

# Impactos da concentração temporal de demanda em uma indústria de BENS DE CONSUMO

Elaine Renata Buratini



# Impactos da concentração temporal de demanda em uma indústria de **BENS DE CONSUMO**

---

Elaine Renata Buratini

**Editora chefe**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva da autora, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos a autora, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

- Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof<sup>a</sup> Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

# Impactos da concentração temporal de demanda em uma indústria de bens de consumo

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** A autora  
**Autora:** Elaine Renata Buratini

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
B945	Buratini, Elaine Renata Impactos da concentração temporal de demanda em uma indústria de bens de consumo / Elaine Renata Buratini. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.
	Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1770-5 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.705231508">https://doi.org/10.22533/at.ed.705231508</a>
	1. Gestão da produção e operações. 2. Indústria. I. Buratini, Elaine Renata. II. Título.
	CDD 658.403
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

## **DECLARAÇÃO DA AUTORA**

A autora desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declara que participou ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certifica que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de e-commerce, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário FEI  
para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica com  
énfase em Produção. Orientado pelo Prof. Dr. Alexandre Massote

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me acolhe com um sorriso especial nos momentos difíceis, e sempre mostrou a importância do conhecimento para a vida, especialmente à minha irmã Erica, pelos cuidados constantes comigo, e por ser um grande exemplo de dedicação e perfeccionismo em tudo que se propõe a fazer, me apoiando inteiramente nesta etapa.

*"Suba o primeiro degrau com fé.*

*Não é necessário que você veja toda a escada.*

*Apenas dê o primeiro passo."*

*(Martin Luther King)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar de volta a saúde e energia para dedicar-me aos estudos.

Aos meus pais, que me ensinaram desde cedo o valor do conhecimento, e fazem de tudo por mim

Ao professor Dr. Alexandre Massote, por acreditar em mim e em meu potencial desde o início, sendo um parceiro, tutor e orientador neste trabalho.

A pessoa mais especial de minha vida, Heitor Mariano, pelo companheirismo e incentivo, sendo inspiração essencial nas fases finais deste trabalho.

À Camila Tancredi, que soube compreender e apoiar o foco no mestrado mesmo diante de projetos que consumiam dias e noites na empresa.

Ao Dr. Fernando Maluf e à enfermeira Jane, que permitiram o desenvolvimento deste trabalho em um período crítico.

A um verdadeiro líder, Efrain Rosemberg, que me ensinou a fazer com perfeição qualquer desafio que me fosse dado, inserindo o tema do trabalho em minhas pesquisas.

À minha tia Sueli Pironi, por dedicar seu tempo quando precisei de palavras que confortassem.

Por fim, à minha avó Santina, que apesar de não estar entre nós, me fez saber cedo o orgulho que sempre desejou sentir de seus netos, motivando a conclusão desta etapa.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
Justificativa e Motivação.....	6
Definição do Problema e Objetivo do Estudo .....	6
Abrangência e Limitações .....	7
Metodologia .....	8
Tipos de simulação: contínuos ou discretos, estáticos ou dinâmicos.....	9
Estruturação do Trabalho .....	10
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
Sistemas Logísticos .....	11
Características de Transportes .....	12
Cadeia de Suprimentos .....	12
Gestão de Capacidade da Cadeia: Impactos do perfil de demanda.....	13
Efeito Chicote.....	14
Desafios na gestão da cadeia de suprimentos .....	15
Concentração de Demanda no Fim do Período de Vendas (Hockey Stick Effect).....	18
Sincronização: Encadeamento entre Empresas e Unidades Operacionais.....	20
Indicadores de desempenho entre elos da cadeia .....	21
A Produtividade no Escoamento da Produção .....	22
A estratégia de produção aplicada e os impactos na produtividade de uma indústria.....	22
Gerenciamento de Capacidade.....	24
Simulação e Modelagem como Ferramentas de Estudo .....	25
Modelagem .....	25
Simulação .....	26
Contexto histórico da simulação .....	27

# SÚMARIO

A simulação como tomada de decisão na cadeia de suprimentos .....	27
Sistemas de modelagem em gerenciamento de cadeias de suprimentos.....	28
<b>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....</b>	<b>30</b>
Descrição do Ambiente de Pesquisa .....	30
Concentração de Vendas no Fim do Mês: As Causas da Falta de Sincronismo.....	31
Política Comercial: política de descontos.....	31
Resultados do <i>survey</i> aplicado .....	31
Impacto da política de descontos temporários na cadeia de suprimentos.....	33
Análise do Ambiente de Pesquisa .....	34
Levantamento de dados: Concentração da demanda.....	34
O processo a ser simulado .....	35
Estudo Financeiro do Imapcto da Concentração de Demanda.....	40
Etapas para o Desenvolvimento do Modelo de Simulação .....	42
Metodologia Adotada .....	43
Componentes da Simulação .....	43
Programas de Simulação.....	45
Definição de restrições e limites do modelo .....	45
Medidas de desempenho.....	45
Cenários a serem simulados .....	46
Escolha do Programa de Simulação.....	46
Modelagem do sistema .....	47
Desenvolvimento do modelo .....	48
<b>RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
Resultados Obtidos com a Aplicação do Modelo .....	53
Validação do modelo conceitual.....	54
Utilização de capacidade: recursos e locais.....	54
O Custo Logístico do Pico de Demanda no Final do Mês .....	59

# SÚMARIO

Custo logístico com pico de demanda no fim do mês.....	59
Custo de transportes .....	60
Custo operacional da fábrica .....	60
O custo da cadeia empurrada com demanda igualmente distribuída no mês.....	62
Custos Operacionais e Planejamento de Produção: Oportunidades de Melhoria.....	64
Custos de Uma Cadeia Com Produção Puxada .....	66
Custo de uma operação puxada com concentração de demanda.....	67
Uma Cadeia Puxada Sem Concentração de Demanda .....	69
A Produtividade das Linhas de Produção .....	72
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE A: CUSTO DE ARMAZENAGEM PARA DEMANDA CONCENTRADA....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE B : CUSTO DE ARMAZENAGEM PARA A DEMANDA CONSTANTE....</b>	<b>85</b>
<b>APENDICE C: SURVEY APPLICADO .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE E: RESULTADOS DOS RELATÓRIOS DO MODELO DESENVOLVIDO ...</b>	<b>94</b>

## LISTA DE SIGLAS

SAP	Sistema, Aplicações e Programas.
ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ERP	Enterprise Resource Planning (Planejamento dos Recursos da Empresa)
IBM	International Business Machines
SWOT	Strengths, Weaknesses, opportunities and Threats. (Fortalezas, fraquezas, oportunidades e ameaças)
MMBRL	Milhões de Reais (R\$)
GPSS	Simulador de Sistema de Propósito Geral

## RESUMO

O presente trabalho apresenta, discute e avalia os impactos gerados pela concentração de demanda no segmento industrial de bens de consumo. São estudados os efeitos dos picos de demanda ao longo de toda a cadeia produtiva, os fatores que impulsionam os picos de demanda, políticas de descontos e as diferentes estratégias de planejamento de produção em função da variação de demanda. O trabalho promove o entendimento do fenômeno e a comparação de cenários do ponto de vista financeiro através de diferentes estratégias de planejamento logístico e dimensionamento da equipe operacional. A simulação será a ferramenta viabilizadora das análises comparativas, sugerindo implementações futuras, através dos resultados do programa ProModel® de simulação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento de produção; simulação; perfil de demanda; cadeia de suprimentos; efeito chicote, concentração de demanda.

## ABSTRACT

The following paper presents, discuss and evaluates the impacts generated by the demand concentration in specific periods in consumer goods factory. The study evaluates demand peak in end-to-end supply chain, the factors recognized as the causes of demand concentration and the ones that affect the event, discount policy practiced by sales department, as well as different production planning strategies varying with demand profile. This paper promotes the understanding of the phenomenon and comparison of different scenarios from economics point of view with the different strategies in logistic planning and operational resources dimensioning. The tool used to allow comparative analysis is the simulation, suggesting future implementations, with results provided by ProModel® simulation software.

**KEYWORDS:** Production planning; simulation; demand profile; supply chain; bullwhip effect; hockey stick effect.

# INTRODUÇÃO

Em um contexto cada vez mais competitivo, as indústrias lidam atualmente com demandas muito variáveis e clientes que exigem rápidas respostas às variações de suas necessidades, o que requer uma previsibilidade assertiva da demanda bem como alta flexibilidade dos sistemas de produção. Porém, a previsibilidade de demanda, ainda que seja estudada por especialistas de cada segmento, tem aplicabilidade limitada em face de variações de demanda altamente expressivas, principalmente em mercados com características de demanda concentrada em determinados períodos, sendo necessário um planejamento da produção eficiente em conjunto com um sistema de manufatura configurado para absorver estas variações, de modo a minimizar os impactos das flutuações de volume na cadeia.

A concentração da demanda em determinados períodos da comercialização gera um impacto ao longo de toda a cadeia logística e produtiva para muitas empresas, como é o caso das indústrias de bens de consumo, nas quais o fenômeno é observado de forma bastante significativa, muitas vezes associado a uma questão de perfil de demanda brasileiro. Quando se questiona como deve ser dimensionada e gerenciada a capacidade de uma indústria, os fatores que influenciam no perfil de demanda são de extrema importância para garantir o atendimento dos volumes e prazos esperados pelos clientes.

Quando em conjunto com restrições de capacidade, o efeito da concentração de demanda se torna ainda mais potencializado. Os impactos observados variam desde a não entrega da meta de serviços, gerando perdas diretas em vendas, e transferência da margem aos concorrentes, a impactos na estabilidade e custos de produção.

Este desequilíbrio na distribuição de demanda com picos no fim do mês não tem sido observado frequentemente em pesquisas acadêmicas. Foram encontrados em estudos anteriores, como a de Bradley e Arntzen (1999) e Marucheck e McClelland (1986), análises direcionadas a utilização de capacidade e variabilidade de demanda, e alguns outros estudos mais recentes focam em redução do inventário e previsibilidade de demanda como os estudos de Akçay (2004) e Cheng et al (2002); porém, o estudo simultâneo da variação de demanda e principalmente de perfis temporais de comercialização e impactos na configuração da produção, níveis de estoque e financeiros ainda não foi observado. Assim, este trabalho aborda o problema através da exploração da simulação em indústrias de bem de consumo, para segmentos em que a concentração de demanda apresenta-se de forma acentuada, avaliando impactos operacionais diretos e os custos relacionados aos mesmos.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: inicialmente, apresentam-se conceitos logísticos relacionados a estratégias de planejamento de produção e gerenciamento da capacidade; e ainda, na revisão bibliográfica são apresentados dados relevantes de outras pesquisas realizadas na área. Em seguida, é descrito especificamente o problema

abordado neste trabalho, sua relevância e, identificados os fatores que ocasionam o fenômeno, discorrendo sobre cada um deles. Para estudar os impactos desses fenômenos, comparam-se cenários com distintas estratégias de planejamento e capacidade, simulando-se as capacidades de produção e embarque logístico, permitindo a análise financeira de cada cenário. Ainda ao simular o modelo operacional, é aliado um programa de simulação a análise econômica para avaliar os diferentes cenários. Por fim, sugerem-se futuras melhorias e estudos, e são apresentadas as conclusões do tema.

Ao se abordar o tema do sincronismo da cadeia, entra em discussão o balanço das capacidades de cada elo da produção, armazenamento e embarque. Um dos fatores de alta influência em capacidades de embarque é a eficiência da operação de transportes, que já tem sido estudado na literatura no que diz respeito à qualidade da infraestrutura de embarque e modais a serem utilizados, e neste estudo esta operação será correlacionada com a variação temporal do perfil de demanda.

Ao estudar o modelo operacional, da manufatura até o armazenamento, versus o perfil de vendas, é possível avaliar os *trade off* serviço-custo, serviço-inventário, entendendo qual medida é impactada em cada estratégia adotada pela empresa para dimensionar a capacidade e atender a demanda: compara-se a produção contínua para acúmulo de estoque e produção em função das ordens de clientes. A análise econômica será o fator decisivo para interpretar os impactos apresentados nas ferramentas de simulação, oferecendo parâmetros de comparação das medidas em cada cenário.

A dissertação nasce de uma análise exploratória do cenário de uma multinacional de bens de consumo, porém, abrange uma situação presente no mercado brasileiro, uma vez que ainda que este fenômeno seja observado em outros países, Laban Neto (2004) indica que é mais frequente nesta região e suas rotas de distribuição logística.

O estudo é aliado à ferramenta de simulação que permitirá, após entender o problema, a análise de cenários comparativos do impacto do fenômeno nas indústrias e na cadeia logística. A simulação, de acordo com as definições de Houaiss (2009) é a imitação do funcionamento de um processo por meio de funcionamento de outro, ou um ensaio em que se empregam modelos para simular. Law e Kelton (2000) afirmam que a simulação implica na modelagem do sistema, reproduzindo as respostas que seriam emitidas pelo sistema real após uma sucessão de eventos durante um determinado período de tempo. Ainda, Harrel (2004) complementa com o principal benefício da simulação, que é demonstrar o comportamento do sistema quando submetido a mudanças. Assim, trazendo esta definição para o contexto do trabalho apresentado, os cenários da indústria de bem de consumo com as características acima mencionadas são refletidos em modelos de simulação implementados através do programa Promodel®, viabilizando a análise das variáveis que sofrem alteração a fim de apresentar os cenários com menos impacto causada pela concentração temporal de vendas.

## **1 | JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO**

O primeiro contato com o tema foi em uma indústria de bens de consumo, de atuação do autor, em que foi proposto um desafio de redução de custos muito relevante. A falta de sincronismo entre demanda e produção foi identificada como uma fatia muito grande das perdas mapeadas nesta indústria, com custos extremamente altos de armazenagem, contratações adicionais para atender o pico de vendas, e capacidades de utilização abaixo de 50%, motivando o estudo dos impactos da concentração de vendas.

O estudo dos impactos da concentração de demanda em segmentos de bens de consumo em geral é justificado, pois este tipo de falta de sincronismo entre planejamento e distribuição de demanda, gerando perdas financeiras, não é exclusivo de uma indústria específica. Ocorre em mercados de bens de consumo, mercado de capitais, automobilístico, dentre outros. Assim, o estudo abrange este impacto nas indústrias de bens de consumo, considerando suas similaridades e perfil de mercado.

Dessa forma, considerando que estudos anteriores estão focados apenas em encontrar o melhor modelo a ser aplicado em previsibilidade de demanda, como indicado por Nyaga et. al (2007), esta dissertação, ao avaliar fatores operacionais ligados a modelos de decisão que absorvem flutuações de demanda, se faz relevante para futuras melhorias em indústrias de bens de consumo que se deparam com fenômenos de picos de demanda em determinados períodos.

## **2 | DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DO ESTUDO**

Este estudo aborda a falta de sincronismo da cadeia logística e produtiva gerada por picos de distribuição de demanda, avaliando suas principais causas, e quantificando as perdas geradas pela concentração de vendas.

As perguntas a serem respondidas são:

- a) quais fatores potencializam os efeitos do sincronismo devido ao pico de demanda?
- b) quais modelos de gerenciamento de produção e de recursos sofrem menores impactos oriundos da concentração temporal de demanda? Quais trade offs são avaliados (inventário, serviço, produtividade)?
- c) qual o impacto financeiro gerado pelos picos de demanda?

Dessa forma, é possível estudar os principais fatores responsáveis pela falta de sincronismo da cadeia ao se deparar com um pico de demanda, e é também possível quantificar este impacto e entender outras influências operacionais não mensuráveis financeiramente. Apresentam-se fatores que abrangem desde a gestão da cadeia, a interface com a cadeia produtiva, gerenciamento de inventário, operações de transportes, e questões comerciais. Ao avaliar alternativas, são quantificados os impactos de cada

proposta de gerenciamento e riscos relacionados a estas mudanças, caso seja aplicável.

### 3 | ABRANGÊNCIA E LIMITAÇÕES

O trabalho baseia-se no entendimento do fenômeno de concentração de demanda observado em uma multinacional de grande porte produtora de bens de consumos, no mercado brasileiro, atingindo todas as regiões do país, explorando este evento e os impactos que podem gerar para qualquer outra indústria que receba um perfil de demanda similar.

A indústria a que pertencem os dados de entrada da pesquisa está situada no segmento de produtos de limpeza, mercado não associado a fatores climáticos, porém, que apresenta variações de demanda cuja oscilação é dependente do perfil do consumidor brasileiro somado às questões de precificação. Dessa forma, a análise dos impactos operacionais e econômicos apresentados poderia ser aplicada em outras indústrias produtoras de bens de consumo, nacionais ou multinacionais, que atuam no mercado brasileiro, e que não tenham dependência de consumo relacionada a estações do ano, por exemplo. Micro indústrias ou empresas de médio porte poderiam ser igualmente estudadas como reaplicação deste trabalho.

Os dados da demanda utilizados neste estudo são baseados em um histórico dos dados, que pode ser obtido dos controles de faturamentos de ordens de cada empresa. Esta análise estatística é mais facilmente realizada se a base de dados for capturada (via SAP, por exemplo) e exportada a uma planilha em Excel®.

Do ponto de vista da metodologia de simulação, o trabalho requer um levantamento de cronoanálise para efeitos realísticos dos resultados, sendo necessário uma observação em piso dos processos operacionais e seus respectivos tempos e eficiências.

O sistema simulado tem algumas limitações, pois além de não serem consideradas demandas sazonais, e sim variações de demanda com perfis similares mês a mês, o estudo limita-se a variações de demanda e gerenciamento de produção de produtos não perecíveis, não se aplicando, por exemplo, a indústrias de produtos alimentícios. É desconsiderado da pesquisa também o gerenciamento dos insumos de materiais iniciais, tanto de embalagens quanto matérias-primas. Tampouco são consideradas demandas de produtos voltados a mercados de exportação.

Do ponto de vista financeiro, são considerados os custos de operação, composto por pagamentos de recursos contratados para operar equipamentos, além de custos logísticos, porém, não são considerados custos de energia elétrica, água ou gás.

Por fim, um ponto relevante para a abrangência deste estudo é que apesar de poder ser aplicado em outras indústrias de bens de consumo com comportamento de demanda similar, para produtos em que a variação de demanda não apresentar picos de distribuição tão intensos quanto os aqui explorados, os resultados podem ser menos significativos, não

apresentando vantagens econômicas tão relevantes em virtude de uma demanda mais estável.

## 4 | METODOLOGIA

De acordo com Gil (1999), uma pesquisa é o procedimento racional e sistemático que objetiva encontrar respostas a problemas propostos, sendo necessária quando não existe informação já evidente para responder aos questionamentos do problema em questão. Assim, é realizada a pesquisa para viabilizar as respostas através da organização do conhecimento.

Gil (1999) também classifica a pesquisa segundo sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, conforme apresentado no quadro 1.

Com base na classificação apresentada no quadro 1, é possível nomear a pesquisa como aplicada, por objetivar a proposição de uma solução a um problema específico; quantitativa, sendo desenvolvida através de estudos estatísticos e quantificação do fenômeno de objeto de estudo; exploratória, buscando entendimento e explorando alternativas e influências do fenômeno; e experimental, gerando cenários, e estudando efeitos das variáveis, operacionalizada através da realização de simulação matemática. A metodologia foi definida após uma abordagem prática através da pesquisa inicial do problema, chegando-se à conclusão de que a modelagem refletiria de forma fiel o problema estudado, delineando-se a simulação como sua técnica aplicada neste trabalho. Além disso, surveys foram utilizados para auxiliar o afunilamento de causas relacionadas à questão apresentada.

Classificação	Tipos de Pesquisa	Descrição
Natureza	Básica	Tem como objetivo gerar conhecimento novo e útil para avanço da ciência em problemas específicos
	Aplicada	Tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos.
Abordagem	Quantitativa	Pesquisa aplicada através de estudos estatísticos voltados à quantificação do objeto de estudo
	Qualitativa	Pesquisa em que ocorre o processo de interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados, analisando os dados qualitativamente.
Objetivos	Exploratório	Objetivo de oferecer familiaridade com o objetivo do estudo, construindo hipóteses.
	Descriptivo	Objetivo de descrever as características de determinada população ou de um determinado fenômeno, estabelecendo relação entre as variáveis.
	Explicativo	Objetivo de identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno, aprofundando o conhecimento, explicando o “por que” das coisas.

<b>Procedimentos técnicos</b>	Bibliográfica	Elaborada a partir de material já publicado, constituído de livros, artigos de periódicos, artigos em fontes da Internet.
	Documental	Elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico.
	<b>Experimental</b>	Elaborada com base em um objeto de estudo determinado, selecionando variáveis capazes de influenciá-lo. Definem formas de controle e observa os efeitos que a variável produz no objeto.
	Levantamento	Envolve interrogação direta às pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.
	Estudo de caso	Envolve o estudo profundo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o conhecimento detalhado.
	Pesquisa Ação	Realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo em que pesquisador e participantes estão envolvidos de modo cooperativo e participativo.
	Pesquisa participante	Desenvolvida a partir da interação entre pesquisadores e membros da situação investigada.
	Expost-Facto	Quando o experimento se realiza após o acontecimento dos fatos.

Quadro 1 – Classificações de Pesquisa

Fonte: Gil, 1999w

A abordagem prática mencionada foi realizada através de objeto de estudo, ou seja, do entendimento detalhado do problema abordado em uma empresa com segmento de bens de consumo e com a característica de concentração temporal de vendas, estudando-se na prática os impactos vivenciados, e relacionando hipóteses de teste para causa-efeito das ocorrências.

Fatores que contribuíram para a pesquisa exploratória foram a facilidade da investigação do problema e uso do histórico da empresa e da bibliografia no fenômeno.

#### 4.1 Tipos de simulação: contínuos ou discretos, estáticos ou dinâmicos

Este trabalho possui uma complexidade adicional ao realizar a simulação do sistema, pois tratando da cadeia como um todo, desde a entrada de materiais iniciais até a chegada de produto no cliente, serão vistas operações que se apresentam de maneira constante, e outras que variam dependentes da ocorrência de um evento. Law e Kelton (2000) definem estes tipos de simulação como modelos contínuos e discretos respectivamente, sendo que o contínuo, com o avanço do tempo, procede continuamente em incrementos de tempo em valores iguais enquanto o discreto depende da ocorrência de eventos para o avanço da variável.

Neste trabalho, serão observadas variáveis e entradas relacionadas à capacidade de produção, de forma contínua, e variáveis relacionadas à capacidade de embarque e ocupação de armazéns que dependem da entrada de ordens, da chegada de caminhões dos clientes, da venda dos produtos, etc. Somente integrando os dois modelos é possível

prever completamente os impactos gerados ao sistema como um todo.

## **5 | ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho está estruturado da seguinte forma: o capítulo 1 discorre sobre a introdução ao tema e sua relevância no contexto das indústrias de bens de consumo, definindo as questões que o estudo objetiva responder e as limitações desta pesquisa, bem como apresentando a metodologia aplicada. No capítulo 2, é feita a revisão bibliográfica considerando os conceitos de gestão de cadeia logística, gerenciamento da capacidade de produção, políticas de descontos e concentração de demandas. Apresenta também o contexto da indústria utilizada como base da pesquisa, detalhando o processo a ser mapeado e simulado e apresentando os dados utilizados como entrada da simulação. O capítulo 3 apresenta as etapas do desenvolvimento do modelo da simulação e construção do modelo no programa ProModel®. No capítulo 4 são apresentados os resultados e a análise dos mesmos e, por fim, as conclusões do estudo e sugestões de estudos futuros.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, são apresentados conceitos básicos dos temas protagonistas do estudo, nas duas principais linhas de pesquisa da dissertação: questões comerciais e gerenciamento da cadeia de suprimentos, discorrendo sobre sistemas logísticos, gerenciamento da cadeia logística e o fenômeno da concentração temporal de vendas.

## 1 | SISTEMAS LOGÍSTICOS

Um sistema logístico opera na interface da produção e de marketing, planejando a cadeia produtiva de acordo com as demandas do mercado. Assim, para a construção de um planejamento logístico, os seguintes processos são requeridos:

- a) critérios de níveis de serviço, entrega das ordens e falta de produto no cliente;
- b) fluxos de informação (para que a cadeia opere pela necessidade do mercado);
- c) gerenciamento de capacidade da produção;
- d) gerenciamento de empresas de serviços logísticos e operações de transportes (frotas, coordenação da distribuição, etc.);
- e) gerenciamento de estoques;
- f) teorias de planejamento da demanda e modelos de previsão de logística.

A figura 1 demonstra os limites do sistema logístico e as áreas correlacionadas, indicando que um sistema logístico pode ser definido como a parte do processo da cadeia de suprimentos que realiza planejamento, implementação e controle de fluxo eficiente de matérias primas, estoques de produtos e do fluxo de informação para atender os propósitos do cliente. (LAMBERT, COOPER, 2000)



Figura 1 - Correlação entre marketing, manufatura e transportes no sistema logístico.

Fonte: Autor.

## **2 | CARACTERÍSTICAS DE TRANSPORTES**

Dentre os fatores logísticos, há dois que se sobressaem pela representatividade dos custos: estoques e transportes. No setor de transportes, há características além do modal escolhido, que impactam não apenas em custo, mas em resultados de serviço. Há ainda as dificuldades pelas quais passa o transporte rodoviário no Brasil, refletindo-se nos atrasos e falta de sincronização da cadeia.

Dos transportes, o transporte rodoviário no Brasil é o que apresenta maior custo logístico e também o principal elo entre as extremidades da cadeia. Por esse motivo, sua eficácia deve ser buscada constantemente. Na modalidade rodoviária, são utilizadas veículos de uma vasta gama (baús, siders, transporte de carga seca, isotanques), porém, este não é o fator crucial na escolha do transporte.

Na conjectura de mercado encontrada no século XXI, com cenário de alta competitividade entre as empresas, as especificações de transporte e preço deixam de ser os fatores decisivos na escolha pela contratação do prestador de transportes, perdendo lugar para a chamada capacidade diferencial, que envolve agilidade, rapidez área de cobertura, históricos de sinistros. Assim, se torna necessário aumentar a eficiência do transporte para reduzir o custo do mesmo.

Dessa forma, parte da eficácia do sistema de transportes pode ser influenciada pelas operações logísticas da unidade de distribuição, no que diz respeito a tempos de embarque e sistema de informações. Assim, unindo-se estas operações a um sistema de planejamento da rede logística, é possível chegar a um transporte prestado com agilidade, qualidade e menor custo, auxiliando o sincronismo da cadeia. Esta necessidade se traduz na afirmação abaixo:

"Mesmo com o avanço de tecnologias que permitem a troca de informações em tempo real, o transporte continua sendo fundamental para que seja atingido o objetivo logístico, que é o produto certo, na quantidade certa, na hora certa, no lugar certo, ao menor custo possível" (NAZÁRIO, 2000)

## **3 | CADEIA DE SUPRIMENTOS**

A cadeia de suprimentos é o conjunto das organizações ou processos envolvidos no fluxo dos produtos da origem até o consumidor final. Exemplos dessas organizações ou entidades que compõe a cadeia de suprimentos são: fornecedores de matérias primas, plantas produtivas, centros de distribuições, transportes, inventário, comerciantes. (BALLOU, 2006)

O objetivo de uma empresa é agregar valor a cada etapa da cadeia de suprimentos e transportar os produtos para a distribuição correta, garantindo que seja entregue no tempo correto, quantidade correto e a um preço competitivo. Considera-se a unidade de transformação (plantas) e centros de distribuição (armazenagem e embarques de produtos).

Cada etapa da cadeia é representada por uma empresa, e de acordo com Hertz (2006), essa relação deveria ser de exclusividade. Porém, o autor afirma que por vezes as empresas compartilham recursos com outras empresas, dificultando a limitação das cadeias de suprimentos. Assim, surge o conceito de redes de suprimentos, que agrupa parcerias estratégicas para uma tomada de decisão conjunta que permite sincronização da cadeia com a necessidade do consumidor. (TAYLOR; TERHUNE; 2000).

A cadeia é representada através de uma rede que conecta desde os fornecedores até os clientes, com o fluxo do produto, como demonstrado na figura 2. Ao se falar de redes de suprimentos, já se remete à importância da sincronização da cadeia, pois com negócios interconectados para fornecedores e clientes é possível criar uma rede de informações que beneficiam relações entre eles em termos de processos, vendas e compras. Neste estudo, ao se avaliar diversos cenários para a cadeia logística, serão avaliados custos ligados à cadeia de valor definida por Porter (1998), que compõe a diferença entre o valor pago pelo consumidor final e os custos totais incorridos pelos elos da cadeia. O propósito é sempre permitir um aumento do valor agregado na cadeia, o que será buscado através da redução de impactos nos cenários estudados.

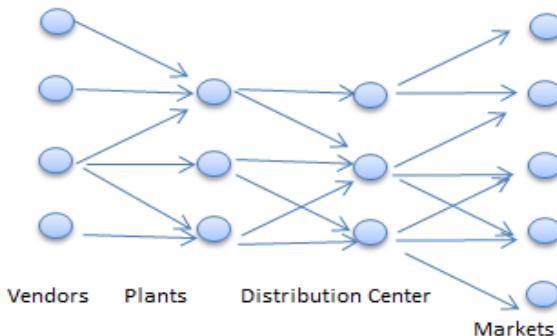


Figura 2 - Rede de suprimentos

Fonte: Autor, adaptado de Shapiro, 2001.

### 3.1 Gestão de Capacidade da Cadeia: Impactos do perfil de demanda

A gestão das operações logísticas é fundamental para garantir bons resultados de demanda, devendo chegar ao melhor cenário em termos de baixo custo e alto nível de serviço. Desde a década de 60, já se sabia que as decisões tomadas no escopo dos suprimentos têm impactos sobre toda a cadeia, apesar de na época, não existirem sistemas de planejamento como ERP, mais tarde desenvolvidas. (FORRESTER, 1961).

A indicação de Forrester (1961) é de alguma forma, mantida em estudos de 2001, como é exemplificado por Rozenfeld (2006), que indica que a visão das metas de uma

empresa como um todo e o gerenciamento de suas operações com claro entendimento das limitações da cadeia para a entrega das metas do negócio permitem a correta tomada de decisão para uma empresa e seus resultados financeiros.

As decisões no planejamento de demanda e de toda a cadeia, ou seja, a maneira como a capacidade de uma operação é gerenciada influencia tanto a desempenho desta operação quanto o serviço para o cliente. Marucheck e McClelland (1992) foram os primeiros a indicar que utilização de capacidade é útil para avaliar os objetivos de uma companhia, uma vez que esta variável influencia o custo total.

A utilização da capacidade é desafiadora, pois a demanda é bastante imprevisível, e as empresas podem optar por uma estratégia de produção para estocar (Produção empurrada) ou por uma estratégia mais voltada a um rígido controle de inventário, optando por “produção de acordo com as ordens” (Produção puxada), e os impasses começam a ser observados em excesso de capacidade ou gargalos ao longo da cadeia, dependendo da estratégia adotada.

O perfil da demanda é o que direciona o planejamento da produção e gerenciamento do inventário, impactando diretamente na capacidade de uma empresa em atender às ordens de seus clientes, mostrando que a estratégia adotada para o planejamento é crítica para garantir a entrega do serviço. A grande questão é que em mercados e categorias com alta incerteza da demanda, ou seja, com altas flutuações de ordens, picos de demanda expressivos, começam a se tornar notáveis erros de previsão de demanda e consequentemente, há impactos no serviço, requerendo baixo tempo de respostas da manufatura em questão, e, portanto uma cadeia bastante flexível e sincronizada. Bish, Muriel e Biller (2005) demonstram que a necessidade de maior flexibilidade nas cadeias vem aumentando conforme a variação da demanda cresce.

### **3.2 Efeito Chicote**

Um dos efeitos que reflete o planejamento da demanda e da cadeia de suprimentos é o chamado “efeito chicote” (Bullwhip effect), em que uma pequena variação de demanda provoca flutuações no gerenciamento de estoque, planejamento da produção, impactos nas operações de transportes, entre outros. De acordo com Coelho, Follmann e Rodriguez (2009), o Efeito Chicote (também chamado de Efeito Forrester) é a variação ou a impossibilidade de alinhamento da demanda à oferta, podendo ainda estar ligado a uma expectativa de demanda que não se materializa, e que neste estágio, já gerou impactos a todos os elos da cadeia, influenciando o nível de estoque de produto acabado e inicial, necessidade de pedidos de insumos com urgência e a produtividade da cadeia.

As causas mais indicadas para o efeito chicote, de acordo com Lee, Padmanabhan e Whang (1997) são:

- a) características dos pedidos (lotes, fracionados, acúmulos de pedidos, etc.);

- b) flutuação de preços;
- c) imprecisão na previsibilidade de demanda;
- d) problemas pontuais (como racionamentos de matérias primas).

Considerando os impactos que podem ser gerados por pequenas variações como a mencionada por Lee, Padmanabhan e Whang (1997), é preciso gerir de maneira eficiente a cadeia de suprimentos desde o planejamento e controle de todas as atividades de fornecimento, transformação, até a gestão de serviços terceirizados e clientes. Assim, a gestão da cadeia de suprimentos integra o gerenciamento do fornecimento e da demanda entre as entidades envolvidas. (GIBSON; MENTZER; COOK; 2005).

A necessidade de uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos é observada através delinhas de pesquisa frequentes no grupo do “Supply chain Council”, que evidenciam os estudos ligados a modelos de estoques e planejamento de produção. Para estes casos, a simulação é uma das ferramentas mais utilizadas para avaliar os cenários e os impactos das variações na cadeia.

### **3.3 Desafios na gestão da cadeia de suprimentos**

O contexto econômico a partir de 2000 oferece complexidades diferentes do que era observado nas décadas anteriores, principalmente no mercado de bens de consumo. Há um “quê” de incerteza que impacta toda a cadeia de suprimentos, ligada ao progresso social e econômico.

Um estudo realizado pelo instituto IBM (IBM for business Value, 2010) avaliou os principais desafios para a gestão das cadeias de suprimento no atual contexto econômico e social, com um alto número de mercados em expansão. A pesquisa, realizada através de um survey com 664 executivos de 29 países diferentes tem seus resultados traduzidos na figura 3.

O gráfico da figura 3 mostra que os fatores de mais difícil gestão nas cadeias de suprimento são a flutuação de demanda e a pressão por custos mais eficientes, destacando os três fatores críticos na gestão da cadeia: volatilidade, pelas variações da demanda no mercado; visibilidade da demanda para rápida resposta e tomada de decisão; e valor, pela pressão constante para redução de custos logísticos e despesas operacionais.

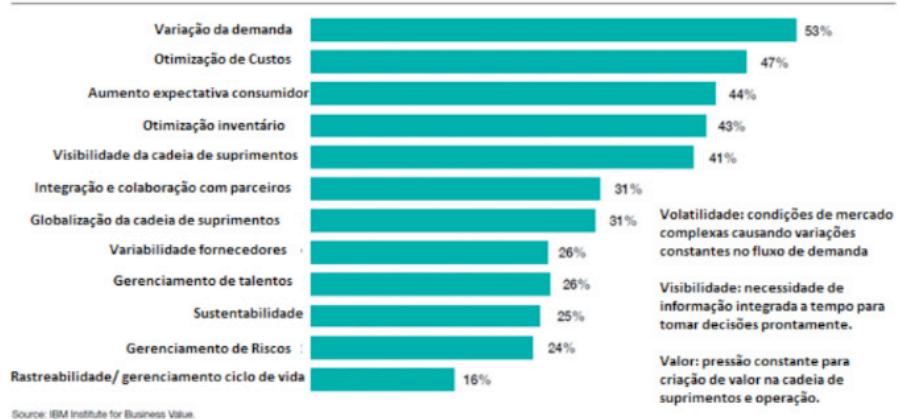


Figura 3 - Principais desafios na gestão das cadeias de suprimentos

Fonte: Autor, adaptado de IBM for business Value, 2010.

A pesquisa aponta que além da variação da demanda, os clientes se tornam cada vez mais exigentes para produtos e serviços com alta qualidade e baixo custo. Para as indústrias de bens de consumo, essas exigências aliadas a uma demanda flutuante são refletidas em custos adicionais para desenhar uma cadeia que suporte 100% dos requerimentos de clientes e responda rapidamente às variações de demanda sem deixar de cumprir com estes requisitos.

Para driblar as dificuldades no gerenciamento da cadeia, as indústrias de bens de consumo mais afetadas estão construindo novas regras a fim de reduzir os impactos da imprevisibilidade de demanda em sua estrutura de custos e níveis de serviço. Basicamente, o planejamento deve migrar seu foco das linhas de produção e desempenho dos fornecedores para o gerenciamento da demanda. A figura 4 resume como este efeito pode amenizar os impactos ao longo de toda a cadeia.

Como é mostrado na figura 4, movendo o foco para o cliente, ou seja, para aquilo que o cliente precisa, se trabalha em uma melhor previsão da demanda, reagindo rapidamente às variações de volume, sem gerar impacto em seu nível de serviço. Ao mesmo tempo, passa-se a construir uma estrutura de custos produtivos mais otimizada ajustada ao perfil de demanda, entregando economias à empresa. Chegando ao próximo nível, esta empresa passa a providenciar uma visibilidade colaborativa: isso significa utilizar a visibilidade para beneficiar também seus fornecedores, reduzindo impactos ao longo de toda a cadeia.



Figura 4 - Estratégias para driblar a imprevisibilidade de demanda

Fonte: Autor.

O que diferencia as empresas de bens de consumo, de acordo com o estudo realizado pela IBM em 2010, é o quanto estão focadas em seus clientes para atender às surpresas do mercado. O IBM apresenta três classificações das empresas, dependendo das habilidades desenvolvidas para responder rapidamente ao mercado:

A) operadora: A empresa que ainda não foca na integração do fluxo do produto, ou seja, em seu sincronismo com os elos da cadeia é considerada ainda como “operadora”, ou seja, apenas executa as mudanças que lhe são pedidas. Este é o caso de um planejamento mais rudimentar, com altos custos fixos, observado em cerca de 30% das empresas;

B) planejadoras: As empresas que começam a dar foco no planejamento para a demanda, porém, com poucas habilidades de previsão da mesma, e com parcerias apenas com fornecedores chave, é considerada “planejadora”, e já se posiciona como mais estratégica que as operadoras, já tendo algum retorno financeiro. Este é o caso da maioria das indústrias de bens de consumo no mundo, segundo o estudo, representando 62% das empresas pesquisadas pelo instituto;

C) visionárias: As empresas que migram seu foco completamente para uma melhor previsibilidade e acuracidade de demanda, e um sincronismo de sua cadeia subordinada às variações das ordens, passa a um estágio denominado “visionária”, com altos retornos financeiros, devido a um bom resultado de vendas proveniente de rápida reação à variação de demanda, com baixos custos, em uma cadeia otimizada, com inventários otimizados e boa colaboração com seus parceiros.

Como mostra a figura 5, os visionários representam as empresas com maior retorno financeiro dentro desta classificação sugerida pela IBM (IBM for Business Value, 2010), porém, são apenas os 8% restantes das indústrias no mundo todo. O trabalho em questão tem como base de estudo empresas que não estão no grupo dos visionários, e por isso apresentam problemas de sincronismo, e são avaliados os cenários e os benefícios de se chegar a um cenário com planejamento integrado com a cadeia.

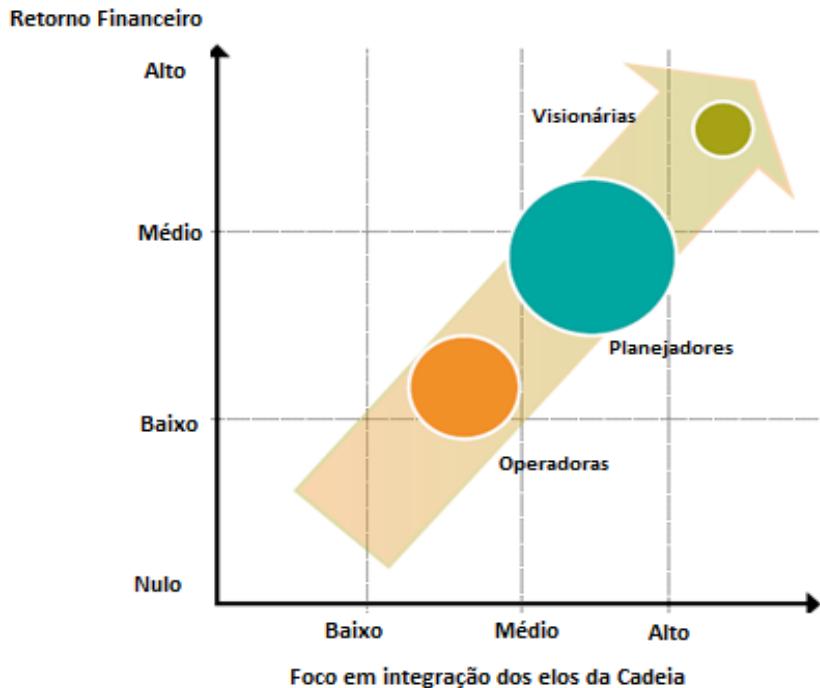


Figura 5 - Classificação das empresas por suas habilidades de reação ao mercado.

Fonte: Autor, adaptado de IBM for Business Value, 2010.

#### 4 I CONCENTRAÇÃO DE DEMANDA NO FIM DO PERÍODO DE VENDAS (HOCKEY STICK EFFECT)

O chamado hockey stick effect representa o fato da variação de demanda concentrada no fim do período de vendas; no caso do mercado brasileiro, esta concentração apresenta-se ao fim de cada mês para o mercado de bens de consumo.

O efeito ocorre porque com a pressão das ordens de vendas e metas a cada período, as empresas enfrentam possibilidades de descontos para “empurrar a demanda” aos clientes, podendo providenciar ordens de vendas prematuras. (LEE; PADMANABHAN; WHANG; 1997). Se as ordens fossem realizadas de maneira distribuídas a cada semana, o efeito de hockey stick ou pico e fim de mês seria mínimo, o que demonstraria um cenário ideal, que não ocorre. O que ocorre frequentemente é que as ordens se sobreponem no fim de cada mês, que é quando o efeito chicote chega a seu máximo, caracterizando o “pico de fim de mês”.

As influências do pico de demanda no final do mês geram impactos para toda a cadeia, por aumentar níveis de inventário, exigir maior capacidade produtiva neste período, maior capacidade de operações logísticas de transportes, entre outros.

A pesquisa de Bradley e Arntzen (1999) demonstra o efeito da concentração de vendas a cada trimestre. Ao observar o gráfico da figura 6, é possível observar os picos

nas últimas semanas de cada mês. Cada mês dentro do trimestre tem sua última barra significativamente, mostrando que a última semana concentra as ordens que chegam dos clientes.

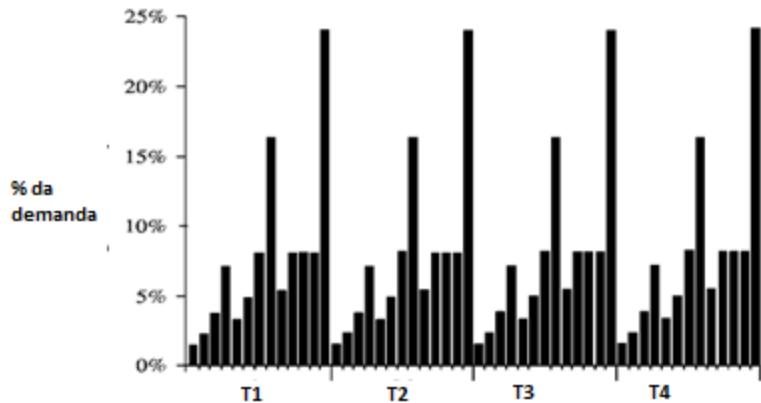


Figura 6 – Perfil da concentração de vendas temporal.

Fonte: Autor, adaptado de Operations Research, 1999.

O estudo realizado em uma indústria de bens de consumo demonstra que para este setor, o pico de demanda por mês é observado de maneira muito acentuada. As ordens são inseridas por seus clientes, de acordo com a negociação comercial, em uma distribuição conforme mostram os gráficos das figuras 6 e 7, em que a última semana de cada mês historicamente representa aproximadamente 40-43% das vendas totais mensais. Também é demonstrado na figura 8 que independente da versão ou tamanho produzido, as ordens concentram-se, proporcionalmente ao volume, na última semana do mês.

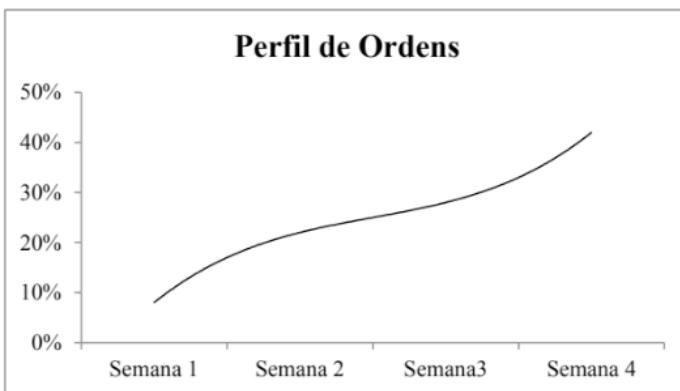


Figura 7 - Perfil de entrada de ordens em indústrias de bens de consumo

Fonte: Autor.

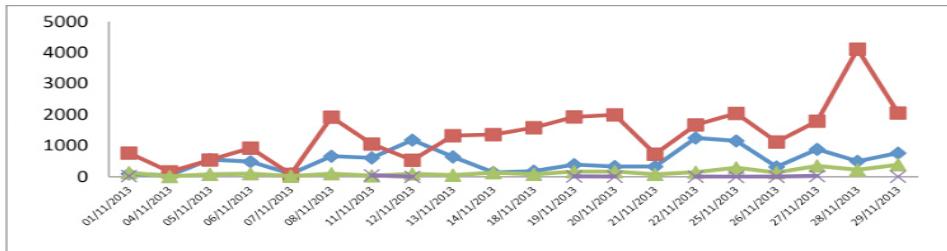


Figura 8 - Exemplo da entrada de ordens de três versões produzidas indústria estudada.

Fonte: Autor.

## 5 I SINCRONIZAÇÃO: ENCADEAMENTO ENTRE EMPRESAS E UNIDADES OPERACIONAIS

A gestão eficiente da cadeia de suprimentos permite a sincronização entre o planejamento logístico e a cadeia produtiva, porém conforme apresentado acima, fatores de demanda influenciam fortemente na cadeia como um efeito dominó. Conforme afirmam Fugate, Sahin e Mentzer (2006), a orientação necessária para a cadeia de suprimentos deve oferecer uma visão sistêmica dos esforços para sincronizar as competências internas e externas da empresa para gerenciar os fluxos econômicos, sistêmicos e físicos da cadeia.

Sendo o foco a melhora econômica, a fim de se gerar maior valor para o cliente, muitas empresas optam pelo mecanismo de coordenação entre empresa-cliente por precificação, ou seja, usam a política de descontos em determinados períodos. Este mecanismo, de acordo com Cachon e Lariviere (2001) por gerar descontos por volume incremental ou quantidade, acaba por favorecer o mercado atacado, e desfavorecem o varejista. Além disso, gera perturbações ao longo de toda a cadeia, como as apresentadas acima por concentração de demanda.

Malone e Crownston (2003) apresentam outro tipo de mecanismo de coordenação que se refere não à precificação ou flexibilidade de volume, mas a dependência entre os elos da cadeia, o que permite um real sincronismo entre vendas, gerenciamento de inventário, respostas clientes e previsão de demanda. Isso significa que além de se ajustar ao volume necessário pelo cliente para chegar às metas de vendas e oferecer melhores condições de preço, o que faz com que as empresas enfrentem problemas de falta de sincronismo afetada pela precificação, é preciso avaliar mecanismos de coordenação focados em gerenciamento de inventários, disposição geográfica dos clientes, capacidades e restrições da cadeia de transportes e limitações de infraestrutura.

Assim, é preciso oferecer visibilidade às empresas terceirizadas que finalizam as operações logísticas da demanda e necessidade de recursos adicionais durante o pico de final de mês. Da mesma forma, é crítico oferecer a mesma visibilidade da variação da demanda aos fornecedores para que não exista impacto nos suprimentos de materiais

iniciais que permitem a entrega das caixas até o cliente.

## 5.1 Indicadores de desempenho entre elos da cadeia

Segundo Arnold e Chapman (2003), há quatro principais medidas como objetivos de uma cadeia de suprimentos:

- A) Custos de distribuição logística;
- B) Custos de produção;
- C) Nível de inventário
- D) Nível de serviço para clientes
- E) Utilização de capacidade

Em se considerando o sincronismo entre as cadeias logística (que faz a interface entre as ordens dos clientes e a produção) e a cadeia produtiva, conclui-se que os indicadores de desempenho entre elas estão divididas em três áreas de enfoque: vendas (marketing), eficiência operacional (produção) e custos logísticos e de inventário (distribuição logística/armazenagem).

A Figura 9 indica que uma cadeia relaciona as variáveis de produção, distribuição e serviço. Assim, a cadeia, quando sincronizada desde o planejamento das vendas, ou seja, que possui uma boa previsão de demanda, entrega menos impacto em serviços e em variáveis operacionais e mantém estabilidade nos níveis de estoques.



Figura 9 - Dimensões dos indicadores de sincronismo da cadeia produtiva

Fonte: Autor.

Na prática, muitas empresas enfrentam dificuldades diárias para prever a demanda, e em segmentos com variação sazonal ou temporal, adiciona-se a complexidade de picos de fim de mês, o que impacta em perdas ao longo de toda a cadeia. Dessa forma, o valor do sincronismo entre as áreas da cadeia é o ganho entre cadeias sincronizadas e cadeias desintegradas, entregando resultados em:

Marketing (Serviço)	Finanças (Lucro)	Inventário e custos de distribuição logística
Aumento de vendas através do atendimento da demanda Maior vantagem competitiva Menor tempo de resposta Melhoria flexibilidade e satisfação do cliente	Maior receita Menor descontos Menor custo operativo	Maior giro de estoque Menores custos armazenagem Menor inventário Programa de produção mais ajustado

Quadro 2 - Ganhos no sincronismo entre cadeias.

Fonte: Autor.

Segundo Sahin e Robinson (2002), as economias podem chegar a 35% do custo total do sistema se houver, além da troca de informação, a coordenação de decisões como uma cadeia integrada.

## 6 I A PRODUTIVIDADE NO ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO

A redução de custos, cada vez mais necessária nas indústrias, é comumente associada à redução de quadro de funcionários, o que resulta em menor custo, e maior produtividade, métrica importante a todas as indústrias. A indústria que tem como saída um maior número de unidades produzidas por pessoa contratada é a que possui melhor resultado de produtividade.

O principal desafio das indústrias com variação de demanda é um dimensionamento do quadro de funcionários que absorva as variações sazonais ou temporais de demanda, sem deixar de oferecer a capacidade produtiva necessária para não impactar as metas de serviço, ou seja, não deixando faltar o produto ao cliente. Porém, quando ocorrem quedas de volume, ou quando o quadro está dimensionado para absorver aumentos de demanda baseados no pico de produção, há períodos em que a ociosidade é muito grande, e daí a importância de medir não apenas produtividade, mas também, a utilização de capacidade contratada ou dimensionada.

Este parâmetro é avaliado em conjunto com os outros indicadores apresentados no item 2.5.2 com o foco em redução de custos variáveis para a indústria.

Outro ponto de atenção relacionado às metas de produtividade são os impactos organizacionais que a flutuação de demanda pode gerar quando o quadro de funcionários sofre reduções diretamente relacionadas à mesma. Assim, um estudo detalhado de fluxo entre diversas áreas pode e deve ocorrer com a liderança do time de recursos humanos a fim de se evitar um impacto negativo no clima organizacional.

### 6.1 A estratégia de produção aplicada e os impactos na produtividade de uma indústria

A escolha da estratégia de produção depende, segundo Arnold e Chapman (2003) da previsão de vendas, dos objetivos definidos para os indicadores apresentados no

item anterior e da capacidade produtiva instalada. Assim, entende-se que a estratégia de produção é o que define de que maneira o quadro de funcionários para produção será dimensionado ou contratado para atender a demanda. Um ponto importante a ser destacado é a necessidade de se avaliar a capacidade de distribuição, transportes e operações logísticas além das linhas de produção.

Slack (2002) define quatro estratégias possíveis de produção, resumidas no quadro 3:

Estratégia	Objetivo	Flexibilidade	Estoques	Nível de serviço	Custos operativos
Producir de acordo com a demanda – Produção puxada	Atender exatamente ao que a demanda necessita.	Muito alta	Estáveis	Alto	Alto, pois precisa absorver picos de demanda.
Produção empurrada: produzir com acúmulo de inventário	Manter a capacidade de produção fixa independente da demanda	Alta	Instáveis - Vulneráveis à variação de demanda.	Médio – facilmente em risco com picos de demanda.	Baixos, pois não tem capacidade instalada para absorver picos.
Produção terceirizada	Produção com capacidade fixa igual à demanda mínima. Demanda adicional é atendida em terceiros.	Alta	Estáveis	Alto	Baixo, pois reduz ociosidade da capacidade instalada. Custo contratado pode ser alto.
Produção híbrida	Atender a demanda com produção constante por períodos: em determinado período, produz acumulando inventário; em outro produz de acordo com as ordens.	Alta	Estáveis	Alto	Baixo, operando em máxima utilização de capacidade em cada período.

Quadro 3 - Características das diferentes estratégias de produção definidas por Slack.

Fonte: Autor, adaptado de Slack , 2002.

Comparando-se as estratégias apresentadas no quadro três, nota-se que para atender a estratégia de produção por demanda, é preciso ter uma capacidade instalada maior e operação flexível para absorver a variação de demanda, porém, não se exige uma acuracidade grande da previsão de demanda. Já na segunda estratégia, a previsão

de demanda pouco precisa gera um risco para o serviço ao cliente. A terceira estratégia apresenta-se como vantajosa na leitura dos indicativos, mas é importante atentar ao custo da operação contratada, que normalmente representa uma despesa maior que o custo operativo em planta, pois acarreta custos de transporte e compras.

Assim, a estratégia híbrida, que combina todas as outras, quando bem executada oferece mais vantagens para a cadeia logística, pois permite estoques estáveis, capacidade instalada com utilização máxima, planejada por períodos, variando com a previsão de demanda. E para ter uma estratégia híbrida eficiente, é preciso sincronizar cada elo da cadeia, movendo recursos de uma empresa terceira ou de uma área operacional com maior ociosidade para as unidades produtivas que exigem maior número de recursos no pico de demanda.

A escolha entre ter capacidade ociosa durante alguns períodos para atender à demanda ou reduzir os custos operacionais e ter uma perda em serviço não é simples e é, em geral, uma das principais perdas na gestão da cadeia de suprimentos. A Figura 10 representa o *trade off* serviço versus custos por ociosidade. Em alguns momentos, pode ser benéfico ter capacidade ociosa e não ter a perda em vendas; em outros, é preciso escolher em qual elo da cadeia será necessário desenhar uma operação para absorver variações de demanda e esta análise deve se basear na identificação do gargalo da cadeia. A simulação auxilia nesta identificação, e definição de estratégia de produção.

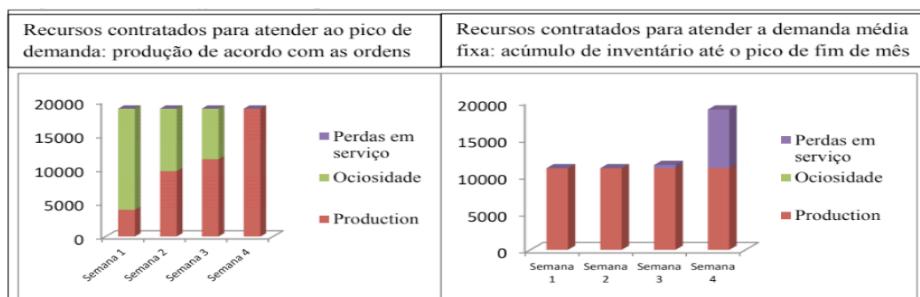


Figura 10 - *Trade off*: serviço - produtividade e inventário-custos

Fonte: Autor .

## 6.2 Gerenciamento de Capacidade

Slack (1999) define capacidade como a quantidade de produtos entregues em um tempo definido. A maneira de gerir esta capacidade é o que mede a falta de sincronismo entre a demanda da operação e a capacidade de atendê-la, o que depende das limitações de cada uma das etapas que compõem a operação. O intuito do foco em gerenciamento de capacidade é permitir balancear serviço e custos, com capacidade suficiente para atender os clientes e sem custos devido à capacidade ociosa.

Slack, Johnston e Chambers (2009) apresentam importantes pontos do gerenciamento de capacidade:

- A) capacidades iguais ou superiores à demanda asseguram que a demanda é atendida, afetando as receitas;
- B) equilíbrio entre capacidade e demanda afetam os custos da cadeia;
- C) flutuação de capacidade, com funcionários temporários, sem treinamento pode afetar a qualidade dos bens produzidos;
- D) um estoque maior de produto acabado afeta capital de giro, e a organização financia o estoque até que seja vendido;
- E) um estoque maior pode auxiliar na velocidade de resposta à demanda do cliente.

Assim, quando não é mantido o equilíbrio entre capacidade e demanda, podem ser gerados custos adicionais, perda de receita, financiamento do capital de giro, perda de qualidade, perda de velocidade, flexibilidade e consequentemente de confiabilidade. O maior descompasso entre demanda e capacidade é visto em gerenciamento de curto prazo. A capacidade em tempos de pico não é sustentável durante longos períodos.

A estratégia de produção escolhida versus a demanda é a maneira escolhida para lidar com as variações de demanda, conforme apresentado no item 3.5.4.

## 7 | SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMO FERRAMENTAS DE ESTUDO

### 7.1 Modelagem

De acordo com Harrison (2007), um modelo representa o relacionamento de variáveis que mudam ao longo do tempo em um processo, podendo ser projetado ou construído para descrever o comportamento das variáveis com embasamento matemático, físico ou esquemático. Assim, a modelagem é utilizada para prever o comportamento e inter-relação entre as variáveis e demonstrar como os processos interagem, de modo que seja possível explicar a relação de hipóteses de causa e testar alternativas.

De acordo com Sterman (2000) e Harrison (2007) as vantagens e desvantagens do uso da modelagem podem ser resumidas no quadro quatro.

Vantagens	Limitações
Simula testes práticos de situações complexas	Resultados de simulações podem ser afetados por bugs do sistema
Correlaciona eventos como causas do fenômeno	Resultados não podem ser generalizados 100% como exatos, pois são parâmetros de processo considerados.
Permite testar influências que não poderiam ser testadas empíricamente (ou por falta de estrutura instalada, ou pela velocidade de processo).	Linguagem de tradução do sistema podem influenciar os resultados
É de fácil linguagem e entendimento.	
Permite testar inovações sem riscos Às empresas e iniciativas, facilitando a disseminação de novas ideias.	

Quadro 4 - Vantagens e limitações do uso de modelagem.

Fonte: Autor, adaptado de Sterman (2000) e Harrison (2007)

Massote (2006) também discorre sobre as vantagens e limitações da simulação, criando condições em que a simulação deve ser utilizada:

- a) a obtenção de resultados através de um modelo de simulação é mais fácil do que através de um método analítico;
- b) é necessária uma observação da evolução do processo desde o início até resultados finais;
- c) quando não há formulação matemática completa e clara para o problema;
- d) quando não há método analítico para a resolução matemática;
- e) quando se busca estudar longos períodos de tempo.

Dentre os tipos de modelagens, pode ser aplicada a modelagem matemática, e computacional, sendo que a primeira oferece mais riscos em termos de influência do autor, pelo conhecimento de causalidades e consideração de que a modelagem é linear. Modelos matemáticos resolvidos por ferramentas computacionais oferecem menos riscos, por buscar relações entre vários elementos do sistema, através de simulações. Assim, para modelos de alta variabilidade e alta complexidade, a simulação é uma modelagem computacional indicada.

## 7.2 Simulação

Harrell e Tumay (1997) definem a simulação como um processo de experimentação detalhado através de um sistema real, capaz de prever a reação do sistema a alterações em suas variáveis ou do sistema, ou seja, é o modelo matemático que representa um sistema ou processo. O sistema, segundo Massote (2006) é a combinação de elementos que interage entre si para chegar a um objetivo específico.

Shannon (1998) ainda define simulação como o processo de desenvolvimento de um modelo que reflete um sistema real adicionado da experimentação dentro deste sistema, como objetivo de entender o comportamento do sistema e evoluções das estratégias de

operação de um sistema. Harrell e Tumay (1997) complementam a definição adicionando que o modelo é representado pelas relações de causas e efeitos que os impactam.

Yang, Ruben e Webster (2003) indicam que a simulação tem sido altamente aplicada em pesquisas de logística e operações, sendo uma técnica muito útil em sistemas e problemas de difícil resolução ou experimentos complexos demais para uma resolução analítica. Bertrand e Fransoo (2002) indicam como principal benefício da simulação sua capacidade de retratar fielmente problemas de alta complexidade e variabilidade, com número limitado de alternativas, permitindo testar inclusive soluções inovadoras. Assim, ambas as literaturas concluem que a aplicação de um modelo de simulação permite acomodar melhor as interações dinâmicas e as restrições consideradas.

O estudo apresentado neste trabalho aborda um fenômeno de alta complexidade e com um número limitado de alternativas a serem avaliadas em termos de ganhos para o negócio, variando-se capacidade de produção, dimensionamento da operação e embarques, variações de preço e política comercial. Assim, a técnica de simulação foi escolhida para demonstrar essas análises.

Em literaturas anteriores, foi identificada a aplicação de simulação para avaliar desempenho, normalmente definida como habilidade de entregar as ordens do cliente, ou seja, entregar bons níveis de serviço, como nos estudos de Chow, Heaver e Henrisksson (1994), modelando a probabilidade de entrega das ordens do cliente dentro de uma janela específica. No estudo apresentado, desempenho também será avaliada, como uma variável relacionada a atender as ordens do cliente no período acordado, porém, além disso, será medido o nível de inventário em planta.

### **7.3 Contexto histórico da simulação**

De acordo com Law e Kelton (2000), a simulação se inicia e avança com a evolução dos computadores, utilizando linguagens como FORTRAN® (a primeira e mais utilizada para modelos de simulação com sub-rotinas matemáticas e estatísticas e difícil linguagem computacional), BASIC®, Pascal®, Linguagem C.

Com a entrada da IBM no mercado em 1961, crescem as linguagens de simulação, facilitando a terminologia utilizada, com parâmetros que se aproximam ao que é aplicado atualmente em programas como Promodel®: entidades, recursos, locais, servidores. Os simuladores desenvolvidos nos anos 90 são considerados simuladores de alto nível, como Promodel®, Arena®, Automod®, witness®.

### **7.4 A simulação como tomada de decisão na cadeia de suprimentos**

Existem três ferramentas que auxiliam a tomada de decisão estratégica no negócio: análise de oportunidades e fortalezas (SWOT), benchmarking e matriz importância versus desempenho. Ao incluir a simulação na tomada de decisão, ela passa a ser alimentada com dados das três ferramentas, sendo que as análises SWOT matriz desempenho são as

variáveis do sistema. O benchmarking passa a ser a medida ótima a ser atingida, portanto, os valores iniciais do modelo.

Através da simulação com variação dos fatores identificados, será possível avaliar a correlação e de que forma impactam no resultado final. As variações inseridas na rotina de um sistema são o que permite alterar a forma de operação do mesmo, com o intuito de se chegar à situação ideal. Este procedimento precisa ser feito de maneira cuidadosa para não impactar negativamente o desempenho do sistema, e a simulação auxilia na tomada de decisão de que fatores sofreram alteração.

No caso deste estudo, podem ser realizadas simulações para aumentar a capacidade de produção através de maior capacidade instalada; ou pode ser simulada uma capacidade constante com aumento de capacidade de embarques e transportes para clientes, ou ainda uma simulação híbrida para avaliar melhor custo e serviço ao cliente. O plano mestre de produção pode ser reavaliado através da simulação, e respeitando-se as restrições existentes, até que o plano se ajuste à demanda. Ainda, pode se avaliar a ociosidade de recursos críticos em conjunto com este plano. Um ponto importante para se levar em consideração é que os modelos, de acordo com Sterman (2001) são uma interpretação individual da realidade, não reproduzindo 100% fielmente a realidade, pois sofre a influência do modelo mental formado pelo modelador, que acaba por inserir seus ângulos de visão no modelo, havendo chance de ignorar alguma influência no sistema. Porém, o grau de sensibilidade dos sistemas simulados em parâmetros isolados é pequeno, podendo ser usado como base para uma tomada de decisão.

## 7.5 Sistemas de modelagem em gerenciamento de cadeias de suprimentos

A necessidade de modelos computacionais para planejamento de cadeia de suprimentos vem sendo cada vez mais requerido, de acordo com Shapiro (2001), podendo-se utilizar de modelos descritivos para compreender as relações entre os fatores da cadeia ou modelos normativos, que aplica normas que apoiam a tomada de decisões dos gerentes a fim de aperfeiçoar a cadeia como um todo. Os modelos normativos são comumente nomeados modelos de otimização. O quadro cinco indica os componentes de cada espécie de modelo.

Conforme o quadro 5, o modelo descritivo após ser construído e validado, é utilizado como entrada no modelo de otimização ou melhoria, com a ajuda de simulações para a tomada de decisão. Os bons modelos de melhoria serão aqueles que oferecem melhores resultados de inventário, cadeia logística, custos de transformação, melhores níveis de serviço de acordo com a demanda e os melhores resultados de valor agregado.

Componentes do Modelo Descritivo	Modelo de Otimização
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Modelos de previsão de demanda (baseado em dados históricos)</li> <li>-Relações de custo</li> <li>-Relações de utilização de recursos</li> <li>-Modelos de simulação (descrevem a cadeia produtiva e seus parâmetros)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requer informações descritivas</li> <li>-Modelos validados</li> </ul>

Quadro 5 - Diferenças entre modelo descritivo e de otimização.

Fonte: Autor, adaptado de Shapiro, 2001.

# DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa, ao apresentar os impactos gerados pelos picos de demanda, levanta os fatores que ocasionam a falta de sincronismo entre o planejamento da produção de uma unidade produtiva e a distribuição da demanda aplicada a esta indústria, discorrendo sobre questões comerciais e resultados da vivência de profissionais no segmento de bens de consumo. É descrito o ambiente de pesquisa e então, são mapeados os impactos gerados na cadeia.

## 1 | DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

A indústria em estudo é uma multinacional produtora de bens de consumo, sendo que a planta em questão possui 400 funcionários, 46 diferentes produtos. É uma multinacional com faturamento médio de 12 bilhões de dólares anuais. O segmento de produtos de limpeza para roupas é responsável por cerca de 3,5 bilhões de dólares de faturamento anual em todo o mundo.

O trabalho simula a cadeia de uma indústria de bens de consumo focado no planejamento da demanda e nas operações de armazenagem e embarques à cliente. A cadeia estudada é composta por planejamento de materiais iniciais, abastecimento de linha, e consecutiva produção e armazenagem de produto terminado, conforme figura 12. O motivo pelo qual o foco concentra-se nas operações destacadas em quadros vermelhos é porque foi identificado que estas são as operações gargalo do sistema. Assim, todas as outras serão subordinadas a estas. A operação adjacente, que nos dá o ritmo de produção será também avaliada e testada uma vez que um dos cenários em questão é desenhar a capacidade da operação e de embarques em distribuições iguais.

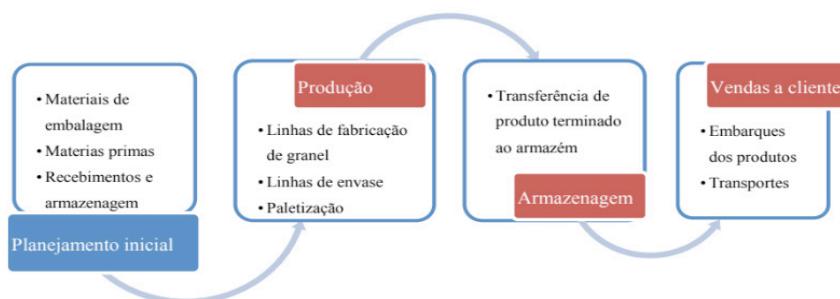


Figura 11 - Fluxo de produção e contexto da simulação.

Fonte: Autor.

## **2 | CONCENTRAÇÃO DE VENDAS NO FIM DO MÊS: AS CAUSAS DA FALTA DE SINCRONISMO**

### **2.1 Política Comercial: política de descontos**

Com a globalização dos mercados e a tendência de padronização dos produtos, os produtores de bens de consumo têm buscado estratégias alternativas para aumentar a receita perante o poder de barganha dos canais de distribuição. (PIERCE; ALMQUIST, 2001).

As estratégias utilizadas são:

- a) diferenciação dos produtos através da inovação.
- b) fusões de empresas para maior poder da marca e negociação de preços.
- c) utilização de canais diretos de vendas (BRADFORD e WEITZ; 2009)

Porém, conforme é mostrado por Bradford e Weitz (2009) a competição pelos preços está cada vez maior nos canais diretos de venda, acirrando as negociações comerciais. A consequência observada é que mesmo empresas de grandes marcas estão investindo fortemente em negociação para canais de distribuição. Assim, a verba é revertida em descontos aos que fazem a interface da venda com os varejistas, reduzindo o preço de compra.

Ailawadi, Farris e Shames (1999) mostram que nos EUA a presença de promoções em marketing cresceu de 35% para 49% de 1983 a 1991, e mantém-se neste patamar também no século XXI. Pesquisas recentes como as de Chandon, Wansink e Laurent (2002) reforçam que o investimento em marketing promocional de fato, tem sido crescente e as causas do aumento desta participação através de promoções foram estudadas por Hardie (1996) e estão detalhadas na tabela 1, com a informação adicional conseguida através de um *survey* aos profissionais da área de bens de consumo, em estudo neste projeto. Foram questionados sobre a percepção três anos atrás, uma vez que atuavam na mesma área na época em questão.

### **2.2 Resultados do *survey* aplicado**

Foi aplicado um *survey* com o intuito de medir a percepção da concentração de vendas em profissionais que atuam no segmento de bens de consumo e consumidores. As perguntas contidas neste *survey* foram:

- a) área de atuação: você atua ou tem contato com profissionais na área de bens de consumo?
- b) experiência na área: há quanto tempo atua nesta área?
- c) percepção da concentração de demanda: em que período do mês você sente as vendas mais concentradas?
- d) relação das possíveis causas do pico de demanda: avalie os fatores abaixo em

termos de qual influencia mais a concentração de vendas no fim do mês:

- aumento do número de produtos
- aumento do poder de barganha de varejistas
- aumento da pressão por metas de iniciativas
- queda na eficiência de propagandas
- aumento da sensibilidade dos consumidores por preço

Como perspectiva geral, os resultados do perfil dos entrevistados mostram que:

- a) todos os entrevistados atuam/atuaram ou tem contato com profissionais na área de bens de consumo, sendo 93% com contato atual e 7% já tiveram este contato no passado;
- b) nenhum dos entrevistados esteve menos que um ano nesta área;
- c) 45% dos entrevistados está há mais de 10 anos trabalhando neste setor;
- d) mais de 60% das respostas demonstram a percepção das vendas concentradas no fim do mês.

A tabela 1 resume os resultados do *survey* em comparação com a percepção em 2011.

Causa	Participação (percepção em 2011)	Participação (percepção em 2015)
Aumento do número de produtos	18% (imprevisibilidade de demanda)	13%
Aumento do poder de barganha dos varejistas	21%	23%
Aumento da pressão de metas de vendas associadas a novas iniciativas de produtos no mercado	13%	21%
Queda na eficiência da propaganda	32%	19%
Aumento na sensibilidade dos consumidores por preço	16%	24%

Tabela 1 - Causas do aumento de incentivo em descontos na negociação com varejistas.

Fonte: Autor, adaptado de Hardie, 1996.

De acordo com os resultados do *survey*, foi possível observar que os dois principais geradores do efeito da concentração de vendas no fim do mês são a sensibilidade dos consumidores por preço e o poder de barganha dos varejistas, que cresceram 8% e 2%, respectivamente *versus* o estudo realizado em 2011. Estes dois fatores estão extremamente relacionados, demonstrando que o crescimento da criticidade do consumidor com relação ao preço faz com que seja aguardado o período em que é certo que os preços serão mais baixos. Em seguida, aponta-se como grande influenciador o efeito da pressão das metas

de iniciativas para *marketing*, que cresceu oito pontos percentuais, demonstrando que as iniciativas lançadas vêm acompanhadas de um alvo de vendas a ser atingido a qualquer custo.

O incentivo para inovar e o lançamento de novos produtos não tem se mostrado muito representativo, sendo a menos presente para os profissionais deste segmento. Com isso, os produtos de concorrentes se tornam cada vez mais próximos a um padrão, levando a vantagem financeira aos que conseguem uma melhor negociação do preço.

A relação desta negociação com toda a gestão da cadeia de suprimentos reflete-se em: só conseguem oferecer bons descontos no preço final de mercado as empresas que tem capital para investimento em política de desconto e baixo preço do produto em termos de custos operacionais e distribuição logística, resultados que dependem de uma boa coordenação e integração da cadeia desde o planejamento até a entrega ao cliente.

### **2.3 Impacto da política de descontos temporários na cadeia de suprimentos**

O principal impacto gerado pela política de descontos é o efeito chicote, de acordo com Forrester (1961). O efeito chicote é definido como uma grande flutuação na demanda da indústria, e consequente impacto ao longo de toda a cadeia, afetando inclusive os fornecedores. De acordo com Lee, Padmanabhan e Whang (1997), a adoção de política de descontos gera estoques desnecessários, e aumento do tamanho dos lotes de compra. Powers e Closs (1987) indicam através de um estudo de simulação, que os itens que apresentam variação de demanda com política de descontos eram 78% do nível de estoque comparados aos itens com preços constantes.

Avaliando-se também o nível de serviço, através do indicador de *Case fill rate*, (quantidade entregue ao cliente versus quantidade pedida), foi visto que a melhora é de apenas 3%. (POWERS; CLOSS; 1987).

Fica clara a necessidade de estudos recentes para avaliar o impacto da política comercial na cadeia, sempre se levando em consideração:

- a) custo de capacidade de armazenagem adicional e instalada;
- b) custo de gerenciamento das promoções;
- c) esforço dos vendedores;
- d) impactos em custos de transportes;
- e) quanto os descontos representam no faturamento das empresas.

Os varejistas também acabam por optar por uma compra antecipada, uma vez que existe a flutuação dos preços, aumentando seu nível de estoque. De acordo com Hardie (1996), além dos custos adicionais de transporte e armazenagem, o nível de serviço cai e prejudica a confiabilidade de entrega entre fabricantes e varejistas.

A representação dos impactos de concentração de vendas no mapa da cadeia de suprimentos é exibida na figura 12. Os itens em vermelho são os que sofrem impactos

com o fenômeno de concentração de demanda. Por exemplo, um pico de vendas no fim do mês faz com que seja necessário ou um inventário maior para atender o pico ou maior capacidade de produção para atender um maior número de ordens nesta fase, o que requer maior capacidade de produção (homem x hora). Além disso, maior capacidade produtiva significa um impacto em consumo de utilidades. Os itens em verde são os que não sofrem impactos pelo fenômeno da concentração de ordens no fim do mês.

Do ponto de vista dos materiais iniciais, pode ocorrer maior consumo dos mesmos no fim do mês, baixando os inventários. Do outro lado da cadeia, um pico na produção de produto pode requerer mais espaço para armazenagem de produto acabado, e menor disponibilidade de armazém de materiais iniciais, impactando toda a cadeia.

O sistema de transportes pode necessitar de carretas adicionais para garantir o atendimento do serviço, e maior capacidade da empresa logística responsável por embarques a clientes.

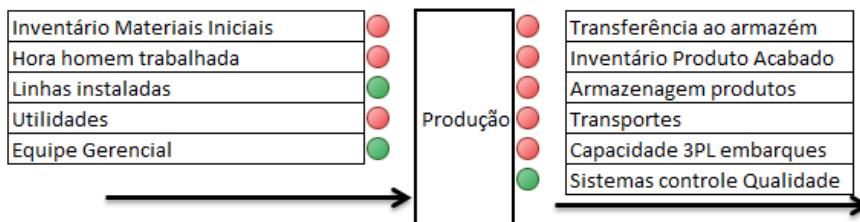


Figura 12 – Fatores produtivos impactados pela concentração de vendas.

Fonte: Autor.

É possível observar através do que foi discorrido acima e da figura 12, que os seguintes *trade off* são exemplos de fatores avaliados nos diferentes cenários estudados:

- a) custo de armazenagem versus Custo Capacidade Produtiva;
- b) custos de distribuição logística (3PL e transportes) versus Serviço;
- c) inventário versus Serviço.

### 3 I ANÁLISE DO AMBIENTE DE PESQUISA

#### 3.1 Levantamento de dados: Concentração da demanda

Considerando que a multinacional em estudo pratica a política de descontos acima descrita, em um mercado com o perfil apresentado nos resultados do *survey*, que favorece ainda mais a concentração de demanda, é razoável aceitar que a concentração de demanda ocorre neste segmento, no fim do mês, quando as metas de vendas se mostram com maior

pressão por resultados.

Os dados históricos de demanda foram levantados diariamente durante seis meses, para confirmar esta premissa, conforme a tabela 2, que indica o pico de demanda médio de 43% na última semana do mês.

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4
Mês 1	7%	26%	14%	53%
Mês 2	8%	13%	34%	46%
Mês 3	5%	13%	29%	53%
Mês 4	8%	25%	23%	44%
Mês 5	10%	24%	26%	40%
Mês 6	13%	27%	30%	30%
Média	9%	22%	26%	43%

Tabela 2 - Histórico da distribuição de demanda por semana

Fonte: Autor.

### 3.2 O processo a ser simulado

O processo é dividido em operações de fabricação, envase, paletização, armazanagem e embarque a cliente, conforme o layout da figura 13.



Figura 13- Variáveis relacionadas a unidades de operação simuladas

Fonte: Autor.

As variáveis mencionadas em cada uma das operações acima sofrerão variações ao longo dos cenários simulados de modo a testar os efeitos de cada uma delas nas operações seguintes da cadeia.

### 3.2.1           *Operação I: fabricação do granel do detergente em pó*

Nesta operação, as entradas são as matérias primas, passando pelo processo de fabricação de granel, tendo como saída o pó distribuído em *big bags*, conforme figura 14.

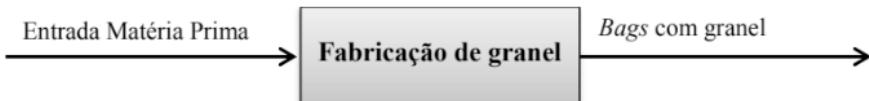


Figura 14 - Operação de fabricação do granel

Fonte: Autor.

A operação é uma operação em batelada, portanto, representada por um modelo discreto, com diferentes configurações de vazões, que serão avaliadas para cada cenário de acordo com o objetivo definido.

Esta fabricação apresenta um número fixo de operadores para estar em operação tendo como variáveis:

- a) regime de operação/ programação: o número de turnos em operação e dias operados por semana;
- b) vazão do granel: quantidade de pó produzido por hora, dependendo da configuração escolhida. Outra interpretação para a vazão é o tempo do ciclo de batelada, que está em linha com os parâmetros de processo de uma operação simulada por um modelo discreto.

As variáveis associadas a operação de fabricação são sumarizadas na tabela 3, com as definições de que variações serão consideradas no modelo estudado.

Variável	Configuração Atual	Variações na simulação
Número de Operadores por turno	10	Não varia
Custo médio anual de operadores deste setor	R\$80000/ano.operador	Não varia
Turnos	3	1, 2 ou 3 turnos
Dias de Operação	6	Não varia

Tabela 3- Parâmetros de produção e variáveis na unidade de fabricação

Fonte: Autor .

### 3.2.2           *Operação II: Envase do detergente nas linhas de embalagem*

O granel produzido na estação de fabricação é transferido para bags com capacidade de 800 kg, e cada um destes bags de granel é abastecido em bocas de máquina de envase, cada qual com sua capacidade e eficiência, para ser embalados em caixas de produto,

conforme figura 15.



Figura 15 - Representação da operação de envase

Fonte: Autor

Além disso, tamanhos diferentes (SKU diferentes) apresentam velocidades de envase diferentes. Esta fabricação tem como variáveis:

- a) número de linhas de envase em uso (e consequentemente variação do número de pessoas contratadas para operar as linhas);
- b) configuração de tamanhos para atingir velocidades mais otimizadas de envase, indicadas como linhas de produção de produtos de tamanhos pequenos, médios e grandes, conforme apresentado na tabela 4.W

A tabela 4 sumariza as variáveis consideradas no modelo desenvolvido para a operação de envase do detergente em pó.

Variável	Configuração Atual	Variações na simulação
Número de linhas em operação	5	3, 4 ou 5 linhas em operação
Número de linhas tamanho pequeno	2	Não varia
Número de linhas tamanho médio	2	Não varia
Número de linhas tamanho grande	1	Não varia
Número de Operadores por linha	3/turno.linha	Não varia
Custo médio anual de operadores deste setor	R\$70000/ano.operador	Não varia
Turnos	3	1, 2 ou 3 turnos
Dias de Operação	6	Não varia

Tabela 4 - Parâmetros de produção e variáveis na unidade de Envase

Fonte: Autor.

### 3.2.3        *Operação III: paletização*

As caixas são enviadas através de uma esteira para as unidades de paletização, sendo transformadas em paletes de produto final, conforme indicado na figura 16.



Figura 16 - Representação da operação de Paletização

Fonte: Autor .

Esta operação é realizada parcialmente manualmente e parcialmente com máquinas de paletização automática, sendo que as linhas para produtos de tamanho pequenos e médios possuem paletização automática e as de tamanho grande, por sua configuração de paletes mais instável, passam por um processo manual de paletização. As variáveis são:

- velocidades de paletização (dependendo da escolha entre máquinas ou manualmente);
- número de pessoas necessárias para a paletização

A tabela 5 sumariza as variáveis aplicadas na operação de paletização no modelo estudado.

Variável	Configuração Atual	Variações na simulação
Número de linhas em operação	3	2 ou 3 linhas
Número de Operadores por linha automática	1/turno.linha	Não varia
Número de Operadores por linha manual	5/turno.linha	Não varia
Custo médio anual de operadores deste setor	R\$70000/ano. operador	Não varia
Turnos	3	1, 2 ou 3 turnos
Dias de Operação	6	Não varia

Tabela 5 - Parâmetros de produção e variáveis na unidade de Paletização

Fonte: Autor.

### 3.2.4        *Operação IV: Armazenagem*

Os paletes após saírem das unidades de paletização aguardam em uma área limitada a 80 paletes, e em seguida são transferidos por empilhadeiras ao armazém, limitado a 5000 posições. Esta operação sofre impactos por falta de espaço nos armazéns, sendo fortemente influenciada pela retirada dos paletes para o embarque aos clientes. Assim, a armazenagem sofre impactos diretos da distribuição de embarques ao longo da semana. Nesta operação, o crítico é o espaço para realizar a armazenagem de todos os paletes na vazão instantânea e a conciliação o ritmo de embarques, que depende do perfil com que entram as ordens de produção.

Ao se atingir um inventário maior que a capacidade de armazenagem, é feita a transferência para um armazém externo, gerando necessidade de fretes adicionais, contratação de transportes, e operação de recebimentos e manuseio dos paletes neste armazém externo.

As principais variáveis nesta etapa são o custo de armazenagem externa, (proporcional ao pico de inventário que depende da distribuição das ordens ao longo do mês) e o custo de recursos para movimentação logística, ou seja, número de operadores

de empilhadeira requeridos e quantidade de turnos em operação, conforme summariza a tabela 6.

Variável	Configuração Atual	Variações na simulação
Números de operadores de empilhadeira	3/turno	1 a 3 por turno
Custo médio anual de operadores deste setor	R\$60000/ano.operador	Não varia
Capacidade armazenagem armazém	5000	Não varia
Capacidade armazenagem externa	7000 paletes	2000 a 20000 paletes
Custo armazenagem externa	R\$50/ palete.mês	Não varia
Turnos	3	1 a 3

Tabela 6 - Parâmetros de produção e variáveis na unidade de armazenagem

Fonte: Autor.

### 3.2.5        *Operação V: Embarques a clientes*

Há uma central que recebe os pedidos de clientes, ou seja, as ordens a serem embarcadas e enviadas aos clientes. Em seguida, os pedidos são separados em áreas nomeadas “stagings” e carregadas nos caminhões para clientes. Esta operação apresenta como variáveis:

- a. capacidade de embarque: depende da maneira como é desenhada a operação com o operador logístico (times variáveis, estrutura constante com hora extra, etc.) e do tempo de carga dos caminhões;
- b. ritmo de ordens de embarques: como esta é a variável que define a velocidade de saída dos paletes do armazém, a variação da concentração no final do mês ou uma distribuição constante da entrada de ordens é o que vai gerar maior ou menor demanda dos embarques. Um aperfeiçoamento nesta variável pode reduzir a utilização de frotas entre armazéns internos e externos.

A tabela 7 summariza as variáveis observadas na operação de embarques a cliente, destacando o número de docas em operação e principalmente a expressividade do pico de demanda na última semana do mês, a qual varia de 25% a 45%.

Variável	Configuração Atual	Variações na simulação
Número de docas em operação	5	1 a 5 docas em operação
Número de Operadores por doca	2/doça.turno	Não varia
Custo médio anual de operadores deste setor	R\$60000/ano.operador	Não varia
Custo total da equipe em Horas extras	R\$1200/hora	Não varia
Horas extras	40 hs/mês	0 a 100 hs
Turnos	3	1 a 3
Distribuição ordens	9% primeira semana 22% segunda semana 26% terceira semana 45% pico fim de mês	Variável sendo de 25% a 45% no último período do mês.

Tabela 7 - Parâmetros de produção e variáveis na unidade de operação logística

Fonte: Autor.

Do ponto de vista dos materiais iniciais, pode ocorrer maior consumo dos mesmos no fim do mês, baixando os inventários. Do outro lado da cadeia, um pico na produção de produto pode requerer mais espaço para armazenagem de produto acabado, e menor disponibilidade de armazém de materiais iniciais, impactando toda a cadeia.

O sistema de transportes pode necessitar de carretas adicionais para garantir o atendimento do serviço, e maior capacidade da empresa logística responsável por embarques a clientes.

#### 4 I ESTUDO FINANCEIRO DO IMPACTO DA CONCENTRAÇÃO DE DEMANDA

Um dos objetivos apresentados neste estudo é apresentar alternativas para amenizar os efeitos dos picos de demanda ao longo da cadeia, e para tal, se faz necessário avaliar diferentes cenários variando a estratégia de planejamento de produção comparada à distribuição da demanda, e o custo de cada cenário, compondo assim o estudo de econômico de diferentes estratégias de planejamento logístico.

Para o desenvolvimento da análise dos cenários, foram coletados dados históricos financeiros da empresa em estudo, que podem ser facilmente alterados para reaplicação em outras empresas, mantendo a padronização dos custos de produção fixos e variáveis em transportes, pessoas, utilidades, armazenagem, a fim de facilitar a comparação dos cenários sugeridos para atender à demanda. A simulação ajuda a avaliar a viabilidade de cada cenário e também na quantificação financeira aqui apresentada.

Além dos custos mencionados acima, é discorrido também sobre a política de descontos comumente aplicada nos períodos de pico de distribuição com o intuito de evidenciar o benefício ou prejuízo gerado pelos descontos. Na empresa em questão, sabe-se que os descontos podem chegar a até 15% na última semana do mês sobre o preço de venda.

Não foram considerados investimentos iniciais, uma vez que o estudo não contempla a implantação de projetos, e a planta já possui as instalações disponíveis para produção.

Para cálculos logísticos, serão considerados apenas os custos de armazenagem, recursos logísticos de movimentação de materiais, embarques a clientes, transportes e horas extras para atender picos de demanda.

Os cálculos de armazenagem externa e custos logísticos são apresentados considerando uma aproximação estatística dos dados históricos de armazenagem levantados conforme a tabela 8.

<u>Armazenagem externa (posições paletes)</u>	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Inventário pico Armazém Interno	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Inventário pico Armazém Externo	20804	20804	20716	21578	20909	21690
Embarques Armazém Externo	21678	21678	21636	22275	21710	22236
Transferências para Entre Armazéns	21678	21678	21636	22275	21710	22236
<u>Custo Armazenagem externa (R\$)</u>	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Preço Total Armazém Externo	846636	864063	861789	887707	866476	889080
Valor inventário	104130	104130	104130	104130	104130	104130
Hora extra Armazém Externo	48318	48318	48169	49881	48476	49967
Hora Extra Interno 3PL	59055	59055	58873	60966	59248	61071
Armazenagem	295337	303440	302537	312820	304399	313369
Movimentação	339796	349119	348080	359911	350223	360543

Tabela 8 - Histórico do custo de armazenagem externa e logística

Fonte: Autor.

Dessa forma, fica estabelecida uma relação entre a ocupação em posições paletes do armazém e o custo total considerando todos os fatores componentes do custo total da fatura de armazenagem externa (horas extras, armazenagem, movimentação, valor agregado do inventário), chegando-se a relação final da equação (2), em que x é o número de paletes produzidos. A tabela 9 apresenta um resumo dos dados financeiros coletados para parametrização dos cenários a serem simulados. Considerando que o custo total de armazenagem é a somatória de todos os fatores que influenciam esta armazenagem externa, são somados os valores de inventário, hora extra, custos de movimentação para transferência ao armazém externo e o custo da ocupação do armazém, conforme indica a equação (2).

Custo armazenagem externa = custo armazenagem + custo movimentação + custo hora extra = custo valor inventário

$$\text{Custo armazenagem externa} = 24,131 * x \quad (2)$$

<i>Base de Dados Financeiros</i>	
Custo de armazenagem (R\$/paleta produzido)	24,131
Custo de operadores de produção (R\$/mês)	6000
Custo de operação logística (R\$/paleta produzido)	17,78
Valor médio de venda (R\$/unidade produzida)	16,5
Ciclo de produção (dias/mês)	24
Custo carretas fixas contratadas (R\$/carreta)	26000
Custo carretas adicionais (R\$/viagem)	1800

Tabela 9 - Dados para análise financeira

Fonte: Autor .

## 5 | ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

O trabalho baseia-se em uma mescla de duas sugestões de metodologias de simulação, sendo a primeira de Richardson e Pugh III (1981) e a segunda de Sterman (2000).

<b>Richardson e Pugh III (1981) – 7 passos</b>	<b>Sterman (2000) – 5 passos</b>
<u>Identificação do Problema</u> contexto definição do problema sintomas do problema objetivo claro do modelo	<u>Definição do problema e do escopo</u> - Descrição do problema e relevância - Definição clara do propósito do modelo - Definição da fronteira do sistema (sistema simples para menor complexidade) - Levantamento dados de referência (desde quando o problema surgiu)
<u>Conceituação do Sistema</u> construir modelos de referência com pessoas envolvidas (comportamento histórico de algumas variáveis) Definição das fronteiras do sistema.	<u>Formulação de hipóteses dinâmicas</u> - relações de causalidade entre as variáveis
<u>Formulação do Modelo</u> - interagir com tomadores de decisão em busca de dados quantitativos para modelo mental	<u>Construção do modelo</u> - estimativa de parâmetros e condições iniciais do modelo - levantamento dados históricos quantitativos - buscar variáveis que não possuam dados quantitativos e estimar seus valores
<u>Análise do comportamento do Modelo</u> - Testar se gera referências construídas inicialmente.	<u>Testes</u> - Garantir a aderência dos resultados versus modelo de referência - checar consistência para futura utilização como base de tomada de decisão.
<u>Avaliação do modelo e testes</u> - checar consistência do modelo	<u>Simulação de políticas alternativas e escolha de quais são adotadas</u>
<u>Análise das políticas</u> - entendimento do impacto das variáveis no modelo, diversas interações.	
<u>Implementação do modelo</u>	

**Quadro 6- Metodologias definidas para aplicação de simulação.**

Fonte: Richardson e Pugh III (1981), Sterman (2000)

## **5.1 Metodologia Adotada**

Baseando-se na bibliografia apresentada, o trabalho aplicou as seguintes etapas na simulação:

- a) Entendimento inicial do problema (Definição de contexto, limitações do sistema, objetivo inicial do modelo). É preciso antes de iniciar o modelo, entender o problema, porém, apenas o entendimento inicial isolado não é suficiente, pois a partir desta etapa, se inicia a construção do modelo e a avaliação do comportamento das variáveis.
- b) Levantamento de relações de causalidade (definição de hipóteses dinâmicas) e seguinte definição das variáveis do modelo.
- c) Verificação: Uso do modelo de referência baseado em um modelo existente/benchmarks/ modelos críticos. A partir desta etapa, já há certeza de que as relações de causalidade definidas como hipóteses fazem sentido no modelo existente, porém, ainda é preciso checar o comportamento das variáveis ao variar os cenários.
- d) Implementação do modelo que correlaciona as variáveis definidas em (b) com os modelos de referência (c)
- e) Validação do modelo baseada em modelos de referência. A validação é necessária para certificar que as variáveis sofrem os comportamentos esperados e então avaliar os resultados dos testes de alternativas.
- f) Testes de alternativas, simulando diferentes cenários para a escolha do que apresentar menor impacto ao negócio.
- g) Documentação do modelo. É necessário para que existam registros dos comportamentos esperados de cada variável e então, possam tomar decisões corretas para se ter maior eficiência, produtividade, ou lucro.

## **5.2 Componentes da Simulação**

Seguindo o passo a passo definido com base no item 3.5 e 3.5.1, é estruturada a simulação iniciando pelo entendimento das etapas. Para isso, é preciso antes de tudo, escolher qual sistema é simulado, ou seja, qual grupo de variáveis que apresentam alguma interdependência será inserido na simulação. O sistema é formado por entidades, atributos, atividades, estados do sistema e eventos, e a nomenclatura desses componentes pode variar de acordo com a escolha do programa utilizado.

O fluxograma apresentado na figura 17 consolida as entradas de Sterman (2000) e Richardson e Pugh III (1981) apresentados na seção “Etapas da simulação” para facilitar o

entendimento de cada passo.

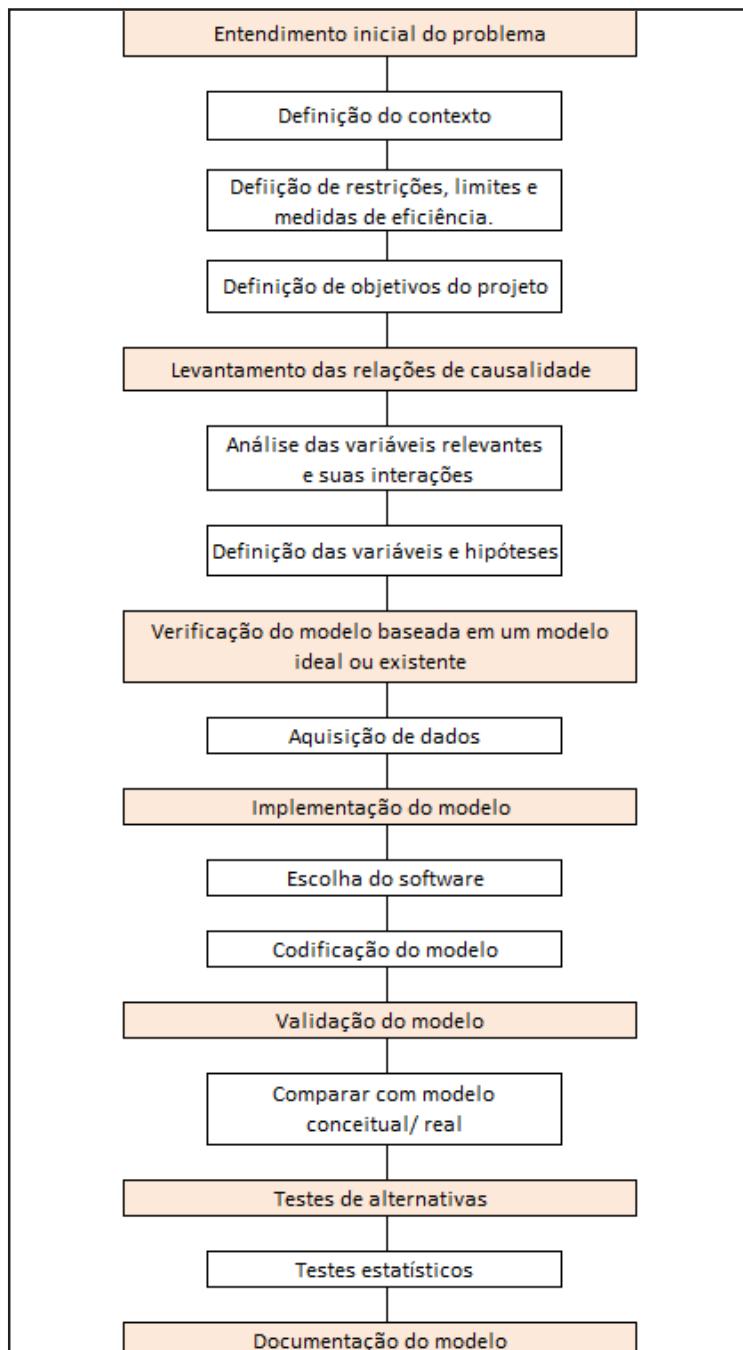


Figura 17 - Fluxo de estruturação do modelo.

Fonte: Autor.

### **5.3 Programas de Simulação**

Antigamente, as técnicas de simulação se mostravam com alta complexidade por necessitarem de um desenvolvimento da modelagem matemática e dos algoritmos em linguagem computacional. Esta complexidade vem diminuindo desde a década de 60, através do desenvolvimento de linguagens orientadas à simulação.

A simulação que foi desenvolvida é responsável por essa simplificação. Pritsker (1986) define a simulação computacional como um processo de projetar um modelo lógico matemático de um sistema real e fazer experimentos deste sistema no computador.

Prado (1999) exemplifica linguagens que surgiram para facilitar a linguagem de simulação: GPSS, criado em 1961 pela IBM em parceria com os laboratórios BELL. Apesar de facilitar a utilização, esta linguagem ainda não era tão avançada quanto às que surgiram através da simulação visual.

A simulação visual chegou a partir dos anos 80, em programas como Arena®, Promodel®, Automod®, e possuem um fácil entendimento para inserção dos dados, além de geração de relatórios dos resultados dos modelos. Com o surgimento destes softwares, a necessidade de simular em linguagens específicas ou códigos complexos foi reduzida a um entendimento da linguagem do software integrada a modelos gráfico-visuais.

### **5.4 Definição de restrições e limites do modelo**

A planta em estudo apresenta restrições por:

- a) capacidade instalada: as operações de fabricação e de envase tem velocidades e vazão validadas que chegam a uma capacidade máxima instalada, para a qual nem sempre tem recursos contratados;
- b) espaço em armazéns internos: o espaço existente na planta limita-se aos armazéns internos, totalizando 6000 posições paletes para produto terminado. A planta utiliza-se das variações de espaço através de armazéns externos, absorvendo até 20000 paletes.

### **5.5 Medidas de desempenho**

As medidas de desempenho avaliadas são:

- a) custos da cadeia com armazenagem externa: deve ser minimizado;
- b) custos de distribuição logística: com transportes, número de viagens entre os armazéns, estadias de caminhões que aguardam embarques;
- c) serviço: mede a eficiência do serviço logístico frente às necessidades dos clientes, ou seja, quanto do que foi pedido da demanda, foi entregue no tempo correto, na quantidade correta. Neste caso, é mensurada a entrega ou não das caixas pedidas pelo cliente como existência de impacto em serviço ou não;
- d) utilização de capacidade dos recursos logísticos: mede o tempo ocioso dos recursos dimensionados no contrato da empresa logística terceirizada para manejá-

os embarques a cliente;

e) utilização da capacidade instalada: representa quanto da capacidade instalada é aproveitada.

## 5.6 Cenários a serem simulados

A pesquisa tem como objetivo explorar, através da simulação, o processo desde a manufatura dos itens até o envio para clientes, em diferentes cenários, atingindo o menor custo e melhor serviço:

- a) cenário I: produção empurrada, com capacidade de produção máxima, de acordo com as linhas de produção instaladas e recursos contratados para operar as mesmas. Demanda com concentração de 43% de vendas no final do mês, capacidade de embarque dimensionada para o pico de demanda;
- b) cenário II: produção empurrada, capacidade de produção dimensionada para o pico, de acordo com as linhas de produção instaladas, reduzindo ociosidades que independem da demanda. Demanda com concentração de 43% de vendas no final do mês, capacidade de embarque dimensionada para o pico de demanda;
- c) cenário III: Produção empurrada, com acúmulo de inventário (“push”) sem pico de demanda no fim do mês, ordens distribuídas igualmente ao longo das semanas;
- d) cenário IV: Produção puxada, acordo com a demanda, sem acúmulo de inventário, concentração de 43% de vendas no final do mês, capacidade de embarque de acordo com perfil de ordens;
- e) cenário V: Produção puxada, de acordo com a demanda, sem acúmulo de inventário, capacidade de embarque de acordo com perfil de ordens, ordens distribuídas igualmente ao longo das semanas, sem pico de concentração de demanda.

## 5.7 Escolha do Programa de Simulação

Conforme mencionado no item 3.5.3, existem diversos programas computacionais para auxiliar a simulação (Simfactory®, Automod®, Promodel®, Arena®, Simulink®). Dentre eles, foi escolhido o programa ProModel por sua aplicação específica para logística, além de outras vantagens apontadas por Banks et al (2005):

- a) os modelos são facilmente criados inserindo-se os ícones desejados na interface de programação e o programa oferece gráficos de compreensão imediata para os modelos criados;
- b) o ProModel não requer um programa diferenciado para sua utilização, operando no sistema Windows, mais compatível com programas periféricos como o Excel;
- c) promodel já oferece ícones do ambiente logístico, com elementos pré-programados, auxiliando a construção de modelos, inserindo capacidades de um posto de trabalho, velocidades de recursos, números de operadores de uma

- máquina;
- d) o programa fornece automaticamente estatísticas nos resultados;
  - e) podem ser criados diferentes cenários e comparados paralelamente;
  - f) o proModel oferece como parâmetros de resultados a utilização de capacidade dos recursos em cada estação de trabalho, coincidindo com os objetivos do trabalho no contexto apresentado.

## 5.8 Modelagem do sistema

É descrita nesta etapa a linguagem do programa utilizado para que então as variáveis inseridas e estudadas sejam devidamente alocadas no programa escolhido. Assim, são definidos Locais (“*locations*”), entidades (“*entities*”), caminhos de rede (“*path networks*”), recursos (“*resources*”), processo (“*processing*”) e chegadas (“*arrivals*”).

### 5.8.1 Locais

Locais são os lugares ao redor dos quais as peças em movimento no processo estão posicionadas para processamento, armazenamento ou outra atividade para tomada de decisão.

Para a definição dos pontos de localização do modelo, pode ser utilizado o *layout* da planta estudada digitalizado em CAD ou dividida a planta com os ícones do Promodel® em subáreas com acesso e disposição física semelhantes para transformá-la em subunidades. Por exemplo, na operação de embarque, cada local seria uma doca com capacidade de embarque própria.

Os locais podem apresentar gráficos para indicar o número de entidades em um determinado momento. Estes pode ser representado por um contador, um tanque, uma esteira ou uma área de acúmulo.

### 5.8.2 Entidades

Qualquer unidade ou peça que é processada é definida como entidade: ligações telefônicas, documentos, peças, caminhões para embarques. As entidades podem ser agrupadas, por exemplo, quando são consolidadas em um palete.

As entidades serão as peças em operação, tratadas individualmente. Por exemplo, na operação de embarque, uma entidade é um caminhão embarcado. Na operação de produção, cada entidade é um palete entregue.

### 5.8.3 Caminhos de rede

Representam as rotas a serem criadas no processo, ou seja, demonstram o seguimento desde a entrada do caminhão na planta, até sua chegada à doca, seu tempo de

espera para carregamento, saída até o cliente. As entidades criadas seguem os caminhos de rede para chegar aos locais e serem processados. Os caminhos de rede definem as rotas por velocidade, distância ou até pelos tempos de processo.

#### 5.8.4 Recursos

Um recurso é definido como uma pessoa, um equipamento ou qualquer outro dispositivo utilizado para: transportar entidades, suportar atividades de operação em determinados locais e realizar manutenções em localizações ou em outros recursos.

Os recursos podem ser dinâmicos, movendo-se ao longo das redes de caminho, como é o caso de uma empilhadeira; podem ainda ser estáticos, não ocorrendo movimento, apenas intervindo em uma máquina. Recursos também podem ter um tempo de parada planejada, refletindo paradas para refeição por exemplo. Os casos mais aplicados de recursos são empilhadeiras e operadores.

#### 5.8.5 Processos

Os processos definem a rotina de operação em cada entidade, e como as operações vão ser direcionadas no sistema dentro dos caminhos de rede.

### 5.9 Desenvolvimento do modelo

#### 5.9.1 Desenvolvimento do modelo: Definição de locais

As localizações estão divididas em cada área em que existe um processamento ou armazenagem dentro da operação estudada. Assim, foram definidas os locais de acordo com cada processo observado:

- a) Torre de Fabricação: transforma as matérias primas em detergente em pó;
- b) Acúmulo de bags de detergente em pó: área em que se acumulam os big bags contendo o detergente a ser abastecido em cada linha de envase;
- c) Embalagem: envasa o pó em embalagens de detergente, ou seja, caixas de produto final. Composta por 3 linhas, de diferentes tamanhos, classificados como “small”, “medium” e “large”. Cada tamanho apresenta uma velocidade específica;
- d) Paletização: paletiza as caixas através de operações automáticas (para “small” e “medium”) e manuais (para “large”). Composta por cinco unidades de paletização, cada uma sendo um local;
- e) Buffer de paletes: área em que os paletes são armazenados, conferidos e transferidos fiscalmente para o armazém. Tem restrição de espaço em até 60 posições paletes.
- f) Armazenagem: representa os racks de armazenagem dos paletes;
- g) Staging: location definido para separação de carga do que será embarcado pela

ordem de cada cliente;

h) Clientes: recebe os produtos de acordo com os pedidos realizados.

Local – Figura 16	Local Definido - ProModel
Operação Fabricação	Fabricação
Transferência de fabricação a acúmulo	Esteira1
Acúmulo de bags	Acúmulo
Envase de detergente em pó	Embalagem1 Embalagem2 Embalagem3
Paletização	Paletização1 Paletização2 Paletização3 Paletização4 Paletização5
Buffer Paletes	Loc1
Armazenagem	Warehouse
Staging	Staging
Embarques a clientes	Cliente

Quadro 7 - Definição dos locais no ProModel

Fonte: Autor.

Em cada local, pode ser definido se há paradas (downtime) planejadas ou não, e a frequência e tempo de cada uma das paradas. Além disso, é escolhido se este tempo deve ser descontado do tempo programado ou não. Esta tarefa foi refletida nas localizações de embalagem, paletização, que realizam paradas a cada turno, e também para a torre, que realiza a parada de setup semanalmente.

### 5.9.2        *Desenvolvimento do modelo: Entidades*

As entidades são as peças transferidas de uma localização à outra, sendo que para cada local, existe uma entidade de entrada, que sofre a transformação pertinente a cada unidade de processamento, e se transforma em cada entidade de saída, conforme descrito no quadro 8.

Location	Entidade – entrada	Entidade - Saída
Fabricação	Matéria-prima MP	Bags de detergente em pó
Esteira1	Bags de detergente em pó	Bags de detergente em pó
Acúmulo	Bags de detergente em pó	Bags de detergente em pó
Embalagem1	Bags de detergente em pó	Caixas PF1
Embalagem2	Bags de detergente em pó	Caixas PF2
Embalagem3	Bags de detergente em pó	Caixas PF3
Paletização1	Caixas PF1	Paletes PF1
Paletização2	Caixas PF1	Paletes PF1
Paletização3	Caixas PF2	Paletes PF2
Paletização4	Caixas PF2	Paletes PF2
Paletização5	Caixas PF3	Paletes PF3
Loc1	Paletes PF1	Paletes PF1
	Paletes PF2	Paletes PF2
	Paletes PF3	Paletes PF3
Warehouse	Paletes PF1	Paletes PF1
	Paletes PF2	Paletes PF2
	Paletes PF3	Paletes PF3
Staging	Pedido	Paletes PF1
		Paletes PF2
		Paletes PF3
Cliente	Paletes PF1, PF2, PF3	Pedido

Quadro 8 - Definição de entidades no PROMODEL

Fonte: Autor.

### 5.9.3 Desenvolvimento do modelo: Caminhos de rede de processo

Os caminhos de rede identificados foram construídos para levar as entidades desde a torre de fabricação até as áreas de acúmulo, das áreas de acúmulo ao envase, da saída do envase às unidades de paletização, e delas à armazenagem e embarques.

Os caminhos de rede entre a torre de fabricação e a embalagem, e entre a armazenagem e embarques, são redes passantes, ou seja, as unidades que estão com maior velocidade podem passar as de menor velocidade, sem ter que aguardar os outros processos.

A conexão entre os pontos em que as entidades circulam caracterizam os nós, e realizam a interface entre dois pontos. A figura 21 representa os caminhos de rede, e também mostra a indicação das formações dos nós.

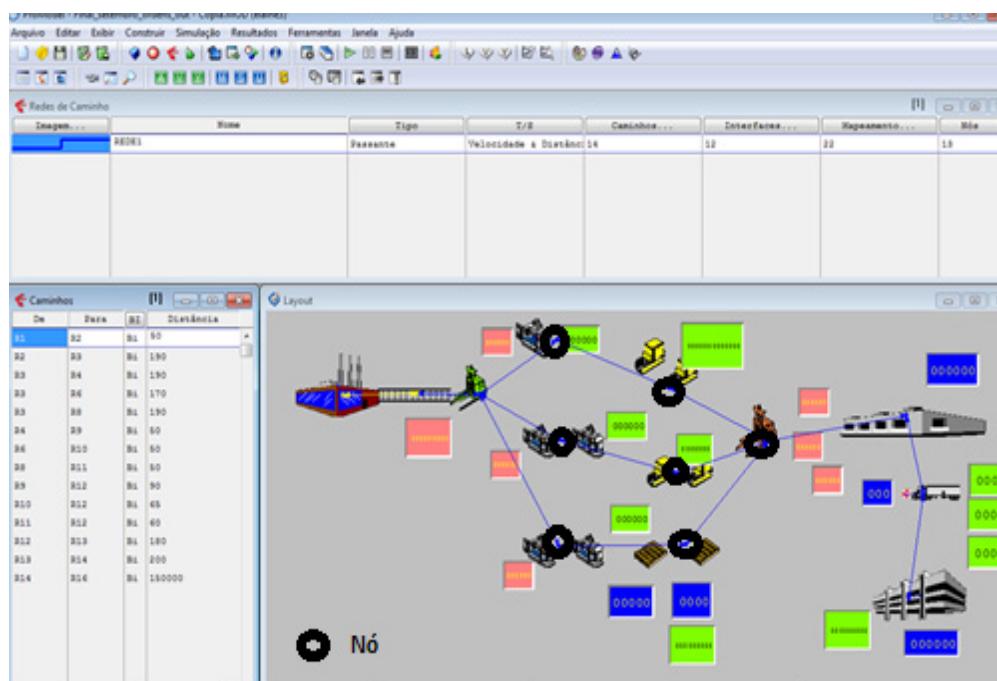


Figura 18 - Definição dos caminhos de rede e representação dos nós

Fonte: Modelo desenvolvido no Promodel® (2015)

#### 5.9.4 Desenvolvimento do modelo: Recursos

Os recursos criados para estas localizações são basicamente operadores para as áreas de processamento, empilhadeiras entre as áreas de embalagem e paletização ao armazém, operadores para realização de paletização manual, empilhadeiras para transferência de entidades do armazém para embarques aos clientes nos caminhões. Assim, para cada local e respectiva movimentação ou transformação das entidades, o quadro 9 indica que recursos são necessários, além dos recursos que operam os equipamentos continuamente.

Local	Entidade – entrada	Entidade - Saída	Recursos Requeridos
Fabricação	Matéria-prima MP	Bags	-
Esteira1	Bags	Bags	-
Acúmulo	Bags	Bags	-
Embalagem1	Bags	Caixas PF1	Operador empilhadeira – Operator1
Embalagem2	Bags	Caixas PF2	Operador empilhadeira – Operator1
Embalagem3	Bags	Caixas PF3	Operador empilhadeira – Operator1
Paletização1 e 2	Caixas PF1	Paletes PF1	Operador empilhadeira – Operator2
Paletização3 e 4	Caixas PF2	Paletes PF2	Operador empilhadeira – Operator2
Paletização5	Caixas PF3	Paletes PF3	Operador empilhadeira – Operator2 Worker (5)
Loc1	Paletes PF1 Paletes PF2 Paletes PF3	Paletes PF1 Paletes PF2 Paletes PF3	Operador empilhadeira – Operator3
Warehouse	Paletes PF1 Paletes PF2 Paletes PF3	Paletes PF1 Paletes PF2 Paletes PF3	Operador empilhadeira – Operator4
Staging	Pedido	Paletes PF1 Paletes PF2 Paletes PF3	Operador empilhadeira – Operator5 Operador empilhadeira – Operator6
Cliente	Paletes PF1 Paletes PF2 Paletes PF3	Pedido	Operador empilhadeira – Operator7 Caminhão

Quadro 9 - Definição dos recursos no Promodel.

Fonte: Autor.

## RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos neste estudo, com a aplicação do modelo desenvolvido e a análise dos cenários propostos.

## 1 | RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO MODELO

O modelo permitiu avaliar a entrada de ordens e a chegada de materiais iniciais, bem como a produção de cada entidade em cada localização, ou seja, em cada unidade de fabricação estabelecida no modelo. Além disso, avaliou-se a utilização de capacidade dos locais e dos recursos utilizados para mover as unidades fabricadas.

Foi possível, além de observar a operação em um sistema computacional, detectar gargalos da cadeia que geram paradas no sistema e fazem com que as entidades (ou produtos intermediários) estejam bloqueados, devido à falta de capacidade ou espaço indisponível no próximo local da sequência da cadeia.

O modelo implementado no programa Promodel® permitiu ainda a construção de gráficos que correlacionam as variáveis significativas em função do tempo, conforme mostra a figura 25, que apresenta o gráfico gerado pelo modelo desenvolvido no programa, associado às variáveis definidas.

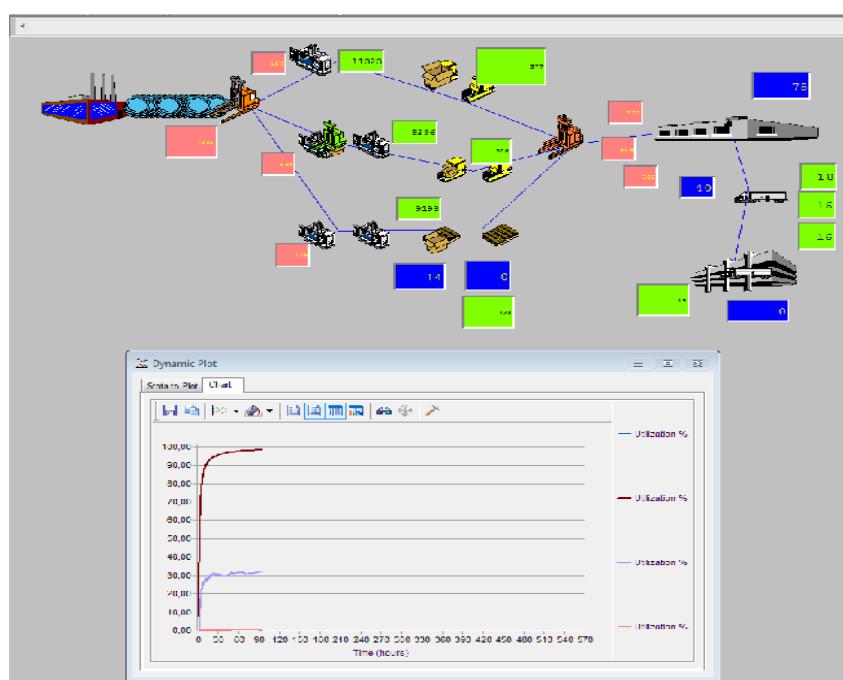


Figura 19 - Representação da coleta de dados no modelo do Promodel

Fonte: Modelo desenvolvido no Promodel®, 2015.

## **1.1 Validação do modelo conceitual**

De acordo com Sargent (2000), a validação de um modelo é dividida em algumas etapas, sendo a primeira delas a validação do modelo conceitual, ou seja, avalia-se o conceito que o modelo representa, e se as considerações assumidas no mesmo são razoáveis, com teorias que fazem sentido quando comparadas ao cenário real usado como base para a construção do modelo. Assim, o modelo construído no Promodel® foi comparado com o que se viu na indústria de detergentes estudada, tendo hipóteses e teorias de acordo com a representação real da cadeia. Assim, é possível dar seguimento às verificações computadorizadas, assegurando uma programação correta para o modelo.

As tendências dos resultados foram utilizadas para controlar as peças fabricadas (nomeadas como entidades no modelo do programa Promodel®) durante a simulação, verificando-se o crescimento da produção das mesmas com o tempo e quaisquer outros problemas ou gargalo encontrado na simulação. Foram avaliadas as ordens, embarques a clientes, posições dos estoques na simulação, e acompanhados o fluxo de informação e de produção. O modelo então demonstrou estar operando de acordo com a lógica proposta e mantendo a acuracidade das informações, uma vez que reflete os resultados e gargalos observados na operação real observada.

Por fim, realiza-se uma validação operacional, avaliando a medida de saída do modelo em questão, o que foi feito neste estudo através da alteração das variáveis de entrada do modelo, avaliando-se o comportamento final do modelo. Por exemplo, alterando-se a frequência das ordens, foi possível analisar o acúmulo de inventário ou a agilidade nos embarques a clientes. Esta técnica é chamada por Sargent (2000) de variabilidade da sensitividade de um parâmetro. A validação da informação do modelo assegura, então, uma análise apropriada baseada na saída do relatório do Promodel®, garantindo um modelo construído, avaliado e testado corretamente.

## **1.2 Utilização de capacidade: recursos e locais**

O modelo representa semanalmente a entrada de ordens de produtos a serem enviados aos clientes, e toda a cadeia de produção. O perfil da demanda, ou seja, sua distribuição ao longo de cada semana é levada em consideração, bem como a escolha do planejamento da produção (produção empurrada com acúmulo de inventário ou produção puxada, de acordo com as ordens de clientes). Para variar a estratégia de planejamento de produção, varia-se, consequentemente, a capacidade para a qual o sistema está dimensionado. Desta maneira, as variáveis sofrem alterações em seus valores conforme indica a tabela 10.

Variável	Alterações Propostas
Distribuição da demanda	Com pico no fim do mês: Semana 1:9%/ Semana 2: 22%/ Semana 3: 26% / Semana 4: 43% OU Igualmente distribuída ao longo do mês Semana 1:25%/ Semana 2: 25%/ Semana 3: 25% / Semana 4: 25%
Capacidade da produção e estratégia de produção	Recursos dimensionados para atender o pico de demanda diária (produzir o equivalente a 43% da demanda na última semana) Semana 1: 9%/ Semana 2: 22%/ Semana 3: 26% / Semana 4: 43%; OU Recursos dimensionados para produzir máxima capacidade instalada OU Recursos dimensionados para produzir da seguinte forma, acumulando inventário para o pico de embarques: Semana 1: 20%/ Semana 2: 29%/ Semana 3: 33% / Semana 4: 18%

Tabela 10 - Sumário das variações consideradas no modelo simulado

Fonte: Autor.

De acordo com os resultados, observa-se no modelo original estudado uma cadeia empurrada, ou seja, que empurra a quantidade produzida para os armazéns, independente da entrada de ordens para venda. Já para a operação logística observa-se, obviamente uma operação puxada, pois depende dos pedidos de clientes para retirar produtos dos armazéns e embarcar.

Entrando no detalhe do sistema de manufatura, observa-se que a utilização de capacidade está abaixo de 100%, conforme apresentam as figuras 27 e 28, indicando capacidade produtiva maior que a demanda necessária.

Considerando-se que a chegada de matérias primas foi estabelecida sem pausas, o que é demonstrada por zero falha nas entradas de Fabricação e de pedidos, demonstrados na figura 26, seria esperado que as utilizações de capacidade dos equipamentos se mantivessem constante, o que não ocorre, e é explicado pelo fato de que as unidades intermediárias encontram alguns bloqueios nas saídas de determinados locais, e ficam mais tempo “esperando” para dar continuidade ao fluxo de manufatura. Por esse motivo, as utilizações de capacidade diminuem, uma vez que os equipamentos são ocupados com os materiais “bloqueados”.

General	Locations	Location States Multi	Resour
Final_setembro_ordens - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)			
Entity Name	Location Name	Total Failed	
MP	Fabricação		0,00
pedido	Staging		0,00

Figura 20-Apresentação das entradas no modelo

Fonte: Relatório extraído do modelo desenvolvido no Promodel® (2015)

Os gráficos da figura 21 e 22 sumarizam os resultados de ocupação das unidades produtivas extraídas do Apêndice E, de acordo com os relatórios gerados no modelo implementado no software Promodel®. Os locais determinados como “envase” ou “embalagem” tem utilização de capacidade decrescente com o tempo, conforme sumariza o gráfico. O mesmo comportamento é observado nas unidades de paletização.

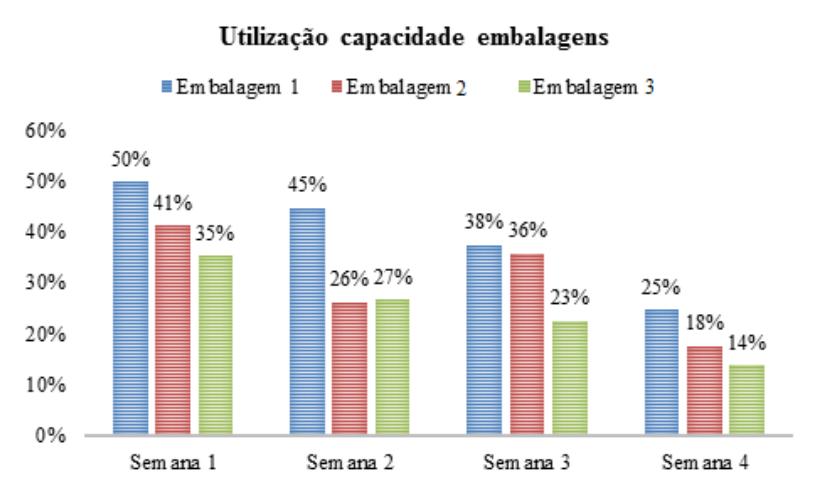


Figura 21 - Gráfico de representação de utilização de capacidade dos locais

Fonte: Autor.

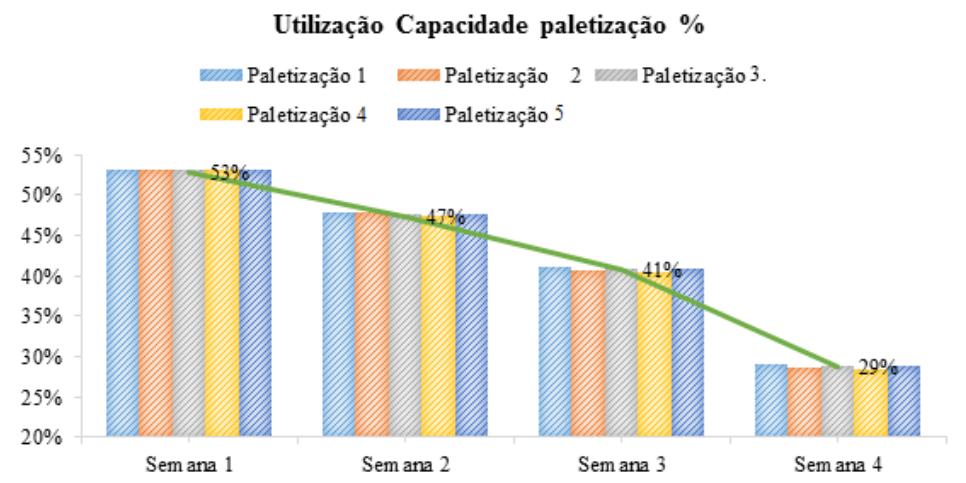


Figura 22 - Gráfico de representação de utilização de capacidade de paletização

Fonte: Autor.

Por outro lado, ao analisar a utilização de capacidade dos caminhões e ocupação dos armazéns, observa-se o efeito da concentração de demanda.

Os caminhões contratados têm utilização muito baixa nas primeiras semanas. Na última semana do mês, esta utilização chega a ser 50% maior, conforme indica a figura 29, com o gráfico de utilização de capacidade dos caminhões, considerando a utilização de carros versus a frota total disponível contratada.

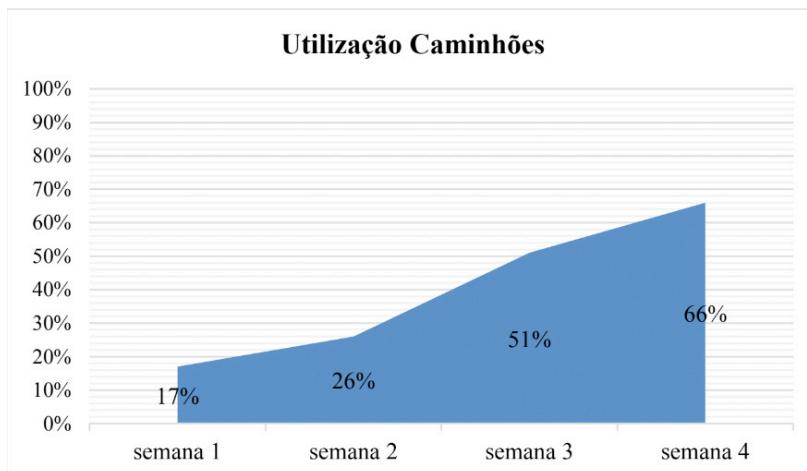


Figura 23 - Utilização de capacidade dos caminhões semanalmente

Fonte: Autor.

Os armazéns apresentam um pico de ocupação na terceira semana do mês, antes de iniciar o pico de embarques, conforme pode-se concluir das tabelas 11 e 12, que permitem compreender as diferentes distribuições da produção e das ordens ao longo do mês, gerando um acúmulo de paletes de produto final até a terceira semana de cada mês, gerando um pico de ocupação no armazém até que as ordens cheguem no fim de cada mês.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Distribuição da produção	20%	29%	33%	18%
Distribuição das ordens	9%	22%	26%	43%

Tabela 11 - Distribuição percentual das ordens e da produção representadas no modelo

Fonte: Autor.

Para o modelo simulado, o volume mensal de paletes é de aproximadamente 44000, o que traduziria a produção e ordens distribuídas da maneira descrita na tabela 11:

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Paletes produzidos	8800	12760	14520	7920
Paletes vendidos	3960	9680	11440	18920

Tabela 12 - Distribuição em paletes das ordens e da produção representadas

Fonte: Autor, 2015.

Além disso, o negócio trabalha com um estoque de segurança de aproximadamente 8 dias, o que significa:

$$\text{Estoque de segurança} = \frac{\text{Paletes vendidos}}{\text{Dias do mês}} \times \text{Dias (estoque de segurança)} \quad (7)$$

$$\text{Estoque de segurança} = \frac{44000}{30} \times 8 = 11733 \text{ paletes}$$

Assim, inicia-se o mês com 11733 pallets em armazém.

A ocupação do armazém é, então, representada pelo gráfico da figura 30.

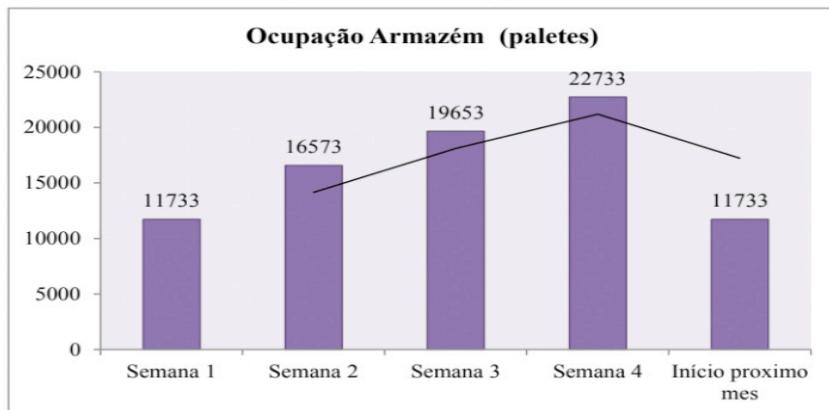


Figura 24 - Gráfico de representação de ocupação do armazém

Fonte: Autor.

Os operadores de empilhadeira têm utilização muito baixa nas primeiras semanas, e são de fato bem utilizados na semana de pico de demanda, para mover materiais dos armazéns para os caminhões, conforme é indicado na figura 25, que mostra o número de vezes que cada recurso é utilizado, apresentando



Figura 25 - Gráfico de utilização dos recursos logísticos

Fonte: Gráfico extraído do modelo desenvolvido no Promodel®, 2015.

Assim, os resultados demonstrados acima refletem as perdas associadas à concentração temporal de demanda: o pico de ordens na última semana do mês faz com que, exista uma capacidade ociosa dos recursos contratados nas primeiras semanas do mês, e, associada a uma estratégia de produção empurrada, também se observa uma ociosidade das linhas de manufatura, dimensionadas para atender o pico de produção, além de se exigir uma disponibilidade de armazenagem que chega a ser o dobro do utilizado na primeira semana quando atinge seu pico, o que representa custo adicional de armazenagem e inventário.

## 2 | O CUSTO LOGÍSTICO DO PICO DE DEMANDA NO FINAL DO MÊS

Para entender o custo da composição da cadeia produtiva e logística, são calculados os custos logísticos e operacionais. Assim, a estrutura de custos pode ser dividida da seguinte maneira:

- custo logístico: custos de transportes, armazenagem de inventário, recursos logísticos de movimentação e hora extra dos recursos para embarques e transferências de paletes;
- custos operacionais: serão baseados puramente no custo dos recursos operacionais, ou seja, pessoas contratadas para operação dos equipamento na cadeia produtiva. Serão desconsiderados os custos de utilidades (energia elétrica, por exemplo) e custos fixos da fábrica.

### 2.1 Custo logístico com pico de demanda no fim do mês

Nota-se que o custo de armazenagem no fim do mês, ou seja, após a terceira semana, é puramente o reflexo do acúmulo de inventário para suprir as ordens do pico. Além disso, os recursos são utilizados em horas extras nesta última semana, para chegar à capacidade logística. Estes dois pontos podem ser traduzidos em custo através da base de

cálculo demonstrada no apêndice A. Considerando-se na equação (2), a quantidade média de paletes produzidos no mês, ou seja, 44000 paletes, têm-se:

$$\text{Custo total armazenagem externa} = 24,131 * X \quad (2)$$

$$\text{Custo total armazenagem externa} = 24,131 * 44000 = \text{R\$}1061764 \text{ por mês}$$

## 2.2 Custo de transportes

No cenário originalmente observado, a fábrica conta com 7 caminhões contratados em frota dedicada para atender às transferências de produtos para clientes e para outros centros de distribuição. Atendendo ao pico de 43% na última semana, 3153 paletes são embarcados por dia na última semana do mês, com uma média de 6 viagens por caminhão por dia. Assim, o custo anual de transportes é de R\$2,184 milhões, desconsiderando ocorrências pontuais de caminhões adicionais que são pedidos em meses em que o pico chega a 48% ou 50% na última semana do mês.

Porém, conforme é demonstrado no gráfico da figura 26, a utilização dos modais de transportes contratados é muito baixa nas primeiras semanas de cada mês, sendo observadas ineficiências na negociação com as transportadoras, para contratação de recursos com maior concentração na última semana ou ainda, em se contratando caminhões pontuais na última semana, quando se paga por viagem ao invés de se manter em frota dedicada.

## 2.3 Custo operacional da fábrica

A tabela 13 abaixo mostra as capacidades para a qual cada linha está dimensionada e pode ser comparada à tabela 14, que indica a quantidade de caixas por dia a ser atendida a cada semana na distribuição atribuída pelo modelo na empresa estudada. Na tabela 13, são considerados 3 turnos de produção em todas as linhas e 25 dias produtivos no mês.

<u>Linha de produção</u>	<u>Pessoas/turno</u>	<u>Vazão (ton/h)</u>	<u>Capacidade produção (caixas/mês)</u>	<u>Custo pessoas (BRL/ano)</u>	<u>Capacidade dimensionada (caixas/dia)</u>	<u>Capacidade total (caixas/dia) máx.</u>
Torre	10	27 a 47	2220000	2400000	88800	88800
Embalagem 1	8	8,4	1008000	1680000	40320	122400
Embalagem 3	8	8,7	1044000	1680000	41760	
Embalagem 5	8	8,4	1008000	1680000	40320	114720
Paletização 1	1	9,1	1092000	210000	43680	
Paletização 2	1	8,5	996000	210000	39840	
Paletização 3	5	6,3	756000	1050000	30240	

Tabela 13 - Capacidades das linhas de produção instaladas na fábrica em estudo

Fonte: Autor.

	Produção pico	Produção semana 1- 20%	Produção semana 2- 29%	Produção semana 3 - 33%	Produção semana 4 - 18%
Caixas/dia	113520	52800	76560	87120	47520

Tabela 14 - Demanda diária a ser atendida na distribuição de produção adotada pela empresa

Fonte: Autor.

Assim, considerando os dados apresentados na descrição da empresa estudada, chega-se a um custo operacional total de 8,9MMBRL, conforme indica a tabela 15

<u>Linha de produção</u>	<u>Turnos</u>	<u>Pessoas/turno</u>	<u>Custo pessoas (MBRL/ano)</u>	<u>Capacidade dimensionada (caixas/dia)</u>	<u>Capacidade total</u>
Torre	3	10	2400	88800	88800
Embalagem 1	3	8	1680	40320	122400
Embalagem 3	3	8	1680	41760	
Embalagem 5	3	8	1680	40320	
Paletização 1	3	1	210	43680	113760
Paletização 2	3	1	210	39840	
Paletização 3	3	5	1050	30240	
Total	3	41	8910		

Tabela 15 - Composição do custo operacional e capacidade de produção

Fonte: Autor.

Também é possível observar que a capacidade de produção total, considerando o gargalo de produção, que é a torre de fabricação é de 88800 caixas, ou seja, o dobro da quantidade requerida semana a semana, o que justifica as utilizações de capacidade menores que 100%. Porém, a variação da utilização de capacidade, chegando-se a valores mais altos nas últimas semanas está relacionada à produção de ordens para acúmulo de inventário, em preparo ao pico de demanda no fim do mês.

O custo logístico anual é a soma do custo mensal calculado com base nos custos de armazenagem do item 4.2.1, ao longo do ano ou seja, a soma do custo mensal de R\$1,061 milhão, que totaliza R\$12,7 milhões.

Associando o fenômeno de demanda concentrada no final do mês e as capacidades sobredimensionadas, esta fábrica mostra uma estrutura de custo total de 23,8MMBRL ao ano, com custo total de pessoas de 8,9MMBRL, para uma produção push, e um custo de armazenagem e logística total de 12,7MMBR, e transportes de 2,2MMBRL.

Antes de se atribuir todo este custo ao pico de demanda no fim do mês, é preciso entender se estes custos poderiam ser eliminados, tendo-se uma distribuição de demanda constante ao longo das semanas e também se isolando outras fontes de perdas no sistema.

Assim, dois fatores importantes são levados em consideração: o priimeiro é que é preciso avaliar o cenário de produção com as atuais capacidades dimensionadas, e com a mesma estratégia de planejamento logístico, sem a variação de demanda com um pico no final do mês. O segundo é que foi identificado que todos os equipamentos estavam operando na capacidade máxima instalada, e em três turnos. Ou seja, também é preciso avaliar se há oportunidades de melhor dimensionamento da capacidade com o pico de demanda no fim do mês. As utilizações de capacidade em torno de 50% indicam que existe oportunidade de redução do quadro de recursos contratados, e consequentemente, na capacidade total da cadeia. Ou seja, será isolado o custo por erros de gerenciamento de capacidade, pois ainda com o pico no fim do mês, é possível dimensionar melhor a capacidade da cadeia, reduzindo-se os custos totais.

## **2.4 O custo da cadeia empurrada com demanda igualmente distribuída no mês**

O custo logístico de 1.061MBRL ao ano foi calculado para uma cadeia empurrada, com acúmulo de inventário atendendo um pico de 43% da demanda na última semana, e com capacidade dos recursos contratados em seu nível máximo, coincidindo com a capacidade instalada.

Nesta mesma cadeia empurrada, com a capacidade igual à máxima ou instalada, é preciso apresentar qual seria o pico de armazenamento para a condição da demanda distribuída, ou seja, eliminando-se o efeito da concentração de demanda, e mantendo a distribuição da produção. A nova ocupação do armazém com uma distribuição de ordens constante ao longo do mês é representada na tabela 16, dividindo a produção mensal de 44000 paletes em cada semana, e considerando o estoque de segurança de 7 dias ou 11733 paletes.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Distribuição da produção	20%	29%	33%	18%
Paletes produzidos	8800	12760	14520	7920
Distribuição das ordens	25%	25%	25%	25%
Paletes vendidos	11000	11000	11000	11000
Ocupação armazém	11733	9533	11293	14813

Tabela 16 - Distribuição da produção para o modelo sem pico de demanda

Fonte: Autor.

Assim, observa-se na tabela 16 que o pico de armazenagem é movido de 18920, (observado na tabela 12 com pico de 43% das ordens na última semana do mês e produção empurrada) para 14813 sem pico de demanda no fim do mês. Logo, a quantidade de paletes transferidas ao armazém externa diminui. No apêndice B, é detalhada a nova relação de

transferência para armazenagem externa versus a quantidade total produzida, summarizada através da equação (9).

Ao aplicar a quantidade total de epaletes produzidos no mês, ou seja, 44000 paletes na equação 22, chega-se a um custo total logístico em uma cadeia sem pico de demanda no fim do mês.

$$\text{Custo total armazanegem externa} = 14,2 * x \quad (9)$$

$$\text{Custo total armazanegem externa} = 14,2 * 44000 = \text{R\$}624873 \text{ por mês}$$

$$\text{Custo anual armazanegem externa} = 12 * \text{R\$}624876 = \text{R\$}749876 = 7,5\text{MMBRL}$$

A diferença entre o custo de armazenagem externa com concentração de demanda e o custo com demanda constante pode ser atribuída como custo do pico de demanda:

$$\text{Custo armazanagem do pico de demanda} = 12,7\text{MMBRL} - 7,5\text{MMBRL} \quad (10)$$

$$\text{Custo de armazenagem do pico de demanda} = 5,2\text{MMBRL}$$

O custo da concentração de demanda em termos de armazenagem e horas extras de operação logística é a diferença entre R\\$1061764 e R\\$624873, ou seja, representa custo de R\\$436.890/mês, ou R\\$5,2 milhões por ano.

Com a redução do pico aplicada ao modelo no Promodel®, chega-se a necessidade de 5 caminhões dedicados, com perfil de utilização apresentado na figura 33.

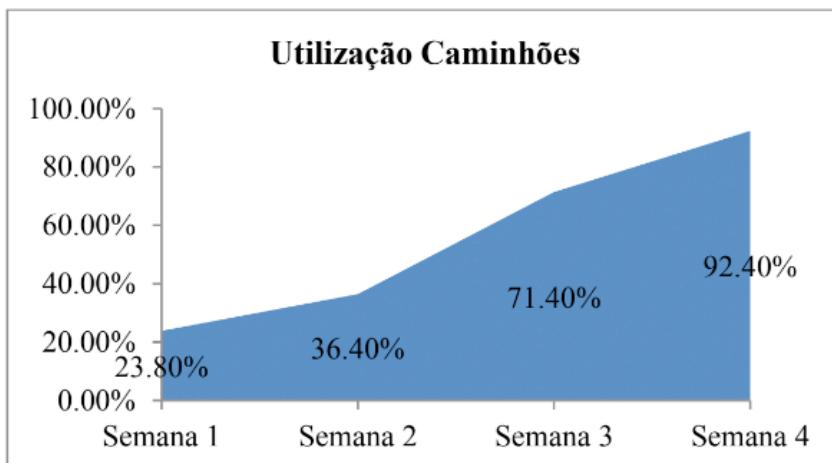


Figura 26 - Utilização da capacidade da frota dedicada sem pico de demanda

Fonte: Autor.

O custo de transportes é reduzido, portanto, para 1,56MMBRL, uma vez que o custo por caminhão contratado é de R\\$312 mil por ano.

### **3 | CUSTOS OPERACIONAIS E PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO: OPORTUNIDADES DE MELHORIA**

Operacionalmente, observam-se perdas e bloqueios da produção por falta de espaço disponível, o que indica que poderia ser proposto um planejamento de produção diferente, em linha com as necessidades de ordens para evitar paradas e baixa utilização de capacidade.

É possível notar, quando analisados isoladamente, que algumas linhas ou equipamentos têm utilização de capacidade caindo pela metade na última semana do mês, devido a estarem por mais tempo como “blocked”, ou seja, bloqueados para enviar as entidades para a sequencia da cadeia. Isso significa que o desenho aplicado para o planejamento da produção gera parada ou perdas de espera na produção uma vez que o armazém se encontra em sua capacidade máxima.

Além disso, alguns equipamentos não chegam a ser utilizados, o que significa que a capacidade dimensionada está muito acima do que é requerido pela demanda na distribuição de demanda apresentada, representando também uma oportunidade de redução de custos. Em média, as embalagens e unidades de paletização são utilizadas a 50% da capacidade, e tem recursos contratados para operar a 100%. Logo, é possível verificar que os custos operacionais dos recursos contratados para atender a capacidade da maneira como a cadeia está dimensionada poderiam ser reduzidos.

Se os equipamentos têm recursos para operar 3 turnos, ou seja, 24 horas, a 100% da capacidade instalada, e são utilizados a 50%, isso significa que se poderia reduzir a equipe operacional à metade, associando a este plano um plano de qualificação bem estruturado. Outra opção seria reduzir o número de horas produtivas, ganhando-se também em custo e utilização de energia elétrica, por exemplo, caso se chegue à viabilidade de retirar um turno produtivo.

Na tabela 17, apresentam-se as capacidades para a cadeia dimensionada com a redução de alguns recursos e turnos, de forma que ainda seja possível atender à demanda com o acúmulo de inventário, com a distribuição de produção igual ao cenário original.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Distribuição da produção	20%	29%	33%	18%
Paletes produzidos	8800	12760	14520	7920

Tabela 17 - Distribuição em paletes da produção representada no modelo

Fonte: Autor.

Convertendo-se a quantidade de paletes produzidas em caixas, para entender qual a demanda diária a ser atendida, temos a quantidade total de caixas por dia, na tabela 18:

	Produção semana 1 - 20%	Produção semana 2 - 29%	Produção semana 3 - 33%	Produção semana 4 - 18%
Caixas/dia	52800	76560	87120	47520

Tabela 18 - Distribuição em caixas da produção representada no modelo.

Fonte: Autor.

E então, dimensionando-se os turnos para atender a esta demanda, conforme a tabela 19, teremos reduções de 1 turno em 5 unidades produtivas, chegando-se a um custo operacional total de 7370MBRL ao ano, e portanto, representa uma oportunidade de redução de 1530MMBRL. Na tabela 19 são considerados 25 dias produtivos em todas as unidades de operação, porém, há variação do número de turnos de trabalho.

<u>Linha de produção</u>	<u>Número linhas</u>	<u>Turnos</u>	<u>Pessoas/turno</u>	<u>Vazão (ton/h)</u>	<u>Custo pessoas (BRL/ano)</u>	<u>Capacidade total (caixas/dia) máx.</u>
Torre	1	3	10	43,0	2400000	103200
Embalagem 1	2	3	8	8,4	1680000	95200
Embalagem 3	2	2	8	8,7	1120000	
Embalagem 5	2	2	8	8,4	1120000	
Paletização 1	2	3	1	9,1	210000	91040
Paletização 2	2	2	1	8,5	140000	
Paletização 3	2	2	5	6,3	700000	

Tabela 19 - Dimensionamento das linhas de produção com redução de ociosidade

Fonte: Autor.

Assim, as perdas na cadeia apresentada originalmente resumem-se a:

- a) armazenamento e custo de horas extras adicionais para recursos logísticos para atender o acúmulo de inventário para a concentração de demanda, totalizando 5,2MMBRL.
- b) custo de transportes de 2,2MMBRL ao ano, enquanto quando não há pico de demanda, este custo é reduzido a 1,56MMBRL, representando uma redução de 0,64MMBRL.
- c) erros de gerenciamento de capacidade, desperdiçando 1,53MMBRL ao ano em equipamentos e recursos operacionais ociosos, que o modelo do Promodel® permitiu identificar, mas que não estão relacionados ao pico de demanda.

Logo, o custo do pico de final de mês nesta fábrica pode ser entendido como a soma da redução de custo logístico e de transportes por conta da eliminação da concentração de demanda, ou os 5,2MMBRL logísticos com os 0,64MMBRL de redução de frota dedicada, somando, portanto, 5,8 milhões de reais, ou 24% da estrutura total de custos, provenientes das oportunidades de redução em transportes e picos de inventário em armazém.

A capacidade com melhorias em utilização de recursos e redução de perdas financeiras, dimensionada para atender o pico de fim de mês, mantendo a estratégia de acúmulo de inventário resulta em um custo de 7,37MMBRL somados a 14,9MMBRL de custos logísticos (12,7MMBRL armazenagem e movimentações e 2,2MMBRL de transportes), eliminando-se a capacidade ociosa, e, portanto esta cadeia custa 22,27MMBRL ao ano atendendo ao pico de 43% das ordens na última semana de cada mês.

Os custos que cada cenário totaliza são sumarizados na tabela 20, indicando um custo 6,4% menor que o cenário original por reduzir recursos de máquinas ociosas, e 31% menor por combinar a eliminação de recursos ociosos com a eliminação do pico de demanda.

Estratégia de planejamento e capacidade da cadeia versus perfil de demanda	Custo Recursos Operacionais	Custo Logístico	Custo de transportes	Custo total
Cadeia com acúmulo de inventário (push) com pico de demanda no fim do mês - capacidade máxima original	R\$8,9 milhões	R\$12,7 milhões	R\$2,2 milhões	R\$23,8 milhões
Cadeia com acúmulo de inventário (push) com pico de demanda no fim do mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$7,37 milhões	R\$ 12,7 milhões	R\$2,2 milhões	R\$22,27 milhões
Cadeia com acúmulo de inventário (push) sem pico de demanda no fim do mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$7,37 milhões	R\$ 7,5 milhões	R\$1,56 milhão	R\$16,43 milhões

Tabela 20 - Sumário dos resultados de custo para diferentes estratégias de planejamento

Fonte: Autor.

#### 4 | CUSTOS DE UMA CADEIA COM PRODUÇÃO PUXADA

A maior oportunidade observada é a de sincronismo das ordens e sua distribuição com a capacidade produtiva, e atingir este sincronismo pode requerer um tratamento diferenciado na contratação e flexibilização de recursos, evitando-se o custo de concentração de demanda com operações logísticas e armazenagem. Este último item se aplica também para a contratação de recursos logísticos e caminhões, que são serviços terceirizados, e, portanto, podem oferecer maior flexibilização na contratação de acordo com a demanda de cada semana.

Assim, a operação apresentada, dimensionada para operar em três turnos com planejamento de produção empurrada (produzindo 20% do volume total na primeira semana, 29% na segunda semana, 33% do volume mensal na terceira semana e 18% na última semana do mês) será comparada a uma operação puxada, pronta para atender o pico de demanda por capacidade, e também a uma operação onde não há concentração de demanda, comparando os custos e utilização de capacidade para cada alternativa.

Considerando-se a hipótese de dimensionar uma produção puxada, a produção deveria estar dimensionada para atender o pico na terceira semana.

#### 4.1 Custo de uma operação puxada com concentração de demanda

Para uma operação com produção puxada, ou seja, que só aciona as unidades de manufatura quando entra uma ordem no sistema, observa-se uma necessidade de capacidade de produção muito maior para atender o pico de demanda, porém, é eliminado o pico de armazenagem. Isso significa que o custo com pessoas e recursos para operação será maior ou o mesmo, porém, o custo logístico será reduzido.

Observa-se então na tabela 20, que a produção passa a ser distribuída no mesmo passo que a demanda, com pico de produção na última semana, produzindo-se a mesma quantidade de paletes que é vendida. A tabela 20 também mostra que o armazém se mantém, desta maneira, com ocupação constante, equivalente ao estoque mínimo.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Distribuição da produção (%)	9	22	26	43
Paletes produzidos	3960	9680	11440	18920
Caixas produzidas/dia	23760	58040	68640	113520
Distribuição das ordens (%)	9	22	26	43
Paletes vendidos	3960	9680	11440	18920
Ocupação armazém	11733	11733	11733	11733

Tabela 21 - Distribuição da produção para modelo com produção puxada

Fonte: Autor.

A tabela 22 apresenta as quanitadwes de turnos necwessárias para cada linha, e a utilização de capacidade a que se chegaria por semwana, com 2w5 dias produtivos por mês.

Linha de produção	Número linhas	Turnos	Pessoas/turno	Vazão (ton./h)	Custo pessoas (BRL/ano)	Capacidade máx (caixas/dia)
Torre	1	3	10	46	2400000	114000
Embalagem 1	2	3	8	8,4	1680000	122400
Embalagem 3	2	3	8	8,7	1680000	
Embalagem 5	2	3	8	8,4	1680000	
Paletização 1	2	3	1	9,1	210000	114720
Paletização 2	2	3	1	8,5	210000	
Paletização 3	2	3	5	6,3	1050000	

Tabela 22 - Dimensionamento da capacidade das linhas para atender ao pico de demanda

Fonte: Autor.

Nesta estratégia de produção puxada, os resultados de utilização de capacidade crescem a cada semana em todas as unidades de produção, conforme apresentado na figura 27. Nas duas primeiras semanas do mês, em que se produzem 9% e 22% do volume total, observa-se uma ociosidade de aproximadamente 80% e 57%, em média, respectivamente. Essa ociosidade se deve ao fato de que para atender a produção na mesma velocidade dos pedidos, a fábrica fica dimensionada para uma capacidade maior, equivalente ao pico da última semana do mês.

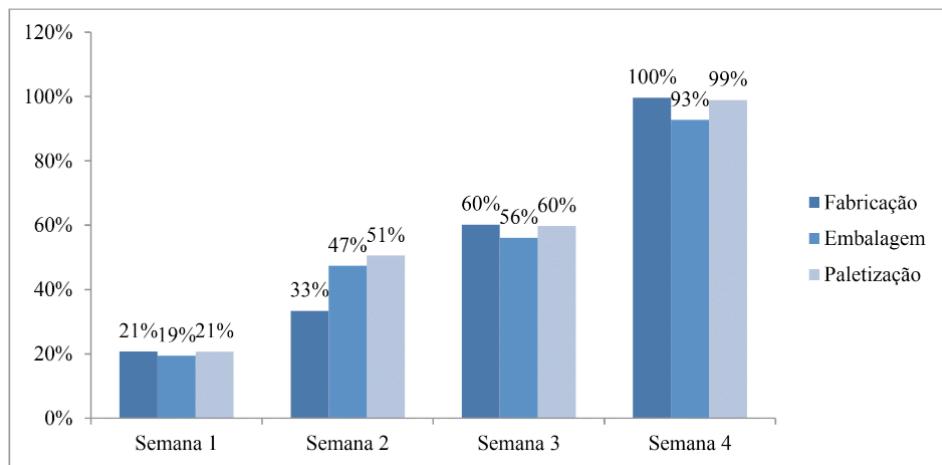


Figura 27 - Gráfico de utilização de capacidade para uma produção puxada

Fonte: Autor.

Para atender a produção em seu pico, são mantidos três turnos em operação com os recursos dimensionados conforme apresenta a tabela 23.

Linha de produção	Turnos	Pessoas/turno	Custo pessoas (MBRL/ano)	Capacidade (caixas/dia)	Capacidade total
Torre	3	10	2400	88800	88800
Embalagem 1	3	8	1680	40320	122400
Embalagem 3	3	8	1680	41760	
Embalagem 5	3	8	1680	40320	
Paletização 1	3	1	210	43680	113760
Paletização 2	3	1	210	39840	
Paletização 3	3	5	1050	30240	
Total	3	41	8910		

Tabela 23 – Dimensionamento de recursos para pico de demanda em produção puxada

Fonte: Autor.

O custo de armazenagem para este cenário pode ser calculado pela equação (2), substituindo-se a quantidade de paletes transferidos ao armazém externo, ou seja, 11733 paletes, chegando a um custo de R\$3,4 milhões.

$$\text{Custo total armazenagem externa} = 24,131 * x \quad (2)$$

$$\text{Custo total armazenagem externa} = 24,131 * 11733 = \text{R\$283129 por mês}$$

$$\text{Custo anual armazenagem externa} = \text{R\$283129 *12} = \text{R\$3397548=R\$3,4 milhões}$$

A contratação de caminhões deve ser mantida em sua capacidade original, uma vez que ainda necessita de caminhões para atender o pico de demanda, ou seja, representará um custo de R\$2,2 milhões.

O custo de um cenário de operação puxada, atendendo ao pico de produção é, portanto equivalente a soma dos custos abaixo:

- a) 8,9MMBRL de pessoas;
- b) 3,4 MMBRL de custos logísticos e armazenagem;
- c) 2,2MMBRL de transportes.

Atender ao pico de demanda sem acúmulo de inventário, ou seja, atendendo às ordens em uma cadeia puxada representa um custo total de 14,5 MMBRL, já mostrando uma redução de 7,77 MMBRL versus o cenário de capacidade ótima para atender o pico de final de mês com cadeia push e acúmulo de inventário; ou 9,3MMBRL versus o cenário originalmente empregado, conforme indica o sumário da tabela 22.

Estratégia de planejamento e capacidade da cadeia versus perfil de demanda	Custo Recursos Operacionais	Custo Logístico	Custo de transportes	Custo total
Cadeia puxada de acordo com a entrada de ordens de clientes com pico de demanda no fim de mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$ 8,9 milhões	R\$ 3,4 milhões	R\$2,2 milhões	R\$ 14,5 milhões

Tabela 24 - Sumário dos resultados de custo para produções por ordens

Fonte: Autor.

## 5 | UMA CADEIA PUXADA SEM CONCENTRAÇÃO DE DEMANDA

Por fim, simula-se a operação com o mesmo volume distribuído igualmente entre cada semana, ou seja, sem pico de demandas. Observa-se que desta maneira é possível dimensionar a operação com recursos para atender a um volume constante e da mesma maneira, os recursos logísticos. Conforme indicado na tabela 23, a distribuição de produção e de demanda seguem iguais para cada semana, com 25% do volume mensal, mantendo a ocupação do armazém constante, dado que tudo que é produzido é enviado ao cliente.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Distribuição da produção (%)	25	25	25	25
Paletes produzidos	11000	11000	11000	11000
Distribuição das ordens (%)	25	25	25	25
Paletes vendidos	11000	11000	11000	11000
Ocupação armazém	11733	11733	11733	11733

Tabela 25 - Distribuição da produção sem concentração de demanda em produção puxada

Fonte: Autor.

A cada semana, são produzidas então 66000 caixas por dia, que deve ser a capacidade dimensionada para atender a demanda distribuída ao longo do mês. A tabela 24 indica a quantidade de linhas, turnos e recursos necessários para atender à demanda diária de 66 mil caixas.

Linha de produção	Número linhas	Turnos	Pessoas/turno	Vazão (ton./h)	Dias produtivos	Custo pessoas (BRL/ano)	Capacidade máxima (caixas/dia)
Torre	1	2	10	46	25	1600000	76000
Embalagem 1	2	1	8	8,4	25	560000	68610
Embalagem 3	2	2	8	8,7	25	1120000	
Embalagem 5	2	2	8	8,4	25	1120000	66400
Paletização 1	2	2	1	9,1	25	140000	
Paletização 2	2	2	1	8,5	25	140000	
Paletização 3	2	1	5	6,3	25	350000	

Tabela 26 - Dimensionamento da produção para atender às ordens sem concentração de demanda

Fonte: Autor..

O custo operacional é, portanto, reduzido para 5,03MMBRL ao ano. O custo logístico novamente pode ser calculado através da equação 2, considerando que a quantidade de paletes transferidos ao armazém externo é de 11733, portanto, chegando-se a um custo total de armazenagem de R\$3,4 milhões.

$$\text{Custo total armazenagem externa} = 24,131 * x \quad (2)$$

$$\text{Custo total armazenagem externa} = 24,131 * 11733 = \text{R\$283129 por mês}$$

$$\text{Custo anual armazenagem externa} = \text{R\$283129} * 12 = \text{R\$33975448} + \text{R\$3,4 milhões}$$

Para o dimensionamento de transportes para atender a demanda fixa diária de 66000 caixas, chega-se à necessidade de 4 caminhões fixos e 6 caminhões contratados pontualmente por viagens na última semana do mês. O perfil de utilização dos caminhões

fixos apresenta-se conforme a figura 35. Observa-se que na última semana, seria necessário uma utilização de 115%, ou seja, necessita-se mais caminhões do que a frota fixa, e por isso consideram-se 6 viagens contratadas pontualmente.

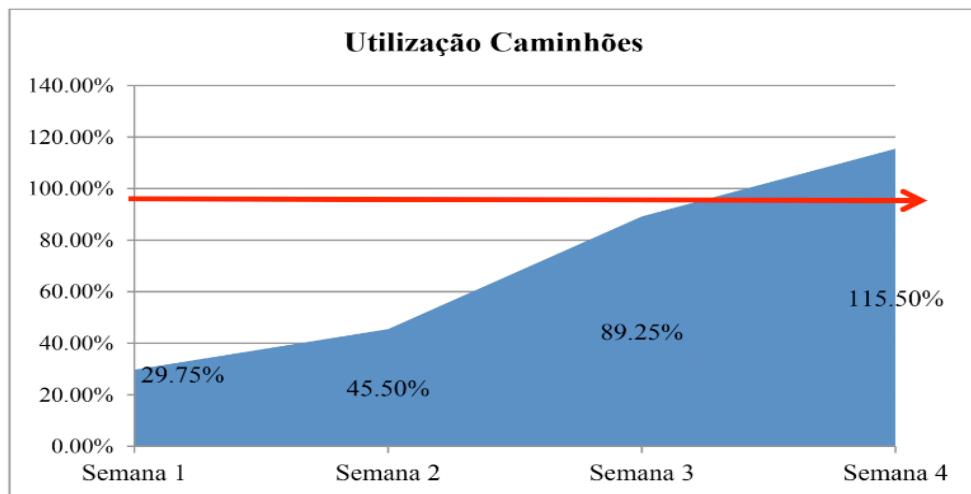


Figura 28 - Utilização da frota para atender a produção puxada sem pico de demanda

Fonte: Autor.

O custo de transportes então para a cadeia puxada com a demanda igualmente distribuída para cada semana do mês totaliza 1,38MMBRL ao ano, dado que cada caminhão fixo tem um custo mensal de R\$312 mil por ano, e cada viagem contratada individualmente tem um custo de R\$1800 reais.

$$\text{Custo total transportes} = \text{custo frota fixa} + \text{custo viagens adicionais} \quad (11)$$

$$\text{Custo anual transportes} = \text{R\$312000} * \text{número caminhões} = \text{número de viagens} * \text{custo viagem} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Custo anual transportes} = \text{R\$312000} * 4 + 6 * \text{R\$1800} * 12 = \text{R\$128000} + \text{R\$129600} = \text{R\$1377600} = \text{R\$1,38 milhão}$$

O custo total do cenário de produção puxada sem pico de demanda é sumarizado na tabela 25, indicando uma soma equivalente a 9,81 milhões, com reduções significantes em custos operacionais, através da redução de ociosidade ao sincronizar produção com demanda, e em custos logísticos, eliminando-se pico de armazenagem e otimizando as viagens dos caminhões contratados.

Estratégia de planejamento e capacidade da cadeia versus perfil de demanda	Custo Recursos Operacionais	Custo Logístico	Custo de transportes	Custo total
Cadeia puxada de acordo com a entrada de ordens de clientes com pico de demanda no fim de mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$ 5,03 milhões	R\$ 3,4 milhões	R\$ 1,38 milhões	R\$ 9,81 milhões

fonte: autor

A eliminação da concentração de demanda levaria a um custo total de 9,81MMBRL, ou seja, mostra uma redução de 13,99MMBRL comparada ao cenário atual aplicado na planta estudada e 12,46MMBRL quando comparada à cadeia sem recursos ociosos ainda com pico de demanda.

## 6 I A PRODUTIVIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO

Uma das medidas importantes para as indústrias é seu índice de produtividade, ou seja, quanto cada recurso contratado é capaz de entregar do volume da indústria. Tendo apresentado as oportunidades de melhoria de gerenciamento da capacidade versus a concentração de demanda, é possível notar que ao se dimensionar uma operação para atender o pico de demanda, têm-se mais recursos contratados, pois a demanda diária no pico é muito alta. O índice de produtividade, portanto, é menor. Já quando se dimensiona uma operação para atender uma demanda igualmente distribuída ao longo das semanas, necessita-se um número menor de recursos em operação, tendo um índice de produtividade maior, e menos ociosidade dos recursos operacionais.

No cenário sem pico de demandas, são contratados 69 recursos, enquanto o cenário com pico de demanda na última semana do mês conta com 123 recursos. A melhora em produtividade ao se reduzir a equipe operacional é de 78% (358 paletes/recurso para 638 paletes/recurso)

Dessa forma, podem ser sumarizados os ganhos em cada um dos cenários avaliados conforme demonstra a tabela 28.

Estratégia de planejamento e capacidade da cadeia versus perfil de demanda	Custo Recursos Operacionais	Custo Logístico e transportes	Custo total	Redução de Custo	Produtividade
Cadeia com acúmulo de inventário (empurrada) com pico de demanda no fim do mês - capacidade máxima original	R\$8,9 milhões	R\$14,9 milhões	R\$23,8 milhões	-	358 paletes/recurso 12878 caixas/recurso
Cadeia com acúmulo de inventário (empurrada) com pico de demanda no fim do mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$7,37 milhões	R\$14,9 milhões	R\$22,27 milhões	R\$1,53 milhão	435 paletes/recurso 15683 caixas/recurso
Cadeia com acúmulo de inventário (empurrada) sem pico de demanda no fim do mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$7,37 milhões	R\$9,06 milhões	R\$16,43 milhões	R\$7,37 milhões	435 paletes/recurso 15683 caixas/recurso
Cadeia puxada de acordo com a entrada de ordens de clientes com pico de demanda no fim de mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$8,9 milhões	R\$5,6 milhões	R\$14,5 milhões	R\$9,30 milhões	358 paletes/recurso 12878 caixas/recurso
Cadeia puxada de acordo com a entrada de ordens de clientes com pico de demanda no fim de mês – capacidade com redução de ociosidade	R\$5,03 milhões	R\$4,78 milhões	R\$9,81 milhões	R\$13,99 milhões	638 paletes/recurso 22956 caixas/recurso

Tabela 28 - Comparação de resultados de diferentes estratégias de produção e perfis de demanda

Fonte: Autor

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

O trabalho permitiu verificar os impactos gerados pelo perfil de demanda com concentração em determinados períodos do mês, entendendo as dificuldades operacionais para gerenciar estas variações e também, o reflexo econômico deste fenômeno.

Da correlação apresentada entre marketing, gerenciamento da produção e colaboração entre empresas, observa-se que o principal fator impulsionador da concentração de demanda no final de cada mês é a política de descontos aplicada pelo time de vendas, pressionado por metas de fechamento. Esta política faz com que as empresas, já preparadas para um pico de ordens no fim de cada período de vendas, gerenciem sua capacidade de forma a atender picos de produção ou manter picos de inventário, ao mesmo tempo em que precisam coordenar os operadores logísticos e recursos contratados de transportes para atender a este crítico período onde as ordens chegam a representar quase a metade das vendas do mês.

A visão teórica apresentada indica que as medidas críticas para qualquer empresa são nível de serviço para com os clientes e o custo gerado ao longo de toda a cadeia. Esta visão é confirmada observando-se como exemplo a empresa estudada: já evitando o efeito chicote, as fábricas que possuem perfil de demanda com concentrações no final de mês (efeito hockey stick), apresentam perdas de utilização de recursos e maquinário instalado e/ou um alto nível de inventário para não gerar impactos nos tempos de respostas com os clientes, oferecendo flexibilidade e serviço satisfatório a um custo operacional e logístico extremamente alto.

A simulação reproduziu o comportamento das variáveis às mudanças introduzidas a um sistema real, refletido em um modelo, o que possibilitou avaliar diferentes estratégias de gerenciamento de capacidade e planejamento de produção. Foi possível identificar que a indústria estudada apresentava perdas oriundas do gerenciamento de capacidade, que estava sobre dimensionada, gerando ociosidade dos recursos e uma oportunidade de redução de custos de 1,56 milhões de reais.

Ao avaliar o efeito da concentração de demanda no fim do mês, conclui-se que o pico de demanda em uma semana específica traz complicações de gerenciamento de capacidade, pois apesar de se ter um alto nível de ociosidade nas primeiras semanas do mês, não é possível se desfazer dos recursos e equipamentos ociosos a fim de reduzir custos, dadas as complexidades de recursos humanos, que não permitem desligar e contratar pessoas cada vez que a demanda sofre variações. Da mesma maneira, é preciso contratar um mínimo de recursos acordados com o agente logístico e transportadores, para garantir o atendimento da demanda em seu pico. O custo de armazenagem por conta da concentração de demanda é de 5,2 milhões de reais, e o custo de transportes para atender o pico representa uma perda de 624 mil reais ao ano, totalizando uma oportunidade de 5,8 milhões de reais ao ano.

Porém, é observado que quando é alterada a estratégia de planejamento de produção de uma produção que empurra o inventário até a chegada das ordens para aquela que produz de acordo com a entrada de ordens no sistema, ou seja, quando se altera um sistema de produção impurrada para um de produção puxada, há ganhos significativos ainda que exista a concentração de demanda. Neste caso, chega-se a uma redução de custo de 7,77 milhões de reais ao ano, já se considerando a eliminação de perdas por sobre dimensionamento dos recursos.

Foi possível concluir que os custos sem o pico de demanda são significativamente menores, chegando a uma redução de 12,5 milhões de reais ao ano, se aplicada uma cadeia puxada, e tendo se conseguido uma distribuição igualitária da demanda em todas as semanas, porém não é possível chegar a um cenário como este, pois os clientes mantêm de certa forma o perfil do mercado que atendem. Entendendo os motivos por trás destes acúmulos, observamos que a questão do preço, oriunda do poder de barganha dos vendedores, como apresentado no survey, é o principal causador deste acúmulo de ordens para o final do mês. Assim, é preciso entender a política de descontos e os reais benefícios da mesma para o negócio.

Através dos aspectos apresentados neste estudo, observa-se que a mesma política de descontos aplicada para atingir metas ao fim de cada mês de vendas, é a política que gera perdas e afeta o sincronismo da cadeia produtiva. Quando se leva em consideração o custo por trás de cada desconto concedido, que chega a ser até 15% do preço de venda no fim do mês, conclui-se que este fenômeno é uma perda financeira significativa. É claro que nem toda a concentração de demanda está relacionada à política de descontos: os fatores causadores dos picos de demanda no final de cada mês são também atribuídos às questões de perfil de mercado e a estratégia de inventário e planejamento adotada.

Assim, o ideal é que seja aplicada uma estratégia de produção puxada, que apresenta menos perdas e que se consiga de alguma forma, amenizar o pico de demanda. Ainda que a distribuição apresente uma concentração um pouco maior na última semana do mês, utilizando a política de descontos em favor da empresa é possível mover algumas ordens para outros períodos do mês, por exemplo, oferecendo descontos em diferentes períodos a diferentes clientes. Isso pode reduzir os custos logísticos, chegando-se a uma produção híbrida, com certo acúmulo de inventário, mas que em parte de cada mês, produz de acordo com as ordens, com custos menores.

Observando-se os cenários apresentados, foi possível avaliar diferentes métodos de planejamento e que em alguns casos eles podem amenizar o efeito da concentração de inventário, e consequentemente, oferecer soluções com benefícios financeiros. Aliada a esta estratégia de planejamento, deve existir um gerenciamento de capacidade efetivo, de modo a aperfeiçoar a utilização de capacidade de cada unidade produtiva ao longo da cadeia, e reduzir inventários. Assim, viu-se que uma cadeia puxada, dependente das ordens, oferece soluções mais econômicas e melhor utilização de capacidade do que uma

cadeia empurrada, que acumula inventário.

Oportunidades bastante viáveis que não impactam negativamente custos operacionais e nem inventários são o gerenciamento de capacidade de forma sincronizada com a demanda, de forma que seja possível atender ao pico de demanda diária, quando esta é reduzido através de uma antecipação e consequente redução do pico de demanda. Assim, é possível manter uma equipe operacional que atenda a demanda diária e com menor ociosidade, ao mesmo tempo em que entregar as ordens pedidas pelo cliente. E dentro deste cenário podem ser explorados oportunidades de incremento em produtividade com bancos de hora, ou fluxos entre tecnologias dependentes de qualificações.

Ainda, avaliando-se os custos, observa-se uma oportunidade na negociação, pois cada desconto é uma perda para a companhia e é preciso encontrar o balanço entre os descontos e as perdas geradas na cadeia, e também há oportunidades de negociação com empresas logísticas e transportadores por perfil de ordens ao invés de capacidades de fretes dedicados.

Futuramente, podem ser estudados modelos específicos de coordenação entre empresas que prestam serviços logísticos e transportadoras a fim de identificar contratos que negociem atendendo às variações e concentrações de demanda, sem que seja necessário pagar por recursos que fiquem ociosos durante determinados períodos do mês, ao mesmo tempo em que é oferecida flexibilidade e rápida resposta às variações das ordens.

## REFERÊNCIAS

- AILAWADI, K. L.; FARRIS, P. W.; SHAMES, E. Trade Promotion: Essential to Selling Through Resellers. **Sloan Management Review**, [S.I.], v. 41, n.1, p. 83–92, 1999.
- AKÇAY, Y; XU, S.H. Joint inventory replenishment and component allocation optimization in an assemble-to-order system. **Management Science**, Maryland, v. 50, n.1, p. 99-116, 2004.
- ARNOLD, T. J. R.; CHAPMAN, S. N. **Introduction to Material Management**. 5<sup>o</sup>ed. Boston: Prentice Hall, 2003.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos** : logística empresarial . 5.<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2006.
- BANKS, J; CARSON, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete event Simulation**. New Jersey: Prentice Hall, 2005.
- BERTRAND, J.W.M e FRANSOO, J.C. Operations Management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations and Production Management**. [S.I.], v.22, n.2, p.241-264, 2002.
- BISH, E. MURIEL, A. e BILLER, S. Managing Flexible Capacity in a Make-to-Order Environment. **Management Science**, [S.I.], v. 51, n.2, p. 167-180, 2005.
- BRADFORD, Kevin D.; WEITZ, Barton; Salespersons' Management of Conflict in Buyer-Seller Relationships. **Journal of Personal Selling and Sales Management**, [S.I.], v. 29, n.1, p. 25-42, 2009.
- BRADLEY, J.R; ARNTZEN, B.C. The simultaneous planning of production, capacity and inventory in seasonal demand environments. **Operations Research**, Reino Unido, v.47, n.6, p.795-806, 1999.
- CACHON, G., LARIVIERE, M. Turning the supply chain into a revenue chain. **Harvard Business Review**. [S.I.], v. 20-21. Março, 2001.
- CHANDON, P; WANSINK, B. LAURENT, G. A benefit congruency framework of sales promotions effectiveness. **Journal of Marketing**, [S.I.], v. 64, Outubro, p. 65-81. 2002.
- CHENG, F.; ETTL, M; LIN, G. Inventory service optimization in configure to order systems. **Manufacturing and Service Operations Management**, Maryland, v.4, p.114-132, 2002.
- CHOW, G.; HEAVER, T.D.; HENRIKSSON, L.E. Logistics Performance: definition and measurement. **International Journal of Physical Distribution of Logistics Management**. [S.I.], v. 24, 1994.
- COELHO L. C.; FOLLMANN N.; RODRIGUEZ C. M. T. **O impacto do compartilhamento de informações na redução do efeito na cadeia de abastecimento**. [S.I.] Gestão e Produção, v. 16, n. 4, p. 571-583. Dezembro, 2009.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FORRESTER, Jay W. Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. **Havard Business Review**, Boston, v.38, n.July-Aug., p.37-66, 1958.

FORRESTER, Jay W. **Industrial Dynamics**. Waltham: Pegasus Publications, 1961.

FORRESTER, Jay W. Information sources for modeling the national economy. **Journal of the American Statistical Association**, [S.I.], v.75, n.371, p. 555-574, 1980.

FORRESTER, Jay W. System Dynamics– the next fifty years. **System Dynamics Review** Chichester, v.23, n.2-3, p.359-370, Summer/Fall 2007.

FUGATE, B.; SAHIN, F.; MENTZER, J. T. Supply Chain Management Coordination Mechanisms. **Journal of Business Logistics**, [S.I.], v. 27, n. 2, p. 129–161, 2006.

GIBSON, B.; MENTZER, J.; COOK, R. Supply chain management: the pursuit of a consensus definition. **Journal of Business Logistics**, Lombard, v.26, n.2, p.17-25, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HARDIE, B. Who Benefits from Price Promotions? **Business Strategy Review**, Oxford, v.7, n.4, p.41-48, 1996.

HARRELL, C; TUMAY, K. **Simulation made easy**. Canada: IIE Solutions, 1997.

HARRELL, C; GHOSH, B.K; BAWDEN, R. **Simulation using ProModel**, 2a ed. Londres: McGraw-Hill, 2004.

HARRISON, J.R et. al. Simulation modeling in organizational and management research. **Academy of Management Review**, [S.I.], v. 32, n.4, p. 1229-1245, 2007.

HERTZ, Susanne. Supply chain myopia and overlapping supply chains. **Journal of Business & Industrial Marketing**, Bingley, v.21, n.4, p.208-217, 2006.

HOUAIS, A.; VILLAR, M.S. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

IBM Institute. New Rules to a new decade. **IBM for business Value: Operations Research**, Somers: Dezembro, 2010.

King, Martin Luther. Nova Iorque. 1962.

LABAN NETO, Silvio Abrahão. **Relacionamentos no canal de distribuição de alimentos no Brasil: uma investigação exploratória**. 2004. 176f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2004.

LAMBERT, D. L.; COOPER, M. Issues in Supply Chain Management. **Industrial Market Management**, [S.I.] v. 29, p. 65-83, 2000.

LAW, A.M; KELTON, W.D. **Simulation Modeling and Analysis**, 3<sup>a</sup> ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

LEE, H. Aligning supply chain strategies with product uncertainties. **California Management Review**, Berkeley, v.44, n.3, p.105-119, 2002.

LEE, H.;PADMANABHAN, V. e WHANG, S. Information Distortion in Supply Chain: The Bullwhip Effect. **Management Science**, Hanover, v.43, n.4, p.546-558, 1997.

MALONE, T. W., CROWSTON K.; HERMAN, G. **Organizing Business Knowledge**: The MIT Process Handbook. 2003.

MARUCHECK, Ann; MCCLELLAND, Marilyn. Planning Capacity Utilization in an Assemble-to-Order Environment. **International Journal of Operations & Production Management**, [S.I.], v. 12, n. 9, p. 18-38, 1992.

MARUCHECK, A. S.; MCCLELLAND, M. K. Strategic issues in make-to-order manufacturing. **Production and inventory management journal**, Chicago, v.27, n.2, p.82-96, 1986.

MASSOTE, A. A. **Algoritmos de tecnologia de grupo para projetos de células de manufatura**, São Paulo: Exacta, v. 4, p. 31-44, 2006.

NAZÁRIO, Paulo. Administração do Transporte. In: LOGÍSTICA EMPRESARIAL: A PERSPECTIVA BRASILEIRA. **Administração do Transporte**. São Paulo: Atlas, 2000.

NYAGA, Gilbert et. al. The Impact of Demand Uncertainty and Configuration Capacity on Customer Service Performance in a Configure-to-order System. **Journal of Business Logistics**, [S.I.], v.28, n.2, p.83-96, 2007.

PARENTE, D. H. et al. Marketing and supply chain management: a collaborative research agenda. **Journal of Business & Industrial Marketing**, [S.I.], v.23, n.8, p.520-528, 2008.

PIERCE, A.; ALMQUIST, E. Don't Let Your Brand Falter During a Downturn. **Harvard Management Update**, Boston, v.6, n.8, p.10. 2001.

PORTER, Michael E. **Competitive advantage**. 2.<sup>a</sup> ed. New York: Free Press, 1998.

POWERS, Thomas; CLOSS, David J. An examination of the effects of trade incentives on logistical performance in a consumer products distribution channel. **Journal of Business Logistics**, [S.I.], v.8, n.2, p.1-28, 1987.

PRADO, D. **Usando o Arena em Simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

PRITSKER, A.A.B. **Introduction to Simulation and SLAM-II**. 3<sup>a</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1986.

RICHARDSON, G. P.; PUGH III, A. L.. **Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo**. Portland, OR: Productivity Press, 1981

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAHIN, F. e ROBINSON, E. P. Flow coordination and information sharing in supply chains: Review, implications and directions for future researches. **Decision Sciences**, [S.I.], v. 33, n. 4, 2002.

SARGENT, R.G. Verification validation, and accreditation of simulation models. In: PROCEEDINGS OF THE WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2000, Orlando. **Verification validation, and accreditation of simulation models**, IEEE, Dezembro, 2000, p.50-59.

SHANNON, Robert E. Introduction to the art and science of simulation. In: PROCEEDINGS OF THE WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1998, Texas. **Introduction to the art and science of simulation**, Texas A&M University, 1998, p.1-7.

SHAPIRO, J.F. **Modeling the supply chain**. Dusbury: Pacific Grove, 2001.

SHAPIRO, C.; VARIAN, H. **A Economia da Informação:** como os princípios econômicos se aplicam à era da Internet. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

SLACK, Nigel; CHAMBERS; JOHNSTON. **Administração da produção e operações**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, Nigel et. al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

STERMAN, John. **Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World**. Columbus: Irwin McGraw-Hill, 2000.

STERMAN, John. System Dynamics Modeling: Tools for Learning in a Complex World. **California Management Review**. Berkeley, v.43, n.4, p.8-25, Summer 2001.

TAYLOR, D.; TERHUNE, A. **Doing E-Business:** Strategies for Thriving in an Electronic Marketplace. Hoboken: John Wiley & Sons, 2000.

TOLEDO, G.; PROENÇA, M. C.; MELLO JR., S. Política de preços e diferencial competitivo: um estudo de casos múltiplos na indústria de varejo. **Revista de Gestão USP**, São Paulo, v.41, n.3, p.324-338, jul./ago./set. 2006.

TORRES, O.; VILLEGAS MORÀN, F. **Operational and Behavioral Causes of Supply Chain Instability in The Bullwhip Effect in Supply Chains**. Hampshire - England: Palgrave McMillan, 2006, p.272.

VASHI, V.; BIENSTOCK, C.; MENTZER, J. The use of response surface methodology to optimize logistics simulation models. **Journal of Business Logistics**, Lombard, v.14, n.2, p. 197-225, 1995.

WONG, C. JOHANSEN, J. e HVOLBY, H.-H. **Supply chain coordination problems:** literature review. 23 p. Aalborg: Aalborg University, 2004.

YANG, K. K.; RUBEN, R.A.; WEBSTER, S. Managing vendor inventory in a Dual Level Distribution System. **Journal of Business Logistics**, [S.I.], v. 24, n.2, p.91-105, 2003.

# APÊNDICE A: CUSTO DE ARMAZENAGEM PARA DEMANDA CONCENTRADA

## a) Armazenagem:

Através dos dados históricos apresentados na tabela 2, a análise estatística de regressão linear (método ANOVA) permitiu medir o coeficiente de paletes armazenados na composição do preço total de armazenagem externa, chegando a um valor de R\$15,27 por palete mantido neste armazém externo.

---

### *Regression Statistics*

Multiple R	0,998020819
R Square	0,996045556
Adjusted R Square	0,995686061
Observations	13

---

	<b>Coefficients</b>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Inventário pico Armazém Externo (posições paleta)	<b>15,27359616</b>	0,290167048	52,63725	1,43247E-14

Tabela 29 - Resultados da regressão linear para custos de armazenagem

Fonte: Autor.

## b) Movimentação

O mesmo tratamento estatístico utilizado no item anterior foi aplicado para movimentação, medindo o coeficiente entre o valor total do custo de armazenagem externa e o número de paletes transferidos, e consequentemente, embarcados a clientes. Assim, chegou-se a um coeficiente de R\$17,05 por paleta transferido ao armazém externo.

---

### *Regression Statistics*

Multiple R	0,971017217
R Square	0,942874436
Adjusted R Square	0,938113972

	<b>Coefficients</b>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Transferencias	<b>17,04577444</b>	1,211196016	14,07350603	8,03907E-09

Tabela 30 - Resultado a regressão para custo de movimentação de paletes transferidos.

Fonte: Autor.

c) Valor agregado do inventário

Para medir o valor pago como “*advalorem*”, ou seja, o valor agregado do inventário mantido no armazém externo, foram utilizados os dados históricos, através da regressão utilizando o método ANOVA, observando-se uma relação muito constante, com coeficiente de R\$5,04 por palete armazenado externamente.

<i>Regression Statistics</i>				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Multiple R	1			
R Square	1			
Adjusted R Square	1			
Standard Error	0			
Inventário pico Armazém Externo (paletes)	<b>5,040000</b>	0	65535	1x10- 31

Tabela 31 - Resultado da regressão para valor do inventário.

Fonte: Autor.

d) Hora extra: representa 12,5% da fatura total de armazenagem externa

e) Paletes armazenados externamente: 52% da produção total mensal

f) Relação entre paletes transferidos e embarcados ao armazém externo

Paletes transferidos versus armazenados externamente também obtidos de regressão linear baseada em dados históricos, mostrando que 84% dos paletes transferidos são mantidos no armazém. Esta diferença ocorre porque devido à necessidade de embarques a clientes, em alguns momentos, os paletes são transferidos de um armazém a outro a fim de completar cargas, e não necessariamente para efeitos de armazenagem externa.

<i>Regression Statistics</i>				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Multiple R	0,996853194			
R Square	0,99371629			
Adjusted R Square	0,992145363			
Coefficiente	0,840454703	0,033416516	25,15087724	1,4838E-05

Tabela 32 - Resultado da regressão para relação entre paletes transferidos e armazenados.

Fonte: Autor.

Assim, chega-se à relação de:

$$\text{Paletes transferidos} = \frac{1}{0,84} \text{ paletes armazenados}$$

$$\text{Paletes armazenados} = 52\% * \text{paletes produzidos}$$

Considerando-se x a quantidades de paletes produzidos no mês, e substituindo:

$$\text{Paletes armazenados} = 52\% * x$$

$$\text{Paletes transferidos} = \frac{1}{0,84} : * 52\% * x = 0,619 * x$$

Chega-se à relação final entre paletes transferidos para armazenagem externa e paletes produzidos (x) de:

$$\text{Paletes transferidos} = 0,619 * x \quad (1)$$

Calculando-se o custo total de armazenagem externa:

$$\text{Custo armazenagem externa} = \text{custo armazenagem} = \text{custo movimentação} + \text{custo hora extra} + \text{custo valor inventário} \quad (2)$$

Para cada subitem que compõe o custo de armazenagem externa, são definidas as equações abaixo:

a) Custo de Armazenagem, com base na tabela 29.

$$\text{Custo armazenagem} = 15,27 * \text{paletes armazenados}$$

$$\text{Custo armazenagem} = 15,27 * 52\% * x$$

$$\text{Custo de armazenagem} = 7,94 * x \quad (3)$$

b) Custo de movimentação, com base na tabela 30.

$$\text{Custo movimentação} = 17,05 * \text{paletes transferidos}$$

$$\text{Custo movimentação} = 17,05 * 0,619 * x$$

$$\text{Custo movimentação} = 10,554 * x \quad (4)$$

c) Custo do inventário: com base na tabela 31.

$$\text{Custo valor inventário} = 5,04 * \text{paletes armazenados}$$

$$\text{Custo valor inventário} = 5,04 * 52\% * x$$

$$\text{Custo valor inventário} = 2,62 * x \quad (5)$$

d) Custo da hora extra:

$$Custo\ de\ hora\ extra = \frac{custo\ hora\ extra}{custo\ total\ armazenagem\ externa} = 0,125$$

$$\frac{custo\ hora\ extra}{custo\ movimentação + custo\ valor\ inventário + custo\ armazenagem + custo\ hora\ extra} = 0,125$$

$$0,875 * custo\ hora\ extra = 0,125 * (custo\ movimentação + custo\ armazenagem + custo\ valor\ inventário)$$

$$7 * custo\ hora\ extra = (custo\ movimentação + custo\ armazenagem + valor\ inventário)$$

$$custo\ hora\ extra = 0,1429 * (custo\ movimentação + armazenagem + valor\ inventário)$$

$$Custo\ hora\ extra = 0,1429 * (10,554 * x + 7,94 * x 2,62 * x)$$

$$Custo\ hora\ extra = 0,1429 * 21,114 * x$$

$$Custo\ hora\ extra = 3,017 * x \quad (6)$$

Assim, a equação (2), é representada por:

$$Custo\ armazenagem\ externa = 7,94 * x + 10,554 * x + 3,017 * x + 2,62 * x$$

$$\textbf{Custo total amazenagem externa} = 24,131 * x \quad (2)$$

## APÊNDICE B : CUSTO DE ARMAZENAGEM PARA A DEMANDA CONSTANTE

São mantidos os custos por paletes de armazenagem, hora extra e movimentação, porém, a relação da quantidade de paletes transferidos para armazém externa será alterada

a. Armazenagem:

Ainda será considerado o apresentado no apêndice A, R\$15,27 por palete mantido neste armazém externo.

b Movimentação

Será mantido o apresentado no apêndice A, o coeficiente de R\$17,05 por palete transferido ao armazém externo.

c. Valor agregado do inventário

Será considerado o mesmo coeficiente de R\$5,04 por palete armazenado externamente.

d. Hora extra: representa 12,5% da fatura total de armazenagem externa

e. Paletes armazenados externamente: 32% do total produzido

f. Relação entre paletes transferidos e embarcados ao armazém externo

Regression Statistics				
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Multiple R	0,99723913			
R Square	0,99448588			
Adjusted R Square	0,99287954			
Coeficiente	0,9230321	0,0365321	25,15087724	1,4838E-05

Assim, chega-se à relação final de:

$$\text{Paletes transferidos} = \frac{1}{0,92} \text{ paletes armazenados}$$

$$\text{Paletes armazenados} = 32\% * \text{paletes produzidos}$$

Considerando como x a quantidade de paletes produzidos no mês, e substituindo, chega-se a equação  $\text{paletes produzidos mês} = x$

$$\text{Paletes armazenados} = 52\% * x$$

$$\text{Paleta transferido} = \frac{1}{0,92} * 32\% * x = 0,348 * x$$

$$\text{Paletes transferidos} = 0,348 * x \quad (8)$$

Utilizando-se a equação 2, e substituindo-se a relação da equação (8), chega-se a nova relação de custo de armazenagem externa total para uma demanda constante ao longo do mês, conforme indica a equação (9).

$$\begin{aligned} \text{Custo de armazenagem externa} &= \text{custo armazenagem} + \text{custo movimentação} + \\ &\text{custo hora extra} + \text{custo valor inventário} \end{aligned} \quad (2)$$

a) Custo de armazenagem externa :

$$\text{Custo armazenagem} = 15,27 * \text{paletes armazenados}$$

$$\text{Custo armazenagem} = 15,27 * 32\% * x$$

$$\text{Custo armazenagem} = 4,88 * x$$

b) Custo de movimentação:

$$\text{Custo movimentação} = 17,05 * \text{paletes transferidos}$$

$$\text{Custo movimentação} = 17,05 * 0,348 * x$$

$$\text{Custo movimentação} = 5,9334$$

c) Custo do inventário:

$$\text{Custo valor inventário} = 5,04 * \text{paletes armazenados}$$

$$\text{Custo valor inventário} = 5,03 * 32\% * x$$

$$\text{Custo valor inventário} = 1,613 * x \quad (20)$$

d) Custo da hora extra:

$$\text{Custo de hora extra} = \frac{\text{custo hora extra}}{\text{custo total armazenagem externa}} = 0,125$$

$$\frac{\text{custo hora extra}}{\text{custo movimentação} + \text{custo valor inventário} + \text{custo armazenagem} + \text{custo hora extra}} = 0,125$$

$$0,875 * \text{custo hora extra} = 0,125 * (\text{custo movimentação} + \text{custo armazenagem} + \text{custo valor inventário})$$

$$7 * \text{custo hora extra} = (\text{custo movimentação} + \text{custo armazenagem} + \text{valor inventário})$$

*Custo hora extra = (custo movimentação + armazenagem + valor inventário)*

*Custo hora extra = 0,1429 \* (4,88 \* x + 5,9833 \* x + 1,613 \* x)*

*Custo hora extra = 0,1429 \* 12,426 \* x*

*Custo hora extra = 1,7756 \* x*

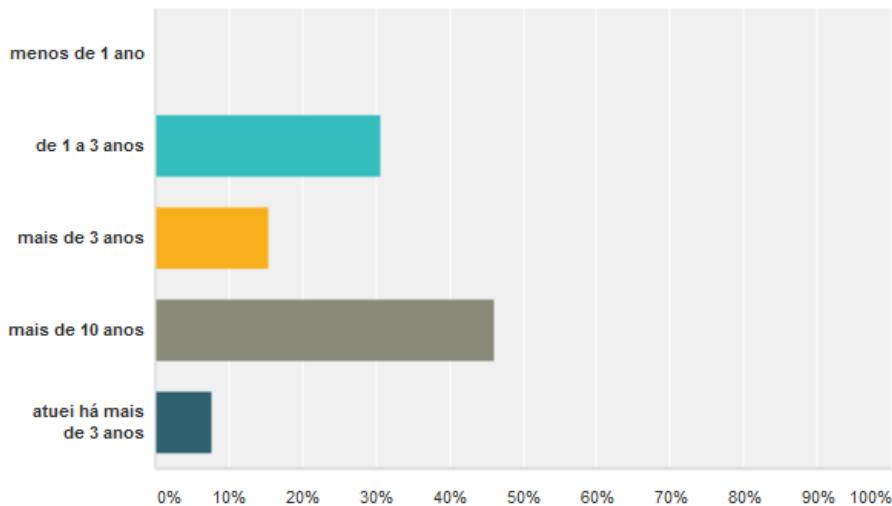
Assim, a equação do custo total para demanda constante fica como a equação (9):

*Custo total armazenagem externa = 4,88 \* x = 5,933 \* x + 1,613 \* x*

***Custo total armazenagem externa = 14,2 \* x*** (9)

## APENDICE C: SURVEY APPLICADO

### Há quanto tempo atua nesta área?



Opções de resposta	Respostas
menos de 1 ano	0,00%
de 1 a 3 anos	30,77%
mais de 3 anos	15,38%
mais de 10 anos	46,15%
atuei há mais de 3 anos	7,69%

Figura 30 - Respostas da Pesquisa na área de bens de consumo (Pergunta 2)

Fonte: Pesquisa elaborada pelo autor.

**Em que período do mês voce sente as vendas mais concentradas?**

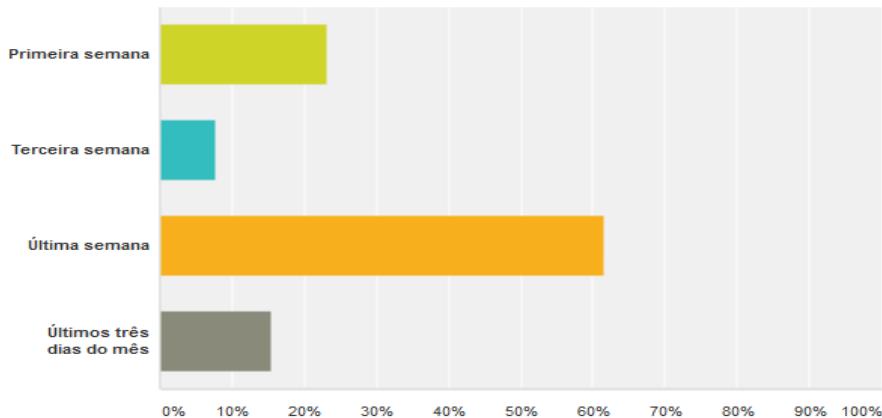


Figura 31 - Respostas da Pesquisa aplicada na área de bens de consumo (Pergunta 3)

**Avalie os fatores abaixo em termos de qual influencia mais a concentração de vendas no fim do mês, comparando com um período três anos atrás..**

	Nao influencia	Influencia razoavelmente	Influencia muito	Influencia Extremamente	Avaliação média
Aumento do número de produtos	46,15%	23,08%	30,77%	0,00%	1,85
Aumento do poder de barganha dos varejistas	0,00%	23,08%	38,46%	38,46%	3,15
Aumento da pressão por metas de iniciativas para marketing	7,69%	15,38%	53,85%	23,08%	2,92
Queda na eficiência da propaganda	23,08%	23,08%	30,77%	23,08%	2,54
Aumento na sensibilidade dos consumidores por preço	7,69%	15,38%	23,08%	53,85%	3,23

Figura 32 - Respostas da Pesquisa na área de bens de consumo (Pergunta 4)

Fonte: Pesquisa elaborada pelo autor.

## APENDICE D: CONSTRUÇÃO DO MODELO NO PROMODEL

As figuras abaixo mostram as entidades, locais e redes de caminho construídas:

Listagem Formatada do Modelo:								
C:\Users\elaineburatin\elaine_2901_MODIFICADO_AJUSTAR_RECURSOS - C\opia.MOD								
<b>Tempo:</b>						Minutos		
<b>Distância:</b>						Metros		
<b>Locais</b>								
Nome	Cap	Unidade	Estatísticas	Regras				
Fabricabô	inf	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Esteirai	200	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Ac_mulo	120	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem1	150	2	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem1.1	150	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem1.2	150	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem3	125	2	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem3.1	125	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem3.2	125	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem5	inf	2	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem5.1	inf	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Embalagem5.2	inf	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Paletizapô01	72	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Paletizapô02	72	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Paletizapô03	36	2	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Paletizapô03.1	36	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Paletizapô03.2	36	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Loci	200	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Warehouse	6000	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Staging	inf	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Cliente	40	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
Entraped	30	1	Série de Tempo	0 Mais Velho,	FIFO, Primeiro			
<b>Entidades</b>								
Nome	Velocidade (mpm)	Estatísticas	Custo					
MP	50	Série de Tempo						
Bag	50	Série de Tempo						
Caixa_PF1	50	Série de Tempo						
Caixa_PF2	50	Série de Tempo						
Caixa_PF3	50	Série de Tempo						
Pallet_PF1	50	Série de Tempo						
Pallet_PF2	50	Série de Tempo						
Pallet_PF3	50	Série de Tempo						
pedido	50	Série de Tempo						

Figura 33 - Relatório do modelo desenvolvido com regras definidas por local

Fonte: Extraído do reporte do modelo desenvolvido no Promodel®

Redes de Caminho								
*								
Nome	Tipo	T/S	De	Para	BI	String	Fator de Velocidade	
REDE1	Não-Passante	Velocidade & Distância	R1	R2	Bi	18.00	1	
			R2	R3	Bi	15.14	1	
			R3	R4	Bi	22.11	1	
			R3	R5	Bi	17.78	1	
			R3	R6	Bi	21.79	1	
			R3	R7	Bi	38.68	1	
			R3	R8	Bi	29.57	1	
			R4	R9	Bi	29.31	1	
			R5	R9	Bi	28.71	1	
			R6	R10	Bi	29.62	1	
			R7	R10	Bi	29.85	1	
			R8	R11	Bi	38.71	1	
			R9	R12	Bi	26.77	1	
			R10	R12	Bi	24.45	1	
			R11	R12	Bi	31.52	1	
			R12	R13	Bi	33.60	1	
			R13	R14	Bi	17.88	1	
			R14	R16	Bi	23.84	1	
Interfaces								
*								
Red	Nº	Local						
REDE1	R1	Fabricabão						
	R2	Estirai						
	R3	Ac-mulo						
	R4	Embalagem1						
	R6	Embalagem3						
	R8	Embalagem5						
	R9	Paletizab001						
	R10	Paletizab002						
	R11	Paletizab003						
	R12	Loc1						
	R13	Warehouse						
	R14	Staging						
Mapeamento								
*								
Red	De	Para	Dest					
REDE1	R3	R2						
	R4	R3						
	R5	R3						
	R6	R3						
	R7	R3						
	R8	R3						
	R9	R5						
	R10	R6						
	R11	R6						
	R12	R9						
	R13	R12						
	R3	R4						
	R9	R4						
	R11	R12						
	R3	R6						
	R12	R10						
	R3	R8						
	R10	R12						
	R12	R11						

Figura 34 - Relatório com apresentação das redes de caminho

Fonte: Extraído do reporte do modelo desenvolvido no Promodel®

Processamento							
		Processo		Roteamento		Regra	Lógica de Movimento
Entidade	Local	Operação	B1	Saída	Destino		
MP	Fabricabôo	SPLIT 1 AS BAG_WAIT 40		1 Bag	Fabricabôo	FIRST 23	
Bag	Fabricabôo			1 Bag	Esteiral	FIRST 1	move for 0.4
Bag	Esteiral			1 Bag	Ác.mulo	FIRST 1	move with operator1 then free
Bag	Ác.mulo			1 Bag	Embalagem1	FIRST 1	MOVE WITH OPERATOR2 THEN FREE
				1 Bag	Embalagem3	FIRST 1	MOVE WITH OPERATOR3 THEN FREE
				1 Bag	Embalagem5	FIRST 1	MOVE WITH OPERATOR4 THEN FREE
Bag	Embalagem1	SPLIT 67 AS CAIXA_PP1 wait 4.37	1	Caixa_PP1	Embalagem1	FIRST 1	
Caixa_PP1	Embalagem1		1	Caixa_PP1	Paletizabôo1	FIRST 1	Move with operator5 then free
Bag	Embalagem3	SPLIT 33 AS CAIXA_PP2 wait 3.9		1 Caixa_PP2	Embalagem3	FIRST 1	
Caixa_PP2	Embalagem3		1	Caixa_PP2	Paletizabôo2	FIRST 1	Move with operator6 then free
Bag	Embalagem5	SPLIT 80 AS CAIXA_PP3 wait 7.9		1 Caixa_PP3	Embalagem5	FIRST 1	
Caixa_PP3	Embalagem5		1	Caixa_PP3	Paletizabôo3	FIRST 1	Move with operator7 then free
Caixa_PP1	Paletizabôo1	combine 42		1 Pallet_PP1	Warehouse	FIRST 1	move with operator8 then free
Caixa_PP2	Paletizabôo2	combine 40		1 Pallet_PP2	Warehouse	FIRST 1	move with operator9 then free
Caixa_PP3	Paletizabôo3	combine 36		1 Pallet_PP3	Warehouse	FIRST 1	move with operator9 then free
Pallet_PP1	Warehouse			1 Pallet_PP1	Staging	JOIN 1	move with operator10 then free
Pallet_PP2	Warehouse			1 Pallet_PP2	Staging	JOIN 1	move with operator10 then free
Pallet_PP3	Warehouse			1 Pallet_PP3	Staging	JOIN 1	move with operator10 then free
pedido	Entraped			1 pedido	Staging	FIRST 1	
pedido	Staging	# get caminhao join 15 Pallet_PP1 inc var1 join 10 Pallet_PP2 inc var2 join 21 Pallet_PP3 inc var3 # wait 240 # free caminhao		1 pedido	Cliente	FIRST 1	move
pedido	Cliente	wait 40	1	pedido	EXIT	FIRST 1	move
Chegadas							
Entidade	Local	Quantidade	Primeira Uvez	Ocorrências	Freq&Oacute;nica	Lógica	
MP	Fabricabôo	23		inf	40		
pedido	Entraped	1		40	240		
Variáveis (globais)							
None	Tipo	Valor Inicial	Estatísticas				
var1	Inteiro	0	Série de Tempo				
var2	Inteiro	0	Série de Tempo				
var3	Inteiro	0	Série de Tempo				

Figura 35 - Relatório com definições do processo modelado

Fonte: Extraído do reporte do modelo desenvolvido no Promodel®

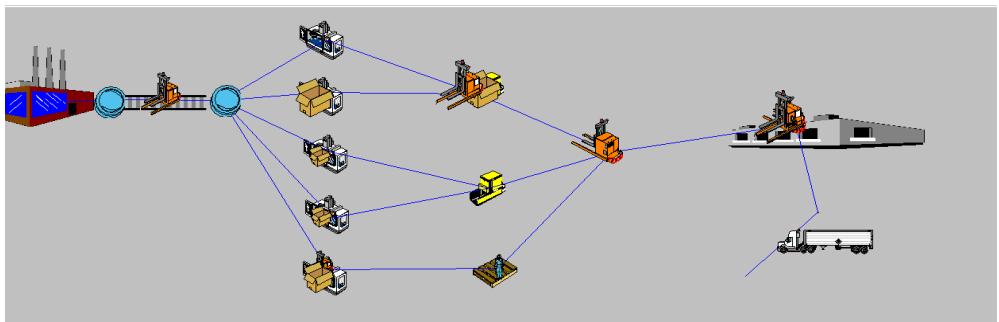


Figura 36 - Representação do modelo e as redes conectando locais e recursos

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

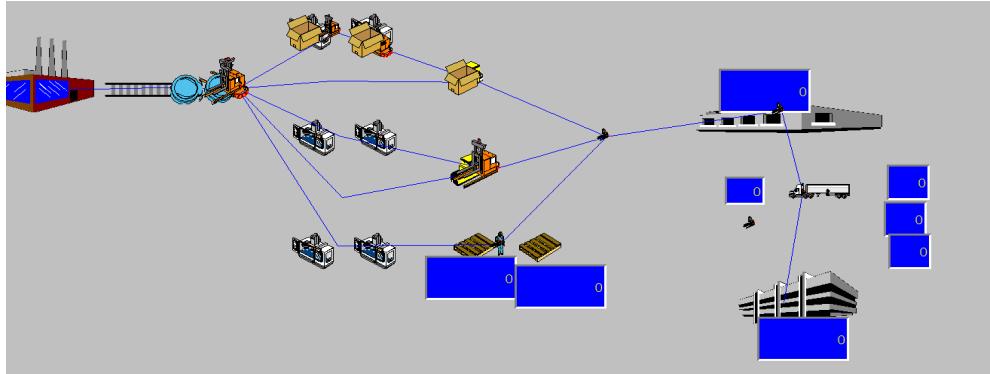


Figura 37 - Representação do modelo desenvolvido com contagem de entidades

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

Recursos							
Nome	Unid	Rec Estatísticas	Pesquisar	Ent Pesquisar	Caminho	Movimentação	Custo
Operator1	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R2	Cheio: 30 ppm	
Operator2	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R3	Cheio: 30 ppm	
Worker	10	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R11	Cheio: 25 ppm	
Operator3	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R3	Cheio: 50 ppm	
Operator4	3	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R3	Cheio: 30 ppm	
Operator5	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R9	Cheio: 20 ppm Buscar: 30 Segundos Depositar: 40 Segundos	
Operator6	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R10	Cheio: 20 ppm Buscar: 30 Segundos Depositar: 40 Segundos	
Operator7	3	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R11	Cheio: 30 ppm Buscar: 60 Segundos Depositar: 20 Segundos	
Operator8	6	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R12	Cheio: 30 ppm	
Operator9	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R13	Cheio: 30 ppm	
Operator10	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R14	Cheio: 30 ppm	
Operator11	1	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 50 ppm Base: R16	Cheio: 20 ppm	
caminhao	7	Por Unidade Mais Próximo	Mais Velha	REDE1	Uazio: 1000 ppm Base: R14	Cheio: 900 ppm	

Lógica de Recurso de Nú			
Rec	Nú	Lógica de Entrada	Lógica de Saída
caminhao	R14		

Figura 38 - Reporte com parâmetros definidos para cada recurso

Fonte: Extraído do reporte do modelo desenvolvido no Promodel®

# APÊNDICE E: RESULTADOS DOS RELATÓRIOS DO MODELO DESENVOLVIDO

As figuras 39 a 42 apresentadas abaixo mostram as porcentagens de ocupação das unidades produtivas.

General Report (Execução Normal - Rep. 1)									
Final_setembro_ordens_2309 - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (HR)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Embalagem1	5,88	300,00	3073,00	6,91	150,51	300,00	300,00	50,17	
Embalagem3,1	5,88	300,00	2583,00	6,77	124,04	278,00	231,00	41,35	
Embalagem3,2	5,75	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Embalagem3	11,62	600,00	2583,00	6,77	62,69	278,00	231,00	20,90	
Embalagem5,1	5,88	300,00	2215,00	6,75	106,11	248,00	191,00	35,37	
Embalagem5,2	5,75	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Embalagem5	11,62	600,00	2215,00	6,75	53,62	248,00	191,00	17,87	
Paleitzação1,1	5,96	1100,00	181460,00	0,46	584,84	1100,00	1100,00	53,17	
Paleitzação1,2	5,88	1100,00	4340,00	19,01	585,11	1100,00	1100,00	53,19	
Paleitzação1	11,83	2200,00	185800,00	0,89	584,97	2200,00	2200,00	53,18	
Paleitzação3,1	5,96	1200,00	126930,00	0,72	637,12	1200,00	1200,00	53,09	
Paleitzação3,2	5,88	1200,00	4800,00	18,68	636,07	1200,00	1200,00	53,01	
Paleitzação3	11,83	2400,00	131730,00	1,37	636,60	2400,00	2400,00	53,05	
Paleitzação3,1	5,96	1400,00	142156,00	0,75	743,01	1400,00	1400,00	53,07	
Paleitzação3,2	5,88	1400,00	5600,00	18,65	740,90	1400,00	1400,00	52,92	
Paleitzação3	11,83	2800,00	147756,00	1,43	741,96	2800,00	2800,00	53,00	

Figura 39 - Resultados de utilização de capacidade por equipamento na semana 1

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

General Report (Execução Normal - Rep. 1)									
Final_setembro_ordens_2309 - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (HR)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Embalagem1	5,83	300,00	3584,00	5,24	134,18	300,00	300,00	44,73	
Embalagem3,1	5,83	300,00	2937,00	3,76	78,81	235,00	122,00	26,27	
Embalagem3,2	5,75	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Embalagem3	11,58	600,00	2937,00	3,76	39,69	235,00	122,00	13,23	
Embalagem5,1	5,83	300,00	2546,00	4,41	80,20	239,00	119,00	26,73	
Embalagem5,2	5,75	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Embalagem5	11,58	600,00	2546,00	4,41	40,39	239,00	119,00	13,46	
Paleitzação1,1	5,96	1100,00	210290,00	0,36	527,09	1100,00	1100,00	47,92	
Paleitzação1,2	5,83	1100,00	9740,00	7,57	526,43	1100,00	1100,00	47,86	
Paleitzação1	11,79	2200,00	220030,00	0,68	526,76	2200,00	2200,00	47,89	
Paleitzação3,1	5,96	1200,00	146880,00	0,56	571,08	1200,00	1200,00	47,59	
Paleitzação3,2	5,83	1200,00	10800,00	7,37	568,74	1200,00	1200,00	47,40	
Paleitzação3	11,79	2400,00	157680,00	1,02	569,92	2400,00	2400,00	47,49	
Paleitzação3,1	5,96	1400,00	164584,00	0,58	666,87	1400,00	1400,00	47,63	
Paleitzação3,2	5,83	1400,00	12600,00	7,36	662,53	1400,00	1400,00	47,32	
Paleitzação3	11,79	2800,00	177184,00	1,06	664,72	2800,00	2800,00	47,48	

Figura 40 - Resultados de utilização de capacidade por equipamento na semana 2

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

General	Locations	Location States Multi	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
Final_setembro_ordens_2309 - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (HR)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Embalagem1	5,83	300,00	4132,00	3,82	112,65	300,00	300,00	37,55
Embalagem3,1	5,83	300,00	3399,00	3,21	77,89	286,00	153,00	25,96
Embalagem3,2	5,75	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Embalagem3	11,58	600,00	3399,00	3,21	39,23	286,00	153,00	13,08
Embalagem5,1	5,83	300,00	2984,00	3,17	67,64	235,00	142,00	22,55
Embalagem5,2	5,75	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Embalagem5	11,58	600,00	2984,00	3,17	34,06	235,00	142,00	11,35
Paletização,0,1	5,96	1100,00	242720,00	0,27	452,50	1100,00	1100,00	41,14
Paletização,0,1,2	5,83	1100,00	14060,00	4,46	447,86	1100,00	1100,00	40,71
Paletização,0,1	11,79	2200,00	256780,00	0,50	450,20	2200,00	2200,00	40,93
Paletização,0,2,1	5,96	1200,00	167070,00	0,42	490,60	1200,00	1200,00	40,88
Paletização,0,2,2	5,83	1200,00	14760,00	4,60	485,10	1200,00	1200,00	40,42
Paletização,0,2	11,79	2400,00	181830,00	0,76	487,88	2400,00	2400,00	40,66
Paletização,0,3,1	5,96	1400,00	189812,00	0,43	570,94	1400,00	1400,00	40,78
Paletização,0,3,2	5,83	1400,00	17724,00	4,50	570,00	1400,00	1400,00	40,71
Paletização,0,3	11,79	2800,00	207536,00	0,78	570,47	2800,00	2800,00	40,75

Figura 41 - Resultados de utilização de capacidade por equipamento na semana 3

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

General	Locations	Location States Multi	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
Final_setembro_ordens_2309 - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (HR)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Embalagem1	5,79	300,00	4787,00	2,16	74,43	300,00	300,00	24,81
Embalagem3,1	5,79	300,00	3919,00	1,88	53,06	300,00	157,00	17,69
Embalagem3,2	5,79	300,00	13,00	21,00	1,96	13,00	0,00	0,65
Embalagem3	11,58	600,00	3932,00	1,95	27,51	313,00	157,00	9,17
Embalagem5,1	5,79	300,00	3409,00	1,69	41,52	232,00	105,00	13,84
Embalagem5,2	5,75	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Embalagem5	11,54	600,00	3409,00	1,69	20,83	232,00	105,00	6,94
Paletização,0,1,1	5,96	1100,00	287660,00	0,16	318,68	1100,00	1100,00	28,97
Paletização,0,1,2	5,79	1100,00	12980,00	3,37	314,36	1100,00	1100,00	28,58
Paletização,0,1	11,75	2200,00	300640,00	0,30	316,55	2200,00	2200,00	28,78
Paletização,0,2,1	5,96	1200,00	197010,00	0,25	345,94	1200,00	1200,00	28,83
Paletização,0,2,2	5,79	1200,00	14400,00	3,29	341,05	1200,00	1200,00	28,42
Paletização,0,2	11,75	2400,00	211410,00	0,46	343,53	2400,00	2400,00	28,63
Paletização,0,3,1	5,96	1400,00	224420,00	0,26	401,83	1400,00	1400,00	28,70
Paletização,0,3,2	5,79	1400,00	16800,00	3,33	402,88	1400,00	1400,00	28,78
Paletização,0,3	11,75	2800,00	241220,00	0,47	402,35	2800,00	2800,00	28,74

Figura 42 - Resultados de utilização de capacidade por equipamento na semana 4

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

Abaixo, as figuras de 43 a 46 mostram a utilização dos caminhões em cada período

General	Locations	Location States Multi	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
Final_setembro_ordens_2309 - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)								
Name	Units	Scheduled Time (DAY)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (HR)	Avg Time Travel To Use (HR)	Avg Time Travel To Park (HR)	% Blocked In Travel	% Utilization
caminhao,1	1,00	3,55	6,00	7,20	2,00	1,00	0,00	64,71
caminhao,2	1,00	3,56	6,00	6,32	2,00	2,00	0,00	58,36
caminhao,3	1,00	3,54	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
caminhao,4	1,00	3,54	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
caminhao,5	1,00	3,54	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
caminhao,6	1,00	3,54	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
caminhao,7	1,00	3,54	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
caminhao	7,00	24,80	12,00	6,76	2,00	0,61	0,00	17,65

Figura 43 - Resultados de utilização de recursos na semana 1

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

Final_setembro_ordens_2309 - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)									
Name	Units	Scheduled Time (DAY)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (HR)	Avg Time Travel To Use (HR)	Avg Time Travel To Park (HR)	% Blocked In Travel	% Utilization	
caminhao.1	1.00	5,75	7,00	6,14	1,71	0,00	0,00	39,86	
caminhao.2	1.00	5,75	6,00	7,00	1,67	0,00	0,00	37,68	
caminhao.3	1.00	5,75	6,00	7,00	1,67	0,00	0,00	37,68	
caminhao.4	1.00	5,75	6,00	7,00	1,67	0,00	0,00	37,68	
caminhao.5	1.00	5,75	5,00	7,00	1,60	0,00	0,00	31,16	
caminhao.6	1.00	5,75	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	
caminhao.7	1.00	5,75	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	
caminhao	7,00	40,33	30,00	6,80	1,67	0,11	0,00	26,24	

Figura 44 - Resultados de utilização de recursos na semana 2

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

Final_setembro_ordens - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)									
Name	Units	Scheduled Time (DAY)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (HR)	Avg Time Travel To Use (HR)	Avg Time Travel To Park (HR)	% Blocked In Travel	% Utilization	
caminhao.1	1,00	5,98	17,00	5,50	0,60	0,09	0,00	72,32	
caminhao.2	1,00	6,00	16,00	5,50	0,60	0,12	0,00	67,78	
caminhao.3	1,00	5,99	14,00	5,50	0,60	0,12	0,00	59,39	
caminhao.4	1,00	5,98	12,00	5,50	0,60	0,09	0,00	51,05	
caminhao.5	1,00	5,99	12,00	5,50	0,60	0,12	0,00	50,94	
caminhao.6	1,00	5,98	8,00	5,50	0,60	0,09	0,00	34,03	
caminhao.7	1,00	5,98	5,00	5,50	0,60	0,09	0,00	21,27	
caminhao	7,00	41,88	84,00	5,50	0,60	0,10	0,00	50,98	

Figura 45 - Resultados de utilização de recursos na semana 3

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

Final_setembro_ordens - Cópia.MOD (Execução Normal - Rep. 1)									
Name	Units	Scheduled Time (DAY)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (HR)	Avg Time Travel To Use (HR)	Avg Time Travel To Park (HR)	% Blocked In Travel	% Utilization	
caminhao.1	1,00	5,00	18,00	5,46	0,60	0,30	0,00	90,84	
caminhao.2	1,00	5,01	17,00	5,35	0,60	0,30	0,00	84,12	
caminhao.3	1,00	5,00	17,00	5,25	0,60	0,30	0,00	82,95	
caminhao.4	1,00	5,00	16,00	5,50	0,59	0,30	0,00	81,68	
caminhao.5	1,00	5,00	14,00	5,50	0,60	0,20	0,00	71,23	
caminhao.6	1,00	5,00	8,00	5,49	0,60	0,20	0,00	40,82	
caminhao.7	1,00	4,97	2,00	5,50	0,60	0,10	0,00	10,22	
caminhao	7,00	34,99	92,00	5,42	0,60	0,22	0,00	65,99	

Figura 46 - Resultados de utilização de recursos na semana 4

Fonte: Extraído do modelo desenvolvido no Promodel®

# Impactos da concentração temporal de demanda em uma indústria de BENS DE CONSUMO

---

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉️ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 👤 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 👤 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# Impactos da concentração temporal de demanda em uma indústria de BENS DE CONSUMO

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉️ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 👤 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 👤 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)