



# OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DA MALHA DE ABASTECIMENTO POR MEIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS NA EMPRESA MEGA, COM O USO DO SOFTWARE SUPPLY CHAIN GURU®

## **Ramon Vasconcelos Ferreira**

Graduando do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário 7 de Setembro (UNI7).  
ramonvf@globomail.com

## **Alan Bessa Gomes Peixoto**

Professor adjunto do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário 7 de Setembro (UNI7). Mestre em Logística e Pesquisa Operacional pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialista em Gestão de Negócio com ênfase no Setor Elétrico e em Gerenciamento de Projetos pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Graduado em Engenharia de Produção (UNIFOR) e em Eletromecânica pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC). Professor de cursos de graduação e pós-graduação da UNI7 e do Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS). Responsável pela Regional Metropolitana da Enel Distribuição Ceará.  
alan-bessa@hotmail.com

## **RESUMO**

O planejamento das operações logísticas nas empresas é parte fundamental para o bom desempenho no controle dos custos e otimização dos processos. A complexidade da malha de abastecimento, que envolve todos os custos associados à produção e distribuição dos produtos ao cliente é o problema central desta análise. A otimização da malha deve levar em consideração também fatores externos que possam ser mensurados, de forma a garantir a entrega de produtos ao cliente na quantidade, tempo e local corretos, garantindo dessa forma, maior retorno financeiro aos acionistas. Para a solução do problema, foi utilizado um *software* chamado *Supply Chain Guru*® do fornecedor Llamasoft, que utiliza de conceitos de pesquisa operacional para realizar a otimização de processos logísticos. O *software* utilizado propôs um cenário otimizado, considerando todas as restrições do negócio da empresa estudada, com consideráveis ganhos financeiros e operacionais, comparado ao cenário real da empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cadeia de abastecimento. Modelagem. Otimização.

## **ABSTRACT**

*The planning of logistics operations in companies is a fundamental part of good performance in controlling costs and optimizing processes. The complexity of the supply chain, which involves all the costs associated with the production and distribution of products to the customer, is the central problem of the analysis. The optimization of the chain must also take into account external factors that can be measured in order to guarantee the delivery of products to the customer in the correct quantity, time and place, and also guaranteeing greater financial returns to the shareholders. In order to solve the problem, we used a software called Supply Chain Guru® from the supplier Llamasoft, which uses operational research concepts to optimize logistics processes. The software used proposed an optimized scenario, considering all restrictions of the business of the studied company, with considerable financial and operational gains, compared to the real scenario of the company.*

**KEYWORDS:** Modeling. Optimization. Supply Chain.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, há uma complexa cadeia logística em que várias empresas têm problemas com custos, perdas, impostos, tempo decorrido entre saída e chegada, entre outros. Portanto, é necessário que a gestão da cadeia de suprimentos seja eficiente e parte ativa do sistema que engloba os processos da empresa.

O cenário de composição logística atuante nas empresas tem se tornado desafiador devido aos custos inerentes a sua operacionalização, fazendo com que a busca pelos meios de agregar valor sejam cada vez mais necessários à sobrevivência da empresa. O valor para clientes e consumidores é criado por meio do gerenciamento dos processos centrais de melhor forma que os concorrentes, em que as empresas deixam de concorrer por grandes orçamentos de publicidade e passam a concorrer por suas capacidades e competências (CHRISTOPHER, 2014).

O que se tem visto no Brasil, nos anos de 2014 a 2017, é reflexo de uma crescente dos custos logísticos que representam grande parte da receita das empresas. Em média, os custos chegam a 12,37% do faturamento bruto das empresas, segundo a pesquisa Custos Logísticos no Brasil (RESENDE *et al.*, 2017) realizada com um grupo de empresas de diversos setores da economia cujo faturamento bruto representavam 15,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2017. Neste estudo, é possível verificar que a participação dos custos logísticos eram de 11,52% em 2014.

Um agravante dos custos no Brasil é a situação da malha rodoviária, em que este modal, que foi responsável por 52,6% do PIB do transporte em 2017, está em situação crítica de condições de movimentação, aumentando os custos e riscos em segurança, nos quais apenas 12,3% das estradas são pavimentadas e ainda oferecem qualidade inadequada ao transporte brasileiro (CNT, 2017a).

Tendo em vista este cenário, é importante que empresas que tenham uma distribuição capilarizada e possuam uma área de atuação grande, possam simular cenários para definir onde será produzido determinado produto, em qual quantidade e quais centros de distribuição serão atendidos por determinada fábrica.

Em pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte no ano de 2017, é apresentado que 69,5% dos transportadores entrevistados, acreditam que a utilização das tecnologias digitais são muito importantes para o setor, embora

apenas 43% utilizem em elevado grau, principalmente em gestão de frotas, planejamento de rotas, otimização de estoques, entre outras atividades (CNT, 2017b).

A opção de utilizar a modelagem e simulação de cenários dá-se pela oportunidade de se obter ganhos com a operação logística da empresa, sabendo que nesta análise há diversas variáveis que podem interferir na tomada de decisão, sendo viável ou não a mudança apontada no estudo. Dentro desta análise, serão considerados, por tipo de produto, os custos unitários de produção, custos unitários de montagem de carga para entrega ao cliente, custos unitários de movimentação de carga e descarga de transferências, custo por palete por quilômetro transferido e o benefício fiscal unitário de cada produto. Os demais custos considerados na análise serão por mão de obra ligado as linhas de produção e custos fixos dos centros de distribuição e unidades fabris.

Devido a essa complexidade é necessário que seja realizada uma simulação de diversos cenários, onde será avaliado o cenário mais factível de pôr em execução mitigando os riscos de operação da empresa. Indiferente da complexidade, o aspecto fundamental da criação de um modelo é a relação simplicidade e fidelidade (MORABITO; PUREZA, 2010). Assim, a simulação consegue, devido a sua natureza probabilística, demonstrar com confiança a complexidade do sistema estudado (CHWIF; MEDINA, 2015).

Quando o sistema real estudado é muito complexo, a simulação se mostra como uma solução satisfatória comparado a um modelo matemático exato (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Desta forma, foi apresentado uma solução satisfatória, tendo em vista que para se ter uma combinação ótima de todos os requisitos, premissas e restrições do modelo seria necessário um sistema computacional muito avançado e ainda assim, seria necessário muito tempo para o cálculo.

O estudo se limitou ao processo *inbound*, ou seja, partindo da produção nas fábricas até o abastecimento dos centros de distribuição. Para a modelagem, toda a demanda prevista a ser atendida pelo centro de distribuição no ano de 2018, foi alocada no próprio centro de distribuição, visto que a roteirização da entrega ao cliente não faz parte do estudo.

A otimização da malha foi analisada conforme os custos apresentados no *baseline* e no cenário otimizado. Desta forma, é importante apresentar conceitos dos custos logísticos e dos tipos de custeio, onde podem ser utilizados mais de um custeio a depender da necessidade da empresa.

“Uma das dificuldades em identificar os custos logísticos totais é que eles são agrupados sob uma série de contas de mesma natureza, ao invés de em atividades ou funções, ou segregados por processos” (FARIA; COSTA, 2008, p. 174) demonstrando então a necessidade de serem analisados os custos atuais da empresa estudada. Serão investigados se os custos estão agrupados por processos, de forma a facilitar o custeio do modelo.

Com a descrição dos conceitos de custos, logística de abastecimento, modelagem e simulação, pretende-se apresentar um cenário com otimização de custos e processos por meio do *software Supply Chain Guru*® do fornecedor Llamasoft.

De posse de todos os conceitos, foram levantados os dados na empresa estudada, com os setores de indústria, contabilidade, logística, planejamento e controle da produção e excelência operacional, para criar o cenário base da empresa e compará-lo inicialmente ao cenário real, verificando inconsistências e realizando os ajustes necessários.

Acrescentando a análise, foi informado ao sistema a possibilidade de se abrir fábricas em determinados locais, transferir operações existentes, ou mesmo fechar fábricas, sempre respeitando a premissa de que toda a demanda deve ser atendida.

Por premissa, as fábricas que fecharem ainda serão consideradas centros de distribuição, visto que a maioria das fábricas ficam em capitais estaduais e concentram a maior demanda de produtos da empresa.

É de competência da logística, coordenar áreas funcionais da empresa, englobando avaliações de projeto de malha logística, localização de instalações, estoque, transporte, manuseio de materiais, armazenagem e sistemas de informação, para criar valor ao cliente, (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

Conforme dados disponíveis na Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas (ABIR), o volume de produção de refrigerantes tem caído desde 2010, onde teve uma produção de 16,9 bilhões de litros de bebida ao passo que em 2017 a produção fora de 12,8 bilhões de litros,

uma redução de 24,31% no período. Neste mesmo período, o volume consumido *per capita* passou de 88,9 litros por habitante por ano para 61,82 litros por habitante por ano, com redução mais acentuada nos anos de 2015 a 2017, parte devido a crise econômica e política vivida no país na época, onde os volumes de produção caíam mais de 6% ao ano (ABIR, 2018).

A pesquisa tem como objetivo principal, responder de que maneira é possível otimizar os custos da malha de abastecimento com uso do *software Supply Chain Guru*®, e como objetivos específicos teóricos descrever os conceitos de gestão de custos logísticos, cadeia de suprimentos e modelagem. Como objetivos empíricos, identificar as informações necessárias para modelar o cenário estudado e apontar melhorias na malha de abastecimento da empresa estudada.

O *software Supply Chain Guru*® foi desenvolvido pela empresa Llamasoft com objetivo de auxiliar as companhias com alta complexidade de cadeia produtiva a otimizarem os processos, incluindo otimizações de negócio, estoques, capacidade produtiva, transferências, fusões e aquisições. Este estudo limitou-se a otimização do negócio da empresa *Mega*, contemplando estrutura, produção, distribuição e benefícios fiscais.

No capítulo a seguir, apresentam-se conceitos teóricos que embasaram o presente estudo de caso.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, foram apresentados conceitos ligados ao tema, a respeito de gestão da cadeia de suprimentos, gestão de custos logísticos e pesquisa operacional.

### 2.1 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Foram apresentados nesta subseção os conceitos que permeiam a gestão da cadeia de suprimentos e sua importância histórica no desenvolvimento da indústria e operações logísticas.

### 2.1.1 Gestão de Produção

A área de produção em uma empresa é a responsável por desenvolver produtos a partir de insumos. Slack, Chambers e Johnston (2009) descrevem a administração da produção como a forma que a organização produz bens e serviços.

“Consiste em utilizar, da melhor forma, os recursos destinados à produção de bens ou serviços” (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 50).

A gestão da produção passou a ter visibilidade quando Frederick Taylor e Henry Ford passaram a implantar soluções para aumentar a produtividade e a linha de montagem, métodos que revolucionaram os processos de produção e que ainda são utilizados (MARTINS; LAUGENI, 2005).

A tecnologia é utilizada de forma integrada e coordenada aos recursos físicos e materiais na transformação dos produtos ou serviços (CHIAVENATO, 2005).

O subsistema de transformação é o coração do sistema de produção, onde os trabalhadores, máquinas e matérias-primas são utilizados para realizar a transformação de insumos em produtos acabados ou serviços (GAITHER; FRAZIER, 2001), ainda:

Um sistema de produção transforma insumos - matérias-primas, pessoal, máquinas, prédios, tecnologia, dinheiro, informação e outros recursos – em saídas – produtos em serviços. Processo de transformação é o coração daquilo que chamamos produção, é a atividade predominante de um sistema de produção (GAITHER; FRAZIER, 2001, p. 5).

A empresa pode obter vantagens na manufatura frente aos concorrentes, (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009):

- a) confiabilidade – pontual e operação confiável;
- b) custo – fazer barato e com alta produtividade;
- c) flexibilidade – habilidade de mudar;
- d) qualidade – fazer certo, processo livre de erros;
- e) velocidade – fluxo rápido.

### 2.1.2 Planejamento de Estoques

Alinhado ao processo produtivo, o planejamento dos estoques é muito importante para a produção, visto que a falta de produtos disponíveis, comprometem as vendas e geram insatisfação dos clientes (BOWERSOX *et al.*, 2014).

No entanto, “para a maioria das organizações, tanto do lado da oferta quanto do lado da demanda, não é possível ter certeza do que o amanhã tratará” (CHRISTOPHER, 2014, p. 99), assim, “o gerenciamento dos recursos de estoque exige conhecimento sobre suas funcionalidades, princípios, custos, impacto e dinâmica” (BOWERSOX *et al.*, 2014, p. 160).

Porém, a manutenção de estoque em níveis altos e inadequados ao atendimento do mercado, podem gerar custos desnecessários à sua manutenção, tendo em vista que trata-se de capital que fora investido mas não vendido (BOWERSOX *et al.*, 2014; FARIA; COSTA, 2008).

Do ponto de vista da logística, decisões sobre estoque são de risco elevado. Se for optado pela manutenção dos estoques elevados, pode-se mascarar gargalos existentes e que não serão observados, ao passo que a manutenção de estoque baixos pode comprometer o abastecimento do mercado (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

Os estoques são amontoados de matérias-primas, insumos, componentes, produtos em processo de produção e de produtos acabados que aparecem em diversos pontos por todos os canais de produção e logística da empresa (BALLOU, 2006).

Estoque é o acúmulo de recursos materiais armazenados em um sistema de produção ou operações (MARTINS; ALT, 2009).

#### 2.1.2.1 Política de Estoque

A definição da política de estoque consiste em o que “comprar ou fabricar, quando agir e em que quantidade” (BOWERSOX *et al.*, 2014, p. 163).

A política depende de quanto pedir, quando pedir, quando manter estoques e onde localizar (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2000).

Para isso, as organizações devem definir uma estratégia de administração de estoques que conduza e assegure o alinhamento dos processos produtivos e de distribuição, buscando também minimizar os custos com estoques (BERTAGLIA, 2009).

Na política de estoque, os produtos são classificados em curva ABC, onde se agrupam “produtos, mercados ou clientes com características semelhantes para facilitar o gerenciamento de estoque” (BOWERSOX *et al.*, 2014, p. 195).

### **2.1.3 Gestão de Transportes**

O transporte é parte integrante da gestão da cadeia de suprimentos e é responsável pela movimentação do estoque da empresa para os clientes (BOWERSOX *et al.*, 2014).

O transporte “envolve o deslocamento externo do fornecedor para a empresa, entre plantas e da empresa para o cliente” (FARIA; COSTA, 2008, p. 86).

Neste âmbito de gestão, a escolha mais importante é entre utilizar-se de frota própria ou de transportadoras contratadas. Há ainda gestores que optam por uma combinação de frota própria e contratada (BOWERSOX *et al.*, 2014).

Os cinco tipos de modais básicos são o rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. A importância dada a cada tipo de modal pode ser medida com a distância do sistema, o volume trafegado, a receita gerada e a composição do tráfego (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

Atualmente há uma tendência de integrar os modais de transporte, ligando diferentes modos, de forma que as atividades de produção e distribuição estejam mais próximas (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2006).

Ainda “[...] devem ser observadas na escolha do modal a densidade de custos adicionados e a amplitude de vendas [...] nesse caso, modais de transporte mais lentos e baratos permitem gerar escala para reduzir os custos unitários.” (FIGUEIREDO; FLEURY; WANEK, 2009, p. 70-71).

## 2.2 GESTÃO DE CUSTOS LOGÍSTICOS

Foi apresentado neste tópico, conceito do custeio ABC a ser trabalhado no projeto de pesquisa, informando sua importância e características.

### 2.2.1 Custeio ABC

O custeio baseado em atividades (ABC - *Activity Based Costing*):

Mensura os custos dos produtos e serviços por meio de processos, atividades e tarefas que consomem os recursos e que são distribuídos pelos direcionadores de custo. É um método de custeio que procura reduzir sensivelmente as distorções provocadas pelo rateio arbitrário dos custos indiretos (FARIA; COSTA, 2008, p. 258).

O custeio ABC é um importante instrumento para agregar valor ao cliente e ao acionista, por meio do aumento de rentabilidade (RAFFISH; TURNEY, 1991).

Inicialmente, o ABC foi concebido para melhorar as informações de custos, mas seu objetivo mudou e passou a ser uma técnica para gerenciar atividades, processo e desempenho (SHARMAN, 1994).

Alinhado a essa ideia, o ABC é utilizado para “tomar os custos das várias atividades da empresa e entender seu comportamento, encontrando bases que representem as relações entre os produtos e essas atividades” (BORNIA, 2002, p. 121).

O ABC tem como função tornar o cálculo dos custos de cada produto mais preciso, visto que este corrige um problema histórico de alocação de custos indiretos ao produto, com base em rateios arbitrários. Primeiramente os custos são transferidos as atividades da empresa para em seguida serem alocadas aos produtos por bases que identifiquem as relações de atividades e custos (BORNIA, 2002).

Um dos objetivos deste método de custeio é ir no detalhe da “composição dos custos da empresa e da cadeia de suprimentos” (NOVAES, 2007, p. 343).

Em resumo, os recursos da empresa são consumidos para realizar determinadas atividades, que estas geram produtos ou serviços, que são alocados em clientes diversos (NOVAES, 2007).

Para uma aplicação correta do custeio ABC, é necessário se desfazer do conceito antigo de conta e centro de custo para adotar uma sistemática de processo e atividade (NOVAES, 2007).

#### 2.2.1.1 Atividades

Atividade é a forma como a empresa utiliza tempo e recursos para cumprir com suas metas e objetivos, e portanto sua missão (NAKAGAWA, 2001).

As atividades são o coração da gestão de custos, onde, por meio da análise das atividades, a empresa assegura que os planos sejam transmitidos nos níveis em que as ações podem, e são, tomadas (BRIMSON, 1996).

A empresa deve segregar as atividades em que (BOISVERT, 1999):

- a) efetivamente agregam valor;
- b) não agregam valor;
- c) sejam ligadas à ausência de qualidade;
- d) sejam controláveis;
- e) sejam relacionadas a ociosidade.

Ainda, “a contabilidade baseada em atividades destaca – ou pelo menos tentar salientar – o impacto das variações nos custos e nos rendimentos de cada atividade sobre os resultados do todo” (DRUCKER, 2000, p. 15).

Portanto, “toda atividade é originada de um evento que, por sua vez, gera uma transação, levando finalmente à realização da primeira” (NOVAES, 2007, p. 343).

#### 2.2.1.2 Direcionadores

O custeio ABC “tem como princípio relacionar os custos com as atividades que consomem esses recursos e, posteriormente, apropriar os custos das referidas atividades aos diversos objetos” (FARIA; COSTA, 2008, p. 262).

Direcionadores de recursos comandam as relações entre recursos e atividades (NOVAES, 2007). Ao passo que “os objetos das ações da empresa podem ser relacionados às atividades através dos direcionadores de atividade” (NOVAES, 2007, p. 344).

No método de custeio ABC existem três tipos de direcionadores (NOVAES, 2007):

- 1) direcionadores de transação: que se referem a quantidade de operações que se repetem;
- 2) direcionadores de duração: que se relacionam com o tempo de execução das atividades;
- 3) direcionadores de intensidade: que se relacionam com a quantidade de recursos necessários para realização de uma atividade.

### **2.2.2 Benefício Fiscal**

O benefício fiscal também deve ser analisado junto aos custos logísticos, visto que este pode reduzir os custos totais de transferências e produção.

Os “incentivos fiscais são medidas fiscais que excluem total ou parcialmente o crédito tributário, aplicadas pelo Governo Federal com a finalidade de desenvolver economicamente um determinado setor de atividade” (BALEIRO, 1971, p. 155).

“Os Estados, porém, no intuito de fomentarem o estabelecimento de empresas em seu território, concedem-lhes, por meio de atos normativos, benefícios fiscais, como créditos presumidos de ICMS” (RODRIGUES *et al.*, 2012, p. 247).

## **2.3 MODELAGEM E ANÁLISE DE DECISÃO**

A Pesquisa Operacional teve seu início na segunda guerra mundial, onde pesquisadores buscavam desenvolver métodos para resolver problemas nas operações militares (ANDRADE, 2015).

Na época, “os comandos britânico e norte-americano convocaram grande número de cientistas para lidar com este e outros problemas táticos e estratégicos” (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 1).

A Pesquisa Operacional é “aplicada a problemas que compreendem a condução e a coordenação das operações [...] em uma organização” (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 2).

Para tanto, a pesquisa operacional consiste em construir um modelo matemático para um sistema real que sirva de análise e compreensão do

comportamento, com objetivo de que o sistema apresente um comportamento desejado (ANDRADE, 2015).

Os modelos normalmente são “versões simplificadas do objeto ou problema de decisão que representam (RAGSDALE, 2009, p. 4).

Para a pesquisa operacional do cenário, são necessários definir o problema, formular o modelo matemático, derivar soluções do modelo, teste do modelo, preparar para aplicar, implementar e avaliar os resultados (HILLIER; LIEBERMAN, 2013; ANDRADE, 2015).

É importante salientar que “se utilizarem os modelos de simulação, o conceito de **otimização** não é bem definido e a solução obtida é uma avaliação aproximada das medidas do sistema ou do objetivo a ser alcançado” (ANDRADE, 2015, p. 12, grifo do autor).

Portanto, “a simulação é usada quando o sistema estocástico envolvido for muito complexo de ser analisado de modo satisfatório pelos modelos matemáticos” (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 897).

### 2.3.1 Definição do Problema

No âmbito organizacional, “a maioria dos problemas abrange uma grande quantidade de fatores inseridos e interagentes em um contexto de grande complexidade do qual fazem parte clientes, fornecedores, concorrentes, demandas legais e sociais, condições de mercado etc” (LONGARAY, 2013).

A definição do problema em pesquisa operacional, baseia-se em (ANDRADE, 2015):

- a) Descrição primorosa dos objetivos;
- b) Identificação das escolhas de decisão existentes;
- c) Conhecimento das limitações, restrições e exigências.

Na fase de definição do problema, deve-se “estudar o sistema relevante e desenvolver um enunciado bem definido do problema a ser considerado” (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 7).

Ainda devem ser levantados objetivos, restrições do que pode ser feito, tempo do estudo, caminhos alternativos (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Nesta etapa são levantadas informações que são levadas a gerência para tomada de decisão quanto ao seguimento do estudo. Há também uma troca de informações e levantamento de recomendações por parte da alta gestão, visto que há fatores intangíveis que não são alocados no modelo (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

### 2.3.2 Construção do Modelo

O processo de construção do modelo é formado por um conjunto de procedimentos, os quais devem ser abstraídos todas as informações que devem compor o modelo e também as relações existente entre cada informação e situação (LONGARAY, 2013).

Para se obter êxito na modelagem do problema, sugere-se seguir algumas recomendações quanto a pesquisa (PHILIPS; RAVINDRAN; SOLBERG, 1976):

- a) Não construa um modelo complexo quando um simplificado atende a necessidade;
- b) não modelar um problema em detrimento de uma técnica;
- c) ser rigoroso com a etapa de abstração das informações do cenário;
- d) modelos devem ser validados antes de serem implementados;
- e) um modelo não deve ser implantado a risca;
- f) um modelo não deve ser criticado por não fazer algo para o qual não foi desenvolvido para fazer;
- g) não gerar expectativas excedentes sobre potencialidades do modelo;
- h) os benefícios do modelo estão relacionados com o desenvolvimento dele;
- i) o modelo não é melhor que as informações contidas nele;
- j) modelos não substituem decisões;

Na construção do modelo existem diversas decisões quantificáveis a serem feitas, que são representadas por variáveis de decisão e também restrições. A medida de desempenho dessas variáveis de decisão e restrições é então chamada de função objetivo (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A função objetivo contém parâmetros que são o “elemento crítico e desafiador do processo de construção do modelo” (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 10).

Um bom modelo é aquele que está mais próximo de refletir a realidade e possui fácil aplicação. Deve-se considerar também que um modelo não necessariamente atende a objetivos distintos, e que cada característica da realidade que é incluída no contexto do modelo, eleva sua complexidade, dificultando sua aplicação e restringindo o desempenho (SILVA *et al.*, 2010).

### **2.3.3 Solução do Modelo**

Em Pesquisa Operacional é muito comum a busca da solução ótima ou da melhor possível. No caso da solução ótima, esta se aplica ao modelo que foi construído, sendo muito difícil a aplicação no problema real, visto que há muitas variáveis que não são consideradas no modelo. Desta forma o que têm-se é uma aproximação do melhor resultado possível (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

No caso de uma solução obtida por modelos matemáticos, onde há aplicações de algoritmos e técnicas trata-se de uma solução ótima. Ao se trabalhar com um modelo de simulação, o resultado obtido é uma aproximação do objetivo a ser alcançado (ANDRADE, 2015).

Ainda, para que a solução do modelo seja próxima do que se espera, “a construção do modelo deve levar em consideração a disponibilidade de uma técnica para o cálculo da solução” (SILVA *et al.*, 2010, p. 2).

### **2.3.4 Validação do Modelo**

Na validação do modelo, este “é válido se, a despeito da sua inexatidão em representar o sistema, ele for capaz de fornecer uma previsão aceitável do comportamento do sistema e uma resposta que possa contribuir para a qualidade da decisão a ser tomada” (ANDRADE, 2015, p. 12).

Na construção do modelo é constatado que pode haver erros nas informações que levam a erros nas soluções apresentadas, portanto é necessário que sejam analisados constantemente as informações das soluções apresentadas até que um modelo esteja apresentando resultados válidos (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Quando são identificados muitos erros no modelo e “se o desvio verificado não for aceitável, a reformulação ou mesmo o abandono do modelo será inevitável” (SILVA *et al.*, 2010, p. 3).

Os resultados do modelo podem ser validados com base nos dados históricos que se tem da empresa, ou do processo modelado, e também se os dados apresentados reproduzem o comportamento da realidade (ANDRADE, 2015). “Caso não haja dados históricos, os dados empíricos serão anotados com o sistema funcionando sem interferência, até que o teste possa ser realizado” (SILVA *et al.*, 2010, p. 3).

### **2.3.5 Implementação do Modelo**

A implantação é uma etapa crítica do processo, onde esta altera um situação já existente. É importante levantar as vantagens e desvantagens da solução (ANDRADE, 2015).

Esta etapa deve ser acompanhada para verificar se o comportamento do sistema estará em linha com a solução adotada, visto que algum ajuste pode ser necessário (SILVA *et al.*, 2010).

Convém também que a equipe responsável pela modelagem, controle a implementação, visto que os valores da solução necessitem de correções para que as ações possam ser tomadas. Sendo assim, é possível que o modelo seja reformulado e novos resultados sejam apresentados (ANDRADE, 2015).

A presença da equipe também é importante para garantir que a implantação siga precisamente a solução apresentada e caso sejam necessários ajustes, a equipe possa fazer mais rapidamente (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

### **2.3.6 Avaliação do Modelo**

A avaliação do modelo consiste em garantir que as melhores decisões sejam tomadas para atender as necessidades do sistema (ANDRADE, 2015).

“Não se deve esquecer que um modelo é apenas uma representação simplificada que não capta todas as características e nuances da realidade” (ANDRADE, 2015, p. 12), sendo portanto necessário a condução por pessoas

experientes e que tenham visão crítica para avaliar a real aplicabilidade das decisões (ANDRADE, 2015).

Após a finalização do estudo, é recomendado que a equipe documente a metodologia aplicada na modelagem, de forma que esta possa ser reproduzida quando solicitada um cenário ou quando solicitada uma revisão do que fora implantado (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

### 3 MÉTODO

Neste capítulo foi abordado o método utilizado na pesquisa, onde o método é descrito como um aglomerado de atividades que, realizadas sistematicamente e racionalmente, dão maior segurança e economia, permitindo atingir o objetivo do estudo, auxiliando a tomada das decisões do cientista (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Para o alcance dos objetivos, foram seguidos os procedimentos descritos nas subseções a seguir.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO E ESTRATÉGIA DA PESQUISA

“A pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas teóricos ou práticos com o emprego de processos científicos” (CERVO; BERVIAN, 2005, p. 63). Portanto, a pesquisa parte de uma dúvida ou problema o qual o método busca uma resposta (CERVO; BERVIAN, 2005).

Para proporcionar maior familiaridade com a modelagem aplicada na empresa *Mega* para otimização da malha de abastecimento com uso do *software Supply Chain Guru*®, foi realizada uma pesquisa descritiva, visto que seu objetivo é descrever a população da empresa e estabelecer relações entre as variáveis (SILVA, 2003)

Referente aos meios de investigação, utilizou-se o procedimento de pesquisa experimental, pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo.

A pesquisa experimental, que será aplicada no estudo, “caracteriza-se por manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto do estudo” (CERVO; BERVIAN, 2005, p. 68). Neste método de pesquisa, utiliza-se da manipulação de

dados para que possam ser explicadas as causas de um determinado evento, busca-se explicar por que algo acontece (APPOLINÁRIO, 2012).

Foi realizada pesquisa bibliográfica no intuito de embasar a teoria do estudo, visto que “sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto[...]” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 166).

A pesquisa de campo se deu na coleta de dados da modelagem realizada na empresa *Mega* e observação direta dos acontecimentos. Este tipo de pesquisa “consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume relevantes, para analisá-los” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 169).

A natureza da pesquisa é quantitativa, onde é tratado de números para mensuração dos ganhos com a modelagem e otimização da empresa estudada. A pesquisa quantitativa “prevê a mensuração de variáveis predeterminadas [...], buscando verificar e explicar sua influência sobre outras variáveis” (APPOLINÁRIO, 2012, p. 61).

Para o estudo em análise, este procedimento permitiu verificar os ganhos realizados com a modelagem e otimização da malha de abastecimento da empresa *Mega*.

### 3.2 ESTUDO DE CASO – MEGA

O presente estudo não buscou generalizar os resultados, sendo escolhido o estudo de caso, onde “explora situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos, descrevendo o contexto da investigação e explicando as variáveis causais” (GIL, 2008, p. 58).

Desta forma, foi utilizado o estudo de caso para analisar a modelagem e otimização da malha de abastecimento na empresa *Mega* com uso do *software Supply Chain Guru*®.

### 3.2.1 População-Alvo e Seleção de Amostra

A amostra do presente estudo trata-se de não probabilística com amostragem por julgamento, onde “o pesquisador escolhe os sujeitos de forma intencional, acreditando que são representativos de uma dada população, quando, por exemplo, deseja-se fazer uma pesquisa avaliando-se a opinião de especialistas em determinado tema” (APPOLINÁRIO, 2012, p. 135), sendo a amostra do estudo o responsável pela modelagem da malha de abastecimento na empresa *Mega* com uso do *software Supply Chain Guru*®.

## 3.3 INSTRUMENTO E TÉCNICA DE COLETA DE DADOS

O instrumento de pesquisa é “um procedimento, método, ou dispositivo (aparelho) que tenha por finalidade extrair informações de uma determinada realidade, fenômeno ou sujeito de pesquisa” (APPOLINÁRIO, 2012, p. 137).

### 3.3.1 Elaboração do Instrumento de Pesquisa

“A técnica da observação [...] trata-se de entrar em contato diretamente com o fenômeno estudado” (APPOLINÁRIO, 2012, p. 138), sendo o instrumento ideal para obtenção de dados tendo em vista a participação direta do pesquisador, que é um dos responsáveis pela modelagem de cenários com uso do *software Supply Chain Guru*® na empresa estudada. Para isso foi elaborado um *checklist* com os pontos observados neste estudo, conforme Apêndice B (p. 36).

### 3.3.2 Pré-Teste do Instrumento de Coleta de Dados

A aplicação do pré-teste tem como objetivo “verificar até que ponto esses instrumentos têm, realmente, condições de garantir resultados isentos de erros” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 148).

O pré-teste foi realizado em novembro de 2018 com o especialista de planejamento logístico que atua diretamente na modelagem da malha de abastecimento da empresa *Mega* com uso do *software Supply Chain Guru*®.

### 3.3.3 Aplicação do Instrumento de Coleta de Dados

Após o pré-teste, foram realizadas modificações necessárias em acordo com o especialista de planejamento logístico a fim de se ter o modelo ideal para aplicação ao responsável pela equipe de modelagem da empresa *Mega*.

Foi solicitada autorização a empresa *Mega* para realização da pesquisa, conforme Apêndice A (p. 34).

## 3.4 MÉTODO DE COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Nesta seção foi apresentado o método de coleta de dados, bem como a tabulação e tratamento dos mesmos, que foram utilizados para análise dos resultados da pesquisa.

### 3.4.1 Coleta dos Dados

A coleta de dados é uma etapa do processo de pesquisa onde é iniciada a aplicação dos instrumentos e técnicas anteriormente elaborados (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Os dados da modelagem foram coletados durante o projeto, no ano de 2018, visto que foram necessários realizar ajustes na modelagem a fim de ser fiel a realidade da empresa. Após validada a modelagem, os dados foram coletados e tabulados para análise.

### 3.4.2 Tabulação dos Dados

“Tabulação é o processo de agrupar e contar casos que estão nas várias categorias de análise” (GIL, 2008, p. 159). Os dados coletados na modelagem foram tabulados por meio dos programas *Microsoft Office Excel®* para análise dos dados e pelo próprio programa de modelagem *Supply Chain Guru®* para criação de *layouts* de fluxos entre fábricas e centros de distribuição.

### 3.4.3 Tratamento dos Dados

Após concluída a tabulação, foi realizada a análise e interpretação dos dados. A análise “é a tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 151).

A interpretação “é a atividade intelectual que procura dar um significado mais amplo às respostas, vinculando-as a outros conhecimentos” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 152).

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo foram apresentados os resultados, as informações que foram utilizadas na modelagem realizada e as restrições do estudo de caso.

### 4.1 OBJETO DE ESTUDO – EMPRESA *MEGA*

A empresa denominada *Mega* atua com fabricação e distribuição de bebidas gaseificadas e não-gaseificadas e distribuição de bebidas alcoólicas e bebidas não gaseificadas de outras companhias em toda a região Nordeste do Brasil, todo o Mato Grosso e parte dos estados de Tocantins e Goiás.

A *Mega* é composta de 12 fábricas, 50 linhas de produção e 24 centros de distribuição. Neste estudo, as fábricas também atuam com distribuição, totalizando portanto, 36 centros de distribuição.

Sua base de produtos é composta por 301 produtos diferentes, entre bebidas alcoólicas, gaseificadas e não gaseificadas e possui uma demanda anual de mais de 2 bilhões de litros de bebida.

A empresa *Mega* foi formada há cinco anos a partir da fusão de três empresas, *Alfa*, *Beta* e *Gama*, formando uma *holding*, onde cada uma das empresas possuem atuação em estados específicos.

#### 4.1.1 Coleta de Dados de Custos e Benefícios

Para realização da modelagem, é necessário que os custos de todas as atividades que compõem o processo de fabricação, transferência e distribuição sejam atualizados com frequência. Como a empresa *Mega* nasceu recentemente, foi necessário realizar um estudo para análise dos custos das atividades operacionais da empresa.

Foram selecionadas algumas fábricas e centros de distribuição para tomar como base para custeio para toda a empresa. Dessa forma, têm-se como resultados as relações entre custos fixos e variáveis às atividades informadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Custos fixos e variáveis da empresa Mega**

<b>Processo</b>	<b>Atividade</b>	<b>Fixo/Variável</b>
<b>Transferências</b>		
Transferências	Transferências	Variável
<b>Despesas Industriais Total</b>		
Industrial		
Envase	Ar Comprimido/Refrigeração	Variável
Envase	Armazenar CO2	Variável
Envase	Energia	Variável
Envase	Estação de Tratamento de Água - ETA	Variável
Envase	Estação de Tratamento de Efluentes - ETE	Variável
Envase	Gerar Vapor	Variável
Envase	Manutenção	Fixo
Envase	Mão de Obra	Fixo
Envase	Outros Custos Diretos	Fixo
Envase	Sopro	Variável
Envase	Xaroparia	Variável
Administrativo	Administrativo Geral	Fixo
Administrativo	Administrativo Unidade	Fixo
<b>Despesas Operacionais</b>		
<b>Diretas</b>		
Armazém		
Armazenagem	Armazenamento	Fixo
Armazenagem	Recebimento	Variável
Carregamento	Carregamento T1	Variável
Administrativo	Suporte Armazenagem	Fixo
Administrativo	Suporte Armazenagem Corp	Fixo
<i>Picking</i>	<i>Picking</i>	Variável
Distribuição		
Administrativo	Administrativo Corporativo	Fixo
Administrativo	Administrativo Cross	Fixo

Administrativo	Administrativo Roteirização	Fixo
Administrativo	Administrativo Unidade	Fixo
Rota de Distribuição	Tempos Fixos	Fixo
Rota de Distribuição	Tempos Variáveis	Variável

Fonte: o autor.

Definidos os tipos de custos, foram realizadas as coletas de dados dos benefícios fiscais que a empresa possui em sua área de atuação, onde são observados cinco tipos de benefícios fiscais:

- a) Redução da base de cálculo;
- b) Crédito presumido;
- c) Redução do saldo do ICMS;
- d) Renúncia;
- e) Diferimento.

Na Tabela 2 é possível verificar a alíquota final dos benefícios fiscais acima citados a serem aplicadas a cada produto fabricado por estado.

É possível observar que em alguns estados como Ceará, Bahia e Maranhão são aplicados duas alíquotas de benefício, fazendo com que a alíquota final seja menor.

**Tabela 2 – Alíquotas de benefícios fiscais por estado**

Tipo Benef	Red da Base de Cálculo			Crédito Presumido		Red do Saldo de ICMS		Renúncia		Diferimento		Benefício Final	
	Destino	Interno	Interestadual	Interno	Interestadual	Interno	Interestadual	Interno	Interestadual	Interno	Interestadual	Interno	Interestadual
AL						92%	92%					92%	92%
BA								90%	90%	90%	90%	81%	81%
CE						75%	75%	75%	75%			56,3%	56,3%
MA						75%	75%	95%	95%			71,3%	71,3%
MT		75%			75%							75%	75%
PB						54%	54%					54%	54%
PE						75%	75%					75%	75%
PI								50%	50%			50%	50%
RN								75%	75%			75%	75%

Fonte: o autor.

Cabe acrescentar que há diferenças em relação ao cálculo do benefício fiscal quando:

- a) produto é produzido e vendido no mesmo estado: a base de cálculo toma como referência o preço de venda;
- b) produto é produzido e vendido em estado diferente, mas pertencente a mesma empresa (Alfa atua em Alagoas e Ceará, por exemplo): a base de cálculo é o custo de produção no estado de origem;
- c) produto é produzido e vendido em estado diferente, mas pertencente a empresa diferente (empresa Alfa no Ceará e empresa Beta no Maranhão): a base de cálculo é o preço de venda maximizado do produto, visto que trata-se de uma venda, mesmo que para outra empresa.

#### 4.1.2 Modelagem

Após levantamento dos custos e benefícios fiscais aplicáveis ao modelo, os custos foram agrupados em seis blocos, divididos em dois grupos.

Indústria:

- a) custo fixo fabril, composto por custos com manutenção, despesas diretas e administrativo;
- b) custo fixo por linha, composto pela mão de obra da linha;
- c) custo variável por produto, composto por processos produtivos: ar comprimido, refrigeração, gás carbônico, energia elétrica, ETA, ETE, vapor, sopro e xaroparia.

Logística:

- a) fixo por centro de distribuição, composto por operações internas, segurança, roteirização e administrativo;
- b) frete transferência;
- c) variável composto por carregamento, descarregamento e *picking*.

A partir desse levantamento foram alocados no *software Supply Chain Guru*® todos os custos relacionados a cada produto, cada centro de distribuição e cada unidade fabril.

No *software*, foi modelado toda a malha de transferência e produção existente na empresa no início do estudo a fim de ter a fotografia atual e poder comparar com o cenário otimizado da companhia. Portanto, para este cenário base, toda a malha de produção era fixa, bem como as transferências.

Acrescenta-se ainda que o modelo em estudo, se limitou ao ano de 2018, tendo como referência a previsão de vendas para o mesmo ano.

Para o cenário otimizado, foram criados todos os fluxos de produção e transferência, respeitando alguns critérios, como:

- a) nem todas as linhas de produção produzem os mesmos produtos;
- b) nem todas as fábricas produzem os mesmos produtos;
- c) deve ser respeitado o mínimo de transferência de 28 paletes por trecho;
- d) deve ser respeitado o mínimo de produção de 4 horas por mês por produto por fábrica para viabilizar a produção;
- e) a demanda de Mato Grosso deve ser atendida pela fábrica daquele estado, exceto por suco que é produzido em Alagoas;
- f) o estoque inicial e o estoque final devem ser iguais a zero;
- g) toda a demanda deverá ser atendida;
- h) não deverá haver descarte de produto;
- i) somente será criado fluxo de transferência onde a origem possa produzir e o destino tenha demanda;
- j) se uma fábrica receber um produto, esta não poderá produzi-lo no período;
- k) os fluxos permitidos são somente de fábrica-cliente, fábrica-fábrica-cliente e fábrica-centro de distribuição-cliente;
- l) o centro de distribuição não poderá realizar nenhuma transferência;
- m) não deverá ter mais de 1 fonte fornecedora de um mesmo produto no centro; e,
- n) deverá ter no máximo quatro turnos de produção no período.

Aplicados os requisitos para construção dos fluxos possíveis, foi solicitado um cenário ao *software* contendo a melhor composição de malha de abastecimento, deixando a sua escolha realizar alterações na estrutura da empresa, como fechamento de linhas de produção ou mesmo de unidades fabris.

No *software*, a função objetivo utilizada é a mostrada na figura 1:

Figura 1 – Função objetivo *Supply Chain Guru*®.

The diagram shows the objective function for Supply Chain Guru. It is enclosed in a rectangular box. At the top left, the text "Objective Function:" is underlined. Below it, the equation is written as:
 
$$\text{Profit} = \text{Revenue} - \text{Cost}$$

$$= \sum X_{i, \text{revenue}} - \sum Y_{j, \text{cost}}$$
 To the right of the equations, the text "Decision Variables" is written in red. Two red arrows originate from this text: one points to the  $\sum X_{i, \text{revenue}}$  term and the other points to the  $\sum Y_{j, \text{cost}}$  term.

Fonte: Llamasoft, 2019.

Ainda, o algoritmo utilizado é o *Branch and Bound*, que em tradução livre significa ramo e limite, onde o modelo cria uma árvore de decisões e cada ponta do ramo criado é um nó de decisão. Esta é uma técnica utilizada no *software* para encontrar a melhor solução, dentre a melhor solução inteira e a melhor solução linear, respeitando o *gap* solicitado entre as duas soluções, sendo 0,01% nesta modelagem. Este é um método que encontra resultado para a maioria dos problemas, mas se o modelo tiver muitas restrições, o tempo de execução poderá ser longo.

Para o este estudo foi utilizado um servidor com 32GB de memória RAM, com capacidade de armazenamento de 1 TB, processador Intel Core i74790® com velocidade de processamento de 3,60GHz e sistema operacional Windows Server 2012® de 64-bit.

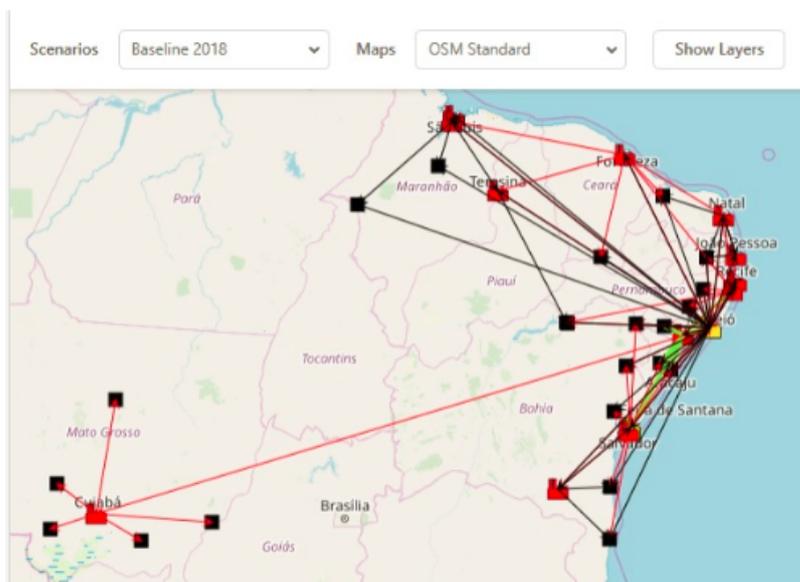
#### 4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por meio da coleta de dados realizada após execução do cenário, onde foi solicitado ao *software* a melhor configuração respeitando as restrições impostas ao modelo, é possível identificar pontos importantes na configuração de malha proposta.

O primeiro, e que causa estranheza ao observar, é o aumento da quantidade de fluxos existentes no cenário otimizado, conforme Figura 3, quando comparado ao cenário *baseline*, conforme Figura 2.

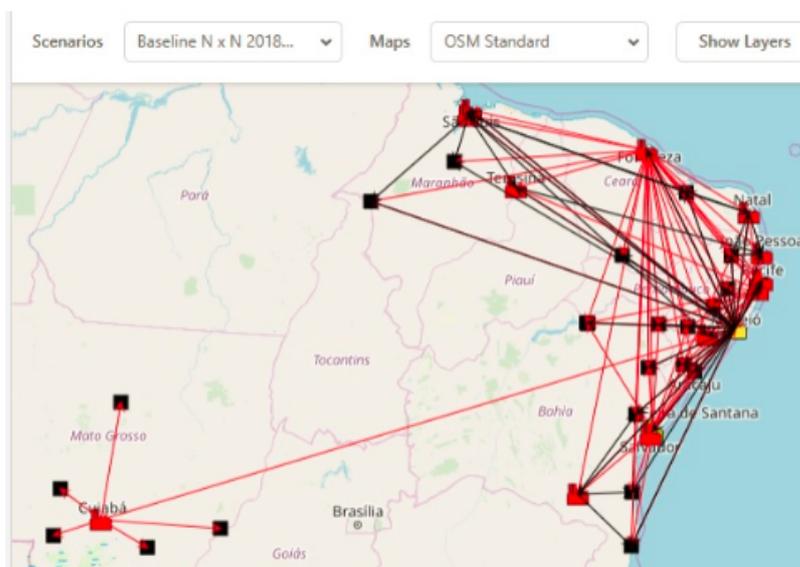
Otimização dos custos da malha de abastecimento por meio de modelagem e simulação de cenários na empresa *Mega*, com o uso do software *Supply Chain Guru*®

Figura 2 – Cenário Baseline 2018.



Fonte: *Supply Chain Guru*®.

Figura 3 – Cenário Otimizado 2018.

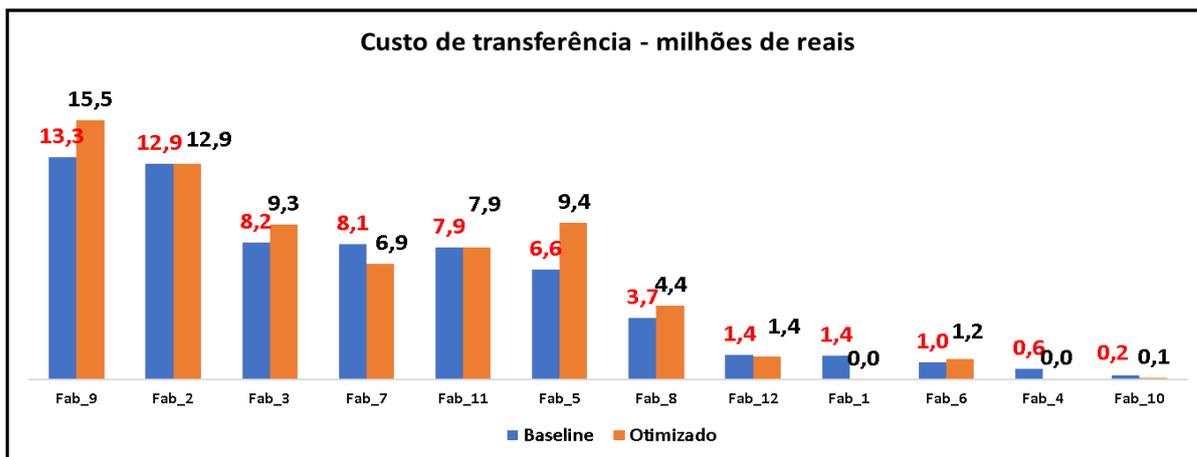


Fonte: *Supply Chain Guru*®.

Após observação às restrições aplicadas ao modelo, nota-se que no cenário *baseline*, existem a formação de *hubs*, onde geralmente são as fábricas de cada estado. Logo, as transferências realizadas de produtos acabados, são enviados de uma fábrica a outra e em seguida para os centros de distribuição. Já no cenário otimizado, foi permitido que as transferências pudessem ser enviadas diretamente ao destino final, desde que respeitasse o mínimo necessário para transferências.

Devido ao aumento da quantidade de fluxos, é esperado que se tenha um aumento dos custos totais de transferências entre as unidades, o que de fato é observado com um aumento de 5,52% em relação ao custo de transferência do cenário base, equivalente a R\$3,6 milhões de reais. No Gráfico 1, é possível comparar os custos apresentados nas fábricas.

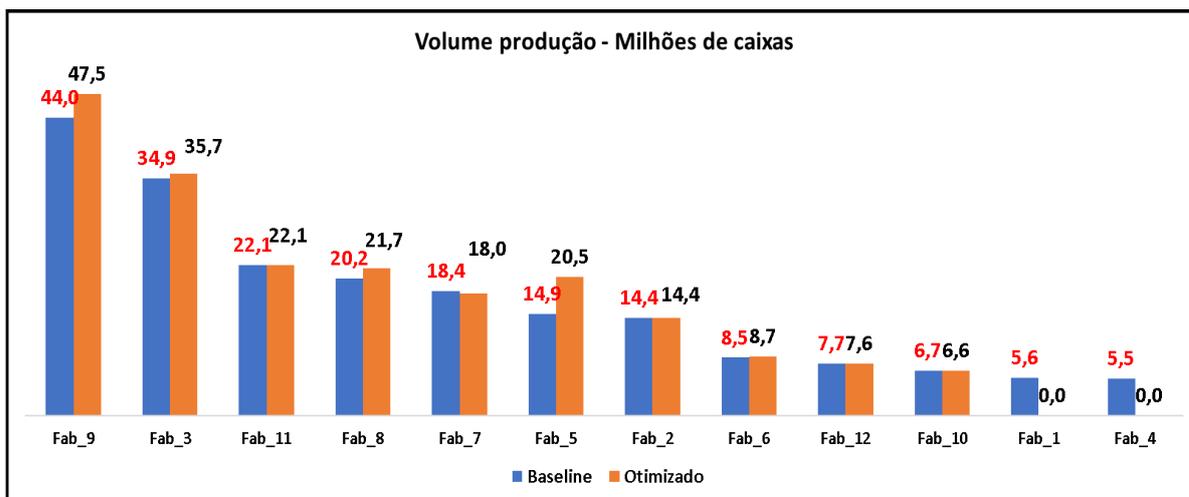
**Gráfico 1 – Comparativo do custo de transferência por fábrica.**



Fonte: o autor.

Devido a nova malha de transferência que foi realizada, observa-se no Gráfico 2 que a configuração de produção da empresa também mudou. As fábricas Fab\_5 e Fab\_9 foram as que tiveram maior aumento do volume total de produção, sendo 5,5 milhões de caixas e 3,5 milhões de caixas respectivamente. Visto que o volume de produção destas unidades fabris aumentaram significativamente, constatou-se que duas unidades não tiveram volumes no cenário otimizado, Fab\_1 e Fab\_4. Ressalta-se que o volume de produção não mudou do cenário *baseline* para o otimizado, sendo de 202, 9 milhões de caixas.

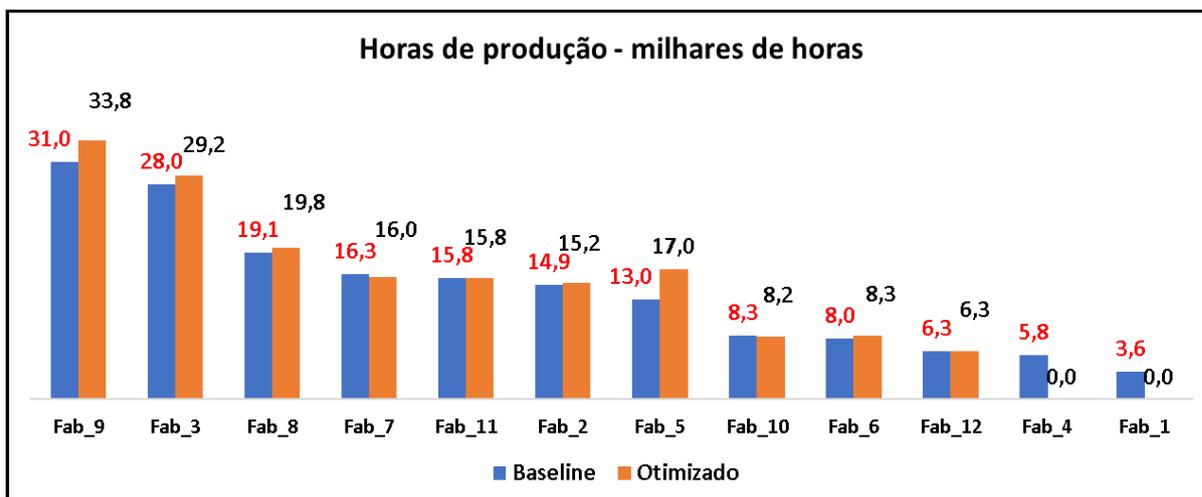
**Gráfico 2 – Comparativo do volume de produção por fábrica.**



Fonte: o autor.

Alinhado as mudanças nos volumes de produção, é possível observar no Gráfico 3 que em diversas fábricas houve aumento da quantidade de horas de produção utilizadas, mas a quantidade total de horas reduziu de 170.054 para 169.569 mostrando um aumento de eficiência de produção em virtude da quantidade menor de horas de produção, e também de fábricas.

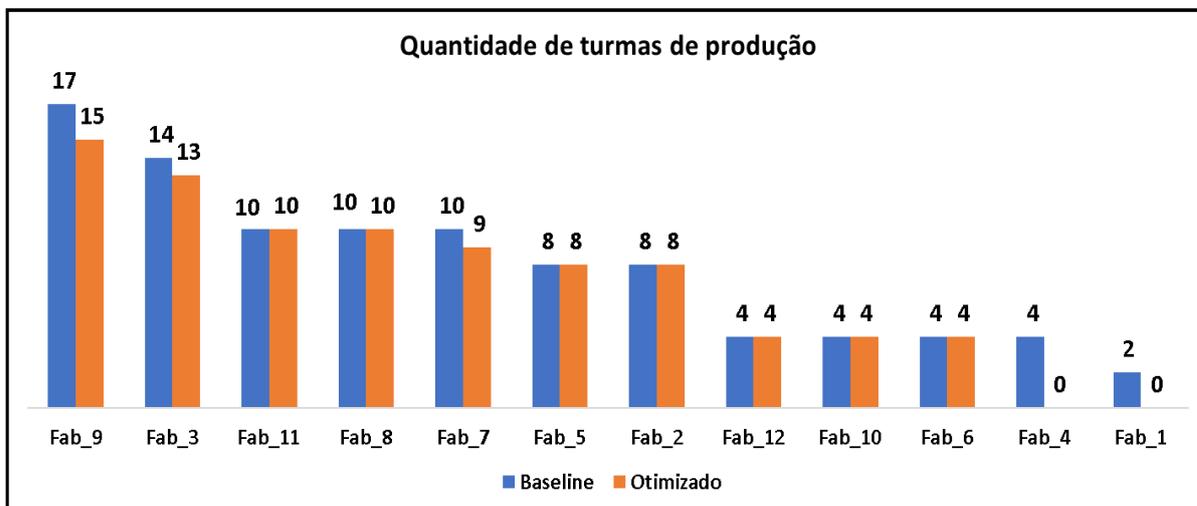
**Gráfico 3 – Comparativo das horas de produção por fábrica.**



Fonte: o autor.

Associado diretamente a quantidade de horas de produção utilizadas em cada unidade fabril, foi possível observar que houve alteração na composição de turmas de produção nas unidades, conforme comparativo no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Comparativo das turmas de produção por fábrica.

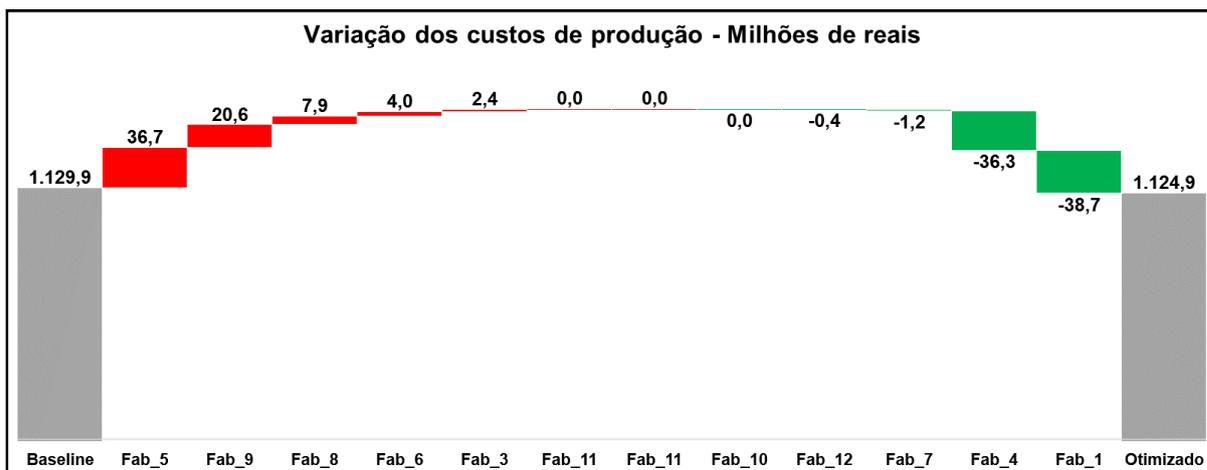


Fonte: o autor.

Analisando mais profundamente a informação de turmas, constata-se que apesar da quantidade de horas ter aumentado nas Fab\_9 e Fab\_3, a quantidade de turmas de produção utilizadas em ambas reduziu em 2 turmas e 1 turma, respectivamente. Na Fab\_5 também, apesar do aumento de 4 mil horas de produção, não houve aumento de turmas. Analisando mais detalhadamente este caso, observou-se que o sistema propôs uma transferência de linha de produção da Fab\_1 para a Fab\_5 e o fechamento de uma das linhas de produção de Fab\_5. A linha que fora transferida possui 81 válvulas de enchimento e a que foi proposta o fechamento possui 64 válvulas, sendo a linha da Fab\_1 26,5% mais rápida na produção dos mesmos produtos que a linha que foi fechada.

Embora tenha se mantido o volume de produção em ambos cenários, houve significativa redução dos custos totais de produção no cenário otimizado. As unidades que mais aumentaram o volume de produção, também foram as que tiveram maior aumento dos custos. Ao observar no Gráfico 5, nota-se que o custo total de produção caiu de R\$1.129,9 milhões no *Baseline* para R\$1.124,9 milhões no cenário otimizado.

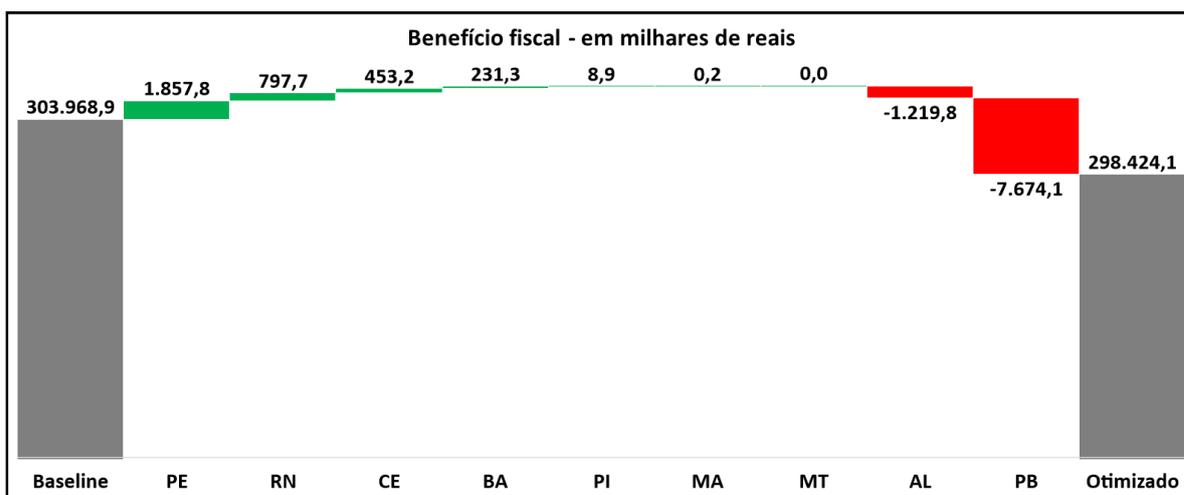
**Gráfico 5 – Variação do custo de produção por fábrica.**



Fonte: o autor.

A nova configuração de produção leva também a uma alteração significativa nos resultados de benefícios fiscais, visto que a mudança de produção para uma fábrica em outro estado estará sujeita a mudanças de alíquotas no benefício, considerando também se a fábrica fará parte da mesma empresa, ou de outra do mesmo grupo. No caso de venda *intercompany* o benefício fiscal é maximizado. Como é possível observar no Gráfico 6, há ganho de benefício em algumas unidades, enquanto que no saldo total, há redução de R\$5,5 milhões de reais devido ao fechamento de duas unidades fabris, Fab\_1 e Fab\_4.

**Gráfico 6 – Variação do benefício fiscal por estado.**



Fonte: o autor.

Por fim, é possível observar na Tabela 3 que apesar do aumento dos custos de frete, há considerável redução nos custos de produção e custos fixos. Para o *software*, os custos com turmas de produção são agrupados ao custo fixo da unidade, por considerar que é possível alterar o volume de produção na linha sem necessariamente aumentar a quantidade de turmas de produção. Este caso é possível quando se prioriza determinados produtos que possuem velocidade de produção maior em determinada linha de produção.

**Tabela 3 – Saldo *Baseline* x Otimizado**

<b>Em milhões de reais</b>	<b><math>\Delta</math> <i>Baseline</i> x Otimizado</b>	<b>% <i>Baseline</i></b>
R\$ Fixo	-R\$ 14,75	3,72%
R\$ Produção	-R\$ 4,92	0,43%
R\$ Transferência	R\$ 3,61	5,52%
Incentivos fiscais	R\$ 5,54	1,82%
<b>Resultado</b>	<b>-R\$ 10,52</b>	<b>0,53%</b>

Fonte: o autor.

Desta forma, observa-se que a redução de custos totais no cenário otimizado seria de mais de R\$10,52 milhões, comparado ao cenário *baseline*, para o ano de 2018.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de cenários simulados para realização do planejamento estratégico das empresas tem se tornado uma análise fundamental para posicionamento de mercado. A redução dos custos operacionais e melhoria da eficiência produtiva tem se tornado objetivo das indústrias de bens e consumo.

No presente estudo, por meio de modelagem de cenários e simulação de resultados, foi verificado ganho financeiro e operacional na empresa estudada, tornando o projeto em um processo contínuo na empresa.

Para isso, no subcapítulo 2.1 foram estudados os conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, destacando a produção, estoques e transportes, sendo estas peças fundamental análise para qualquer indústria de transformação.

No subcapítulo 2.2 foram estudados conceitos de custeio ABC, a qual foi a abordagem utilizada para analisar os custos de cada atividade realizada na cadeia de abastecimento.

Foi abordado no subcapítulo 2.3 a modelagem e análise de decisão, destacando as principais etapas para construção de um modelo de otimização.

No subcapítulo 4.1 foram apresentados as características da empresa e modelo estudado, englobando seus requisitos, premissas e restrições do modelo a ser construído.

No subcapítulo 4.2 foram apresentados os resultados obtidos com a modelagem do problema no *software Supply Chain Guru*®.

Os objetivos gerais e específicos do estudo foram alcançados com a utilização do *software Supply Chain Guru*® para apresentação de uma solução satisfatória de redução de custos da malha de abastecimento da empresa *Mega*, no total de R\$ 10,52 milhões.

O cenário proposto pelo *software* demonstrou que é possível obter ganhos significativos se comparado ao cenário *baseline*, com melhoria nos custos totais da malha de abastecimento, e operacional por reduzir em 485 horas a quantidade necessária para realizar o mesmo volume de produção, demonstrando que havia ociosidade no cenário *baseline* com a proposta de fechamento de duas unidades fabris e redução de dez turmas de produção.

Para analisar os resultados do modelo otimizado, é necessário entender que é possível que algumas contas apresentassem aumento de custos, como ocorreu com os custos de transferência em que houve aumento de R\$ 3,6 milhões. Em contrapartida, o aumento nos custos de transferência permitiu que os custos fixos e de produção pudessem ser reduzidos de forma mais eficaz, R\$ 14,75 milhões e R\$ 4,92 milhões respectivamente. Portanto, para estudos de otimização de custos logísticos totais, torna-se necessário a avaliação de *trade-offs*, onde o aumento de custos em uma determinada área, pode compensar os custos totais, seja com aumento da eficiência, produtividade e aumento do nível de serviço aos clientes.

Para a empresa onde o estudo de caso foi realizado, sugere-se que esta análise de cenários seja realizada em períodos menores. Para este estudo, tomou-se como base para o ano de 2018, no entanto, como o mercado de bens de

consumo é muito volátil, o cenário ótimo proposto para o ano completo pode já não ser o ideal passados alguns meses.

Para trabalhos futuros, sugere-se o estudo de otimização de estoques na cadeia produtiva, com o objetivo de determinar a melhor política de estoques e produção nas fábricas e centros de distribuição. O *software Supply Chain Guru*® utilizado neste estudo possui um módulo específico para realizar esta análise, mas parte de um processo diferente do que fora utilizado aqui.

## REFERÊNCIAS

ABIR. **Refrigerantes**. Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas. Disponível em: <https://abir.org.br/sector/dados/refrigerantes/>. Acesso em: 30 set. 2018.

ANDRADE, E. L. de. **Introdução à pesquisa operacional**: métodos e modelos para análise de decisões. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

BALEEIRO, A. **Direito financeiro**. Rio de Janeiro: J. Bushatsky, 1971.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento organização e logística empresarial. Tradução Elias Pereira. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2009.

BOISVERT, H. **Contabilidade por atividades**: contabilidade de gestão – práticas avançadas. Tradução de Antônio Diomário de Queiroz. São Paulo: Atlas, 1999.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. **Logística empresarial**: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, D. J. *et al.*. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

BRIMSON, J. **Contabilidade por atividades**: uma abordagem de custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1996.

Otimização dos custos da malha de abastecimento por meio de modelagem e simulação de cenários na empresa *Mega*, com o uso do *software Supply Chain Guru*<sup>®</sup>

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CHIAVENATO, I. **Administração da produção**: uma abordagem introdutória. 16. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

CHWIF, F.; MEDINA, A. **Modelagem e simulação de eventos discretos**: teoria e aplicações. 4. ed. São Paulo: Elsevier/Campus, 2015.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2017**: relatório gerencial. Brasília: CNT; SEST; SENAT, 2017a. Disponível em: [http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2017\)%20-%20BAIXA.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2017)%20-%20BAIXA.pdf). Acesso em: 03 set. 2018.

CNT. **Sondagem**: expectativas econômicas do transportador 2017. Brasília: CNT, 2017b. Disponível em: [http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Sondagem%20Expectativas%20Econ%C3%B4micas%20do%20Transportador/sondagem\\_expectativas\\_economicas\\_transportador\\_2017.pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Sondagem%20Expectativas%20Econ%C3%B4micas%20do%20Transportador/sondagem_expectativas_economicas_transportador_2017.pdf). Acesso em: 09 set. 2018.

DRUCKER, P. As informações de que os executivos realmente precisam. In: *Medindo o desempenho empresarial*. **Harvard Business Review**. 2. ed. Tradução: Afonso C. da C. Serra. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

FARIA, A. D. de; COSTA, M. de F. G. da. **Gestão de custos logísticos**. São Paulo: Atlas, 2008.

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos. São Paulo: Atlas, 2009.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial**: uma perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção**. São Paulo: Pioneira, 2001.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

LLAMASOFT. **Supply Chain Guru X Help**. Disponível em: [http://community.llamasoft.com/Help%20Files/Supply%20Chain%20Guru%20X%20Help/SupplyChainGuruX/Linear\\_Programming\\_and\\_Mixed\\_Integer\\_Linear\\_Programming.htm#](http://community.llamasoft.com/Help%20Files/Supply%20Chain%20Guru%20X%20Help/SupplyChainGuruX/Linear_Programming_and_Mixed_Integer_Linear_Programming.htm#). Acesso em: 16 abr 2019.

- LONGARAY, A. A. **Introdução a pesquisa operacional**. São Paulo: Saraiva, 2013.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2010, p. 165-194.
- NAKAGAWA, M. **ABC: custeio baseado em atividades**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007. Disponível em: [http://paginapessoal.utfpr.edu.br/jurandirpeinado/livro-administracao-da-producao/livro-administracao-da-producao/livro2folhas.pdf/at\\_download/file](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/jurandirpeinado/livro-administracao-da-producao/livro-administracao-da-producao/livro2folhas.pdf/at_download/file). Acesso em: 28 out. 2018.
- PHILIPS, D.; RAVINDRAN, A.; SOLBERG, J. **Operations research**. New York: John Wiley & Sons, 1976.
- RAFFISH, N; TURNEY, P. B. B. **Glossary of activity-based management**. Journal of Cost Management, Boston, v. 5, n. 3, Fall 1991.
- RAGSDALE, C. T. **Modelagem e análise de decisão**. Tradução: Luciana Penteado Miguelino. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- RESENDE, P. T. V. de. *et al.*. **Custos logísticos no Brasil**. Fundação Dom Cabral, 2017. Disponível em: <https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisa-site/Materiais/pesquisa-custos-logisticos2017.pdf>. Acesso em: 03 set. 2018.
- RODRIGUE, J. P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. **The geography of transport systems**. New York: Routledge, 2006. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.732.3530&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 03 dez. 2018.
- RODRIGUES, A. I. *et al.* **Prática tributária nas empresas: análise de questões tributárias e contábeis atuais e relevantes**. São Paulo: Atlas, 2012.

Otimização dos custos da malha de abastecimento por meio de modelagem e simulação de cenários na empresa *Mega*, com o uso do software *Supply Chain Guru*<sup>®</sup>

SHARMAN, P. *Activity and driver analysis to implement ABC*. **CMA Magazine**, v. 68, p. 13-15, Jul./Aug. 1994. Disponível em: <https://www.questia.com/read/1G1-15702985/activity-and-driver-analysis-to-implement-abc>. Acesso em: 03 set. 2018.

SILVA, A. C. R. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade**: orientações de estudos, projetos, relatórios, monografias, dissertações, teses. São Paulo: Atlas, 2003.

SILVA, E. M. da. *et al.* **Pesquisa operacional para os cursos de administração e engenharia**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SLACK, N; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

## APÊNDICES

### Apêndice A – Carta de Autorização de Participação da Mega no Estudo de Caso

#### Autorização de Participação da Empresa no Estudo de Caso

Fortaleza, 06 de maio de 2019.

Eu, Ramon Vasconcelos Ferreira, aluno do Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro Universitário 7 de Setembro (UNI7), sob orientação do Prof. Alan Bessa Gomes Peixoto, solicito permissão para obter voluntariamente de sua empresa informações que serão utilizadas, após tratamento, na forma de estudo de caso a ser inserido na pesquisa em andamento sobre "OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DA MALHA DE ABASTECIMENTO POR MEIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS NA EMPRESA MEGA, COM O USO DO SOFTWARE SUPPLY CHAIN GURU®".

As informações declaradas nesta pesquisa serão mantidas em sigilo, como também o anonimato da empresa e do respondente.

No aguardo do aceite, agradecemos a atenção dispensada.

---

**Ramon Vasconcelos Ferreira**

Aluno-Pesquisador

---

**Prof. Alan Bessa Gomes Peixoto**

Orientador da Pesquisa

---

**Nome Completo do(a) Responsável pela  
Autorização**

Cargo e Nome da Empresa  
(Assinatura e Carimbo)

## Apêndice B – Instrumento de Pesquisa – Checklist

- A modelagem conseguiu representar o cenário real da empresa estudada;
  - 1) Considerando apenas áreas de Logística e Indústria
- Houve ganhos financeiros de produção;
- Houve ganhos financeiros de transferência;
- Houve ganhos financeiros com turmas de produção;
- Houve ganhos financeiros com custos fixos;
- Houve ganho com benefícios fiscais;
- Houve fechamento de linhas de produção;
- Houve fechamento de fábricas;
  - 1) Há fechamento de duas fábricas, no entanto, cabe uma análise mais detalhada da empresa em virtude dos custos com fechamento;
  - 2) Se houver algum plano de fechamento para uma fábrica que permanece ativa, é válido verificar o quanto aumentaria no custo total para permitir o fechamento.
- O estudo demonstrou possibilidades de ganho operacional;
  - 1) Há melhoria operacional em virtude de se produzir a mesma quantidade com menos linhas e turmas de produção. No entanto riscos devem ser avaliados e, possivelmente, investimentos realizados para permitir que as linhas que permanecem ativas possam produzir o volume sem grandes problemas
- Houve ganho com custos totais;
  - 1) Considerando os *trade-offs* do projeto.