas vezes não elevou o lucro da cadeia, mas reduziu os custos. Isso é consequência do controle feito sobre as incertezas causadas pelo mercado. A necessidade do sistema em estabilizar acaba afetando a lucratividade da cadeia. O que já não se repete num sistema onde existem baixas incertezas mercadológicas.

6 CONCLUSÃO

O crescimento da concorrência cria a necessidade nas empresas de se tornar eficientes e lucrativas. Para atingir este objetivo as empresas passaram a trabalhar em conjunto com outras criando um conceito de cadeia de empresas, cujo objetivo comum é aumentar os lucros e reduzir custos. Para alcançar este objetivo são necessários conhecimentos que possibilitem gerenciar toda a cadeia.

Para tornar competitiva, a gestão da cadeia se tornou o principal desafio. Devese recordar que o ambiente empresarial é um meio de relacionamentos com alto grau de interdependência que acaba formando uma cadeia de empresas onde cada uma participa na formação e comercialização de um determinado produto. Ao participar destas etapas, as empresas tornam-se dependentes uma das outras e que acaba gerando uma necessidade por informações compartilhadas.

A proposta desta pesquisa foi avaliar o impacto de novas estratégias (novas formas de gerenciamento) no desempenho de uma cadeia de suprimentos buscando melhorias. Assumiu-se que o ambiente produtivo está sobre influência de incertezas mercadológicas como variação da demanda durante um horizonte de planejamento produtivo. Foram considerados neste problema três tipos de situações da demanda que podem ser encontrados: demanda constante, demanda do tipo degrau e demanda sazonal.

Para abordar estes problemas utilizou-se uma metodologia baseada na análise dinâmica de sistemas produtivos, conhecido como 'Dinâmica de Sistemas'. O objetivo foi construir modelos que permitisse enxergar toda a estrutura organizacional da cadeia e analisar o seu comportamento dinâmico durante o intervalo de tempo estabelecido.

O contexto do trabalho foi a melhoria da gestão da Cadeia de Suprimentos auxiliada por indicadores de desempenho e, portanto, os principais conceitos em relação a este problema foram revisados. Baseado na Dinâmica de Sistemas construiu-se modelos do ambiente produtivo denominado IOBPCS e APIOBPCS com três níveis produtivos formando uma cadeia de suprimentos (com os níveis: Varejista, Distribuidor e Fabricante).

Através dos modelos foi possível observar o efeito chicote e através das novas estratégias adotadas obterem soluções para sua redução/eliminação. Para isso, utilizou-

se a variação nos parâmetros de gestão (T_a , T_i e T_p) de cada elo e determinaram-se seus impactos sobre toda a cadeia. Desta forma, pode-se comprovar que com a seleção destes parâmetros é possível não somente obter a redução do efeito chicote, mas também uma melhoria de desempenho da cadeia, que pode ser notada através dos indicadores de desempenho inseridos no modelo.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos Futuros pode-se contemplar:

- Aplicação dos conceitos de Dinâmica de Sistemas em ambientes produtivos IOBPCS/APIOBPCS para os casos multiníveis e multicomponentes, com o objetivo de controlar o comportamento da cadeia de suprimentos.
- A implementação de estratégias variáveis de Estoque de Segurança em ambientes produtivos IOBPCS/APIOBPCS.
- Análise do comportamento dinâmico da cadeia de suprimentos ao se adotar restrições utilizando o IOBPCS/APIOBPCS.
- O tratamento do sistema logístico ou de abastecimento sob a ótica da dinâmica de sistemas utilizando os critérios do IOBPCS/APIOBPCS.
- Implementação da metodologia de dinâmica de sistemas em filosofias de gestão de produção. Por exemplo, *Just in time*.
- Utilização do MPC para o Gerenciamento de Cadeia de Suprimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMCZUK, A. A. Os relacionamentos na cadeia de suprimento sob o paradigma da desintegração vertical de processos: um estudo de caso. Dissertação de mestrado, USP, 2001.

ACKOFF, R. L. Creating de Corporate Future. John Willey & Sons, 1981.

ALFELD, L. E. and GRAHAM, A. K. **Introduction to urban dynamics**. Cambridge MA: Productivity Press, 1976.

ANDRADE, A. L. Pensamento sistêmico: Um roteiro básico para perceber as estruturas da realidade organizacional. PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. **REAd - Revista Eletrônica de Administração**. v.3, n°1, Junho de 1997.

ANSOFF, H. I. and SLEVIN, D. P. An appreciation of industrial dynamics. **Management Science**, v. 14, n. 7, p. 383-397, 1968.

ARAGÃO, A. B. Modelo para SCM baseado em integração de processos, compartilhamento de informação e medidas de desempenho. Dissertação de Mestrado, PUC - Rio: Rio de Janeiro, 2004.

AKKERMANS, H. A.; BOGERD, P.; YUCESA, E. and WASSENHOVE, L. The impact of ERP on supply chain management: exploratory findings from European Delphi study. **European Journal of Operational Research**, p. 284-301, 2003.

AXSÄTER S. Control theory concepts in production and inventory control. **International Journal of Systems Science**, 1985.

BALDIN, N. T.; NOVAES, A. G. e DUTRA, N. G. S. Integração da cadeia de suprimentos na indústria automobilística. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto - MG.** 2003.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2001.

BALLOU, R.H. Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física, São Paulo: Ed. Atlas, 1995.

BARREIROS, F. A. M. Projeto de investimento: uma análise estratégica a partir do conceito de Cadeia de Suprimentos. Dissertação de Mestrado. USP – São Carlos, 2002.

BASTOS, A. A. P. A dinâmica de sistemas e a compreensão de estruturas de **negócios**. Dissertação de Mestrado. FEA/USP - São Paulo, 2003.

BEAMON, B. M. Supply chain design and analysis: Models and methods. **International Journal of Production Economics**, v. 55, n. 3, p. 281-294, 1998.

_____. Performance measures in supply chain management. **Proceedings of the 1996 Conference on Agile and Intelligent Manufacturing Systems**, Troy, NY, 1996.

BEAMON, B. M. and WARE, T. M. A process quality model for the analysis, improvement and control of supply chain systems. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.28, n.9/10, p. 704-715, 1998.

BERLINER, C. and BRIMSON, J. A. Gerenciamento de Custos, em indústrias avançadas. São Paulo: Ed. T.A. Queiroz Editor, 1992.

BERTALANFFY, L. General System Theory, Disponível em: http://www.panarchy.org/vonbertalanffy/systems.1968.html Acessado em: 20 de agosto de 2008.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; and COOPER, M. B. **Supply chain logistics management**. 2^a ed. Nova Iorque: Ed. McGraw-Hill, 2006.

BRANDOLESE, A. CARTEGNI and E. CIGOLINI, R. Improving productivity by using strategic inventories: theoretical issues and field results. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 18, p. 4179-4196, 2001.

BUOSI, T. e CARPINETTI, L. C. R. Análise, Avaliação e Diagnóstico da Cadeia de Suprimentos: uma análise crítica sobre modelos de referências. Disponível em: www.prod.eesc.usp.br/producao/gmme/publicacoes/. Acesso em 25 de outubro de 2007.

CALEGARE, A. J. A. **Introdução ao delineamento de experimentos**. São Paulo: Ed. Blücher, 2001.

CARDOSO, P. A. O princípio da postergação: um estudo na cadeia de suprimentos das tintas para impressão, Tese de Doutorado, PUC-RJ, 2002.

CHECCHINATO, D. Modelagem de problemas logísticos sob o enfoque de sistemas dinâmicos: o caso do jogo da cerveja. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2002.

CHRISTOPHER, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. São Paulo: Ed. Pioneira-Thomson Learning, 2001.

CHURCHMAN, C. N. Introdução à teoria de sistemas. Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 1971.

CONTANDRIOPOULOS, A. P. CHAMPAGNE, F. POTVIN, L. DENIS, J. L. and BOYLE, P. **Saber preparar uma pesquisa: definição, estrutura e financiamento**, 3. ed. São Paulo: Ed. Hucitec Abrasco, 1999.

COOPER, J. et al. Meshing multiple alliances. **Journal of Business Logistics**, v. 18, n. 1, p. 68-79, 1997.

COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; and PAGH, J. D. Supply Chain Management: More than a new name for logistics. **The International Journal of Logistics**Management, vol. 8, n° 1, pp.1-13, 1997.

CORBETT, T. Disponível em: http://www.corbett.pro.br/temas.asp?tema=5 Acesso em 28 de fevereiro de 2008.

CORRÊA, H. L. GIANESI, I. G. N. and CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção MRPII/ERP**, 3. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2000.

CLM, 2008, Council of Logistics Management. Disponível em: www.clm1.org Acesso em 30 de julho de 2008.

COUTINHO, L. e FERRAZ, J. C. Estudo da competitividade da indústria brasileira. 2ª ed. Campinas, Ed. Universidade Federal de Campinas, 1994.

COYLE, R. G. **Management system dynamics**. New York: John Willey & Sons Inc., 1977.

COX, J.F., BLACKSTONE, J.H. and SPENCER, M.S. American Production and Inventory Control Society. APICS Dictionary (8th. ed). Falls Church, 1995.

COX, A.; SANDERSON, J.; and WATSON, G. Supply chains and power regimes: toward an analytic framework for managing extended networks of buyer and supplier relationships. **The Journal of Supply Chain Management**, v. 37, n. 2, p. 28-35, 2001.

CROXTON, K. L. GARCIA-DASTUGUE, J. LAMBERT, D. M., and ROGERS, D. S. The Supply Chain Management Processes. **International Journal of Logistics Management**, v. 12, n. 2, p. 13-36, 2001

DAGANZO, C.F. Logistics systems analysis. 2ª Edição, Ed. Springer, 1996

DAS, S.K. The measurement of flexibility in manufacturing systems, **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, Vol. 8, pp. 67-93, 1996.

DENNIS, P. Fazendo acontecer à coisa certa. Ed. Lean Institute Brasil, 2007.

DISNEY, S. M. NAIM, M. M. and TOWILL, D. R. Genetic algorithm optimization of a class of inventory control systems. **International Journal of Production Economics**, v. 68, p. 259-278, 2000.

EDGHILL J.S. TOWILL D.R. The use of systems dynamics in manufacturing systems. **Transactions of the Institute of Measurement and Control**, vol. 11, p. 208-216, 1989.

EHRLICH, P.J, Dinâmica de Sistemas na Gestão Empresarial, Disponível em: http://www.fgvsp.br/academico/professores/Pierre_J_Ehrlich/ Acesso em: 30 de maio de 2007.

FERNANDES, A. C. Dinâmica de Sistemas e Business Dynamics: Tratando a Complexidade no Ambiente de Negócios. **Anais do XXI - Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, 2001.

FURLANETO, E. L. Formação das estruturas de coordenação nas cadeias de suprimentos: estudo de caso em cinco empresas gaúchas. Tese de Doutorado – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FORRESTER CONSULTING, http://www.forresterconsulting.com/links.html Acessado em: 20 de Agosto de 2007.

FORRESTER, J. W. The beginnings of system dynamics (Working Paper N°. D-4165) System Dynamics Group, **Sloan School of Management MIT**, Cambridge MA, 1989.

FORRESTER, J. W. - Industrial dynamics. Cambridge, MA: MIT Press, 1961.

FPNQ, Critérios de excelência – O estado da arte da gestão da qualidade total. São Paulo: Ed. Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade, 1995.

FURTADO, P. G. and CARVALHO, M. F. H. Compartilhamento da Informação como Elemento da Coordenação da Produção em Cadeia de Suprimentos. **Gestão e Produção** vol.12, nº1, p. 39-53, São Carlos, 2005.

GARCIA, S. N. P. A Rentabilidade na Cadeia de Suprimentos Vista Estrategicamente a Partir da Margem de Contribuição: O caso da Indústria do Álcool Combustível no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

GARDINER, L. K. and SHRECKENGOST, R. C. A system dynamics model for estimating heroin imports into the United States. **System Dynamics Review**, v. 3, n. 1, p. 8-27, 1987.

GIANNAKIS, M. The history of the development of supply chain management and future direction for building a new academic discipline. In: **Proceedings of the 8th International Annual Conference European Operations Management Association**, p.319-332, 2001.

GARCIA, S. N. P., A rentabilidade na cadeia de suprimentos vista estrategicamente a partir da margem de contribuição: O Caso da Indústria do Álcool Combustível no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa científica, 4. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2002.

GUARNIERI, P. and HATAKEYAMA, K. Supply chain management na indústria automobilística. **Revista Gestão Industrial**, v. 01, n. 04: pp. 478-486, 2005.

HANDFIELD, R.B. and NICHOLS, E.L. **Introduction to supply chain management**. New Jersey: Ed. Prentice-Hall, Inc., 1999.

HART, C. **Doing a literature review**. London: Sage, 2000.

HENSON, M.A. and SEBORG, D.E. **Nonlinear Process Control**, New Jersey: Ed. Prentice-Hall, Inc., 1997.

HONG-MINH, S. Re-engineering the UK private house building supply chain. Ph.D. Dissertation, University of Wales, Cardiff, 2002.

KASPER, H. O Processo de Pensamento Sistêmico: Um Estudo das Principais Abordagens a partir de um Quadro de Referência Proposto Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

KHATOR, S. K. and DESHMUKH, M. System dynamics modeling of agility in supply chain. Technical and Organizational Integration of Supply Chains. Proceedings of the XXII International Conference on Industrial Engineering and Operational Managements (Part One: Operations Management), p. 17-23, 2002.

KIM, D.H, Introduction to System Thinking, 1 edition, 1999.

KIRKWOOD, C.W. System Dynamics Methods: A Quick Introduction. Disponível http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDIntro/SDIntro.htm Acesso em: 25 de junho de 2007.

KRAMER, J. de SMIT, J. Systems Thinking. Leiden: Ed. Nijhoff, 1977.

LAMBERT, D.M. Logistics Costs, Productivity and Performace Analysis. **In The Logistics Handbook** pp 260 – 302, 1994

LAMBERT, D. M. STOCK, J. R. and ELLRAM, L. M. Fundamentals of logistics management. New York: Ed. McGraw-Hill, 1998

LAMBERT, D. M. COOPER, M. C. and PAGH, J. D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, vol.9, n°2, pp 1-19, 1998.

LAMBERT, D. M. and COOPER, M. C. Issues in Supply Chain Management. **Industrial Marketing Management**, vol.29, n°1, pp65-83, January 2000.

LAMBERT, D. M. The eight essential supply chain management processes. **Supply Chain Management Review**, v. 8, n. 6; p.18-25, September 2004.

LAMBERT, D. M. Mapeando a supply chain. **Tecnologística**, ano VIII, nº 83, p.30-39, 2002.

LAW, A. M. KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis.** Third edition. MacGraw-Hill, 2003.

LEE, H.L. and BILLINGTON, C. Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities. **Sloan Management Review**, Vol. 33, pp. 65-73, 1992.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; and WHANG, S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. **Management Science**, Vol. 50, pp. 1875-1886, 1997.

LEE, H. L. PADMANABHAN, V. and WHANG, S. The bullwhip effect in supply chains. **Sloan Management Review**, Vol. 38 No. 3, pp. 93-102, 1997b

LEENDERS, M. R., JOHNSON, P. F. and FLYNN, A. **Purchasing and supply management: with 50 supply chain cases**. 13^a ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

LIEBER, R. R. Teoria de sistemas, Disponível em: http://www.lead.org.br/filemanager/download/4/teoria%20de%20sistema.pdf
Acesso em: 04 de março de 2008.

LIMA, R. S. Gerenciamento da cadeia de suprimentos no setor automobilístico: iniciativas e práticas. **XI SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 2004.

LOCKE, D. Global supply management: a guide to international purchasing. Chicago: Irwin, 1996.

LUMMUS, R.R., VOKURKA, R. J. Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines. **Industrial Management & Data Systems**. MCB University Press, v1, p11-17, 1999.

MAANI, K. E.; CAVANA, R. Y. System Thinking and Modeling: Understanding Change and Complexity. New Zealand: Pearson Education New Zealand Limited, 2000.

MARTINS, P. G. LAUGENI, F. P. **Administração da produção**, 2 ed. Ed. Saraiva, São Paulo, 2005.

MARTELANC, R. Posição e Avaliação de Política de Hierarquização de Fontes de Financiamento sob Restrições de Capital. Tese de Doutorado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – USP, São Paulo, 1998.

MASKELL, B. H. Performance Measurement for World Class Manufacturing: a model for American companies. **Cambridge, Productivity Press** 408 p., 1991.

MELEIRO, L. A. C. **Projeto e Aplicação de Controladores baseados em Modelos Lineares, Neurais e Nebulosos**. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MIT SDEP, System Dynamics. Disponível em: http://sysdyn.clexchange.org/sd-intro/home.html Acesso em 12 de julho de 2007.

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. 3. ed. John Wiley and Sons. Arizona, USA, 1991.

MORECROFT, J. D. W. System dynamics and microworlds for policymakers. **European Journal of Operations Research**, v. 35, n. 3, p. 301-320, 1988.

NEELY, A; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design – a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production**, v. 15, n. 4, pp. 80-116, 1995.

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno, 3a Ed., Livros Técnicos e Científicos S.A, 1998.

OLIVEIRA, C. M. and CARVALHO, M. F. H. Análise de políticas de gestão em cadeias de suprimentos por modelos de simulação, **Revista Gestão & Produção**, v.11, n.3, p.313-329, 2004.

OLIVEIRA, G. H. C. and PACHECO, E. O. Análise de cadeia de suprimentos e do efeito chicote usando sistemas dinâmicos, **XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Florianópolis, 2004.

ONO, R. T. Modelagem sistêmica e planejamento logístico da cadeia de suprimentos de petróleo. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, São Paulo, 2007.

ORTEGA M, LIN L. Control theory applications to the production—inventory problem: a review. **International Journal of Production Research**, 2004.

PACHECO, E. O. Usando Dinâmica de Sistemas para Análise de Algoritmos de Reposição de Estoque em Ambientes Produtivos, Dissertação de Mestrado, PPGEPS, PUC-PR, 2004.

PORTER, M. Competitive advantage: creating and sustaining a superior performance. New York: Ed. The Free Press – MacMillan, 1985.

PRADELLA C. A. SILVA, W. R. A evolução das cadeias de suprimentos e a contribuição do sistema ERP, **Revista Gestão Industrial** v. 01, n. 02 : pp. 001-018, 2005.

PROTIL, R. M. FERNANDES, A. C. SOUZA, A. B. K. Avaliação da pesquisa agropecuária em cooperativas agroindustriais utilizando um modelo de scorecard dinâmico. V Encontro de Pesquisadores Latino-Americanos de Cooperativismo, 2008a.

PROTIL, R. M. FERNANDES, A. C. SOUZA, A. B. K. Modelando a estratégia de uma cooperativa agroindustrial com o emprego da dinâmica de sistemas e do balanced scorecard. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro - RJ, 2008b.

QIN, S. J. BADGWELL, T. A. An Overview of Industrial Model Predictive Control Applications. **Nonlinear Predictive Control**, pp. 369-392, Verlag, 2000.

RASKU, H. Model Predictive Control in Supply Chain and Inventory Management. Tampere University of Technology. Master of Science Thesis. Department of Automation Institute of Automation and Control, Tampere, 2004.

RICHARDSON, G. P. Foreword. In MAANI, K. E.; CAVANA, R. Y. **System Thinking and Modeling: Understanding Change and Complexity**. New Zealand: Pearson Education New Zealand Limited, 2000.

RICHMOND, B. **The "Thinking" in Systems Thinking**, Pegasus Communications, 2000.

RIDDALLS, B. C. BENNETT, S. and TIPI, N. S. Modeling the Dynamics of Supply Chains. **Industrial and Engineering Chemical Research**, Vol. 31, pp. 969 – 976, 2000.

RITZMAN, L. P; KRAJEWSKI, L. J. - **Administração da produção e operações**. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2004.

ROBERTS, E. B. **Managerial applications of systems dynamics**. Cambridge, MA: MIT Press, 1978.

RODRIGUES, W. L. H. and SANTIN, N. J. Gerenciamento da cadeia de suprimentos. **Integração**, Ano X, n°37, 97-102, 2004.

RUDIO, F. V. Introdução ao projeto de pesquisa científica, Ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

SARIMVEIS H. PATRINOS, P. TARANTILIS, C. D and KIRANOUDIS, C. T. Dynamic modeling and control of supply chain systems: A review. **Computers and Operations Research**, Vol. 35, PP. 3530-3561, 2008.

SASAKI, F.A. OLIVEIRA, G. H. C. PACHECO, E. O. CARDOSO, P. A. ARAUJO, H. X. Gerenciando uma cadeia de suprimentos utilizando a dinâmica de sistemas. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro - RJ. Anais. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008

SASAKI, F.A. OLIVEIRA, G. H. C. PACHECO, E. O. CARDOSO, P. A. ARAUJO, H. X. Gerenciando uma cadeia de suprimentos utilizando a dinâmica de sistemas. **Revista Inovare**, CESCAGE, Ponta Grossa, 2009a.

SASAKI, F.A. OLIVEIRA, G. H. C. PACHECO, E. O. CARDOSO, P. A. ARAUJO, H. X. Measuring a supply chain performance using system dynamics. **International Conference on Production Research**, Shanghai, 2009b.

SCHWARTZMAN, S. **Pesquisa acadêmica, pesquisa básica e pesquisa aplicada em duas comunidades científicas**. Disponível em: http://www.schwartzman.org.br/simon/acad_ap.htm Acesso em: 27 de agosto de 2009.

SEURING, S. A. Supply Chain Controlling: summarizing recent development in German literature. **SCM: an International Journal**, Vol. 11, PP. 10-14, 2006.

SHANK, J. K, GOVINDARAJAN, V. A Revolução de Custos "Como reinventar e redefinir sua estratégia de custos para vencer em mercados crescentemente competitivos". 8ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1997.

SHAPIRO, R. D. H., JAMES L. Logistics strategy: cases and concepts. Ed. West Publishing Company, 1984

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SILVA, L. M. F. O efeito da propagação das distorções da demanda na cadeia de suprimentos: Estudo exploratório em uma empresa do ramo industrial de bebidas não-alcoólicas. Dissertação de Mestrado, UFPB, 2008.

SIMCHI-LEVI, D. KAMINSKY, P. and SIMCHI-LEVI, E. Cadeia de Suprimentos: Projeto e Gestão. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2003, 328 p.

SLACK, N. Flexibility as a manufacturing objective, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 3 No. 3, pp. 4-13, 1983.

SLACK, N. The Manufacturing Advantage, Mercury Books, London, 1991.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; and JOHNSTON, R. **Administração da produção**, 4 ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1999.

SILA, I., EBRAHIMPOUR M., and BIRKHOLZ C. Quality in Supply Chain – an Empirical analysis. **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol. 11, pp. 491-502, 2006.

SMAROS, J. LEHTONEN, J. M., APPELQVIST, P. and HOLMSTRÖM, J. The Impact of Increasing Demand Visibility on Production and Inventory Control Efficiency. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management** Vol. 33 No. 4, pp.336-354, 2003.

SOUZA, A. B. K. Desenvolvimento de um modelo conceitual de scorecard dinâmico para pesquisa agropecuária: Um estudo de caso na cadeia produtiva do trigo em uma cooperativa agroindustrial. Dissertação de Mestrado, PUC-PR, Curitiba, 2007.

SOUZA, F. L., PIERRE, J. P., CARVALHO, M. F. H., BATOCCHIO, A. Integração na cadeia de suprimentos: um estudo de caso no setor automobilístico. **XI SIMPEP,** Bauru, SP, 2004.

STERMAN, J. D. Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. **Boston: McGraw Hill Higher Education**, 2000.

STOCK, G. N., GREIS, N. P., KASARDA, J. D. Logistics, strategy and structure. **International Journal of Operations & Production Management**, v.18, n.1, p.37-52, 1998.

SUHAIZA Z., PREMKUMAR R. Supply chain integration and performance: US versus East Asian companies. Supply Chain Management; 2005.

TABOADA, C. M. Avaliação do Nível de Desempenho de Sistemas Logísticos. Dissertação de Mestrado UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 1999.

TAYLOR, D. A. Logística na cadeia de suprimento: uma perspectiva gerencial. São Paulo: Ed. Pearson, 2005.

TOWILL, D. R. Dynamic Analysis of an inventory and order based production control system. **International Journal of Production Research**, v. 20, p. 671-678, 1982.

TOWILL, D. R.; DEL VECCHIO, A. L. The application of filter theory to the study of supply chain dynamics. **Production Planning and Control**, v. 5, n. 1, p. 82-96, 1994.

TOWILL, D. R. Industrial dynamics modelling of supply chains. **Logistics Information Management**, v. 9, n. 4, p. 43-56, 1996.

TOWILL, D.R., DISNEY S.M., and NAIM, M.M. Dynamic simulation modelling for lean logistics. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 27 No. 3/4, pp. 174-196 1997.

TOWILL, D.R. MCCULLEN, P. The impact of agile manufacturing programme on supply chain dynamics. **International Journal of Logistics Management** 1999;10(1):83–96.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**, 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

THOMAZ, R. SCM Supply Chain Management, Disponível www.gasenergia.com.br/portalge/port/op/download/scm.pdf Acesso em 16 de Julho de 2007.

TZAFESTAS G. K. S. KYRIANNAKIS E. Model-based predictive control for generalized production planning problems. **Computers in Industry**, 32:201 – 210, 1997.

WEST Pub. Co.; FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**, MIT Press, Cambridge, Mass, 1961.

WIKNER, J. NAIM, M.M. and TOWILL, D.R. The system simplification approach in understanding the dynamic behaviour of a manufacturing supply chain. **Journal of Systems Engineering**, Vol. 22, pp. 164-178, 1992.

WOOD, T. J. ZUFFO, P. K. Supply chain management: uma abordagem estratégica para a logística. Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pósgraduação em Administração, p. 1-15 2001.

WONG, C.Y, ARLBJORN, J.S, JOHANSEN, J. Supply Chain Management Practices in Toy Supply Chains. **Supply Chain Management: International Journal**, Vol. 10, pp. 367-378, 2005.

ZAMBOM, A. C. Análise de fundo de pensão: Uma abordagem de System **Dynamics**. Rio de Janeiro: Funenseg, 2000a.

ZAMBOM, A. C. A utilização da simulação pela controladoria no apoio à tomada de decisão. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Contabilidade, Goiânia, 2000b.

ZHOU, L. NAIM, M.M. TANG, O. TOWILL D.R. Dynamic performance of a hybrid inventory system with a Kanban policy in remanufacturing process. **Reverse Production Systems**, Vol. 34, pp. 585-598, 2006.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

<u>Baixar</u>	livros	de	Adm	<u>inis</u>	tra	ção

Baixar livros de Agronomia

Baixar livros de Arquitetura

Baixar livros de Artes

Baixar livros de Astronomia

Baixar livros de Biologia Geral

Baixar livros de Ciência da Computação

Baixar livros de Ciência da Informação

Baixar livros de Ciência Política

Baixar livros de Ciências da Saúde

Baixar livros de Comunicação

Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE

Baixar livros de Defesa civil

Baixar livros de Direito

Baixar livros de Direitos humanos

Baixar livros de Economia

Baixar livros de Economia Doméstica

Baixar livros de Educação

Baixar livros de Educação - Trânsito

Baixar livros de Educação Física

Baixar livros de Engenharia Aeroespacial

Baixar livros de Farmácia

Baixar livros de Filosofia

Baixar livros de Física

Baixar livros de Geociências

Baixar livros de Geografia

Baixar livros de História

Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura

Baixar livros de Literatura de Cordel

Baixar livros de Literatura Infantil

Baixar livros de Matemática

Baixar livros de Medicina

Baixar livros de Medicina Veterinária

Baixar livros de Meio Ambiente

Baixar livros de Meteorologia

Baixar Monografias e TCC

Baixar livros Multidisciplinar

Baixar livros de Música

Baixar livros de Psicologia

Baixar livros de Química

Baixar livros de Saúde Coletiva

Baixar livros de Serviço Social

Baixar livros de Sociologia

Baixar livros de Teologia

Baixar livros de Trabalho

Baixar livros de Turismo