

VICTÓRIA COMAR CORRÊA

Avaliação dos custos logísticos em redes de distribuição:

Aplicação de simulação em uma indústria química

Victória Comar Corrêa

Avaliação dos custos logísticos em redes de distribuição:

Aplicação de simulação em uma indústria química

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Fernando Augusto Silva Marins

C824a	Corrêa, Victória Comar Avaliação dos custos logísticos em redes de distribuição: aplicação de simulação em uma indústria química / Victória Comar Corrêa – Guaratinguetá, 2018. 44 f : il. Bibliografia: f. 41-44 Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018. Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins 1. Custos. 2. Logística. 3. Indústria química. I. Título
-------	---

CDU 657.471

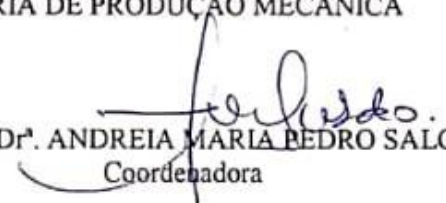
Luciana Médmo

Bibliotecária-CR3-5/5585

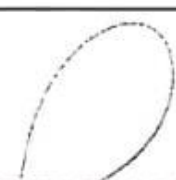
VICTÓRIA COMAR CORRÊA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA


Prof.ª. Dr.ª. ANDREIA MARIA PEDRO SALGADO
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA
UNESP-FEG


Prof.ª. Dr.ª. ERICA XIMENES DIAS
UNESP-FEG

Dezembro de 2018

DADOS CURRICULARES

VICTÓRIA COMAR CORRÊA

NASCIMENTO 24.05.1994 – São Paulo / SP

FILIAÇÃO Ubirajara Pires Corrêa
Séfora da Silva Comar Corrêa

2013/2018 Curso de Graduação
Engenharia de Produção Mecânica
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

dedico este trabalho
de modo especial, à minha família

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela minha vida, minha família e meus amigos;
aos meus pais, *Ubirajara Pires Corrêa* e *Séfora da Silva Comar Corrêa*, por se dedicarem ao máximo e me darem todo apoio e suporte em todas as dificuldades enfrentadas;
ao meu irmão *Jonas Pires Corrêa Neto*, por me incentivar a ser cada dia melhor;
à minha avó *Adalgiza Libano Corrêa (in memorian)*, por sempre estar presente à sua maneira em minha educação;
à minha família, que mesmo distante sempre está ao meu lado;
à *República Bico Doce*, minha segunda família, que me permitiu ser a pessoa que sou hoje e por me apoiar em todas as dificuldades. Me sinto honrada de fazer parte dessa história;
aos amigos da *FEG*, por terem me acompanhado por todo o percurso tornando-o o melhor possível, por toda amizade, companheirismo e momentos inesquecíveis;
aos meus amigos do *Colégio Santa Cruz*, por sempre trazerem bons momentos de convivência e apoio mesmo sem encontros frequentes;
às minha amigas de *Grenoble*, por compartilharem momentos únicos e singulares em um curto período e por fazerem parte da minha família;
ao meu orientador, *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins*, pela orientação, auxílio e incentivo que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho;
aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“Ex nihilo nihil fit”
Parmenides

RESUMO

A crescente competitividade do ambiente corporativo incita as empresas a melhorarem seus processos e como consequência, conhecê-los melhor. A mensuração e controle de atividades se tornou ponto essencial para tomar decisões estratégicas, principalmente em áreas dinâmicas, como a de logística de distribuição. Nesse contexto, a modelagem e a simulação são ferramentas indispensáveis, pois fazem testes com a realidade sem precisar modificá-la. O presente trabalho teve como objetivo avaliar quantitativamente a variação dos custos logísticos de armazenagem e transporte de produtos finais de uma indústria química, além de propor melhorias na rede de distribuição utilizando quatro cenários de simulação. Como resultado do estudo foi possível avaliar os impactos de custos nas mudanças propostas na rede de distribuição.

PALAVRAS-CHAVE: Rede de distribuição. Custos. Simulação. Indústria química.

ABSTRACT

The increasing competitiveness of the corporate environment encourages companies to improve their processes and, as a consequence, know them better. Measurement and control of activities has become an essential point to make strategic decisions, especially in dynamic areas such as distribution logistics. In this circumstance, modeling and simulation are indispensable tools, since they can test different reality situations without modify it. The present work had the objective of quantitatively evaluating the variation of the logistic costs of storage and transportation of final products in a chemical industry, besides proposing improvements in the distribution network using four simulation scenarios. As a result of the study it was possible to evaluate the cost impacts on the proposed changes in the distribution network.

KEYWORDS: Distribution network. Costs. Simulation. Chemical industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Publicações entre 2014 e 2018: “ <i>Distribution Network</i> ” e “ <i>Transports</i> ”	14
Figura 2 – Inexistência de publicações entre 2014 e 2018 “ <i>Distribution Network</i> ”, “ <i>Transports</i> ” e “ <i>Chemical Industry</i> ”	15
Figura 3 – Síntese da classificação da pesquisa	16
Figura 4 - Modelo da Cadeia de Suprimentos	17
Figura 5 – Principais componentes da rede de distribuição	19
Figura 6 – Percentual médio do custo logístico nas empresas brasileiras	21
Figura 7 – Modelagem de Processos	24
Figura 8 – Estrutura básica da técnica de modelagem IDEF0.....	25
Figura 9 – Junções lógicas do IDEF3.....	25
Figura 10 - Fluxo de distribuição atual.....	30
Figura 11 - Modelo IDEF-Sim para o problema apresentado	31
Figura 12 - Simulação do Caso 1	33
Figura 13 - Simulação do Caso 2	34
Figura 14 - Simulação do Caso 3	35
Figura 15 - Simulação do Caso 4	36
Figura 16 – Comparação de custos.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM.....	27
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÕES DA PESQUISA.....	12
1.2	OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO DA PESQUISA E JUSTIFICATIVAS	13
1.3	MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	15
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	CADEIA DE SUPRIMENTOS	17
2.1.1	Custos na logística de distribuição de produtos	19
2.2	MODELAGEM E SIMULAÇÃO	22
2.2.1	IDEF-Sim	22
2.2.2	Simulação	28
3	ANÁLISE DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	29
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	29
3.2	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	29
4	SOLUÇÃO PROPOSTA	31
4.1	IDEF-SIM.....	31
4.2	SIMULAÇÃO	31
5	RESULTADOS ALCANÇADOS.....	33
5.1	CASO 1	33
5.2	CASO 2	34
5.3	CASO 3	35
5.4	CASO 4	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
6.1	VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA.....	38
6.2	SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO.....	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÕES DA PESQUISA

O gerenciamento da cadeia de suprimentos é uma questão crítica às indústrias químicas pelas várias incertezas de mercado, logística e produção. Essa cadeia é definida como um processo integrado que se inicia na compra dos materiais, passando pela produção e termina na distribuição. A cadeia é responsável pelo recebimento de matérias-primas dos fornecedores e pela conversão delas em produtos finais destinados ao varejo ou diretamente aos clientes. O objetivo de manter um bom gerenciamento da cadeia de suprimentos é maximizar os lucros de todos os processos envolvidos no sistema a partir do aperfeiçoamento dos fluxos de informação, produtos e custos, que são fatores determinantes para a melhor eficiência (SARANWONG; LIKASIRI, 2016).

A incerteza da demanda, em particular, é um fator importante a ser considerado nos projetos e nas operações da cadeia de suprimentos. Essa insegurança pode acarretar grandes variações de lucros e custos, podendo diminuir a receita das empresas (JUNG et al., 2004). Com essa insegurança, Fichtinger et al. (2015) citam que gerentes industriais estão cada vez mais pressionados para tomar decisões tentando otimizar três principais pilares: custos, serviços e meio-ambiente.

Atualmente diversas empresas enfrentam problemas críticos em relação às redes logísticas e ao controle de suas operações. Manzini et al. (2014) citam que gerentes logísticos têm de enfrentar amplas questões para obter a mensuração e o controle de todas as decisões em seus diferentes níveis: estratégicas de longo prazo, táticas de médio prazo e operacionais de curto prazo, principalmente na gestão de sistemas de armazenamento e no gerenciamento de frota de veículos.

Saranwong e Likasiri (2016) mencionam que o desempenho de uma cadeia de suprimentos é diretamente influenciado pelo design de sua rede de distribuição, que inclui todos os processos desde a saída do produto de sua origem até o cliente final. Uma rede de distribuição bem desenhada pode ajudar a cadeia de suprimentos a alcançar os máximos benefícios, minimizando os custos.

Nessa busca pelo aperfeiçoamento de operações, muitos empreendimentos buscam métodos para auxílio nas tomadas de decisões. A modelagem e a simulação de processos de negócios ajudam a facilitar essa visão do processo, permitindo que se estude a dinâmica do negócio e considere os efeitos das mudanças sem riscos. Para isso, há uma série de

metodologias, abordagens e ferramentas disponíveis, cada uma das quais pode ser aplicável a diferentes circunstâncias (BARBER et al., 2003).

Portanto, pode-se perceber que a utilização de modelagem e simulação para a melhoria de uma rede de distribuição de produtos acabados dentro da cadeia de suprimentos pode ser importante para que as altas exigências da indústria química sejam atendidas.

Neste contexto, as questões que orientaram este trabalho são:

- O que é necessário para implementar simulação num processo de logística de distribuição?
- Como a simulação e a melhoria de processos podem afetar a rede de distribuição?
- A utilização de simulação se mostra eficaz na redução de custos de distribuição?

1.2 OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO DA PESQUISA E JUSTIFICATIVAS

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar quantitativamente a variação dos custos logísticos de armazenagem e transporte de produtos finais de uma indústria química, propondo melhorias na rede de distribuição e utilizando simulação.

Para isso, propõem-se os seguintes objetivos específicos, para a empresa que é o objeto do estudo:

- Mapear o fluxo da malha atual de distribuição;
- Identificar os custos das operações;
- Modelar e simular diferentes cenários;
- Identificar melhorias no processo a partir dos resultados obtidos.

Este trabalho limitou-se ao estudo de custos de distribuição a nível nacional de uma empresa química multinacional de grande porte, com atividades no Vale do Paraíba. Para o processo de simulação foi utilizado o software *Promodel*, parametrizado a partir das restrições do empreendimento em questão.

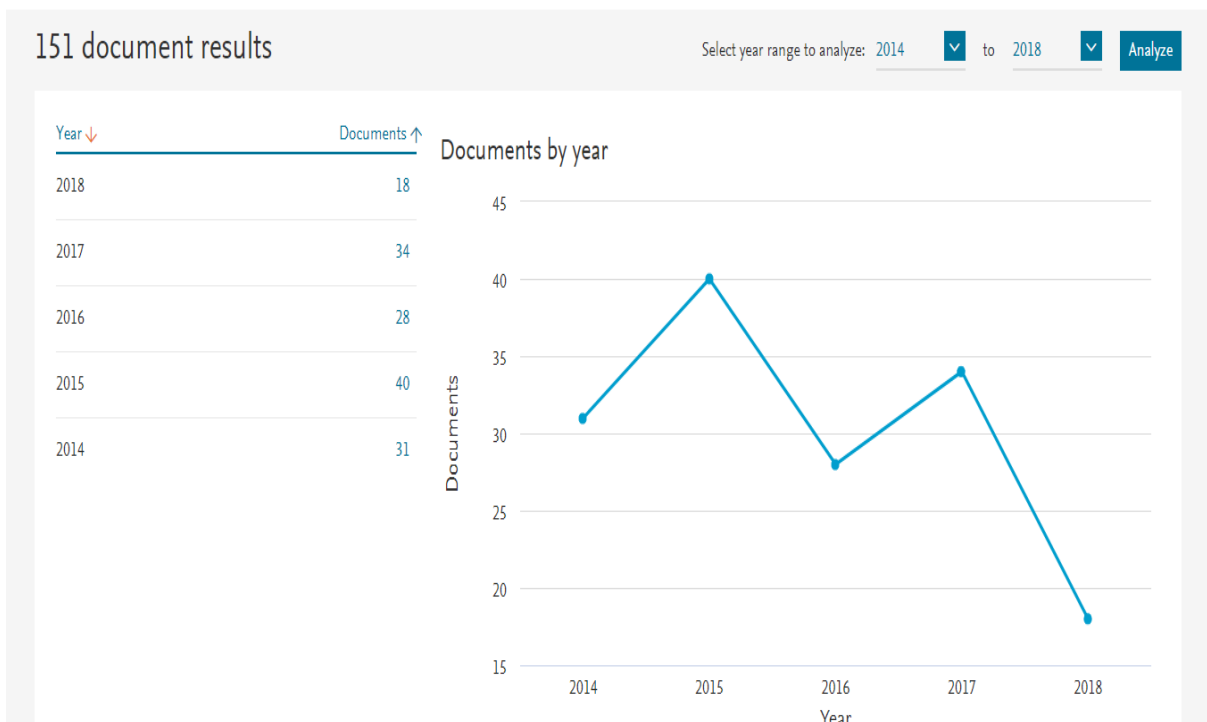
Segundo Fichtinger et al. (2015), a análise do gerenciamento de uma cadeia de suprimentos como um todo, levando em conta os custos totais do terreno, de fabricação e de transporte podem ser uma extensão aos estudos teóricos. Além disso, cada vez mais se busca estar o mais próximo da excelência, o que faz com que as empresas analisem as melhores maneiras de agregar valor aos seus produtos e serviços, principalmente se tratando de indústrias químicas e da complexidade de seus processos produtivos (BARBOSA; FERRO, 2015).

Apoiando essa escolha, Hofmann e Rüsç (2017) enfatizam em seu trabalho a oportunidade da simulação dos processos de distribuição devido à crescente digitalização dos fluxos de materiais. Para isso pode-se levar em consideração alguns processos adjacentes, como a disponibilidade de recursos físicos, distribuição de operadores, tempo disponível para as operações e custos. Portanto, é significativo não somente para o âmbito científico, mas também para o comercial, encontrar novos meios de reduzir custos relativos a transportes e armazenagem, diminuindo assim os custos totais do produto (DROŹDZIEL et al., 2017).

Como justificativas adicionais para a realização deste trabalho observaram-se, por meio de uma pesquisa bibliométrica (ver Figuras 1 e 2) que os temas de redes de distribuição e transportes vem sendo constantemente estudados nos últimos anos. Entretanto, existem poucas publicações que abordam esses tópicos na área da Indústria Química.

Na Figura 1 é apresentado o número de publicações em que constam “*Distribution Network*” e “*Transports*” no título, resumo ou palavra-chave na base Scopus™. A pesquisa foi realizada no dia 12/09/2018, restringida ao período de publicação entre os anos de 2014 e 2018 e limitada às áreas “*Engineering*”, “*Business, Management and Accounting*”, “*Decision Sciences*” e “*Economics, Econometrics and Finance*”.

Figura 1 - Publicações entre 2014 e 2018: “*Distribution Network*” e “*Transports*”



Fonte: Scopus (2018).

A mesma pesquisa, incluindo o termo “*Chemical Industry*” não retornou nenhum resultado, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Inexistência de publicações entre 2014 e 2018: “*Distribution Network*”, “*Transports*” e “*Chemical Industry*”

The screenshot shows the Scopus search results interface. At the top, the Scopus logo is on the left, and navigation links for Search, Sources, Alerts, Lists, Help, SciVal, Register, and Login are on the right. Below the navigation bar is a blue header with the text "Document search results" and a link for "View secondary documents". The main content area displays a complex search query: "TITLE-ABS-KEY ("Distribution network" "Transport" "Chemical Industry") AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "DECI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "ECON")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2014))". Below the query are icons for Edit, Save, Set alert, and Set feed. A red-bordered box highlights a message: "No documents were found." with a red exclamation mark icon and a close button (x).

Fonte: Scopus (2018).

Sendo assim, esse trabalho procurou contribuir abordando os tópicos de grande relevância que não demonstraram conexão a partir da pesquisa bibliométrica. E, além da oportunidade de avanço no tema, também é um ganho no âmbito industrial para a empresa que é líder de mercado no ramo em que atua e que sempre busca a redução de custos.

1.3 MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A natureza dessa pesquisa é aplicada, pois utiliza os dados e conhecimentos já existentes para resolver problemas relacionados às aplicações concretas de redes de distribuição. O objetivo da pesquisa pode ser classificado de caráter descritivo, pois descreveu as características da rede logística e estabeleceu relação com os custos dos cenários.

Os resultados alcançados foram medidos a partir dos custos de cada situação reproduzida, classificando-a como abordagem quantitativa do estudo realizado a partir do método de modelagem e simulação. A Figura 3 apresenta um resumo da classificação de pesquisa.

Figura 3 - Síntese da classificação da pesquisa



Fonte: Adaptado de Kothari (2013).

A modelagem e simulação tiveram como fonte de dados as informações coletadas e tratadas pela empresa em questão. Ocorreu a validação de todas as etapas do trabalho pelos responsáveis da área de logística da empresa, assim como a definição em conjunto das premissas e hipóteses dos modelos elaborados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho está dividido em mais três capítulos. O segundo Capítulo apresenta o referencial teórico dos temas abordados neste trabalho, são eles: Cadeia de Suprimentos com maior enfoque na Logística de distribuição de produtos e, em seguida, os conceitos relacionados à modelagem e simulação.

No Capítulo 3 é apresentada a análise da rede de distribuição.

Já no Capítulo 4 são apresentadas as considerações finais.

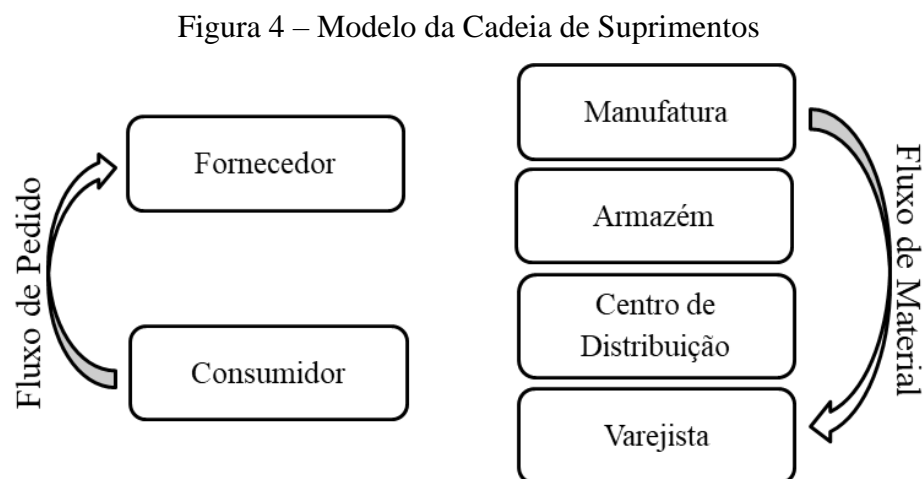
Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para a realização deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

A Cadeia de Suprimentos é uma complexa rede logística que consiste em fornecedores, fabricantes, armazéns, centros de distribuição, varejistas e clientes (LEE, 2014). Segundo Miranbeigi et al. (2014) o gerenciamento dessa cadeia pode ser definido como a comunicação entre todos esses componentes, estimulados pela demanda. Com o desenvolvimento da industrialização e da crescente prestação de serviços, além do aumento da competitividade e maior exigência do consumidor no mercado, tornou-se imprescindível aprofundar-se nesses aspectos.

Segundo Sutanto e Sarno (2015) o modelo clássico de Cadeia de Suprimentos envolve um fluxo de materiais que se inicia na fábrica ou no produtor, que envia seu produto final para um depósito ou armazém. Depois, o produto acabado é coletado do armazém e é realocado para um centro de distribuição e, então, entregue aos varejistas, como pode ser visto na Figura 4. Este modelo, apesar de bem estruturado, tem a desvantagem de que o processo leva mais tempo do que o necessário entre o armazém e o varejista, dependendo obrigatoriamente de uma etapa entre eles.



Fonte: Adaptado de Miranbeigi et al. (2014).

Ao contrário do caso tradicional que só aplica o conhecimento de um responsável, o gerenciamento moderno da Cadeia de Suprimentos, como uma vantagem, usa teorias matemáticas avançadas que tentam coordenar toda a cadeia de produtos (MIRANBEIGI et al.,

2014). Existem inúmeras publicações sobre os tópicos específicos e abrangentes da Cadeia de Suprimentos e como são gerenciados.

Ao que diz respeito aos fornecedores, Lee (2014) faz uma vasta revisão bibliográfica sobre as escolhas dos mesmos, não somente por meio de licitações e negociações, mas também nos aspectos de competição, estratégias de oferta e eficiência da negociação. Já Liou et al. (2016) faz uma abordagem diferente a partir das relações de dependência entre diferentes critérios e a informações dos tomadores de decisão para a escolha dos fornecedores sob a ótica da ecologia. Moghaddam (2015), por outro lado, trouxe um modelo matemático para identificar e classificar os fornecedores com o objetivo de encontrar o número ideal de peças para ser aplicado em uma rede de logística reversa. É possível observar que os campos a serem explorados dentro deste tópico são vastos e repletos de possibilidades.

Em relação aos armazéns e centros de distribuição, grande parte dos estudos tem como focos principais a estrutura, gestão de inventário e, um tópico mais recente, a automatização. Fichtinger (2015) disserta sobre o impacto que a estrutura de depósitos (dimensões, mecanização, utilização do espaço, iluminação) sofre por meio de algumas características, como demanda do cliente, níveis de estoque e tempo de reabastecimento do mesmo. Manzini et al. (2015) vão além e também abordam as áreas adjacentes aos depósitos, como áreas de recebimento, expedição e *cross-docking*, assim como a importância da enumeração dos equipamentos necessários para as operações.

Quanto a questão da automatização de armazéns, Kumar et al. (2014) e Lerher et al. (2015) tratam, respectivamente, sobre o armazenamento e recuperação baseados em veículos autônomos (AVS/R) e sobre armazenamento e recuperação baseados em transporte (SBS/RS), ambos visando a otimização e comparação de movimentações fazendo medições de tempo. A armazenagem, assim como o manuseio dos produtos, envolve grandes problemas operacionais e de projeto, portanto são tópicos de grande interesse das indústrias e de pesquisadores já que afetam os custos, a eficiência, o ambiente, e a segurança. (MANZINI et al., 2015).

Uma questão importante é a relação entre as atividades de produção e distribuição, ou seja, entregar o produto com qualidade e dentro do prazo. Atingir esses objetivos no atual mercado requer uma coordenação e planejamento extenso entre todos os envolvidos na Cadeia de Suprimentos, com o objetivo de produzir a quantidade certa de produto com a qualidade desejada e entregá-lo no momento e local certos (ASADI et al., 2018).

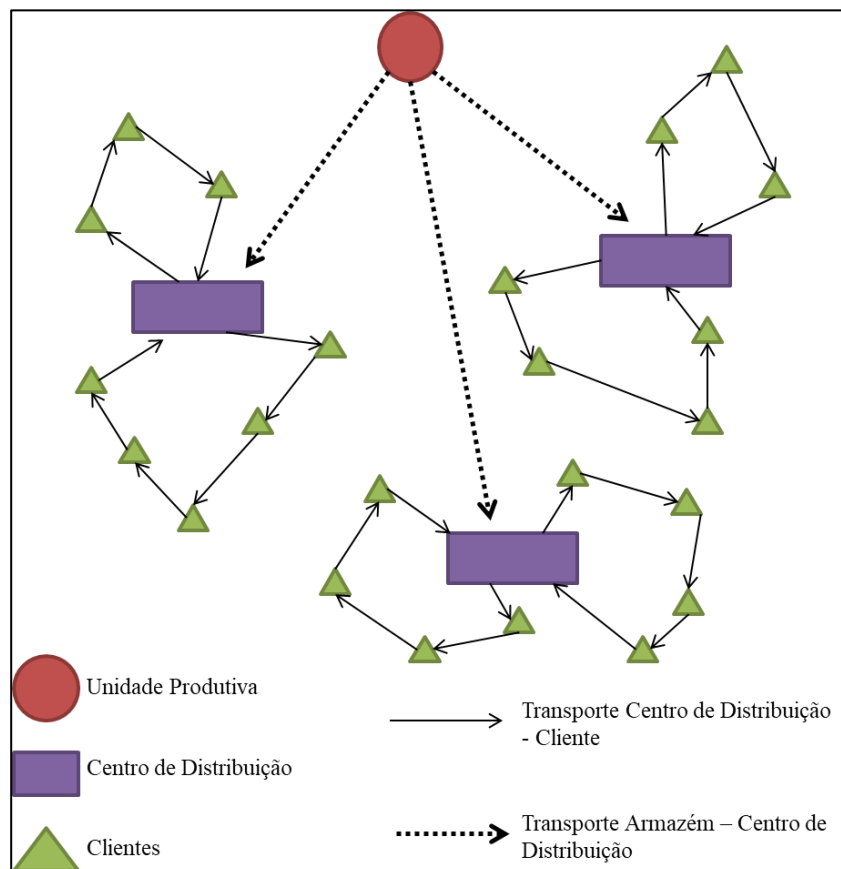
Atualmente, maior parte das atividades da Cadeia de Suprimentos são otimizadas com foco na possível redução de custos e aumento na eficiência, que abrangem principalmente esses três aspectos: inventário, localização e rotas, que, se bem articulados entre si, trazem

significativas reduções de custos. Portanto, uma contínua atenção e formulação de modelos integrados entre custos de instalação, custo de estoque e custo de transporte certamente continuarão no escopo de muitos pesquisadores e de muitos empreendimentos (ASADI et al., 2018; SARANWONG; LIKASIRI, 2016; MIRANBEIGI et al., 2014).

2.1.1 Custos na logística de distribuição de produtos

Nas últimas décadas, o gerenciamento da Cadeia de Suprimentos foi um dos tópicos mais populares nas indústrias e pesquisas relacionadas à logística. Esse sistema logístico inclui dois principais focos, o transporte entre as unidades produtivas (Armazéns) para os Centros de Distribuição, e dos Centros de Distribuição para os Clientes, ou seja, os três componentes principais da rede de distribuição são os Armazéns, os Centros de Distribuição e os Clientes, como pode ser visto na Figura 5 (SARANWONG; LIKASIRI, 2016, SARANWONG; LIKASIRI, 2017).

Figura 5 – Principais componentes da rede de distribuição



Fonte: Adaptado de Min et al. (1998).

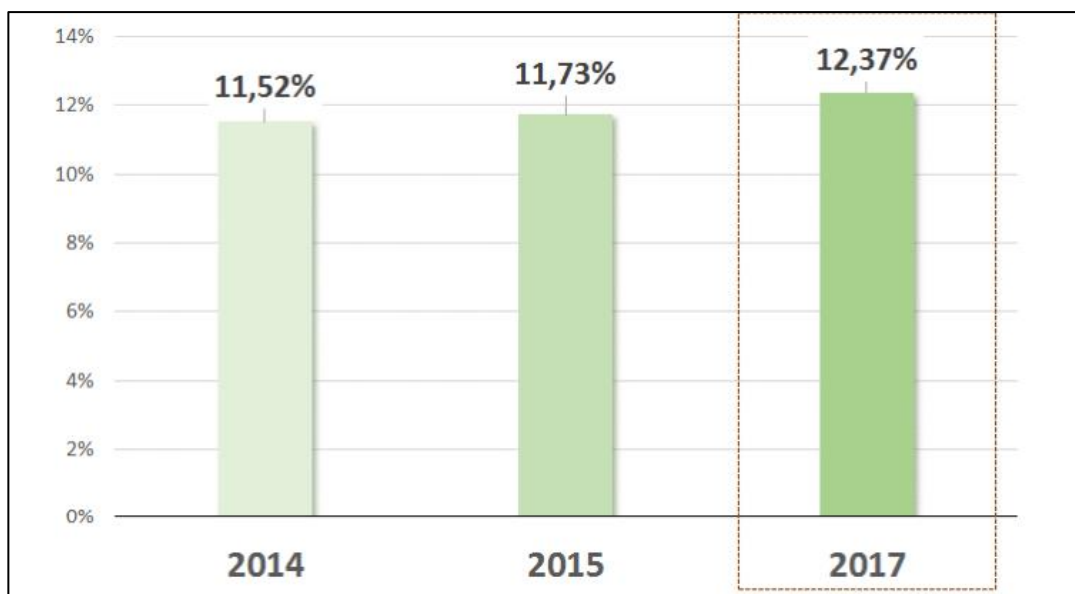
Afshari et al. (2014) complementam que o conceito de Cadeia de Suprimentos atraiu profissionais e acadêmicos por trazer uma solução integrada para muitos desafios do mercado competitivo, já que unifica o fluxo de materiais e informações, organizando e coordenando as funções, recursos e operações. Além disso, se referem às redes de distribuição como um dos principais influenciadores da satisfação dos clientes e lucratividade do empreendimento, pois são desafiados constantemente a otimizar decisões, como localização de armazéns, modos de transporte e gestão de inventário. Hu e Sheng (2015) também pontuam que os problemas de gerenciamento de inventário, centros de distribuição e de transporte estão cada vez mais complexos devido ao rápido desenvolvimento industrial e da globalização.

Nas últimas décadas o conceito de integração de sistemas logísticos foi tratado como uma nova estratégia de gerenciar a Cadeia de Suprimentos, visando o aumento da eficiência na distribuição e também a redução dos custos. Para isso é necessário buscar a melhor combinação entre a localização das instalações, dos fornecedores e dos clientes, além das possíveis rotas do veículo em torno dos depósitos (ASADI et al., 2018; MIN et al., 1998). Um exemplo citado por Yu et al. (2008) ilustra esta combinação: se um grande volume de produtos é entregue em um depósito, pode-se demorar muito tempo para consumi-lo, aumentando assim o custo de estocagem, portanto espera-se uma boa oferta no custo de transporte para minimizar o custo total.

Os custos de distribuição de logística representam parcelas significativas dos custos de varejo e tem impacto direto na existência e no desenvolvimento de empresas. Portanto, melhorar a eficiência logística e reduzir seus custos são medidas significativas para aumentar os lucros (LI et al., 2016).

No Brasil, o percentual médio do custo logístico comparado com o faturamento bruto das empresas foi de 12.37% no ano de 2017, 0.85% maior do que se comparado ao ano de 2014 (RESENDE et al., 2017), como mostra a Figura 6. Esse aumento da parcela de custos demonstra possível prejuízo das empresas e varejistas, assim como maior custo para os clientes no mercado brasileiro.

Figura 6 – Percentual médio do custo logístico nas empresas brasileiras



Fonte: Resende et al. (2017).

Considerando que grande parte da literatura disponível aponta como um dos principais fatores a armazenagem, Manzini et al. (2015) explicitam que o objetivo da gestão de inventário e do manuseio de materiais é transportar os produtos com o melhor custo-benefício para o lugar certo, no momento certo e na quantidade certa, sem danos ou alterações, buscando minimizar os custos operacionais (*handling-in* e *handling-out*) e o tempo, aumentando assim o desempenho da Cadeia de Suprimentos. Segurança, qualidade, disponibilidade de produtos e custo são aspectos chaves dos sistemas de armazenamento.

Outro componente fundamental citado inúmeras vezes pela literatura é o transporte que, segundo Saranwong e Likasiri (2017), dividem a distribuição de produtos em dois grupos principais. O primeiro deles envia os produtos diretamente aos varejistas ou clientes, sem nenhuma etapa intermediária, e o segundo que envia os produtos para os centros de distribuição e somente depois serão destinados aos varejistas ou clientes. Quando o envio é feito direto para o comprador existe uma redução dos custos de transporte, pois só um trecho é percorrido, e redução de custos de armazenagem, já que esse produto não ficará armazenado em Centros de Distribuição.

Droździel et al. (2017) reforçam que os custos de transporte dependem de muitos fatores, como o preço de compra do veículo, custo de mão de obra, de manutenção, de depreciação e de combustível. Além disso, se a empresa não tiver sua própria frota, deverá pagar pelos serviços das transportadoras. Outro ponto relevante para o mercado de transporte brasileiro (OTTA, 2018) é a resolução da Agência Nacional de Transportes Terrestres

(ANTT) publicada na Lei 13.703 de 2018, que prevê o uso de uma tabela de frete mínimo quando ocorrerem oscilações superiores a 10% no preço do óleo diesel no mercado nacional, impactando os preços de contratação de transporte com a possibilidade de multa aos contratantes, caso descumprido acordo.

2.2 MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Para um gerenciamento eficiente da Cadeia de Suprimentos é necessário identificar os fluxos e movimentações internas que buscam a satisfação do cliente. Existem inúmeros métodos para realizar esse controle, principalmente visando estoque e custos a partir da manipulação de objetos para otimização de processos e mensuração de medidas de desempenho da cadeia (SEFERLIS; GIANNELOS, 2004). Como existem grandes variedades nas Cadeias de Suprimentos que dependem das particularidades de cada setor, função e organização, criaram-se algumas estruturas gerais para modelagem de processos de logística integrada (COOPER et al., 2014), como veremos no próximo item deste capítulo.

Além da modelagem, outro método em destaque é a Simulação. Trata-se de uma técnica que busca imitar a realidade e que permite que o pesquisador explore diferentes cenários dentro de um mesmo processo, sem necessidade de testá-los na prática. A partir da Simulação é possível conhecer mais a fundo os processos e fazer medições e quantificações das ações simuladas (DANLOUP et al., 2015).

A simulação, além de quantificar os tempos, também pode retornar os custos de cada processo, sendo uma ferramenta útil para mais estudos na área da Cadeia de Suprimentos. Os eventos são executados com base em cenários, parâmetros e dados e retornam níveis de recursos, contagens e durações de eventos, além dos custos das operações para que os diferentes casos sejam capazes de demonstrar seus impactos (COOPER et al., 2014).

2.2.1 IDEF-Sim

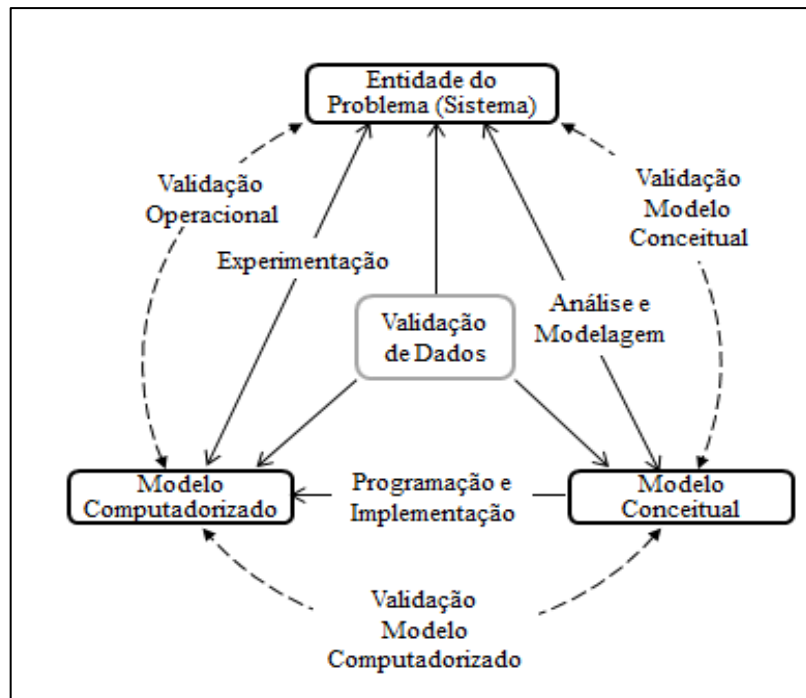
Para que as empresas se mantenham competitivas no mercado muitas delas seguem a estratégia de compreender melhor como os processos dentro da organização funcionam. Assim, as empresas conseguem ter uma base mais sólida para futuras tomadas de decisão e são capazes de prever o resultado de algumas mudanças no ambiente em que se inserem. Para melhorar o gerenciamento da melhor forma possível, muitas empresas foram motivadas a

modelar seus processos, o que desencadeou importantes trabalhos acadêmicos e comerciais sobre o tema (ROSEMANN et al., 2009).

A metodologia da modelagem inclui algumas três etapas principais: concepção, que é dividida em coleta de dados, desenvolvimento e validação do modelo conceitual; implementação, quando tem a construção, verificação e validação do modelo computacional; e por fim, a análise, etapa em que se realizam os experimentos e avalia os resultados. (MONTEVECHI et al., 2015). A modelagem conceitual foi reconhecida como uma fase crítica no desenvolvimento da análise, que afeta diretamente a qualidade e a eficiência dos projetos de simulação. Um modelo conceitual bem realizado reduz significativamente as dificuldades de comunicação, diminui o tempo do projeto e também melhora a qualidade da simulação (ZHOU et al., 2006).

Segundo Sargent (2013) a modelagem pode ser dividida em três partes. A primeira é o sistema, ou a Entidade do Problema, que pode ser real ou hipotético. A segunda parte é o Modelo Conceitual, que é o uso de símbolos representando algum fenômeno em particular. A terceira parte é o Modelo Computadorizado, que nada mais é do que o Modelo Conceitual aplicado no computador. Ainda segundo o autor, a validação do modelo conceitual seria a suposição de que todas as teorias do Modelo Conceitual estão corretas e que a representação do modelo é válida para o propósito. Além disso, a avaliação do modelo computacional busca garantir que a programação em ambiente computacional seja consistente e válida para o modelo conceitual anteriormente escolhido, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Modelagem de Processos



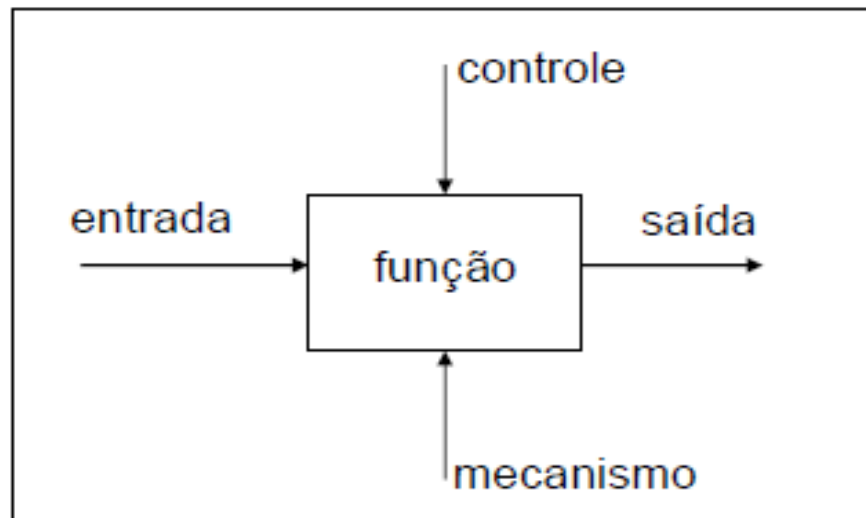
Fonte: Adaptado de Sargent (2013).

Segundo Francisco et al. (2016), tornou-se cada vez mais importante a aplicação de modelagem nos processos, pois é uma técnica que facilita a visualização, análise e otimização de processos de produção complexos usando animações de computador, gastando menos tempo e dinheiro.

Para atender essa necessidade do mercado e dos acadêmicos, Montecechi et al. (2010) desenvolveram uma técnica de modelagem conceitual denominada *Integrated Definition Methods – Simulation*, ou IDEF-SIM. Esta técnica é uma combinação de técnicas de modelagem conceituais já conhecidas e consagradas na Modelagem de Processos de Negócios: IDEF0, IDEF3 e fluxograma, porém apresenta uma lógica com informações mais úteis e focadas na construção de modelos de simulação de eventos discretos (MONTEVECHI et al., 2015).

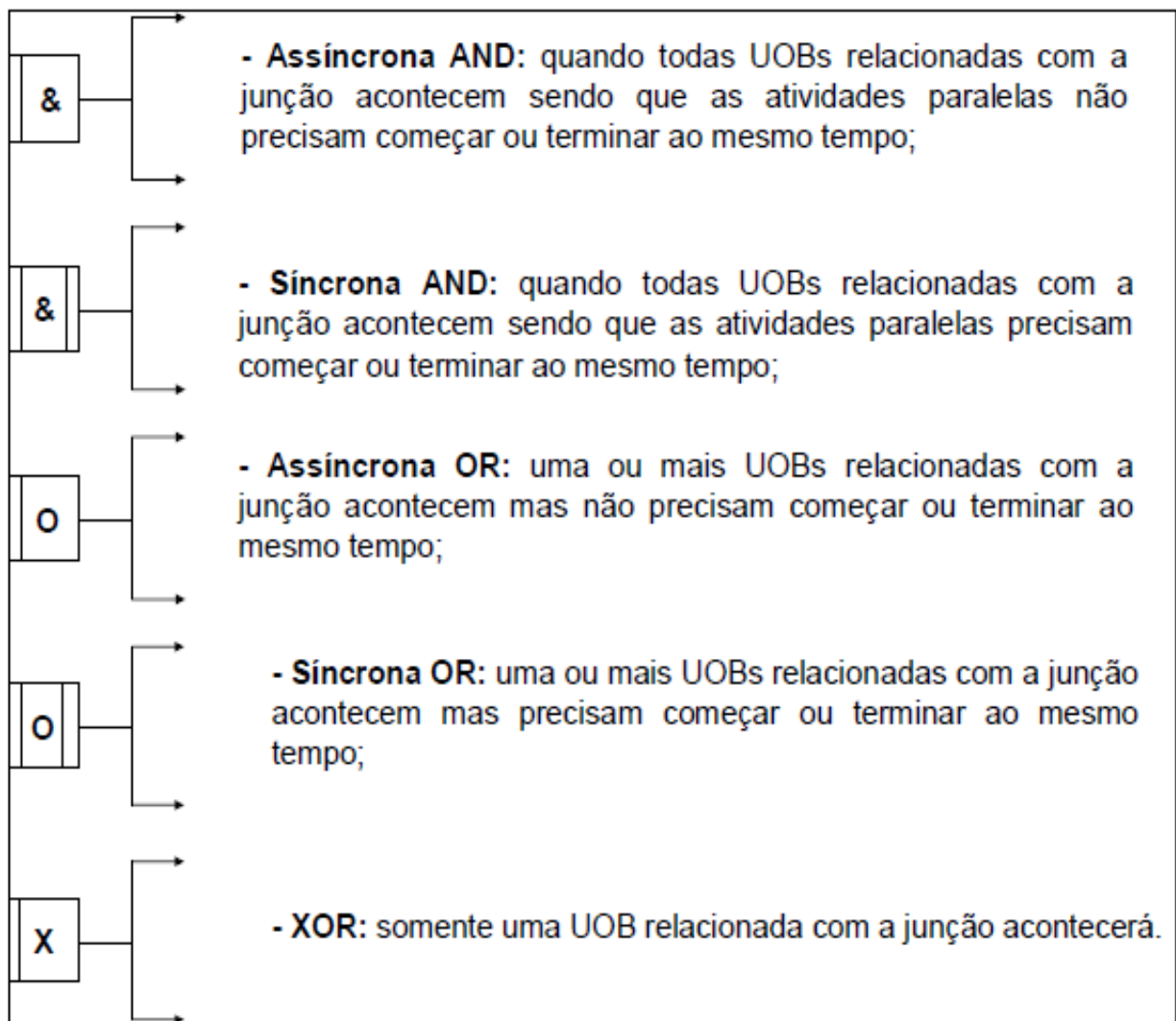
Segundo Belge et al. (2013), o IDEF0 é uma técnica de modelagem de tomada de decisão, ações e atividades, avaliando o que é certo e errado em um sistema. Este modelo é baseado em uma série hierárquica de diagramas que exibem níveis crescentes de detalhes na descrição de funções e na sua interface com o sistema. As atividades são descritas por entradas, saídas, controles e mecanismos, como visto na Figura 8. Já o IDEF3 é caracterizado pela descrição dos eventos em sua ordem real, ou seja, seus processos de sequenciamento, como mostra a Figura 9 (FRANCISCO et al., 2016).

Figura 8 – Estrutura básica da técnica de modelagem IDEF0.



Fonte: Leal (2008).

Figura 9 – Junções lógicas do IDEF3

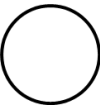


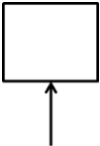
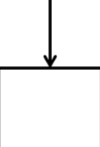
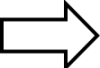






Fonte: Leal (2008).

No Quadro 1 são apresentados os elementos e a simbologia utilizada para o IDEF-SIM, além das respectivas técnicas de que foram derivadas e adaptadas à modelagem conceitual.

Há exemplos de algumas aplicações e análises do uso da técnica de IDEF-SIM na literatura. Silva et al. (2014) aplicam a técnica antes da simulação do desenvolvimento de produto de uma impressora de urnas eletrônicas para melhorar o design das mesmas. Já Rangel et al. (2013) utilizam a modelagem para analisar emissões de monóxido de carbono de uma frota de caminhões durante o transporte de matérias primas. Lima e Leal (2012) analisam alternativas para aumentar a produtividade de uma associação de catadores de lixo em relação a seleção dos materiais recicláveis.

Quadro 1 – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM.

Elementos	Simbologia	Técnica de Origem	Descrição breve						
Entidade		IDEF3	Criação de uma entidade a ser processada (matéria-prima, produto, pessoa, documento)						
Funções		IDEF0	Locais que a Entidade passará por uma ação (postos de trabalho, linhas, estoques)						
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3	Direção da Entidade no modelo, o momento de entrada e de saída das Entidades nas funções						
Recursos		IDEF0	Elementos usados para mover as Entidades e executar as Funções (pessoas, equipamentos) e podem ser estáticos ou dinâmicos						
Controles		IDEF0	Regras das Funções (sequenciamento, programação)						
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	<table border="1" data-bbox="499 1205 679 1503"> <tr> <td>&</td> <td>Regra E</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Regra OU</td> </tr> <tr> <td>O</td> <td>Regra E/OU</td> </tr> </table>	&	Regra E	X	Regra OU	O	Regra E/OU	IDEF3	Após a Função podem ser executados as funções E, OU e E/OU
&	Regra E								
X	Regra OU								
O	Regra E/OU								
Movimentação		Fluxograma	Deslocamento de Entidade, com tempo gasto e Recurso utilizado						
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3	Explicação no modelo para melhor compreensão						
Fluxo de entrada no sistema			Entrada ou criação de Entidades no modelo						
Ponto final do sistema			Final de um caminho dentro do fluxo						
Conexão com outra figura			Dividir o modelo em diferentes figuras						

Fonte: Adaptado de Leal (2008) e Lima e Leal. (2015).

2.2.2 Simulação

Segundo Lebeau et al. (2013), a Pesquisa Operacional oferece diferentes técnicas para ajudar nas tomadas de decisão, uma delas são os modelos de simulação que têm como objetivo representar o mundo real para poder prever evoluções futuras, buscando compreender sistemas complexos e otimizando-os antes da implementação. Para simular um sistema é necessário escolher entre um dos modelos, dos quais os principais são: Simulação de Sistemas Dinâmicos, Simulação a Eventos Discretos e Simulação Baseada em Agentes (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004).

Os modelos de Simulação a Eventos Discretos são normalmente utilizados para analisar desempenhos e definir parâmetros de sistemas complexos. É um modelo baseado no conceito de movimentação das Entidades dentro de um sistema, percorrendo diferentes etapas do processo que variam de capacidade, eficiência, tempo, valor. Além disso, pode-se aplicar modelos estocásticos em que as Entidades são passíveis de enfileiramento. A simulação Discreta por Eventos é a abordagem mais popular em questões de logística e gerenciamento da cadeia de fornecimento, com uma parcela de 68% (LEBEAU et al., 2013; KUMAR et al., 2014; TAKO; ROBINSON, 2012; MAIDSTONE, 2012).

O modelo de Simulação de Sistemas Dinâmicos é mais abstrato do que o anterior, pois analisa não só processos, mas políticas. Ele deve conter uma estrutura organizacional baseada em um conjunto de ações, um nível de estoque que muda de acordo com os fluxos, por exemplo capacidade, e também da rapidez que os fluxos influenciam os estoques. Ou seja, é um modelo de rede de estoques que dependem dos números de loops e regras que interagem para definir se aumenta ou diminui. É um modelo determinístico e não possui elementos estocásticos, sempre resultando nas mesmas características (LEBEAU et al., 2013; MAIDSTONE, 2012; BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004)

Já o modelo Baseado em Agentes é definido por um conjunto de elementos (Agentes) caracterizados por Atributos que interagem por meio de regras definidas em um determinado ambiente. Esse tipo de modelo fornece uma abordagem para resolver problemas onde o domínio é modificado frequentemente (AFSHARI et al., 2014; BARBATI GENOVESE, 2012).

Para qualquer das metodologias baseadas em simulação é necessário que o modelo seja validado para que reflita sua realidade e precisão preditiva, podendo ser comparados com os desempenhos reais (LEUNG et al., 2016).

3 ANÁLISE DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada é uma multinacional alemã de grande porte e de capital aberto com atividades logísticas no Vale do Paraíba, onde atua há mais de 40 anos. As principais atividades da empresa são voltadas para duas grandes divisões, Saúde e Agricultura. Dentro do ramo de agronegócio existem outras duas principais categorias, uma delas de produtos químicos, foco do estudo realizado.

A área da empresa na qual o projeto de pesquisa foi realizado foi a Logística, que é responsável pelos armazéns e pelos transportes de produtos acabados destinados aos clientes da companhia. O trabalho se desenvolveu junto com a equipe de coordenação de transportes, que é responsável pela solicitação, monitoramento e pagamento de fretes de transportes dos produtos finais, e também com a equipe de coordenação de armazéns, a qual é responsável por analisar as ocupações, previsões de estoque e custos de armazenagem desses mesmos produtos.

3.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

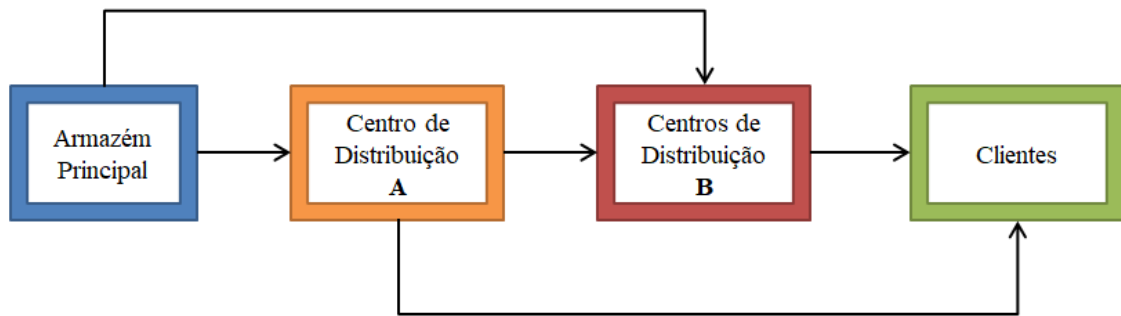
O problema central consiste na necessidade de redução de custos de distribuição dos produtos acabados e conseqüentemente no redesenho do fluxo atual de distribuição, buscando reduzir as estadias dos produtos nos armazéns e reduzindo o número de transportes contratados. Para isso, utilizaram-se os métodos de modelagem IDEF-SIM e simulação no software *Promodel*.

Atualmente a distribuição de produtos acabados inicia-se no Armazém Principal, localizado próximo a unidade produtiva e que possui capacidade para apenas três dias de produção, ou seja, o volume produzido não pode ficar muito tempo retido nesse depósito já que a capacidade de absorção da produção é baixa.

Existem dois meios nos quais os produtos são escoados do Armazém Principal, o primeiro e mais frequente, ocorre quando são transportados para o Centro de Distribuição A, localizado em uma cidade vizinha, e capaz de absorver até 20 dias de produção servindo como válvula de escape para o Armazém Principal. Depois que os produtos são posicionados no centro A existe outro transporte até algum dos outros Centros de Distribuição B, espalhados pelo Brasil, que fornecem a mercadoria para os varejistas ou o transporte direto

para os clientes. O outro meio para escoar a produção é transportá-los do Armazém Principal diretamente para algum dos Centros de Distribuição B para depois serem alocados para os clientes. Na Figura 10 é representado o fluxo atual simplificado de carregamento.

Figura 10 – Fluxo de distribuição atual.



Fonte: Próprio autor (2018).

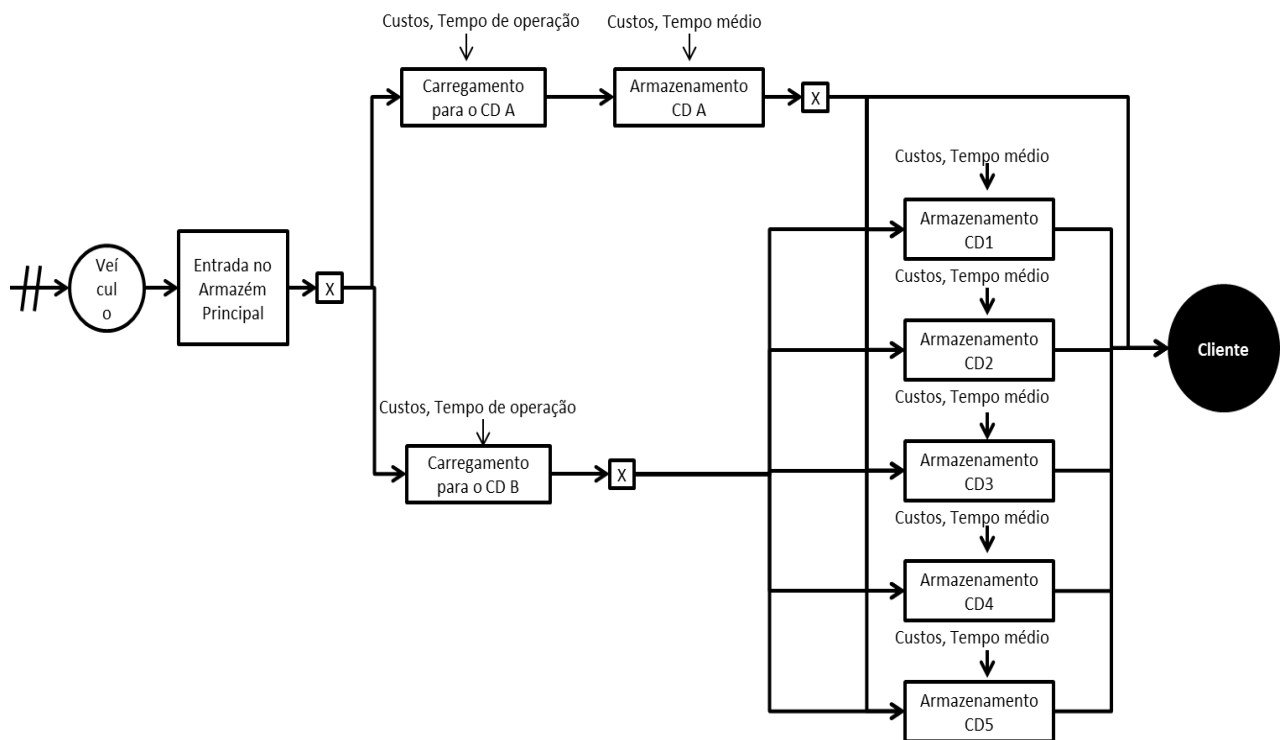
Além dos custos existem outras implicações para realizar a escolha de carregamento feito no Armazém Principal. Quando é feito o carregamento para os veículos que abastecem o Centro de Distribuição A o carregamento é realizado até 6 vezes mais rápido e com metade do número de operadores necessários do que quando o veículo abastece os Centros de Distribuição B, e conseqüentemente a capacidade de carregamento de veículos que vão para o Centro de Distribuição A é o dobro do que os que vão para outros destinos. Essa diferença ocorre por motivos como o tipo de veículo, procedimentos de segurança, tipos de amarração de carga e outros detalhes operacionais.

4 SOLUÇÃO PROPOSTA

4.1 IDEF-SIM

Foi criado um modelo na base IDEF-Sim para facilitar a concepção do modelo de simulação computadorizado, como pode ser visto da Figura 11. Para a validação do modelo foram realizadas discussões com os responsáveis pelas atividades e proposições de melhoria desde o primeiro modelo apresentado.

Figura 11 – Modelo IDEF-Sim para o problema apresentado.



Fonte: Próprio autor (2018).

4.2 SIMULAÇÃO

Para iniciar a concepção da simulação foram levantados os dados necessários já previstos na modelagem, como custos de transporte, armazenagem e dos recursos necessários para cada operação; os tempos de movimentação de veículos e o tempo médio de armazenagem dos produtos em cada um dos armazéns; assim como as probabilidades e frequências de cada evento ocorrer baseados em dados históricos e confidenciais da empresa.

Além disso, foram idealizados alguns cenários nos quais seria feita a simulação, são eles:

- Caso 1: Modelo atual, para verificar se os resultados do modelo eram condizentes com os resultados da realidade;
- Caso 2: Modelo sem a utilização do Centro de Distribuição A para analisar o impacto no custo final;
- Caso 3: Modelo sem a utilização dos Centros de Distribuição B (CD1, CD2, CD3, CD4 e CD5) para analisar o impacto no custo final da venda direta ao cliente;
- Caso 4: Entrega direta da Unidade Produtiva ao Cliente.

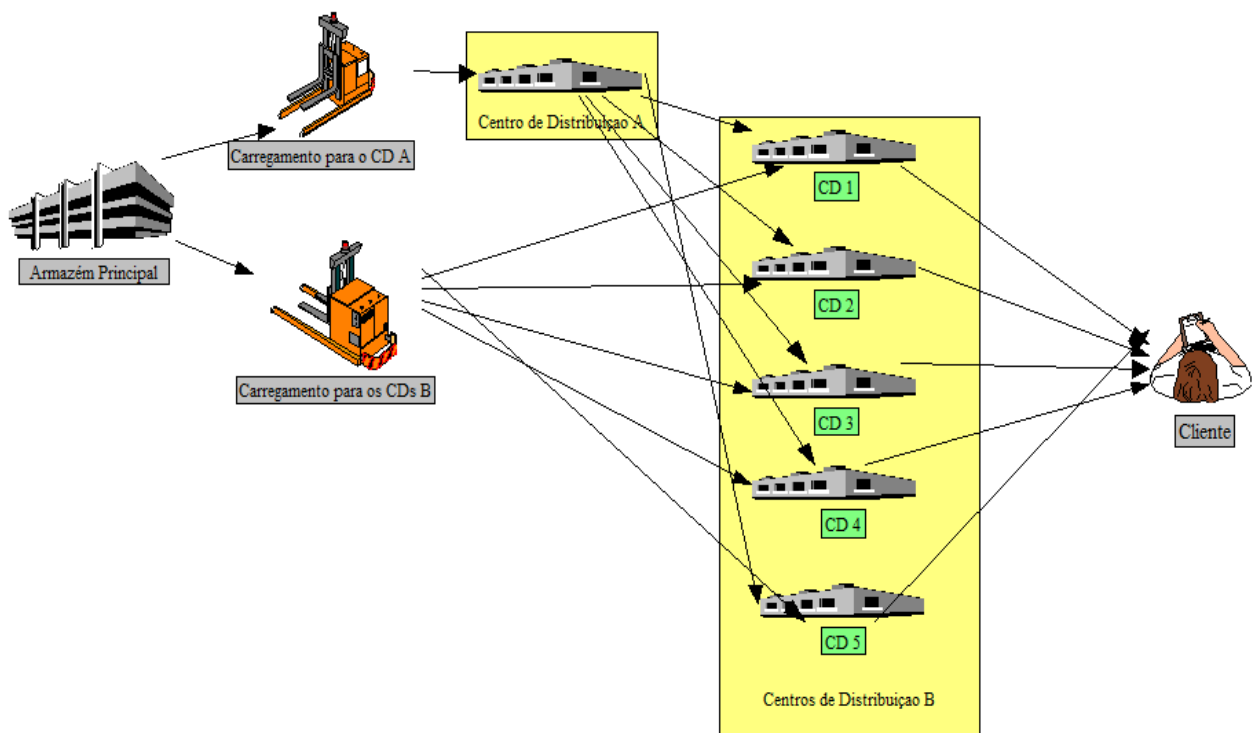
Para todos os casos foram feitas simulações utilizando a capacidade máxima de carregamentos no Armazém Principal, tempo de simulação de um mês e 5 replicações.

5 RESULTADOS ALCANÇADOS

5.1 CASO 1

Foi realizada uma simulação para a validação do modelo computacional, sem mudanças nos parâmetros originais para comparar a efetividade da simulação, como mostrado na Figura 12. Após análise entre os custos reais atualmente praticados na operação e custos totais da simulação obteve-se uma relação de 92% de acurácia, suficiente para a utilização do modelo deste trabalho já que estamos utilizando a média de dados históricos que tem variações de mês a mês. Portanto, esse modelo foi classificado como aceitável para os demais casos a serem simulados.

Figura 12 – Simulação do Caso 1.



Fonte: Próprio autor (2018).

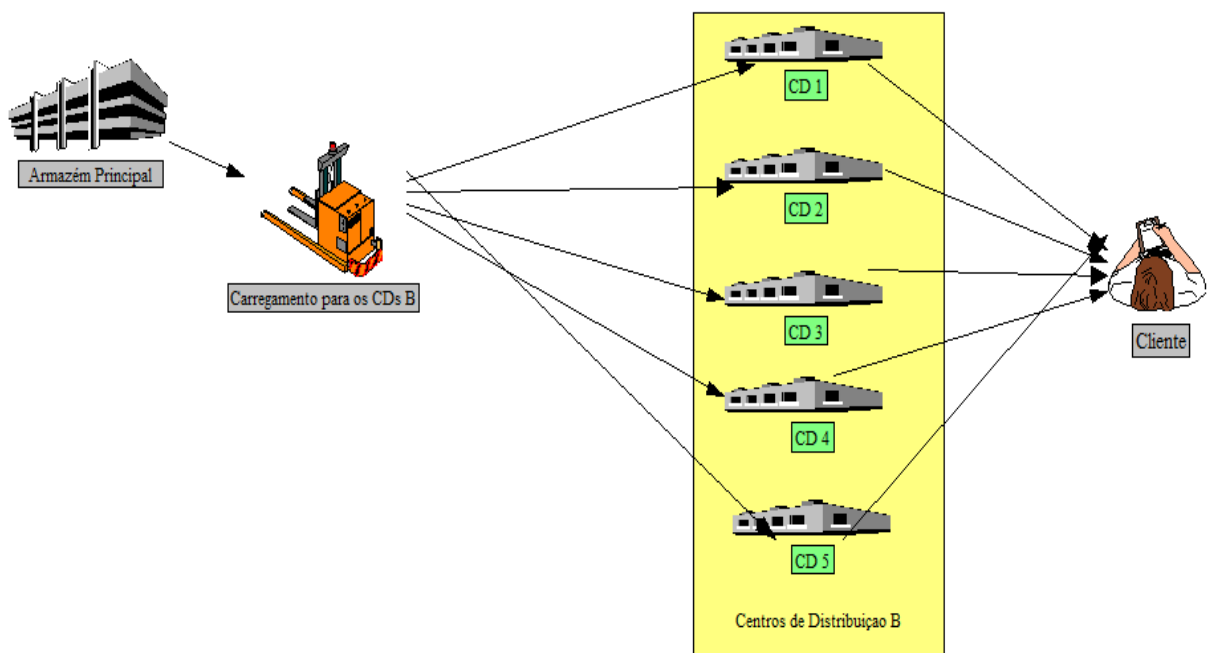
Uma análise interessante do Caso 1 é que apesar do Centro de Distribuição A ser o mais utilizado (41%), ele reflete apenas 19% do custo de armazenagem. Esse resultado indica que a utilização do Centro de Distribuição A é uma opção sustentável de armazenamento fora do Armazém Principal, pois mesmo com grande volume de uso, o custo não é tão alto e consegue

absorver o volume de produtos que não podem ser armazenados próximos a unidade produtiva.

5.2 CASO 2

Para o Caso 2 foi removida a opção de utilização do Centro de Distribuição A, como mostra a Figura 13. Como visto no item anterior, essa alternativa de armazenamento é de grande valia para a empresa, já que representa grande uso e baixo custo. Quando essa opção foi removida da simulação foi possível constatar que o número de transportes realizados foi 49% menor do que no Caso 1 devido à capacidade de carregamento do Armazém Principal para produtos que vão para os Centros de Distribuição B. Isso ocorre principalmente pela necessidade de maior mão de obra e maior tempo de carregamento pelo tipo de veículo contratado para esse tipo de transporte. Além disso, a utilização como rota de distribuição dos cinco Centros de Distribuição foi uniforme, variando entre um pequeno intervalo de 18,7% e 22,4%.

Figura 13 – Simulação do Caso 2.



Fonte: Próprio autor (2018).

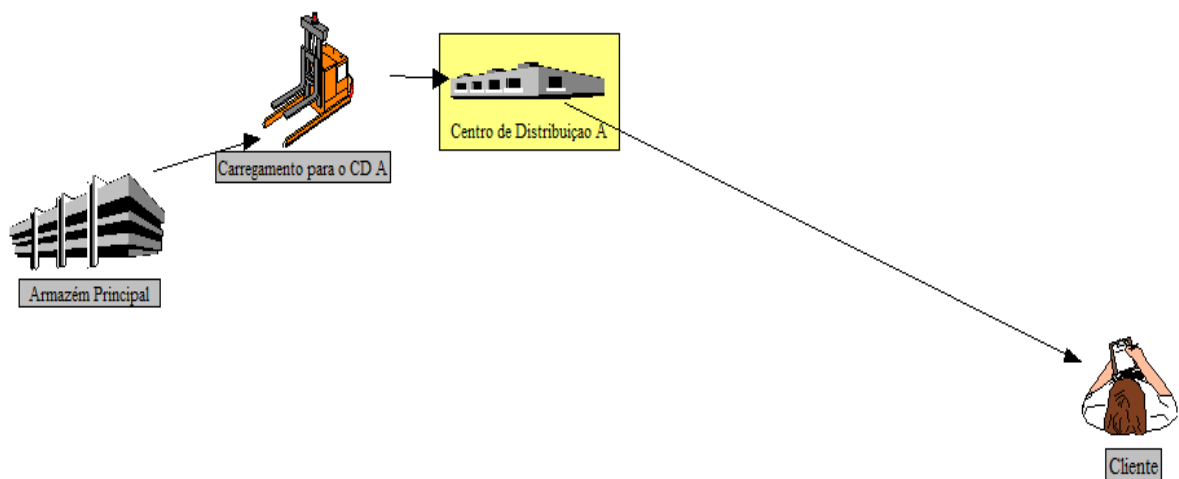
Apesar de o volume carregado ter sido menor, o custo final de armazenagem sofreu uma redução significativa de 61%, diferente do custo de transporte, que manteve a mesma relação de 49% em relação ao volume carregado.

Entretanto, essa opção não é viável para a operação, ao menos que se façam investimentos para aumentar a capacidade de mão de obra no Armazém Principal. O volume de produtos, transferidos diariamente, não é suficiente para manter o depósito com uma taxa de ocupação aceitável, dentro de 5 dias não seria mais possível armazenar produtos acabados, pois a vazão dos mesmos estaria menor do que o volume produzido pela Unidade.

5.3 CASO 3

Para o Caso 3 foi considerado um modelo sem a utilização dos Centros de Distribuição B (CD1, CD2, CD3, CD4 e CD5), ou seja, os veículos deveriam passar obrigatoriamente pelo Centro de Distribuição A e depois seguir direto ao Cliente, como mostrado na Figura 14. Ao contrário do que ocorreu no Caso 2, essa opção se mostrou viável no ponto de vista de números de carregamentos realizados para manter a taxa de ocupação do Armazém Principal, pois foi possível escoar quase a mesma quantidade de veículos quando comparado ao Caso 1, que é baseado na situação atual da rede de distribuição.

Figura 14 – Simulação do Caso 3.



Fonte: Próprio autor (2018).

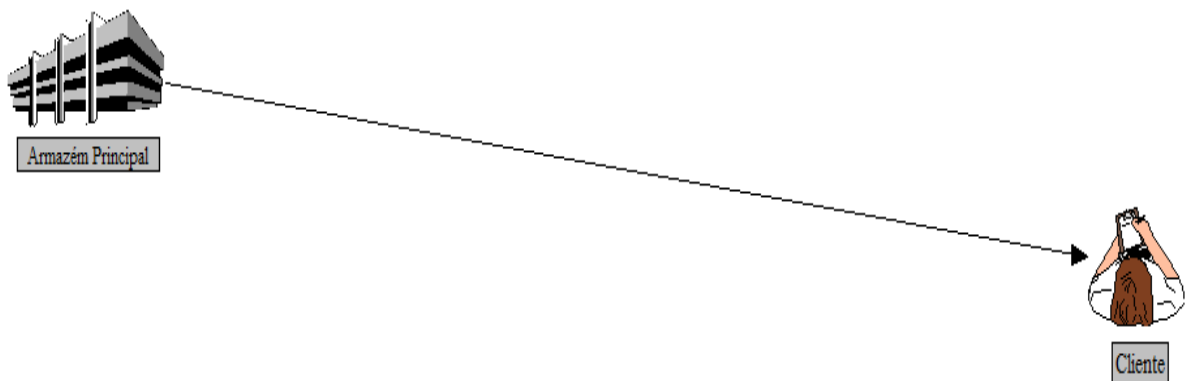
Em relação aos custos essa operação se tornou 38% mais rentável em relação ao custo de armazenagem e 26% mais rentável levando em conta os custos de transporte em relação ao Caso 1. Essa opção é uma grande oportunidade a ser explorada, pois é capaz de atender as demandas da Unidade Produtiva e reduz os custos totais de operação.

Um único ponto de atenção para esse caso seria a disponibilidade de veículos próximos ao Centro de Distribuição A que estivessem dispostos a percorrer grandes distâncias já que não teríamos mais os Centros de Distribuição B que ficam mais próximos aos clientes. Além disso, para esse caso foi considerado um valor médio de mercado para os transportes considerando a quilometragem média percorrida pelos veículos, portanto para a validação dos valores seria necessário um estudo mais aprofundado da localização de entrega e custos de transportes.

5.4 CASO 4

No Caso 4 foi considerada apenas a entrega direta do Armazém Principal ao Cliente, eliminando todas as possibilidades de armazenamento entre esses dois pontos e contratando apenas um frete para cada carregamento, como ilustrado na Figura 15. Assim como no caso anterior, o Caso 4 foi capaz de atender as demandas de escoamento de produção da Unidade Produtiva, com valores bem próximos aos obtidos no Caso 1 e Caso 3.

Figura 15 – Simulação do Caso 4.



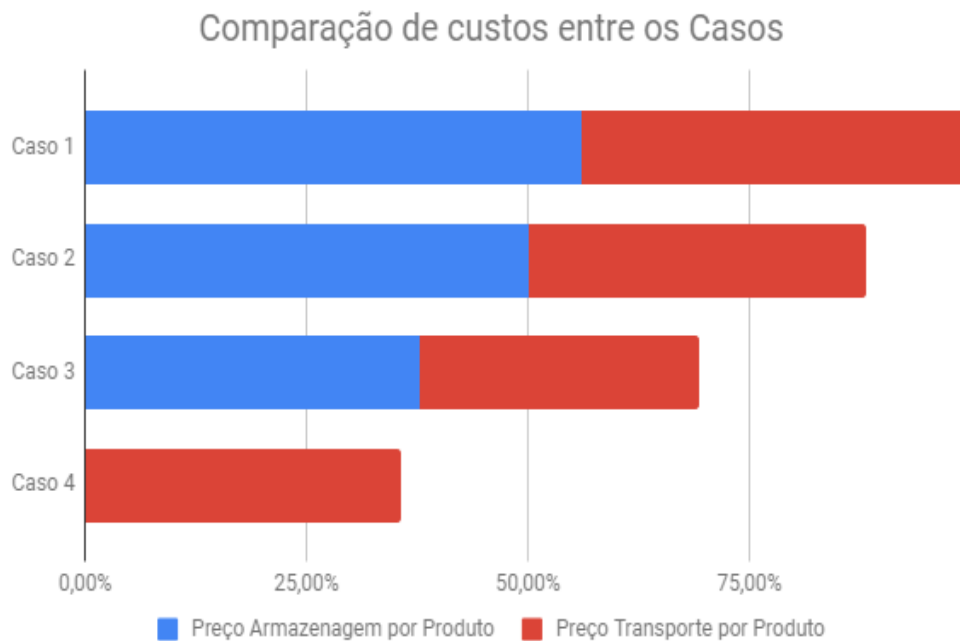
Fonte: Próprio autor (2018).

Como já era esperado, esse caso mostrou grande redução de custos devido à redução de etapas do processo. Não existiu nenhum custo de armazenagem já que o produto saiu direto do Armazém Geral para o Cliente e houve uma redução no custo de transporte de 46%, trazendo melhorias significativas no processo. Porém, como no caso anterior, deve-se verificar se é uma realidade possível de ser aplicada devido à disponibilidade de veículos para

percorrerem longas distâncias e consideração do preço real de transportes, e não do valor médio.

Fazendo uma comparação dos custos de transporte e armazenagem de todos os casos em relação ao número de produtos carregados nos mesmos, obtemos o gráfico da Figura 16:

Figura 16 – Comparação de custos.



Fonte: Próprio autor (2018).

O Caso 1 representa a operação atual, portanto 100% do custo praticado. Os demais casos analisados trouxeram reduções de custos no processo, porém com algumas ressalvas. Como já discutido, o Caso 2 não é viável para a operação, pois não supre a necessidade de expedição do Armazém Principal. Além disso, para os casos 3 e 4 é necessário maior estudo dos custos de transportes, pois são distâncias mais longas a serem percorridas e para destinos distintos.

Mesmo com a necessidade de maior aprofundamento dos casos 3 e 4, existem grandes oportunidades de ganhos financeiros na aplicação dessas soluções, com possibilidade de redução de custos em torno de 60%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA

O foco deste trabalho foi avaliar os impactos dos custos de uma rede de distribuição utilizando modelagem e simulação. O objetivo geral consistia em avaliar quantitativamente a variação dos custos de transporte e armazenagem de produtos finais de uma indústria química e propor melhorias para a rede atual de distribuição, o que foi feito considerando quatro casos simulados chegando a uma redução de custos de até 60% do que o praticado atualmente.

O primeiro objetivo específico do trabalho era o mapeamento do fluxo da malha atual de distribuição, que foi realizado junto com os responsáveis das operações da empresa em estudo. Nessa etapa foi realizado um levantamento de dados históricos considerando volumes transportados por rotas, necessidade de mão de obra para cada tipo de operação e tempo médio de armazenagem em cada localidade. Algumas das informações sobre os períodos de armazenagem foram fornecidos pelos prestadores de serviço, já que os responsáveis da empresa não tinham um estudo sobre os dados.

O segundo objetivo específico era a identificação dos custos das operações, que foi realizado após o mapeamento da rede de distribuição junto aos mesmos responsáveis e também com o apoio dos colaboradores da área de financeira, já que algumas operações são compartilhadas entre outras unidades da empresa, assim como suas tarifas.

Após todos os levantamentos de dados necessários foi realizada a modelagem da operação utilizando o método IDEF-Sim, o qual foi validado com os responsáveis da área de Logística. Após a validação do modelo foi feito o levantamento de quais cenários seriam propícios para serem avaliados e com essa informação foi feita a simulação no software Promodel, cumprindo o terceiro objetivo específico.

Portanto, respondendo às questões de pesquisas que guiaram esse estudo, para a implementação de simulação num processo de logística de distribuição é essencial a determinação do escopo do estudo, assim como o levantamento de dados e a determinação dos cenários a serem simulados. Os diferentes cenários contemplados podem sugerir melhorias de processos resultando em mudanças de custos, tempos e distribuição dentro da rede logística. E, como visto nesse estudo, a utilização de simulação se mostrou eficaz na redução dos custos de distribuição.

A partir das análises realizadas nos casos simulados foram identificadas possíveis melhorias no processo, como a redução do número de depósitos utilizados e contratação de fretes que percorram maiores distâncias.

Com este trabalho foi possível evidenciar a necessidade da coleta de dados para a implementação da simulação em um processo de logística de distribuição, sem os dados históricos o modelo não teria grande confiabilidade, já que existem muitas variáveis no que diz respeito aos custos de transporte. Quando não foi possível obter os dados históricos, por exemplo, para os Casos 3 e 4 foi feita uma extrapolação dos mesmos utilizando o valor médio praticado no mercado junto com a distância média que seria percorrida em cada viagem. Além disso, é notável que a utilização da simulação se mostra eficaz na redução dos custos de distribuição.

Esse trabalho ilustrou a aproximação da teoria com o mercado logístico, aplicando os conceitos existentes no mundo acadêmico na prática. Além disso, foi possível alcançar soluções economicamente mais interessantes para a empresa que foi objeto de estudo levando em conta as limitações físicas e de colaboradores, além dos custos de cada operação, podendo ser replicada para diversas áreas do mercado.

6.2 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO

Para futuras pesquisas seria interessante se aprofundar mais nos custos de transporte incluindo na simulação os possíveis destinos dos clientes e não considerar um valor médio. Outro ponto relevante seria a busca de um *mix* de volume de distribuição ideal utilizando todos os Centros de Distribuição que existem hoje, pois muitos deles têm contrato válido para um longo período. Também seria significativa a inclusão de uma comparação de custos entre a contratação de mais mão de obra com os ganhos possíveis na operação.

Considerando o tópico de simulação seria interessante explorar a opção de Simulação Baseada em Agentes (SBA) e o uso de ferramentas aplicadas para problemas de transbordo (transshipment problem – TSP) para a redução de custos logísticos.

REFERÊNCIAS

- AFSHARI, Hamid et al. Distribution-service network design: an agent-based approach. **Procedia CIRP**, Winnipeg, v. 17, p. 651-656, 2014.
- ASADI, Ehsan et al. A bi-objective stochastic location-inventory-routing model for microalgae-based biofuel supply chain. **Applied energy**, Dresden, v. 228, p. 2235-2261, 2018.
- BARBATI, Maria; BRUNO, Giuseppe; GENOVESE, Andrea. Applications of agent-based models for optimization problems: a literature review. **Expert Systems with Applications**, Naples, v. 39, n. 5, p. 6020-6028, 2012.
- BARBER, Kevin D. et al. Business-process modelling and simulation for manufacturing management: practical way forward. **Business Process Management Journal**, Manchester, v. 9, n. 4, p. 527-542, 2003.
- BARBOSA, Caio César Pereira; SANTOS, Eduardo. Implantação da metodologia 5S em uma planta produtiva de uma indústria química: importância e dificuldades. **Revista ESPACIOS**, Lorena, v. 36, n. 15, 2015.
- BATEMAN, Robert E. et al. Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura. **Elsevier Brasil**, Rio de Janeiro, 2013.
- BORSHCHEV, Andrei; FILIPPOV, Alexei. From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY, 22., 2004. Oxford: System Dynamics Society, 2004.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Lei nº 13.703, de 8 de agosto de 2018**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2018/lei-13703-8-agosto-2018-787042-publicacaooriginal-156118-pl.html>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- COOPER, Kyle; WIKUM, Erick; TEW, Jeffrey. Evaluating cost-to-serve for a retail supply chain. In: PROCEEDINGS OF THE 2014 WINTER SIMULATION CONFERENCE. IEEE Press, 2014. p. 1955-1964. Milford: Winter Simulation Conference, 2015.
- DANLOUP, Nicolas et al. Reducing transportation greenhouse gas emissions with collaborative distribution: a case study. **Management Research Review**, Béthune, v. 38, n. 10, p. 1049-1067, 2015.
- DROŹDZIEL, Paweł et al. Optimization of the post logistics network and location of the local distribution center in selected area of the Lublin province. **Procedia engineering**, Lublin, v. 192, p. 130-135, 2017.
- FICHTINGER, Johannes et al. Assessing the environmental impact of integrated inventory and warehouse management. **International Journal of Production Economics**, Viena, v. 170, p. 717-729, 2015.

FRANCISCO, Roberto P. et al. On the application of modelling and simulation to compare human-and automation-based order-picking systems. **IFAC-PapersOnLine**, Aparecida de Goiania, v. 49, n. 12, p. 1062-1067, 2016.

HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, St. Gallen, v. 89, p. 23-34, 2017.

HU, Zhi-Hua; SHENG, Zhao-Han. Disaster spread simulation and rescue time optimization in a resource network. **Information Sciences**, Xangai, v. 298, p. 118-135, 2015.

JUNG, June Young et al. A simulation based optimization approach to supply chain management under demand uncertainty. **Computers and Chemical Engineering**, West Lafayette, v. 28, n. 10, p. 2087-2106, 2004.

KOTHARI, Chakravanti Rajagopalachari. Research methodology: methods and techniques. **New Age International**, Nova Delhi, p.1-414, 2004.

KUMAR, Anand; ROY, Debjit; TIWARI, M. K. Optimal partitioning of vertical zones in vehicle-based warehouse systems. **International Journal of Production Research**, Kharagpur, v. 52, n. 5, p. 1285-1305, 2014.

LEAL, F. **Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados**. 2008. 237. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

LEBEAU, Philippe et al. Implementing electric vehicles in urban distribution: a discrete event simulation. **World Electric Vehicle Journal**, Barcelona, v. 6, n. 1, p. 38-47, 2013.

LEE, Chun-Ching. Development and evaluation of the many-to-many supplier negotiation strategy. **Computers and Industrial Engineering**, Taiei, v. 70, p. 90-97, 2014.

LERHER, Tone et al. Travel time model for shuttle-based storage and retrieval systems. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Londres, v. 78, n. 9-12, p. 1705-1725, 2015.

LEUNG, Ngai-Hang Z. et al. The impact of inventory management on stock-outs of essential drugs in Sub-Saharan Africa: secondary analysis of a field experiment in Zambia. **PloS One**, Hong Kong, v. 11, n. 5, 2016.

LI, Yan; TAN, Wenru; SHA, Ruili. The empirical study on the optimal distribution route of minimum carbon footprint of the retail industry. **Journal of Cleaner Production**, Pequim, v. 112, p. 4237-4246, 2016.

LIMA, Josiane Palma; LEAL, Fabiano. Using discrete-event simulation in urban solid waste selection. **The Journal of Solid Waste Technology and Management**, Itabujá, v. 41, n. 1, p. 15-27, 2015.

LIU, James et al. New hybrid COPRAS-G MADM Model for improving and selecting suppliers in green supply chain management. **International Journal of Production Research**, Taipei, v. 54, n. 1, p. 114-134, 2016.

MAIDSTONE, Robert. Discrete event simulation, system dynamics and agent based simulation: discussion and comparison. **System**, Lancaster, v. 1, n. 6, p. 1-6, 2012.

MANZINI, Riccardo; ACCORSI, Riccardo; BORTOLINI, Marco. Operational planning models for distribution networks. **International Journal of Production Research**, Bologna, v. 52, n. 1, p. 89-116, 2014.

MIN, Hokey; JAYARAMAN, Vaidyanathan; SRIVASTAVA, Rajesh. Combined location-routing problems: a synthesis and future research directions. **European Journal of Operational Research**, Auburn, v. 108, n. 1, p. 1-15, 1998.

MIRANBEIGI, M.; MOSHIRI, B.; RAHIMI-KIAN, A. Decentralized manufacturing management by a multi-agent optimal control method. **Transactions of the Institute of Measurement and Control**, Tehran, v. 36, n. 8, p. 935-945, 2014.

MOGHADDAM, Kamran S. Fuzzy multi-objective model for supplier selection and order allocation in reverse logistics systems under supply and demand uncertainty. **Expert Systems with Applications**, Fresno, v. 42, n. 15-16, p. 6237-6254, 2015.

MONTEVECHI, José Arnaldo Barra et al. Analysis of the applicability of the idef-sim modeling technique to the stages of a discrete event simulation project. In: PROCEEDINGS OF THE 2015 WINTER SIMULATION CONFERENCE. **IEEE Press**, 2015. p. 950-961. New Jersey: Winter Simulation Conference, 2015.

OTTA, L. Nova tabela do frete mínimo vai incluir reajuste de 13% do diesel. **O Estado de São Paulo**, 2018. Disponível em < <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,antt-deve-iniciar-fiscalizacao-do-cumprimento-da-tabela-do-frete,70002485907>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

RANGEL, João José de Assis et al. Simulation model in a free and open-source software for carbon monoxide emissions analysis. In: PROCEEDINGS OF THE 2013 WINTER SIMULATION CONFERENCE. **IEEE Press**, 2013. p. 1905-1916. Washington: Winter Simulation Conference, 2013.

RESENDE, P. et al. **Custos Logísticos no Brasil 2017**. Fundação Dom Cabral, 2017. Disponível em: < <https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisa-site/Materiais/pesquisa-custos-logisticos2017.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2018.

ROSEMANN, Michael et al. Using ontology for the representational analysis of process modelling techniques. **International Journal of Business Process Integration and Management**, Brisbane, v. 4, n. 4, p. 251-265, 2009.

SARANWONG, Supalin; LIKASIRI, Chulin. Bi-level programming model for solving distribution center problem: a case study in Northern Thailand's sugarcane management. **Computers and Industrial Engineering**, Chiang Mai, v. 103, p. 26-39, 2017.

SARANWONG, Supalin; LIKASIRI, Chulin. Product distribution via a bi-level programming approach: Algorithms and a case study in municipal waste system. **Expert Systems with Applications**, Chiang Mai, v. 44, p. 78-91, 2016.

SARGENT, Robert G. Verification and validation of simulation models. **Journal of Simulation**, New Jersey, v. 7, n. 1, p. 12-24, 2013.

SCOPUS. **Base de dados bibliográficos.** Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic.com/>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

SEFERLIS, Panos; GIANNELLOS, Nikolaos F. A two-layered optimisation-based control strategy for multi-echelon supply chain networks. **Computers and Chemical Engineering**, Salonica, v. 28, n. 5, p. 799-809, 2004.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches et al. Integration of computer simulation in design for manufacturing and assembly. **International Journal of Production Research**, Itajuba, v. 52, n. 10, p. 2851-2866, 2014.

SUTANTO, Yusuf; SARNO, Riyanarto. Inventory management optimization model with database synchronization through internet network: a simulation study. In: ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATICS. **ICEEI**, 2015. p. 115-120. Bali: International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2015.

TAKO, Antuela A.; ROBINSON, Stewart. The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. **Decision Support Systems**, Loughborough, v. 52, n. 4, p. 802-815, 2012.

YU, Yugang; CHEN, Haoxun; CHU, Feng. A new model and hybrid approach for large scale inventory routing problems. **European Journal of Operational Research**, Troyes, v. 189, n. 3, p. 1022-1040, 2008.

ZHOU, Ming; ZHANG, Qun; CHEN, Zhimin. What can be done to automate conceptual simulation modeling?. In: PROCEEDINGS OF THE 2006 WINTER SIMULATION CONFERENCE. **IEEE Press**, 2006. p. 809-814. New Jersey: Winter Simulation Conference, 2006.