

A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 5

Marcos William Kaspchak Machado
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

Marcos William Kaspchak Machado
(Organizador)

A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 5

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M149e Machado, Marcos William Kaspchak
A engenharia de produção na contemporaneidade 5 [recurso eletrônico] / Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (A Engenharia de Produção na Contemporaneidade; v. 5)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-002-5
DOI 10.22533/at.ed.025180912

1. Engenharia – Educação. 2. Engenharia de produção.
3. Planejamento estratégico. I. Título.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*A Engenharia de Produção na Contemporaneidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume V apresenta, em seus 23 capítulos, os novos conhecimentos para a engenharia de produção nas áreas de gestão estratégica das organizações e a educação na engenharia.

As áreas temáticas de gestão estratégica das organizações e a educação na engenharia tratam de temas relevantes para otimização dos recursos organizacionais. A constante mutação neste cenário torna necessária a inovação na forma de pensar e fazer gestão, planejar e controlar as organizações, para que estas tornem-se agentes de desenvolvimento técnico-científico, econômico e social.

Novas metodologias de ensino da engenharia da produção surgem pela necessidade de inovação e adaptação dos novos profissionais aos modelos de gestão existentes. Já os estudos da gestão estratégica das organizações tratam do adequado posicionamento dentro dos ambientes interno e externo, e do seu alinhamento aos objetivos de longo prazo.

Este volume dedicado à gestão estratégica das organizações e a educação na engenharia traz artigos que tratam de temas emergentes sobre os novos modelos de gestão, planejamento estratégico, análises mercadológicas, gestão da cadeia produtiva e formação de redes empresariais, além de novas metodologias aplicadas no ensino da engenharia.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

SUMÁRIO

GESTÃO ETRATÉGICA DAS ORGANIZAÇÕES E A EDUCAÇÃO NA ENGENHARIA

CAPÍTULO 1	1
INVESTIGAÇÃO HISTÓRICA DAS ABORDAGENS DA CULTURA ORGANIZACIONAL USADAS NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Fernando César Almada Santos	
DOI 10.22533/at.ed.0251809121	
CAPÍTULO 2	21
ESTRUTURAS, PROCESSOS E MODELOS DE AQUISIÇÕES: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE VAREJO DE MODA	
Leonardo Mangia Rodrigues	
Thiago da Silva Ferreira	
Rafael Paim Cunha Santos	
Raquel Gonçalves Coimbra Flexa	
DOI 10.22533/at.ed.0251809122	
CAPÍTULO 3	36
ANÁLISE DE PROCESSOS DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO BASEADA NA ESTRATÉGIA COMO PRÁTICA	
Marco Antonio Cavasin Zabotto	
Alceu Gomes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.0251809123	
CAPÍTULO 4	50
PROPOSTA DE MODELAGEM PARA PROCESSO DE GESTÃO DE COMPETÊNCIAS	
Yuri Servedio	
Amanda Gomes de Moura	
Elias Barreto de Castro	
Simone Vasconcelos Silva	
Henrique Rego Monteiro da Hora	
Alline Sardinha Cordeiro Morais	
DOI 10.22533/at.ed.0251809124	
CAPÍTULO 5	65
ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DOS 35 ANOS DAS PESQUISAS SOBRE <i>BUSINESS PROCESS MANAGEMENT</i>	
Andressa Oliveira Pinheiro	
Karoll Haussler Carneiro Ramos	
Rogério Leal da Costa Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.0251809125	
CAPÍTULO 6	78
OBJETIVOS DE DESEMPENHO NO PCP DO SUCO VERDE DETOX	
Joyce Aparecida Ramos dos Santos	
Daniela Althoff Philippi	
Hevellen Dayse da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.0251809126	

CAPÍTULO 7	95
ANÁLISE DA MATRIZ CRESCIMENTO PARTICIPAÇÃO DOS AUTOMÓVEIS DA TOYOTA DE 2007 À 2016	
Sidney Lino de Oliveira Mônica Clara de Paula Cardoso Thayza Thaty Silva de Almeida Josmária Lima Ribeiro de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.0251809127	
CAPÍTULO 8	110
ANÁLISE DOS DEZ AUTOMÓVEIS MAIS EMPLACADOS NO BRASIL DE 2007 À 2016	
Sidney Lino de Oliveira Túlio Henrique da Silva Odilon Ferreira da Silva Júnior Lucas Cruz de Moraes Josmária Lima Ribeiro de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.0251809128	
CAPÍTULO 9	126
ANÁLISE DA COMPETITIVIDADE ENTRE AS MICRORREGIÕES PRODUTORAS DE SOJA DE MATO GROSSO	
Rodrigo Carlo Tolo João Gilberto Mendes dos Reis Marley Nunes Vituri Tolo	
DOI 10.22533/at.ed.0251809129	
CAPÍTULO 10	139
O USO DO PREGÃO ELETRÔNICO EM EMPRESAS PRIVADAS	
Marcos Ronaldo Albertin Renata Santos Lima Dmontier Pinheiro Aragão Junior Marcos Charles Pinheiro Baltazar Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes	
DOI 10.22533/at.ed.02518091210	
CAPÍTULO 11	152
UM MÉTODO DE DESDOBRAMENTO DE ESTRATÉGIAS POR MEIO DO HOSHIN KANRI: FOCO, ALINHAMENTO E SINERGIA NA IMPLANTAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS LEAN DE UMA EMPRESA DE IATES.	
Carlos Fernando Martins Roberto Paiao	
DOI 10.22533/at.ed.02518091211	
CAPÍTULO 12	168
REDES DE SUPRIMENTOS: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA DE SP	
Euro Marques Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.02518091212	
CAPÍTULO 13	181
A APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA NO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE PEDIDOS EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	
André Luís Nascimento dos Santos Alysson Robert Santos Baião	

Ana Paula Maia Tanajura
Guilherme Sampaio Martins
DOI 10.22533/at.ed.02518091213

CAPÍTULO 14 191

UM MODELO PLIM DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA BRASILEIRA COM LOGÍSTICA REVERSA

Laion Xavier Pereira

DOI 10.22533/at.ed.02518091214

CAPÍTULO 15 205

UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS DIFICULDADES DOS ALUNOS INGRESSANTES EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO NAS DISCIPLINAS EXATAS

Leonardo Sturion

Luiz Henrique Chueire Sturion

Marcia Cristina dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.02518091215

CAPÍTULO 16 217

AS COMPETÊNCIAS DO EGRESSO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA DESENVOLVER UM PLANO DE NEGÓCIOS

Cláudio Sonáglio Albano

Gabriel Trindade dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.02518091216

CAPÍTULO 17 232

AValiação DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UFAL/CAMPUS DO SERTÃO A PARTIR DA PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES

Felipe Guilherme Melo

Isabelle da Silva Araujo

Lucas Araujo dos Santos

Myllena de Oliveira Barros

Antonio Pedro de Oliveira Netto

DOI 10.22533/at.ed.02518091217

CAPÍTULO 18 244

O ENSINO DA COMPETÊNCIA LIDERANÇA NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS/CAMPUS DO SERTÃO

Felipe Guilherme Melo

Isabelle da Silva Araujo

Lucas Araujo dos Santos

Myllena de Oliveira Barros

Antonio Pedro de Oliveira Netto

DOI 10.22533/at.ed.02518091218

CAPÍTULO 19 256

AValiação DE DESEMPENHO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO TÉCNICO COM APOIO DA TÉCNICA DE SIMILARIDADE COM SOLUÇÃO IDEAL

Marcello Silveira Vieira

Luiz Octavio Gavião

Julio Nichioka

Thiago Gomes Brito Lima

DOI 10.22533/at.ed.02518091219

CAPÍTULO 20	269
CAPACITAÇÃO SIX SIGMA NOS CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO BRASIL	
Sergio Tenorio Dos Santos Neto	
Marília Macorin de Azevedo	
José Manoel Souza das Neves	
DOI 10.22533/at.ed.02518091220	
CAPÍTULO 21	282
O PET ENGENHARIAS COMO POTENCIAL ATIVO NO ENSINO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UFAL – CAMPUS DO SERTÃO	
Lucas Araújo dos Santos	
Joyce Danielle de Araújo	
Jaime Vinícius de Araújo Cirilo	
Antonio Pedro de Oliveira Netto	
DOI 10.22533/at.ed.02518091221	
CAPÍTULO 22	291
PROJETO BUMBA MEU BAJA: UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROJECT MODEL CANVAS COMO PROPOSTA DE MELHORIA PARA A CONSTRUÇÃO DO CARRO DE COMPETIÇÃO SAE BRASIL	
Tainá Costa Menezes	
Eduardo Mendonça Pinheiro	
Francynara Matos da Cruz de Almeida	
Derlicio Carlos Goes Sousa	
Igor Serejo Vale Arcos	
Eduardo Carvalho Dourado	
DOI 10.22533/at.ed.02518091222	
CAPÍTULO 23	304
ANÁLISE DA ELABORAÇÃO DO CONCEITO DE VALOR NO INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA	
Luís Henrique Weissheimer Costa	
DOI 10.22533/at.ed.02518091223	
SOBRE O ORGANIZADOR	317

UM MODELO PLIM DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA BRASILEIRA COM LOGÍSTICA REVERSA

Laion Xavier Pereira

laion_xp@hotmail.com

RESUMO: O objetivo deste artigo é apresentar o modelo proposto para uma cadeia de suprimentos brasileira que opera com logística reversa. O modelo foi adaptado da literatura para o caso de uma empresa brasileira e utiliza uma formulação em Programação Linear Inteira Mista (PLIM). Esta adaptação considera uma cadeia de menor complexidade, com um número menor de nós e produtos em relação à aplicação da literatura. A função objetivo é detalhada e a etapa de verificação do modelo proposto. Para tanto, os resultados gerados pelo modelo foram comparados com dados reais de movimentação financeira da empresa. Os resultados obtidos são semelhantes ao realizado, considerando as limitações e aproximações utilizadas.

PALAVRAS CHAVE: Cadeia de suprimentos, Programação linear inteira mista, Logística reversa.

ABSTRACT : This paper goal is to present the model used for a case study in a Brazilian company that operates in a supply-chain with reverse logistics. The model was adapted from the literature and uses a Mixed Integer Linear Programming (MILP) formulation. The studied supply-chain is relatively simpler in relation to

the base model; a smaller number of nodes and products are considered. The objective function is discussed within the paper. The generated results are compared with the real data. The obtained results are similar to the real ones. The adopted approach for validation purposes is detailed within the paper.

KEYWORDS: Supply chain, Mixed integer linear programming, Reverse logistics.

1 | INTRODUÇÃO

A cadeia considerada em Cardoso et. al. (2013) possui uma elevada complexidade, envolvendo doze produtos, uma fábrica localizada em Hamburg, doze processos de produção instalados na fábrica, um *warehouse* localizado em Munich, seis linhas de montagem instaladas no *warehouse*, oito *retailers*, seis processos de desmontagem instalados na fábrica e dezoito clientes. O modelo de otimização proposto neste trabalho foi adaptado de Cardoso et. al. (2013) para considerar o caso de uma empresa que possui uma cadeia de suprimentos baseada em duas fábricas, dois *warehouses*, dois *retailers* e quatro mercados consumidores. A motivação do trabalho está no desafio da adaptação deste modelo para as características de uma cadeia de suprimentos

brasileira que considera, além das operações logísticas do sentido padrão e reverso, cenários de incertezas na demanda. Embora simplificado, o modelo proposto contém os elementos essenciais para um estudo de caso da empresa considerada. Neste artigo, são apresentados os resultados de verificação do modelo adaptado pela avaliação das movimentações financeiras e de material fornecidas pelo modelo em relação ao realizado pela empresa.

Os resultados apresentam uma análise dos custos da cadeia para duas configurações de fluxos diferentes. Iniciando-se do caso mais simples, onde apenas existe fluxo logístico no sentido normal entre os processos sequenciais, até a análise do caso mais complexo, onde as instalações trocam produtos entre si no sentido normal e reverso, com exceção dos fornecedores, pois o modelo irá considerar somente as devoluções de produto acabado e não de insumos e matéria-prima.

Este artigo está organizado em cinco seções. A Seção 2 apresenta uma breve descrição dos principais aspectos da literatura sobre cadeias de suprimentos e logística reversa. A Seção 3 descreve o modelo de otimização proposto. A Seção 4 mostra e discute os resultados do modelo e apresenta a metodologia utilizada para sua verificação em relação ao realizado, as conclusões são apresentadas na Seção 5.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

Cadeias de Suprimentos podem ser tradicionalmente definidas como um sistema logístico que começa pelos fornecedores de matéria-prima e termina com as vendas e distribuição dos produtos para o cliente final (Beamon e Ware, 1998).

Conforme Fleischman *et al.* (2001), cadeias de suprimentos que operam com Logística Reversa incluem no seu escopo atividades de retorno no sentido reverso do fluxo de distribuição para a recuperação de produtos não conformes através de processos de reparo, condicionamento, remanufaturamento e reciclagem. Deve ser considerado também como atividade de logística reversa os casos de descarte de produtos não recuperáveis.

Atividades de logística reversa têm atraído atenção dos pesquisadores de gerenciamento de estoques. Começando pelo gerenciamento dos estoques de itens reparáveis em 1960, pesquisas têm aumentado e fortalecido os estudos de medidas de gerenciamento de estoques de produtos e componentes recuperáveis (Mitra, 2005).

A postura da sociedade e a legislação tem forçado companhias a considerar aspectos ambientais em diferentes níveis da cadeia de suprimentos. De fato, se o projeto e operação da cadeia for eficiente, pode contribuir positivamente para minimizar os impactos ambientais negativos criados pelas entidades envolvidas. Companhias devem investir em projeto e operação de um sistema para reduzir os danos ambientais (Salema *et al.*, 2006).

Conforme Dondo e Méndez (2016), o investimento em pesquisa para o desenvolvimento computacional de um modelo que considere todas as variáveis e

restrições da complexidade de uma cadeia de suprimentos tem atraído a atenção da academia e da indústria que precisa minimizar os custos logísticos e operacionais e identificar oportunidades para maximizar os resultados do sistema.

3 | MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO

3.1 Considerações para a Modelagem

Nesta seção são apresentadas as características do modelo de otimização proposto iniciando-se com a exposição da estrutura da cadeia de suprimentos, a árvore de cenários, a configuração dos casos que serão analisados e as principais restrições que norteiam a tomada de decisão da operação desta rede. O projeto do modelo que será apresentado foi inspirado no trabalho de Cardoso *et al.* (2013).

A estrutura da cadeia de suprimentos é formada por quatro elos, fábricas com um conjunto de tecnologias de processos instalados, centros de distribuição ou *warehouses*, onde os produtos finais são armazenados, pontos varejistas ou *retailers*, os quais armazenam os produtos finais e distribuem para os mercados consumidores. O projeto do modelo é desenvolvido por meio de Programação Linear Inteira Mista (PLIM), onde é utilizada a discretização do horizonte de tempo, a fim de representar as restrições e cenários do projeto.

Os processos de tecnologia podem sofrer expansão de capacidade, se necessário, para atender a demanda dos mercados consumidores. As atividades de logística reversa são integradas com os fluxos padrão e reverso quando os produtos retornam dos mercados consumidores para serem retrabalhados e disponibilizados novamente para os clientes.

A incerteza na demanda por produtos dos mercados consumidores é modelada por meio de uma abordagem de árvore de cenários. Esta árvore consiste num conjunto de nós e arcos, conforme Figura 1. Cada nó *s* representa um estado possível e cada arco representa uma evolução potencial do próximo estágio para os diferentes estados. Cada estágio representa o período de tempo em que informações novas ou atualizadas são disponibilizadas para o tomador de decisão corresponder o estágio com o período de tempo para construção do cenário desejado para a cadeia de suprimentos. São associadas probabilidades para cada arco, que representam a probabilidade de ocorrência do cenário correspondente, sejam sob considerações otimistas (O), realistas (R) ou pessimistas (P). A probabilidade de cada nó na árvore de cenários é calculada pelo produto das probabilidades dos arcos do nó raiz até o nó considerado. A soma das probabilidades dos nós de cada estágio tem que ser igual a um. O circuito do nó raiz (Rt) até o nó folha representa um cenário.

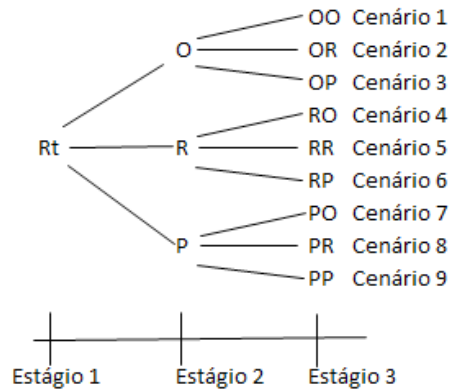


Figura 1: Árvore de Cenários.

O modelo foi desenvolvido de acordo com as características da cadeia de suprimentos de uma empresa brasileira do ramo de cosméticos, onde dois casos determinísticos diferentes foram explorados, são eles:

- Caso A, somente fluxo padrão entre processos subsequentes;
- Caso B, similar ao caso A, mas agora a cadeia de suprimentos é expandida para operar com atividades de logística reversa. São considerados fluxos reversos entre os processos consecutivos onde a fábrica pode realizar atividades de retrabalho e descarte de produtos não conformes ou em final de vida útil.

Algumas variáveis são afetadas por incertezas, tais como: fluxo de caixa, demanda, estoque, nível de estoque médio, quantidade de produtos em final de vida útil, quantidade de produtos não conformes, quantidade de produtos bons, receita líquida, valor presente líquido, compras de insumos, vendas, fluxo de entrada e saída de produtos em cada entidade. O cálculo do valor da demanda é feito da seguinte forma: para o primeiro período de tempo a demanda assume um valor inicial e nos demais períodos de tempo o valor da demanda é multiplicado por uma taxa de crescimento.

3.2 Dados de entrada e restrições operacionais

Nesta seção são explicadas as principais restrições operacionais da cadeia de suprimentos e os dados utilizados no projeto no modelo. Os dados utilizados no projeto da cadeia de suprimentos foram adaptados devido a razões de confidencialidade.

Para o caso B, onde é integrado o fluxo reverso de produtos, as fábricas possuem também instalados dois processos de desmontagem (i_3 e i_4) para descarte ou retrabalho de produtos não conformes ou em final de vida útil.

- **Horizonte de análise:** O estudo considera um conjunto de três períodos de tempo, cada um representa 5 anos resultando no período total de 15 anos.
- **Nível de Atendimento da demanda:** O nível de atendimento da demanda deve ser igual ou superior a 90% em cada período de tempo.
- **Giro do estoque de produtos:** A Taxa de rotatividade dos estoques nos centros de distribuição e nos pontos varejistas é de 2,4 vezes/período.

- **Vida útil do produto:** A vida útil do produto final p5 é de 1 período (5 anos).
- **Lote mínimo de produção:** Os lotes mínimos de produção do produto final nas fábricas são de 5.747 unidades (f1) e 50.592 unidades (f2).
- **Taxas:** A taxa de juros, valor residual e taxa de imposto não são aplicáveis nos cenários de análise do presente trabalho.
- **Produtos retornados:** É considerado que no mínimo 8,5% (ret) dos produtos que são enviados para os mercados consumidores retornam, 4,25% (nc) do total de produtos vendidos para os clientes apresentam não conformidade e 4,25% (el) atingem o final de vida útil. É considerado que 11% (dNc) do total de produtos que retornam por não conformidade ou final de vida útil (dEI) são descartados.
- **Investimento Inicial:** Os investimentos iniciais para construção das fábricas, processos de tecnologia de produção, centros de distribuição e pontos varejistas não foram considerados devido ao alto valor que impactaria no resultado final do período.
- **Capacidade de Produção nas fábricas:** As tecnologias de produção instaladas nas fábricas juntas tem capacidade inicial de quatro milhões de unidades/período/turno, multiplicando-se por 3 turnos, temos a capacidade máxima de 12 M unidades/período. Atualmente a capacidade de produção é relativamente ilimitada em relação à demanda, mas ainda é possível expansão, desde que pague o investimento. O investimento para expansão não foi modelado devido à grande ociosidade da capacidade produtiva.
- **Capacidade de armazenagem dos centros de distribuição e pontos varejistas:** Atualmente a capacidade de armazenagem é relativamente ilimitada, mas ainda é possível expansão da capacidade, desde que pague o investimento. O investimento para expansão não foi modelado devido à grande ociosidade da capacidade de armazenagem.
- **Capacidade dos fluxos de transporte padrão:** Os limites para fluxo de materiais entre as entidades são definidos conforme a capacidade de armazenagem do veículo contratado que opera cada movimentação, conforme Tabela 1. O frete das fábricas para os centros de distribuição assumem limite inferior de 80.000 e 70.000 unidades, espaço disponível de armazenagem em uma carreta palletizada. O frete entre centros de distribuição e pontos varejistas é de 60.000 unidades, relativo ao espaço disponível de armazenagem do veículo. O limite inferior do fluxo dos pontos varejistas para os cliente é zero. O limite superior para fluxos de transporte é considerado como irrestrito, desde que seja múltiplo da capacidade do veículo.

v	t	Ci	v	w	Limite Inferior	v	w	Lk (custo)	Distância (km)	p	v	rm	i	v	t	Oc
r1	1	\$ 70,63	f1	f2	68000	f1	f2	\$ 83.331,36	2370	P1	f1	\$ 1,12	i1	f1	1	\$ 58,31
r2	1	\$ 70,63	f1	w1	80000	f1	w1	\$ 9.173,50	153	P1	f2	\$ 1,12	i2	f2	1	\$ 66,08
w1	1	\$ 21,91	f1	w2	80000	f1	w2	\$ 8.333,36	2280	P2	f1	\$ 13,58	i1	f1	2	\$ 69,97
w2	1	\$ 21,91	f2	f1	68000	f2	f1	\$ 83.331,36	2370	P2	f2	\$ 14,42	i2	f2	2	\$ 79,30
r1	2	\$ 84,77	f2	w1	80000	f2	w1	\$ 48.591,20	2151	P3	f1	\$ 17,01	i1	f1	3	\$ 83,97
r2	2	\$ 84,77	f2	w2	70000	f2	w2	\$ 5.974,50	106	P3	f2	\$ 19,04	i2	f2	3	\$ 95,16
w1	2	\$ 26,32	w1	r1	60000	w1	r1	\$ 6.999.999.993,00	190	P4	f1	\$ 3,99				
w2	2	\$ 26,32	w1	r2	60000	w1	r2	\$ 83.366,36	2160	P4	f2	\$ 4,27				
r1	3	\$ 101,71	w2	r1	60000	w2	r1	\$ 47.127,50	480							
r2	3	\$ 101,71	w2	r2	60000	w2	r2	\$ 6.999.999.993,00	107							
w1	3	\$ 31,57														
w2	3	\$ 31,57														

Tabela 1: Dados do Modelo de Custos de armazenagem (Ci), produção, compras (rm) e transporte (lk, distância, limites).

- **Capacidade dos fluxos de transporte reverso:** Os limites para os fluxos de transporte reverso foram considerados irrestritos no projeto da cadeia de suprimentos.
- **Custo de compras de insumos (rm):** A compra de Insumos com fornecedores é irrestrita. Na Tabela 1 são ilustrados os custos dos insumos considerados no modelo para cálculo do custo de compras de insumos e custos para produção de uma unidade de produto acabado em cada fábrica. O produto acabado analisado é um perfume, o modelo considera quatro insumos principais da lista técnica, o custo do insumo 1 (p1), 2 (p2), 3 (p3) e 4 (p4).
- **Custo de compras de produto final (out-sourcing):** O custo de compras de produto final com terceiros é proibido. Este parâmetro é configurado a zero devido a estratégia de internalização de todas produções.
- **Custos de produção (Oc):** Os custos de produção do produto final p5 nas fábricas f1 e f2 por período de tempo estão disponíveis na Tabela 1. Este custo é considerado o custo total que engloba custos variáveis, fixos e operacionais de produção do produto final p5 nas fábricas f1 e f2. Neste valor já estão considerados os custos dos insumos orçados com custos logísticos da cadeia de abastecimento dos fornecedores.
- **Custos de retrabalho e descarte:** Os custos de retrabalho e descarte das tecnologias instaladas nas fábricas f1 e f2 são definidos na Tabela 1. Este valor refere-se aos custos com mão-de-obra para as atividades de retrabalho dos produtos retornados dos mercados consumidores, estas atividades podem ser desde uma re-etiquetagem do produto acabado vencido de lotes em final de vida útil ou um simples retrabalho de seleção do lote de produtos não conformes, até mesmo limpeza do produto, testes de tração, entre outros.
- **Custos de transporte (lk):** O custo de transporte dos fluxos de materiais entre as entidades está representado na Tabela 1. Estes custos são contratados com as transportadoras e englobam valor de pedágios, mão-de-obra, aluguel do veículo, combustível e seguro da carga. Os custos com valores altos caracterizam fluxos não autorizados por estratégia da empresa para redução de gastos com impostos. Os Custos de Transporte no Fluxo Reverso

so são semelhantes, não há distinção no preço.

- **Custo de armazenagem (Ci):** O preço do produto final p5 é alterado conforme as movimentações entre os fluxos na cadeia. O estoque inicial em todas as entidades é considerado zero. Os valores da Tabela 1 referem-se ao custo fixo de armazenagem por unidade de produto.

A demanda do mercado consumidor em $t=1$ é dada por 1.250 unidades de p5 para cada mercado consumidor m1, m2, m3 e m4. É assumido um aumento de 20% nos custos e 30% na demanda por período. Outros dados como distância entre as entidades são disponibilizados em Pereira, L.X. (2016).

3.3 Formulação Matemática

Nesta seção, abordam-se as premissas adotadas e o modelo proposto de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) da cadeia de suprimentos em análise. Descrevem-se a nomenclatura utilizada e a função objetivo definem o modelo. Tem-se como objetivo maximizar o valor presente líquido. Para a implementação computacional utilizou-se o ambiente de modelagem e otimização IBM ILOG CPLEX *Optimization Studio* 12.5.1. A Tabela 2 ilustra os parâmetros utilizados na função objetivo.

A fim de delinear o desenvolvimento do modelo, adotam-se algumas premissas e simplificações, conforme explanadas a seguir.

- Os estoques iniciais de insumo e produto acabado são considerados como zero no primeiro período de tempo;
- Os investimentos iniciais com processos de tecnologia de produção das fábricas e os custos de obtenção dos espaços das fábricas, centros de distribuição e pontos varejistas foram considerados como zero. Esta premissa foi adotada para que a análise dos resultados de cada caso pudesse ser analisada sem impacto dos investimentos iniciais;
- No modelo foram considerados somente quatro mercados consumidores do fluxo total de distribuição dos clientes. Os quatro mercados representam as regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste no projeto da cadeia de suprimentos;

Conhecidas as premissas e simplificações adotadas, a seguir é apresentada a nomenclatura utilizada na função objetivo do modelo proposto. Demais parâmetros, conjuntos e variáveis foram suprimidos deste trabalho devido a restrições de espaço. Detalhes podem ser obtidos em Cardoso *et al.* (2013). A Tabela 3 ilustra os conjuntos do modelo apresentando o domínio e descrição.

Parâmetro	Domínio	Descrição
fp_{pvt}	≥ 0	Preço unitário final do produto p vendido na entidade v no período de tempo t (\$/uni)
ir	R_+	Taxa de juros (%)
ik_{vwt}	≥ 0	Investimento fixo associado ao estabelecimento da ligação de transporte entre as entidades v e w no período de tempo t (\$)

$O_{c\ ivt}$	≥ 0	Custo operacional do processo i na entidade v por unidade de produto final p no tempo t (\$/uni)
$p_{b\ s}$	R_+	Probabilidade de cada cenário s (%)
sv	R_+	Valor residual (%)
tr	R_+	Taxa de imposto (%)
V_{ivt}^p / V_{vt}^s	≥ 0	Investimento variável do processo i /capacidade de armazenagem, da entidade v no período de tempo t (\$)

Tabela 2 - Parâmetros do modelo.

Conjunto	Domínio	Descrição
E	$\{V_f, V_w, V_r, V_m, V_d, V_n, V_g, V_h, V_z\}$	Entidades da cadeia de suprimentos
G	$\{Pr \cup Pf\}$	Insumos (Pr) e Produto Final (Pf)
H	$\{T_m \cup T_d\}$	Tecnologias de produção (T_m) e retrabalho (T_d)
F	$\{Lf_1, Lf_2, Lf_3\}$	Fluxos do sentido padrão
R	$\{Lr_1, Lr_2, Lr_3\}$	Fluxos do sentido reverso
S_{set}	$\{(s,t) : s \in K \wedge t \in T\}$	Nós da árvore de cenário que pertencem a cada período de tempo
K	$\{k\}$	Nós da árvore de cenário
T	$\{1..NT\}$	Períodos de tempo
J	$\{J_{m1} \cup J_{m2} \cup J_{d1} \cup J_{d2}\}$	Tecnologias associadas à entrada/saída de produtos

Tabela 3: Conjuntos do modelo.

A Tabela 4 ilustra os índices do modelo e os conjuntos aos quais estes índices são relacionados na formulação matemática.

Índices	Descrição	Conjunto
i	Tecnologias de processo	$\in H$
t	Períodos de tempo	$\in T$
$p, p2$	Produtos	$\in G$
v, w	Entidades da cadeia de suprimentos	$\in E$
$s, s2$	Nós da árvore de cenários	$\in K$

Tabela 4: Índices do modelo.

O nó da cadeia de suprimentos $f1$ representa a fábrica localizada no estado do Paraná, $f2$ a fábrica localizada no estado da Bahia, $w1$ representa o centro de distribuição localizado no estado de São Paulo, $w2$ é o centro de distribuição localizado no estado da Bahia, $r1$ é o ponto distribuidor varejista localizado no estado de São Paulo, $r2$ é o ponto distribuidor varejista localizado no estado da Bahia, $m1$ é o mercado consumidor localizado na capital do estado de São Paulo, $m2$ é o mercado consumidor localizado no interior do estado de São Paulo, $m3$ é o mercado consumidor localizado na capital do estado da Bahia e $m4$ é o mercado consumidor localizado no interior do

estado da Bahia.

A Tabela 5 apresenta o nome das variáveis contínuas do modelo da cadeia de suprimentos.

Variável Contínua	Domínio	Descrição
CE_{ivt}^p	≥ 0	Expansão de capacidade de produção da tecnologia i na entidade v no período de tempo t (uni)
CF_{st}	$R+$	Fluxo de caixa no nó s da árvore de cenário e no período de tempo t (\$)
DP_t	≥ 0	Demanda do produto p na entidade v no nó s da árvore de cenário no período de tempo t (uni)
FCI	≥ 0	Capital de investimento fixo (\$)
FDC_t	$R+$	Fração do capital total depreciável que deve ser pago no período de tempo p (\$)
NE_{st}	$R+$	Receita líquida no nó s da árvore de cenário e no período de tempo t (\$)
NPV_s	$R+$	Valor presente líquido no nó s da árvore de cenário s (\$)
Sp_{vst}	≥ 0	Vendas do produto p na entidade v no nó s da árvore de cenário e no período de tempo t (uni)
Out_{ipvst}	≥ 0	Fluxo de saída do produto p associado com o processo i na entidade no nó s da árvore de cenário e no período de tempo t (uni)

Tabela 5: Variáveis contínuas do modelo.

A Tabela 6 apresenta o nome das variáveis binárias do modelo da cadeia de suprimentos.

Variável Binária	Domínio	Descrição
Y_{vwt}	$\{0,1\}$	1, se a ligação de transporte no fluxo padrão entre as entidades v e w é estabelecida no período de tempo t 0, se caso contrário
$Y_{NC_{vwt}}$	$\{0,1\}$	1, se a ligação de transporte no fluxo reverso de produtos não conformes entre as entidades v e w é estabelecida no período de tempo t 0, se caso contrário
$Y_{EL_{vwt}}$	$\{0,1\}$	1, se a ligação de transporte no fluxo reverso de produtos em final de vida útil entre as entidades v e w é estabelecida no período de tempo t 0, se caso contrário

Tabela 6: Variáveis binárias do modelo.

3.3.1 Função Objetivo

A seguir são apresentadas as expressões (1)-(1g) que definem a função objetivo. Novas considerações de modelagem foram sequencialmente incorporadas a uma formulação de base com a maturidade do entendimento das características da cadeia de suprimentos estudada e do problema. Isto deu origem a duas diferentes versões do modelo.

- a. Caso A: sem logística reversa;
- b. Caso B: com logística reversa;

A função objetivo (1) maximiza o valor presente líquido (VPL) da rede. As equações (1a), (1b), (1c), (1d), (1e), (1f) e (1g) desdobram a função objetivo.

$$\text{Max } \sum_s pb_s \times NPV_s \quad (1)$$

$$NPV_s = \sum_t \frac{CF_{st}}{(1+ir)^t} \quad \forall s \in K \quad (1a)$$

$$CF_{st} = NE_{st} - FDC_t \quad t=1,\dots,NT-1 \quad \forall s \in K \quad (1b)$$

$$CF_{st} = NE_{st} - FDC_t + sv \times FCI \quad t=NT \quad \forall s \in K \quad (1c)$$

$$NE_{st} = (1-tr) \left[\sum_{v \in Vm} \sum_{p \in Pf} fp_{pvt} \times S_{pvst} - \sum_i \sum_v \sum_{p \in Pf} Oc_{ivt} \times Out_{ipvt} \right] + (tr \times DP_t) \quad \forall s \in K \wedge t \in T \quad (1d)$$

$$DP_t = \frac{(1-sv) FCI}{NT} \quad \forall t \in T \quad (1e)$$

$$FCI = \sum_i \sum_{v \in Vh} \sum_t (V_{ivt}^p \times CE_{ivt}^p + f_{ivt}^p \times X_{ivt}^p) + \sum_{v \in Vz} is_v \times in_v^s + \sum_{v \in Vz} \sum_t (V_{vt}^s \times CE_{vt}^s + f_{vt}^s \times X_{vt}^s) + \sum_v \sum_w \sum_t lk_{vwt} \times (Y_{vwt} \times YNC_{vwt} + YEL_{vwt}) \quad (1f)$$

$$FDC_t = \frac{FCI}{NT} \quad \forall t \in T \quad (1g)$$

O modelo matemático desenvolvido está sujeito a uma série de restrições operacionais, as quais foram adaptadas de Cardoso *et al.* (2013). Em síntese, envolvem os seguintes conceitos: (i) Balanço de massa na cadeia produtiva; (ii) Retrição de Vendas; (iii) Nível de Atendimento à demanda; (iv) Capacidade dos Fluxos entre os processos; (v) Capacidade de recebimento de matérias-primas; (vi) Capacidade produtiva dos processos; (vii) Limites de expansão de capacidade dos processos; (viii) Capacidade de armazenamento e estoque médio; (ix) Expansão de capacidade de armazenamento; (x) Fluxo padrão e reverso de produtos; e, (xi) Limite de capital de investimento. As limitações de espaço de páginas no presente trabalho impedem a apresentação detalhada da formulação matemática adaptada de Cardoso *et al.* (2013).

4 | RESULTADOS

O modelo foi implementado utilizando o ambiente de modelagem e otimização IBM ILOG CPLEX *Optimization Studio* 12.5.1, em um computador com processador

Intel Core i5 2.20 GHz e memória RAM instalada de 6Gb. A seguir, na Tabela 7, são apresentados os resultados do modelo adaptado de Cardoso *et. al.* (2013), que permitiram concluir que o modelo representa adequadamente a cadeia de suprimentos do estudo de caso. Para validação dos resultados do modelo, foram levantados os dados históricos da empresa para os primeiros 5 anos. Portanto, os resultados apresentados referem-se apenas ao primeiro período (t=1).

Resultado	Caso A	Caso B	Caso Real
Custos de Distribuição	\$ 1.369	\$ 2.685	\$ 5.781
Custos de Produção	\$ 47.339	\$ 44.425	\$ 48.751
Custos de Compras	\$ 22.912	\$ 26.625	\$ 45.140
Vendas	\$ 462.729	\$ 624.500	\$ 686.148
Valor Presente Líquido	\$ 173.806	\$ 184.487	\$ 178.475

Tabela 7: Resultados dos casos A, B e real.

Segundo a Tabela 7, os custos de distribuição para o caso A foram significativamente menor do que o Caso Real devido a não incluir os custos de distribuição da logística reversa. Os custos de distribuição para o Caso Real foram de \$ 5,871 milhões no exercício de 2015, enquanto que os custos de distribuição do modelo referente ao caso B (com logística reversa) foi de aproximadamente \$ 2,685 milhões. Ou seja, os custos de distribuição do modelo para o caso B representam 45,73% do Caso Real. Esta diferença é justificada porque no modelo da cadeia de suprimentos foram considerados somente os quatro principais mercados consumidores do caso real, que possuem maior representatividade em fluxo de transporte na cadeia. Estes mercados representam as regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste.

Os resultados dos custos de produção do modelo do caso B foram de \$ 44,425 milhões, enquanto que os resultados do caso real para o mesmo período foram de \$ 48,751 milhões. A diferença de 8,87% é justificada pela atividade de logística reversa que recupera produtos não conformes e em final de vida útil disponibilizando-os novamente para os mercados consumidores. A diferença do resultado do Caso A para o Caso B também é justificada pelo remanufaturamento de produtos reprovados no mercado.

O resultado do custo de compras de materiais e matérias-primas do modelo do caso B, que foi de \$ 26,625 milhões, representa 58,9% do valor dos custos de compras do caso real de \$ 45,140 milhões. Esta diferença é justificada pela representatividade dos custos de compras dos quatro insumos que compõe o produto acabado, considerados no projeto da cadeia, em relação à lista técnica completa do produto acabado do caso real, que é constituída por mais de trinta matérias-primas diferentes.

O resultado de vendas é calculado multiplicando-se a quantidade de produtos vendidos pelo custo unitário do produto final no período. O resultado do modelo referente ao caso B foi de \$ 624,5 milhões, enquanto que para o caso real para o mesmo período foi de \$ 686,148 milhões. A representatividade do resultado de vendas do caso B em relação ao caso real é de 91,01%. Esta diferença é justificada pela variação no preço de venda do produto acabado durante o ano de 2015.

Por fim, o resultado do Valor Presente Líquido do Modelo para o caso B, com logística reversa, foi de \$ 184,487 milhões, enquanto que o VPL do caso real para o mesmo período foi de \$ 178,475 milhões. Desta forma, a diferença de \$ 6,372 milhões representa um aumento de 3,57% do valor do caso real. Este aumento do VPL no modelo do caso B em relação ao caso real é justificado pela redução dos custos de produção, distribuição e compras, comentados anteriormente.

A seguir, são apresentados os resultados do modelo para a cadeia de suprimentos do caso B, com logística reversa. Primeiramente, são analisados os fluxos de transporte de produtos bons (Q) no sentido para frente da cadeia e os fluxos reversos de produtos não conformes (QNC) e em final de vida útil (QEL), que retornam dos mercados consumidores e são recuperados para retornarem aos clientes. Logo em seguida são avaliados os níveis de estoque de produtos em cada entidade de armazenagem do conjunto Vz e E (*warehouses* e *retailers*).

Na Tabela 8, é possível verificar os fluxos de transporte estabelecidos entre os nós da cadeia de suprimentos. A demanda dos mercados consumidores é atendida 100% pelos pontos varejistas no período de tempo em análise. O modelo decide produzir na fábrica f1 uma quantidade de 2,075 milhões de unidades de produto acabado e na fábrica f2 a quantidade de 2,500 milhões. O somatório da produção do produto final p5 nas fábricas f1 e f2 totalizam 4,575 milhões de unidades. Para complementar o atendimento de 100% da demanda de 5 milhões o modelo recupera dos mercados consumidores 175 mil unidades de produtos não conformes (QNC) e 250 mil unidades de produtos em final de vida útil, totalizando 425 mil unidades de produtos que seriam descartados pelos clientes. Resumidamente, a demanda dos mercados consumidores é atendida por 4.575.000 unidades de produtos Q, 175.000 unidades de QNC e 250.000 de produtos de QEL, totalizando a quantidade de 5 milhões de unidades.

Pf	v	w	s	t	Q
P5	f1	w1	Rt	1	2.075.000
P5	f2	w2	Rt	1	2.500.000
P5	w1	r1	Rt	1	2.075.000
P5	w2	r2	Rt	1	2.500.000
P5	r1	m3	Rt	1	1.250.000
P5	r1	m4	Rt	1	1.250.000
P5	r2	m1	Rt	1	1.250.000
P5	r2	m2	Rt	1	1.250.000

Pf	w	v	s	t	QNC
P5	w1	f1	Rt	1	175.000
P5	r1	w1	Rt	1	175.000
P5	m1	r1	Rt	1	43.750
P5	m2	r1	Rt	1	43.750
P5	m3	r1	Rt	1	43.750
P5	m4	r1	Rt	1	43.750

Pf	w	v	s	t	QEL
P5	w1	f1	Rt	1	250.000
P5	r1	w1	Rt	1	250.000
P5	m1	r1	Rt	1	62.500
P5	m2	r1	Rt	1	62.500
P5	m3	r1	Rt	1	62.500
P5	m4	r1	Rt	1	62.500

Tabela 8: Fluxo de Transporte e Níveis de estoque

O Nível de Estoque Médio para centros de armazenamento é calculado pelo somatório do estoque de produtos para cada centro de distribuição w_1 e w_2 e pontos varejistas r_1 e r_2 em cada período de tempo t dividido pela taxa de giro de estoque de 2,4, ou seja, a cada intervalo t o estoque gira 2,4 vezes no nó de armazenamento. Desta forma, os resultados para os períodos de tempo $t=1,2$ e 3 estão ilustrados na Tabela 11. O resultado do nível de estoque (IL) em r_1 e r_2 foi de 1,041 milhões de unidades em cada ponto varejista (para R_t). Isto significa que a quantidade total de produtos que passaram pelo nó r_1 e r_2 foi de 1,041 milhões multiplicados por 2,4 vezes, ou seja, aproximadamente 2,5 milhões de unidades em cada ponto varejista. Esta quantidade representa exatamente o fluxo para frente que o ponto varejista r_1 distribui para os mercados consumidores em $t=1$.

Vz	s	t	IL
r_1	R_t	1	1.041.666
r_2	R_t	1	1.041.666
w_2	R_t	1	1041666
w_1	R_t	1	864.583
r_2	OP	3	1340557

Tabela 11: Nível de estoque médio nos centros de armazenamento.

Os resultados de níveis de estoque são importantes para análise de ocupação do espaço de armazenagem em cada entidade. Estas informações apoiam tomadas de decisão para escolha de expansão do depósito que estoca maior volume de produtos da cadeia de suprimentos.

O modelo está preparado para avaliação de diferentes cenários de demanda (pessimista, realista e otimista). Neste trabalho os resultados apresentados têm objetivo de verificar o modelo proposto. Resultados para diferentes cenários de variação de demanda são objeto de trabalhos futuros.

5 | CONCLUSÕES

O presente trabalho aborda o problema de modelagem da cadeia de suprimentos de uma empresa com logística reversa. Utiliza-se um modelo da cadeia de suprimentos em Programação Linear Inteira Mista adaptado do trabalho de Cardoso *et. al.* (2013). A adaptação realizada levou em consideração as características e restrições de compras de insumos, produção, distribuição, armazenagem, demanda e transporte no sentido para frente e reverso, de acordo com dados de uma empresa brasileira do ramo de cosméticos. Por meio da análise dos resultados obtidos do modelo foi possível verificar que, sem impor limites nas capacidades de produção, fluxos e estoques (que é o que ocorre no caso real), os valores apresentados para custos, vendas e valor líquido são compatíveis com o caso real, levando-se em consideração as aproximações adotadas. Estas aproximações dizem respeito principalmente ao número de insumos considerados na produção do produto final e no número de mercados consumidores.

O resultado do nível de estoque (IL) em r1 e r2 de 2,5 milhões de unidades em cada ponto varejista representa exatamente o fluxo para frente que cada ponto varejista distribui para os mercados consumidores em $t=1$. Trabalhos futuros deverão envolver variações na estrutura da cadeia (expansão e criação de novos fluxos) assim como a incorporação de incentivos fiscais que possam justificar a adoção das políticas de logística reversa.

REFERÊNCIAS

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

CARDOSO, S. R.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. F. D.; RELVAS, S. *Design and planning of supply chains with integration of reverse logistics activities under demand uncertainty*. European Journal of Operational Research. v.226, n. 3. p. 436-451, mai. 2013. ISSN 03772217.

DONDO, R. G.; MÉNDEZ, C. A. *Operational Planning of Forward and Reverse Logistic Activities on Multi-Echelon Supply-Chain Networks*. Computers and Chemical Engineering. v. 88, s.n., p. 170-184, mai. 2016. ISSN 00981354.

FLEISCHMANN, M.; BEULLENS, P.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; VAN WASSENHOVE, L. N. *The impact of product recovery on logistics network design*. Production and Operations Management. v. 10, n. 2, p. 156–173, jun. 2001. ISSN 19375956.

MITRA, S. *Revenue management for remanufactured products*. Omega The International Journal of Management Science. v. 35, n. 5, p. 553–562, nov. 2005. ISSN 03050483.

PEREIRA, L.X. (2016). Modelagem da cadeia de suprimentos de uma empresa brasileira com logística reversa. Relatório Técnico, CPGEI, UTFPR.

SALEMA, M. I.; PÓVOA, A. P. B.; NOVAIS, A. Q. *A warehouse-based design model for reverse logistics*. Journal of the Operational Research Society. v. 57, n. 6, p. 615-629. jun. 2006. ISSN 01605682.

SOBRE O ORGANIZADOR

MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-002-5



9 788572 470025