

A close-up photograph of a white industrial robotic arm with a blue cable, positioned over a workbench. On the workbench, there is a red cylindrical object. The background is a bright, slightly blurred industrial setting.

**JAQUELINE FONSECA RODRIGUES  
(ORGANIZADORA)**

**ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO: VETOR  
DE TRANSFORMAÇÃO  
DO BRASIL**

**Jaqueline Fonseca Rodrigues**

(Organizadora)

# Engenharia de Produção: Vetor de Transformação do Brasil

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	Engenharia de produção [recurso eletrônico] : vetor de transformação do Brasil / Organizadora Jaqueline Fonseca Rodrigues. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-611-9 DOI 10.22533/at.ed.119190409  1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Gestão de qualidade. I. Rodrigues, Jaqueline Fonseca.  CDD 658.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Antes de efetuar a apresentação do volume em questão, deve-se considerar que a **Engenharia de Produção** se dedica à concepção, melhoria e implementação de sistemas que envolvem pessoas, materiais, informações, equipamentos, energia e maiores conhecimentos e habilidades dentro de uma linha de produção.

O primeiro volume, com 18 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados aos processos de **Engenharia de Produção**, além das áreas de **Eficiência Energética**; **Sistema de Gestão da Qualidade**; **Gestão de Projetos**; **Ergonomia** e tomada de decisão através de pesquisa operacional.

Tanto a Engenharia de Produção, como as pesquisas correlatas mostram a evolução das ferramentas aplicadas no contexto acadêmico e empresarial. Algumas delas, provenientes de estudos científicos, baseiam os processos de tomadas de decisão e gestão estratégica dos recursos utilizados na produção.

Além disso, os estudos científicos sobre o desenvolvimento acadêmico em **Engenharia de Produção** mostram novos direcionamentos para os estudantes, quanto à sua formação e inserção no mercado de trabalho.

Diante dos contextos apresentados, o objetivo deste livro é a condensação de extraordinários estudos envolvendo a sociedade e o setor produtivo de forma conjunta através de ferramentas que transformam a **Engenharia de Produção**, o **Vetor de Transformação do Brasil**.

A seleção efetuada inclui as mais diversas regiões do país e aborda tanto questões de regionalidade quanto fatores de desigualdade promovidas pelo setor produtivo.

Deve-se destacar que os locais escolhidos para as pesquisas apresentadas, são os mais abrangentes, o que promove um olhar diferenciado na ótica da Transformação brasileira relacionada à Engenharia de Produção, ampliando os conhecimentos acerca dos temas abordados.

Finalmente, esta coletânea visa colaborar ilimitadamente com os estudos empresariais, sociais e científicos, referentes ao já destacado acima.

Não resta dúvidas que o leitor terá em mãos extraordinários referenciais para pesquisas, estudos e identificação de cenários produtivos através de autores de renome na área científica, que podem contribuir com o tema.

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

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

**Boa leitura!!!!**

Jaqueline Fonseca Rodrigues

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A QUALIDADE NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS EM UMA COOPERATIVA DE CRÉDITO E A OTIMIZAÇÃO DE SUA MENSURAÇÃO	
Murilo Sagrillo Pereira Wagner Pietrobelli Bueno Leoni Pentiado Godoy Adriano Mendonça Souza Mateus Freitas Ferreira Taís Pentiado Godoy	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>18</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NO ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DO SERVIÇO DE LAVA-CAR EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS	
Jairine Polyana Gaioski Andreza Rodrigues Costa Eloise Gonçalves Shih Yung Chin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>50</b>
ANÁLISE SIMPLIFICADA SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ROTOMOLDAGEM, BASEADA NA ISO 50.001	
Silvio Cesar Ferreira da Rosa André Luiz Emmel Silva Jorge André Ribas Moraes Ítalo Rosa Policena Cassio Denis de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>63</b>
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA CAPDO PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE EMBALAGENS EM UMA FÁBRICA DE BEBIDA	
Daécio Lima Batista Gilson Freire Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>71</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS PARA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE UM ESTACIONAMENTO DE UNIVERSIDADE PÚBLICA	
Shih Yung Chin Gabriel Santos Munhoz Nathália de Paiva Cristo Leite Araújo Nathana Caroline Donini Cezario	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904095</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>84</b>
APLICAÇÃO DO <i>TRAVELLING SALESMAN PROBLEM</i> NA ROTEIRIZAÇÃO DAS VIATURAS DA MARINHA DO BRASIL: UMA ABORDAGEM DA TEORIA DOS GRAFOS	
Luiz Rodrigues Junior Marcos dos Santos Marcone Freitas dos Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904096</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>94</b>
ARIMA NA PREVISÃO DO PREÇO DO AÇO NO RIO GRANDE DO SUL	
Patricia Cristiane da Cunha Xavier Leonam Vieira Hemann Adriano Mendonça Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>106</b>
AUTOAVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PLÁSTICOS	
Edimary Santana Cabral Carvalho Bento Francisco dos Santos Júnior Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Alcides Anastácio Araújo Filho Antonio Vieira Matos Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>119</b>
AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURIDADE EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO SETOR DE PLANEJAMENTO DA EMPRESA MF TECNOLOGIA PREDIAL	
Antonio Vieira Matos Neto Bento Francisco dos Santos Júnior Alcides Anastácio Araújo Filho Adriele Santos Souza Fabiane Santos Serpa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>133</b>
SIMULACIÓN DE LOS MODOS DE FRECUENCIAS FUNDAMENTALES EN UN MODELO SECCIONAL REDUCIDO DE TABLERO PUENTE PARA ENSAYOS EN TÚNEL DE VIENTO	
Jorge Omar Marighetti Beatriz Angela Iturri Maximiliano Gomez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040910</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 147**

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS DESPESAS E CUSTOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR DE VENDAS

Iraiane Pimentel dos Reis Passos  
Bento Francisco dos Santos Júnior  
Adriele Santos Souza  
Alcides Anastácio Araújo Filho  
Antonio Vieira Matos Neto

**DOI 10.22533/at.ed.11919040911**

**CAPÍTULO 12 ..... 160**

LEVANTAMENTO MANUAL DE CARGAS E CRITÉRIOS ERGONÔMICOS NA PALETIZAÇÃO DE GARRAFAS DE ÁGUA

Amanda Ebert Bobsin  
Natália Eloísa Sander  
Vitória Pereira Pinto  
Fernando Gonçalves Amaral

**DOI 10.22533/at.ed.11919040912**

**CAPÍTULO 13 ..... 173**

O USO DO GEOGEBRA NO CURSO DA ENGENHARIA: UM ESTUDO DE CASO FEITO COM ALUNOS DO 1º PERÍODO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Jonas da Conceição Ricardo  
Ricardo Marinho dos Santos  
Leonardo de Araújo Casanova  
Marcus Vinicius Silva de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.11919040913**

**CAPÍTULO 14 ..... 183**

O USO SIMULAÇÃO PARA A TOMADA DE DECISÃO EM AMBIENTES DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Leonard Barreto Moreira  
Fábio Freitas da Silva  
Andressa da Silva Duarte Silva  
João Lucas Olímpio da Silva  
Annabell Del Real Tamariz  
Aílton da Silva Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.11919040914**

**CAPÍTULO 15 ..... 194**

ORGANIZAÇÃO METROLÓGICA DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA DO RAMO AUTOMOTIVO

Júlia Ferreira Dantas  
Bento Francisco dos Santos Júnior  
Cariosvaldo Alves

**DOI 10.22533/at.ed.11919040915**



<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>208</b>
RELAÇÃO DOS GASTOS DO GOVERNO EM ASSISTÊNCIA SOCIAL COM AS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS BRASILEIRAS PELA ANÁLISE FATORIAL	
Viviane de Senna Adriano Mendonça Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040916</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>222</b>
UMA VISÃO TÉCNICA SOBRE A MAIOR COZINHA <i>FAST FOOD</i> DO MUNDO: MCDONALD'S	
Dayse Mendes Douglas Soares Agostinho Élcio Nascimento da Silva Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer Julio César Shoenemann Varella Maisa Rodrigues Pereira Murilo Henrique de Lima Gouvea Paulo Sérgio Campos Renan Weiber de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>238</b>
UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE NCSS (NUMBER CRUNCHER STATISTICAL SYSTEM)</i> NA VERIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS DA ECONOMIA BRASILEIRA	
Elpidio Oscar Benitez Nara José Carlos Kasburg João Victor Kothe João Carlos Furtado Jacques Nelson Corleta Schreiber Leonel Pablo Tedesco Jones Luís Schaefer Ismael Cristofer Baierle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>254</b>
AVALIAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE NÃO CONFORMIDADES DE UM ABATEDOURO DE AVES UTILIZANDO O CICLO PDCA	
Mario Fernando de Mello Cristina Pasqualli Eudes Vinicius dos Santos Marcos Morgental Falkembach	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040919</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>266</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>267</b>

## APLICAÇÃO DO *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* NA ROTEIRIZAÇÃO DAS VIATURAS DA MARINHA DO BRASIL: UMA ABORDAGEM DA TEORIA DOS GRAFOS

### **Luiz Rodrigues Junior**

SENAI - Engenharia de Produção  
Rio de Janeiro - RJ

### **Marcos dos Santos**

SENAI - Engenharia de Produção/ Instituto Militar  
de Engenharia - IME  
Rio de Janeiro - RJ

### **Marcone Freitas dos Reis**

SENAI - Engenharia de Produção  
Rio de Janeiro - RJ

**RESUMO:** Embora a Marinha do Brasil seja uma instituição que não vise o lucro, seus gestores devem ter a preocupação de melhorar os seus processos de maneira tratar com austeridade o erário público. Nesse sentido, sabendo que os custos de transporte representam mais da metade dos custos logísticos de uma organização, esse trabalho tem o objetivo de propor uma metodologia para redução dos custos de transporte, na região metropolitana do Rio de Janeiro, entre o principal centro de distribuição da Marinha do Brasil e as suas Organizações Militares (OM). Hoje, as OM são abastecidas por suprimentos de natureza variada, sem que haja roteirização na utilização das viaturas. Assim, as entregas são feitas sob demanda, muitas vezes de uma maneira antieconômica. Esse trabalho tem o objetivo de propor uma metodologia capaz de reduzir os

custos de transporte, por meio da clusterização das OM que estejam dentro de um raio de proximidade, além da roteirização por meio da solução do Problema do Caixeiro Viajante (PCV). O estudo ora apresentado, indica que pode haver uma significativa economia dos recursos da Força, os quais poderiam ser investidos estrategicamente em outros setores. Tal economia mostra-se oportuna, dado o momento de forte contingenciamento das Forças Armadas Brasileiras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Problema do Caixeiro Viajante (PCV); Teoria dos Grafos; Marinha do Brasil

### APPLICATION OF TRAVELING SALESMAN PROBLEM IN THE ROUTING OF THE BRAZILIAN NAVY MILITARY VEHICLES: AN APPROACH TO THE GRAPH THEORY

**ABSTRACT:** Although the Brazilian Navy is an institute that didn't created for profit, is must important the processes used continue to a total austerity to public treasury. This article has the objective of proposing a methodology to contribute for economy, in Rio de Janeiro, between the main distribution center of the Brazilian Navy and its Military Organizations (OM). Today, the OMs are supplied by a variety of supplies, without routing to use of vehicles. Thus deliveries are made on demand, often in an uneconomical way. This article has the

objective of proposing a methodology capable of reducing transportation costs, through the clustering of the OMs that are within a radius of proximity, besides the routing through the solution of the Traveling Salesman Problem (TSP). The article presented here, indicates that there can be a significant saving of the resources of the Navy, which could be invested strategically. This economy is timely, given the moment of strong contingency to the Brazilian Military Forces.

**KEYWORDS:** Travelling Salesman Problem (TSP), Theory of Graphs, Brazilian Navy.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Marinha do Brasil (MB) possui um grande centro de distribuição localizado no Estado do Rio de Janeiro, Base de Abastecimento da Marinha no Rio de Janeiro (BAMRJ) – ilustrado na Figura 1, responsável por abastecer as Organizações Militares (OM) localizadas no referido Estado. Contudo, não é aplicado qualquer metodologia na roteirização dos seus veículos de entrega.



Figura 1 – Base de Abastecimento da Marinha no Rio de Janeiro (BAMRJ)

Fonte: [www.mar.mil.br](http://www.mar.mil.br) (2017)

O estudo em tela apresenta uma modelagem matemática, oriunda da Teoria dos Grafos, na qual as OM da MB estão distribuídas em 14 clusters pelo RJ e a BAMRJ é a sede da qual as viaturas devem iniciar e concluir a roteirização. Esquemáticamente, tal problema resulta num grafo completo  $K_{15}$ , representado na Figura 2.

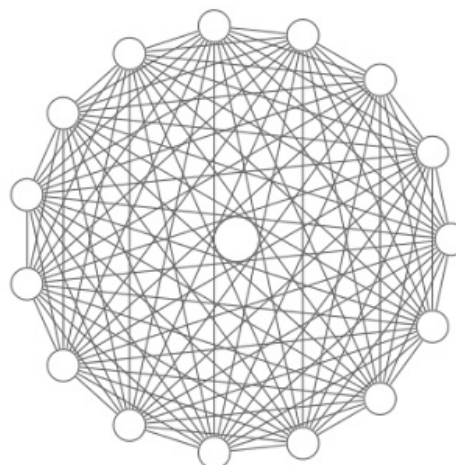


Figura 2 – Grafo  $K_{15}$

Sabe-se que a solução para o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) resulta em uma explosão combinatorial. Um computador capaz de calcular mil bilhões de ciclos hamiltonianos por segundo, demoraria 284 milhões de anos para calcular de maneira exaustiva todas os ciclos hamiltonianos de um grafo completo com apenas 30 vértices.

## 2 | PROBLEMA

Tendo em vista as más condições de trânsito na região metropolitana, a segurança do material transportado e os altos custos logísticos, mormente com transporte, esse trabalho tem o objetivo de propor um sistema de roteirização para as viaturas da MB, que, partindo da BAMRJ, deverão visitar 14 pontos de entrega. O mapa mental a seguir, Figura 3, mostra as condições de contorno do problema.

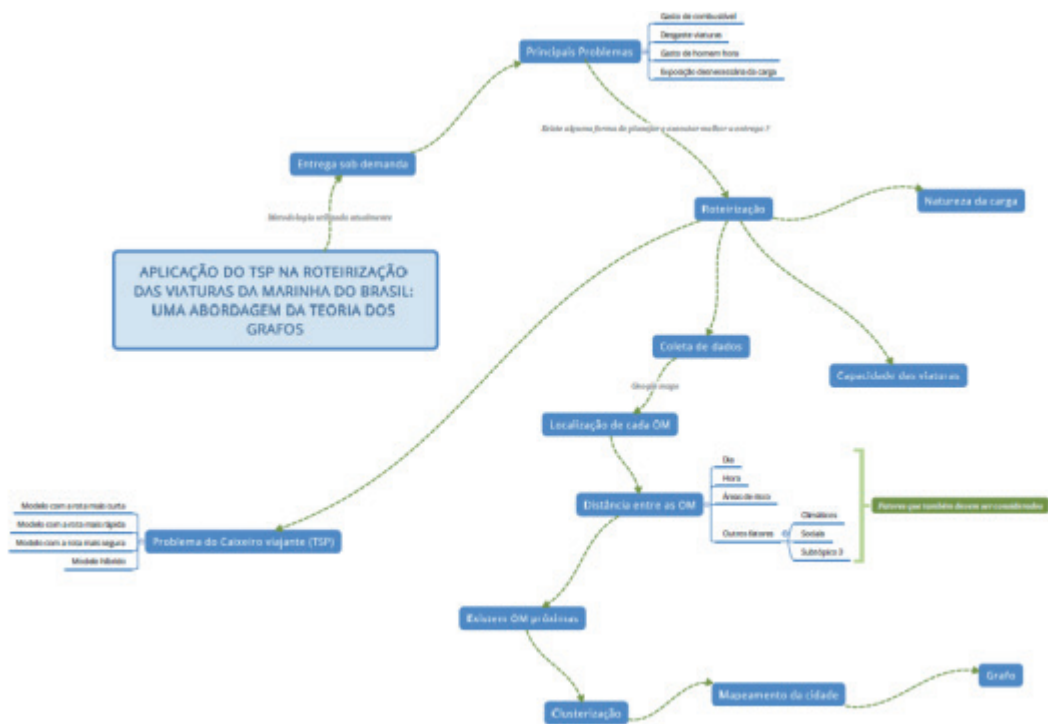


Figura 3 – Mapa mental com as condições de contorno do problema

Fonte: Autores (2017)

## 3 | METODOLOGIA

Esse trabalho tem o objetivo de desenvolver uma metodologia de roteirização para a entrega de suprimentos às Organizações Militares da Marinha do Brasil no Rio de Janeiro. Para alcançá-lo, o trabalho foi decomposto nas seguintes partes:

- a. Coleta dos dados a serem utilizados para a modelagem do problema;
- b. Mapeamento das OM a serem consideradas no problema;

- c. Clusterização das OM a partir de um critério de proximidade;
- d. Solução do TSP a partir do processamento computacional.

## 4 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um engenheiro é, antes de mais nada, um “resolvedor de problemas”. Ele tem a capacidade de compreender as condições de contorno de uma situação problemática e, a partir daí, propor soluções que agreguem valor não só para a organização da qual faz parte, mas também para a sociedade como um todo.

Santos (2013) aponta que a PO lança mão de modelos matemáticos e/ou lógicos, a fim de resolver problemas reais, apresentando um caráter eminentemente multidisciplinar.

Santos *et al* (2017) afirmam que todo problema de PO possui uma metodologia relativamente simples e logicamente encadeada, começando com uma situação problemática, ou seja, com um descompasso entre o que se quer e o que se tem, seja para uma pessoa, um grupo de pessoas ou uma organização. Assim, o primeiro passo na solução de um problema é o perfeito entendimento do mesmo e das suas condições de contorno.

Para Belfiore e Fávero (2013), a tomada de decisão é um processo complexo e que envolve fatores internos e externos ligados à organização, onde pode-se destacar: ambiente; risco e incerteza; custo e qualidade requerida pelo produto ou serviço; agentes tomadores de decisão; cultura organizacional; e até mesmo o próprio mercado. Pode-se afirmar ainda que o processo de tomada de decisão dentro das organizações, pode ser ilustrado conforme Figura 4.

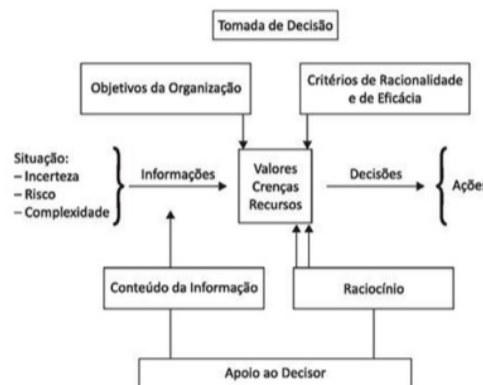


Figura 4 – O processo de tomada de decisão e apoio ao decisor

Fonte: Belfiore e Fávero (2013)

Santos *et al.* (2017) apresentam a espiral do processo decisório – Figura 5, concebida como uma abstração mental, uma vez que o processo decisório acerca de um problema desdobra-se nas oito primeiras etapas, partindo de uma situação problemática, 1ª etapa, até a implementação ou não do modelo, 8ª etapa, quando então,

a percepção da situação problemática ganha uma nova dimensão, incorporando novos fatos da realidade subjacente que antes não tinham sido levados em consideração. Isso levará a um novo entendimento do problema, e, talvez, conduzirá a um novo objetivo, fazendo com que todo o processo se repita.

Por isso, o processo decisório é iterativo e crescente.

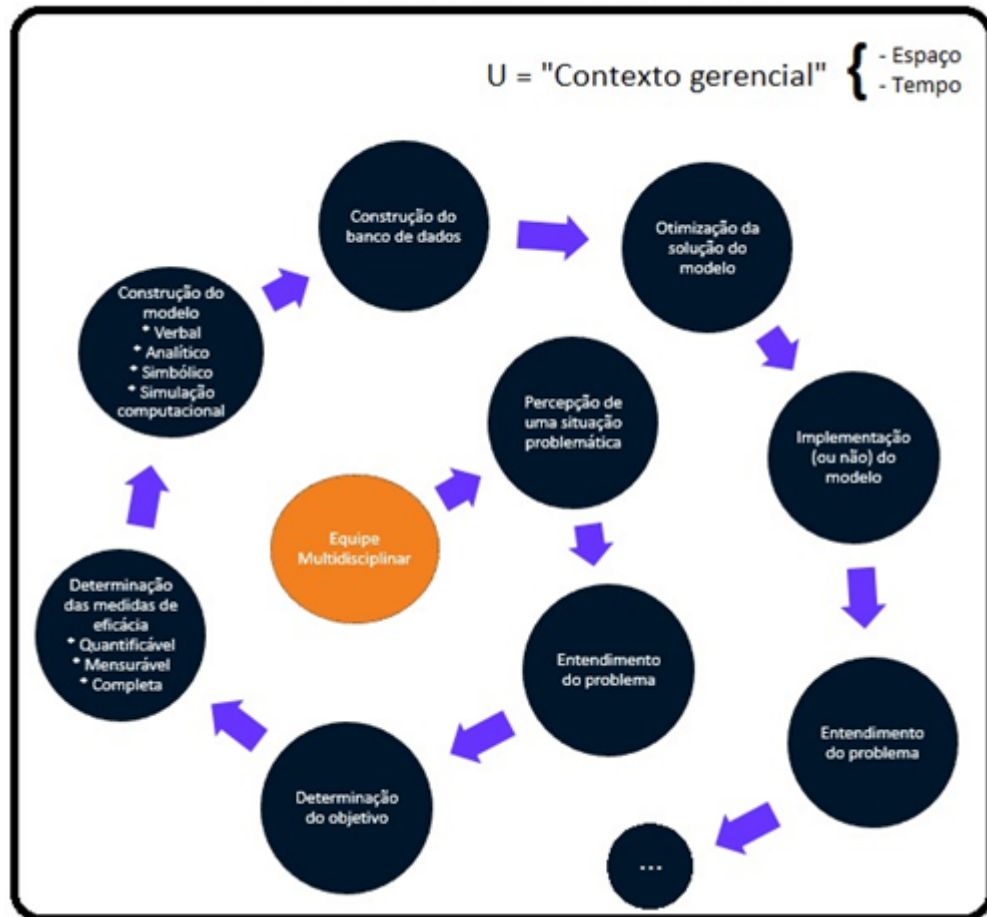


Figura 5 – Espiral do processo decisório

Fonte: Santos *et al.* (2017)

Conforme Pacheco e Lima (2016), um grafo  $P$ , simples não-orientado, é composto por um conjunto de pares ordenados  $P = (X, A)$ , de tal modo que o conjunto de vértices  $X$ , tal que  $|X| = n$ , e de arestas  $A$ , tal que  $|A| = e(P)$ . A Figura 6 apresenta um exemplo de um grafo.

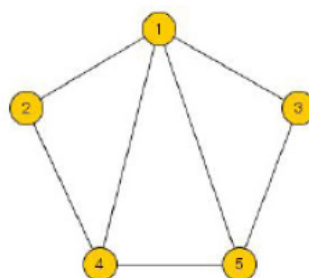


Figura 6 – Grafo de ordem 5

Fonte: Pacheco e Lima (2016)

Segundo Leite (2015), um caminho que passa uma única vez em cada vértice de um grafo é chamado hamiltoniano. Se o caminho começa e termina no mesmo vértice, então esse caminho é chamado de Ciclo Hamiltoniano. No grafo apresentado na Figura 7, é possível percorrer o caminho (a, b, e, d, c, a), sendo esse caminho um ciclo hamiltoniano.

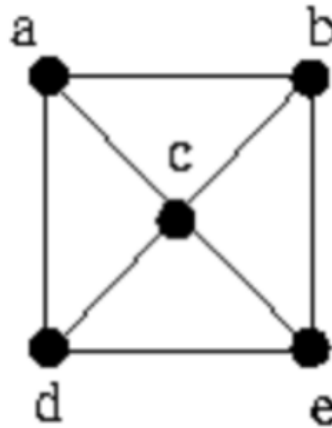


Figura 7 – Exemplo de grafo com ciclos hamiltonianos

Fonte: Leite (2015)

Segundo Leite (2015), o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), ou em inglês *Travelling Salesman Problem* (TSP), é o nome utilizado para um conjunto de problemas que podem ser modelados a partir do conceito de ciclo hamiltoniano. O PCV consiste na busca de um ciclo hamiltoniano que gere a menor distância, iniciando de um vértice qualquer, visitando todos os vértices uma única vez e regressando ao vértice de partida.

Segundo Café e Bräsher (2006), as 3 principais e clássicas leis da bibliometria podem ser apresentadas sinteticamente da seguinte forma:

- 1ª) Bradford, tem o objetivo de conhecer o conteúdo dos periódicos produzidos a partir de determinado tema;
- 2ª) Lotka, tem o objetivo de definir as maiores contribuições de pesquisadores em determinadas áreas do conhecimento;
- 3ª) Zipf, pontua a frequência com que determinadas palavras aparecem nos textos científicos, de modo a estabelecer sua representatividade neste contexto.

A pesquisa bibliométrica de Zipf foi realizada no Portal de Periódicos da CAPES, onde foram encontrados 16.435 trabalhos publicados entre os anos 1996 e 2016, conforme a Figura 8, a seguir.

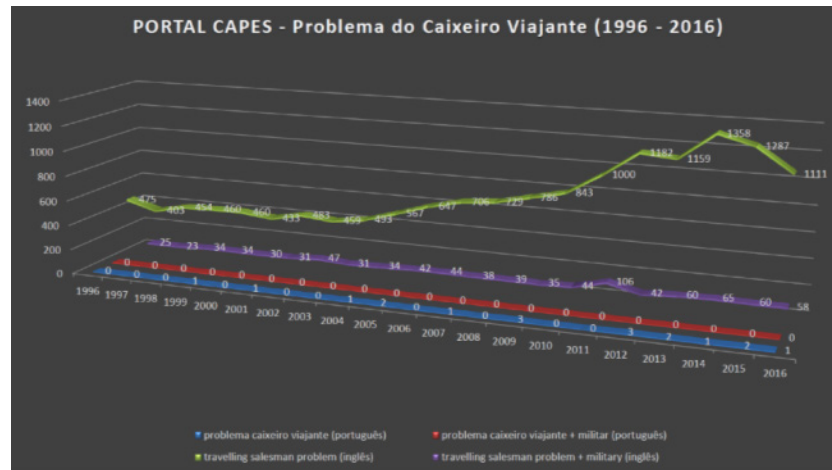


Figura 8 – Quantidade de publicações com o termo “Problema do Caixeiro Viajante”

Fonte: Portal de Periódicos da CAPES (2017)

## 5 | ESTUDO DE CASO

De acordo com o site da Marinha do Brasil (2017):

A Base de Abastecimento da Marinha no Rio de Janeiro (BAMRJ), com sede na cidade no Rio de Janeiro, RJ, foi criada pela Portaria Ministerial nº 771, de 21 dezembro de 1993, com a denominação de Base Almirante Newton Braga, posteriormente alterada para a atual denominação, por intermédio da Portaria Ministerial de nº 467, de 11 de setembro de 1995.

A BAMRJ teve o primeiro Regulamento aprovado pela Portaria nº 50, de 6 de abril de 1994, e revogada pela Portaria nº 409, de 5 de outubro de 1998, ambas do Chefe do Estado-Maior da Armada. Passou a ter sua organização e atividades estruturadas pelo Regulamento aprovado pela Portaria nº 33, de 17 de setembro de 1998, a qual, foi revogada e substituída pelo Regulamento aprovado pela Portaria nº 3, de 12 de janeiro de 2000, ambas do Secretário-Geral da Marinha. Revogada esta última, a BAMRJ passa a ter sua organização e atividades estruturadas pelo presente Regulamento, aprovado pela Portaria nº 40 de 4 de agosto de 2004, do Secretário-Geral da Marinha.

A Base de Abastecimento da Marinha no Rio de Janeiro (BAMRJ), tem como um de seus objetivos apoiar as demais OM no Estado do Rio de Janeiro, nos seguintes aspectos: prover facilidades de apoio de rancho, assistência social, transporte, alojamento, saúde e prática de esportes.

Foram elencadas 28 OM, contudo, foi realizado uma clusterização entre as OM cujas distâncias fossem inferiores a 3.000 metros. Com isso, foi possível formar um total de 15 clusters, plotados na Figura 9, a seguir. A BAMRJ está destacada na cor vermelha, de modo a identificar a origem e o destino final da roteirização.



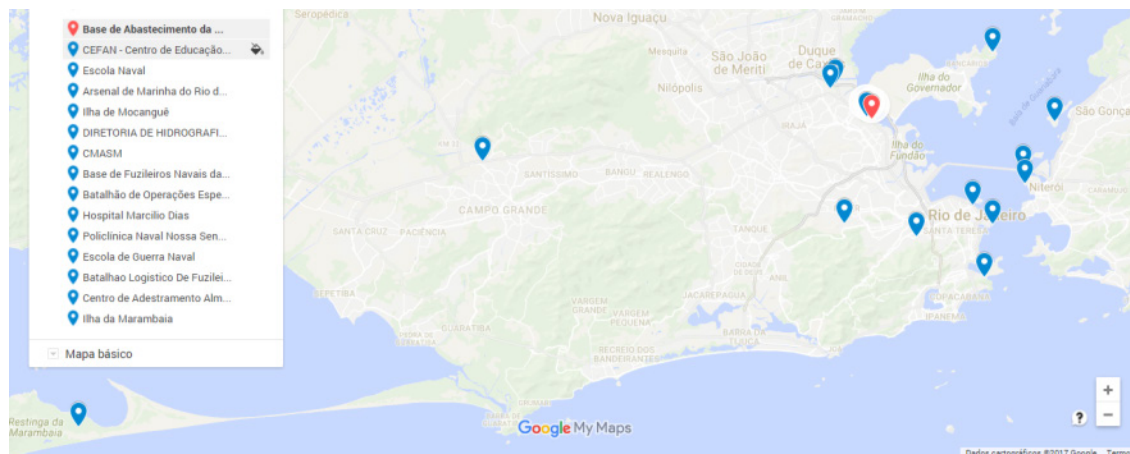


Figura 9 – Clusterização das OM

Fonte: Google Maps (2017)

## 6 | MODELAGEM MATEMÁTICA

A rotina de trabalho das viaturas envolvidas com o transporte de materiais entre as Organizações Militares precisa iniciar na BAMRJ, passar pelos 14 clusters apresentados na Figura 8 e retornar para a BAMRJ. Para o início da modelagem matemática do problema é necessário coletar as informações de distância entre cada cluster, par a par. O valor representativo de cada aresta é o equivalente à distância utilizada para percorrer o trajeto entre uma OM e outra, em quilômetros.

Fazendo-se uma análise inicial das restrições do problema, chega-se à conclusão de que o mesmo possui 32.751 restrições de sub-rotas. Assim, optou-se pelo processamento computacional para a solução do problema, já que seria inexecutável modelar milhares de equações uma a uma.

## 7 | SOLUÇÃO COMPUTACIONAL DO MODELO

Para calcular a solução do PCV do estudo de caso, foi utilizado o software TSP SG. Foi feito o preenchimento das distâncias entre todos os pares de vértices do grafo, ou seja, as distâncias entre os clusters dois a dois, conforme ilustrado na Figura 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
City 1	---	4.5	0.45	22.5	19.4	34.7	31.9	35.2	23.9	35.4	19.6	18.7	22.5	8.4	54.4
City 2	11	---	11.4	24.1	20.9	34.2	31.9	37.4	23.4	31.8	21.2	19	26.1	3.4	50.9
City 3	8.9	4	---	22.1	18.9	25.8	32	34.8	23.5	34.9	19.2	18.2	24.1	8	53.9
City 4	17.5	22	17.9	---	3.4	25.8	23.5	26.4	26.9	54	15.9	10	9	25.9	55.2
City 5	14.1	20.9	14.6	6.1	---	22.4	20.2	23	23.5	51.8	12.9	6.7	10.8	24.8	54.3
City 6	19.6	24.1	20.1	20.5	17.4	---	27.8	30.6	29	53.6	22.7	16.5	22.5	28	60
City 7	24.4	24.1	25.4	25.8	22.6	7.6	---	8.7	34.3	62.6	31.5	21.8	27.8	35.6	64
City 8	25.8	32.5	26.2	26.7	23.5	8.3	7.9	---	37.9	66.1	31.9	25.3	31.4	36.9	67.6
City 9	14.8	19	15.2	27.3	24.1	35.2	33	38.1	---	49.9	26.2	23.2	29.6	23	58.9
City 10	40.6	33.9	41	55.9	52.6	63.8	61.5	66.7	53	---	43.1	48.2	58.1	37.8	26.7
City 11	14.9	20.2	15.4	15.7	12.6	26.9	24.6	29.8	26.7	35.6	---	8.6	18	24.3	39.2
City 12	14.5	19	15	8.1	6.3	22.6	20.3	25.5	23.7	48.3	8.6	---	10.3	22.7	46.7
City 13	18.7	24.6	20.5	7.4	9	28.4	26.2	31.3	29.8	57.6	18	10.3	---	28.5	46.5
City 14	14.4	3.4	14.8	27.5	24.3	37.6	35.3	40.5	26.8	35.2	24.7	23.5	29.5	---	52.4
City 15	54.1	55.7	54.6	54.3	56.4	66.2	62.9	68	60	30.1	40.4	46.6	47.2	54.7	---

Figura 10 – Matriz contendo as distâncias entre os clusters dois a dois

Fonte: Autores (2017)

Ao término do preenchimento da matriz, deve-se selecionar a opção *solve* do software. O resultado pode ser visto na aba *solution*, conforme observa-se na Figura 10.

Selected route with (5,7) part.  
 1 alternate candidate for branching: (12;13).  
 Resulting path:  
 City 1 -> City 3 -> City 2 -> City 14 -> City 10 -> City 15 -> City 11 -> City 12 -> City 13 -> City 4 -> City 5 -> City 7 -> City 8 -> City 6 -> City 9 -> City 1  
 The price is 220.85 units.

Figura 11: Resultado do software TSP SG

Fonte: Autores (2017)

Como pode ser observado na Figura 11, o software apresentou o seguinte resultado:

Saída da BAMRJ > cluster 3 > cluster 2 > cluster 14 > cluster 10 > cluster 15 > cluster 11 > cluster 12 > cluster 13 > cluster 4 > cluster 5 > cluster 7 > cluster 8 > cluster 6 > cluster 9 > retorno para BAMRJ, com uma distância percorrida de 220,85km.

## 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento analítico do problema mostrou-se demasiadamente trabalhoso, pois geraria um total de 32.751 equações lineares, o que praticamente inviabiliza esse tipo de abordagem. Por esse motivo houve a necessidade da utilização de um processamento computacional para dar conta do referido problema.

Embora tenha sido calculada a solução do PCV para 15 pontos a serem visitados, pode-se reproduzir esse experimento para uma quantidade qualquer de pontos ou clusters. A partir de uma programação prévia de entregas, é possível que o gestor consiga de maneira simples gerar a roteirização de viaturas para determinado dia.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, A. J. S. e LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia: Um Guia para a Iniciação Científica**. 2 Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- BELFIORE, P.; FÁVERO, L. **Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- CAFÉ, Lígia, BRÄSCHER, Marisa. Organização da Informação e bibliometria. Enc. Bibli: **R. Eletr. Bibliotecon**. Ci. Inf., Florianópolis, n. esp., 2008.
- FÁVERO, L. P., BELFIORE, P., SILVA, F. L., & CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2009.
- GIL, A. Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**, 4º edição, Atlas, 2002.
- LEITE, Lucas. **Análise de desempenho de um sistema multiagentes na resolução do problema do caixeiro viajante**. Monografia, graduação, UnB, Brasília, 2015.
- MARINHA do Brasil. **Marinha do Brasil**. Disponível em < <https://www.marinha.mil.br/> > acesso em <jan. /2017>
- MARINHA do Brasil. **Histórico da Base de Abastecimento da Marinha**. Disponível em < <https://www.marinha.mil.br/bamrj/historico> > acesso em <jan. /2017>
- PACHECO, Diego Julio, LIMA, Leonardo Silva de. Modelos de confiabilidade em rede para arestas ou vértices confiáveis: Uma contextualização literária. **Anais do XXIII Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2016.
- SANTOS, Marcos dos; LIMA, I. C.; CARVALHO, F. B.; REIS, M. F.; SOUZA JUNIOR, Paulo Roberto. O uso da Programação Linear Inteira (PLI) no Apoio à Decisão e a Otimização do Mix de Produção. **Anais do XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Joinville/SC, 2017.
- SANTOS, Marcos dos; SAMPAIO, R. T.; MARTINS, E. R.; DIAS, F. C.; WALKER, R. A. Aplicação da Programação Linear na formulação de uma dieta de custo mínimo: estudo de caso de uma empresa de refeições coletivas no Estado do Rio de Janeiro. **Anais do XIII Encontro Mineiro de Engenharia de Produção**. Juiz de Fora/MG, 2017.
- SANTOS, Marcos dos. **Simulação da Operação de um Sistema Integrado de Informações para o atendimento pré-hospitalar de emergência no município do Rio de Janeiro**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Jaqueline Fonseca Rodrigues** – Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGE/UTFPR; Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGE/UTFPR; Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG; Professora Universitária em Cursos de Graduação e Pós-Graduação, atuando na área há 15 anos; Professora Formadora de Cursos de Administração e Gestão Pública na Graduação e Pós-Graduação na modalidade EAD; Professora-autora do livro “Planejamento e Gestão Estratégica” - IFPR - e-tec – 2013 e do livro “Gestão de Cadeias de Valor (SCM)” - IFPR - e-tec – 2017; Organizadora dos Livros: “Elementos da Economia – vol. 1 - (2018)”; “Conhecimento na Regulação no Brasil – (2019)” e “Elementos da Economia – vol. 2 - (2019)” – “Inovação, Gestão e Sustentabilidade – vol. 1 e vol. 2 – (2019)” pela ATENA EDITORA e Perita Judicial na Justiça Estadual na cidade de Ponta Grossa – Pr.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço 94, 95, 101, 102, 103, 105

Análise Fatorial 3, 7, 10, 12, 13, 15, 208, 209, 211, 212, 213

ARIMA 94, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104

Assistência Social 90, 208, 209, 210, 213, 214, 220, 221

Autoavaliação 106, 107, 115, 116

### B

Bases Matemática 173

### C

Cadeia de Markov 18, 74, 82

Capacidade 18, 20, 47, 49, 66, 71, 73, 79, 80, 87, 95, 100, 101, 112, 122, 125, 126, 161, 185, 203, 239

Capdo 63, 70

Ciclo PDCA 53, 109, 254, 255, 257, 258, 260, 263

Cooperativa de Crédito 1, 3, 4, 6

Custos 45, 46, 47, 64, 65, 66, 70, 84, 86, 108, 111, 117, 121, 122, 123, 124, 128, 131, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 184, 195, 225

### D

Despesas 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 243

### E

Economia 3, 4, 16, 51, 84, 105, 115, 147, 208, 209, 210, 214, 218, 220, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 251, 252, 266

Eficiência Energética 50, 51, 52, 62

Embalagem 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 259, 264

Engenharia 1, 48, 52, 71, 84, 93, 146, 171, 173, 174, 175, 177, 182, 266, 267, 268

Equipamentos 53, 54, 55, 94, 111, 118, 149, 194, 195, 196, 199, 200, 201, 204, 207, 228, 230, 258, 260, 261, 263, 265

Ergonomia 160, 161, 171

Estacionamento 9, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 83

Estatística Multivariada 7, 10, 17, 208, 219, 221

Eventos Discretos 183, 185, 193

### F

Fast Food 222, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 232, 234

Ferramentas da qualidade 59, 64, 65, 66, 108, 109, 194, 196, 198, 201, 206, 254, 255, 258, 260, 262, 263

## G

Geogebra 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181

Gestão da Qualidade 65, 70, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 195, 207, 254, 255, 256, 257, 258, 264

Gestão de Projetos 119, 120, 121, 126, 131

## I

ISO 50001 50, 51, 52, 58, 61, 62

## L

Lava Car 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 31, 32, 35, 37, 45, 47

Levantamento 67, 68, 117, 127, 160, 161, 163, 167, 168, 169, 170, 173, 181, 196, 198, 200, 201, 202

## M

Manuseio de Cargas 160, 161, 171

Marinha do Brasil 84, 86, 90, 93

Maturidade em Gerenciamento de Projetos 119, 120, 125, 126, 127, 129, 131, 132

Medição 50, 52, 53, 54, 79, 80, 108, 194, 199, 200, 201, 202, 204, 233, 241

Melhoria 24, 33, 45, 47, 50, 51, 52, 58, 59, 64, 65, 69, 70, 71, 72, 80, 81, 82, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 118, 131, 162, 198, 200, 222, 223, 234, 254, 257

## N

Não Conformidades 106, 107, 109, 115, 116, 117, 254, 255, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265

NBR ISO 9001:2015 106, 107, 111, 112, 113, 115, 116, 117

NCSS 9, 238, 239, 240, 243, 244, 251, 252

NIOSH 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

## P

PMBOK 119, 120, 125, 126, 127, 128, 131, 132

Previsão 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 183, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Previsão de Demanda 105, 239, 240, 241, 243, 253

Problema do Caixeiro Viajante (PCV) 84, 86, 89

Processos 20, 51, 52, 64, 65, 66, 70, 73, 84, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 117, 118, 121, 123, 124, 126, 127, 148, 185, 195, 196, 198, 199, 207, 222, 223, 225, 226, 230, 234, 239, 241, 252, 254, 255, 256, 258

## Q

Qualidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 42, 45, 52, 59, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 87, 99, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 148, 161, 168, 184, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 223, 224, 225, 227, 228, 230, 232, 233, 254, 255, 256, 257, 258, 260, 262, 263, 264, 265

## R

Rotomoldagem 50, 52, 53, 58, 59, 60, 62

RULA 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 170, 171

## S

Semiose 173

Serviço 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 37, 45, 47, 48, 64, 73, 87, 112, 122, 125, 128, 184, 186, 187, 189, 199, 223, 225, 226, 228, 255, 256, 258, 260, 263

Simulação 18, 19, 23, 24, 26, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 47, 48, 57, 67, 73, 79, 83, 93, 183, 185, 187, 188, 190, 192, 193, 242

Simulação de Monte Carlo 18, 19, 23, 47, 48, 73

Sistema de Controle 147, 152, 153, 155, 156, 158, 258

Sistema de Gestão da Qualidade 106, 107, 108, 111, 112, 115, 116, 117, 118

Sistema Produtivo 222, 223, 224, 226

Sistemas de Atendimento 183

## T

Tendência 96, 99, 102, 187, 198, 203, 220, 238, 239, 240, 244, 245, 247, 248, 251, 257

Teoria da Filas 183

Teoria dos Grafos 84, 85

TIC 173

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-611-9

