

Engenharia de Produção: What's Your Plan?



Marcos William Kaspchak Machado
(Organizador)

Engenharia de Produção: What's Your Plan?

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

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

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

E57 Engenharia de produção: what's your plan? [recurso eletrônico] /
Organizador Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia de Produção:
What's Your Plan?; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-253-1

DOI 10.22533/at.ed.531191204

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. I. Machado,
Marcos William Kaspchak. II. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia da Produção: What’s your plan?*” é subdividida de 4 volumes. O primeiro volume, com 35 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados aos processos de gestão do conhecimento e educação na engenharia, além das áreas de engenharia econômica e tomada de decisão através de pesquisa operacional.

Tanto a gestão de conhecimento como a educação na engenharia mostram a evolução das ferramentas aplicadas ao contexto educacional 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 da educação em engenharia mostram novos direcionamentos para os estudantes, quanto à sua formação e inserção no mercado de trabalho.

Na segunda parte da obra, são apresentados estudos sobre a aplicação da gestão de custos, investimentos em ativos e operações de controle financeiro em organizações. E outros, que representam a aplicação de ferramentas de método multicritério de tomada à decisão empresarial que auxiliam os gestores a escolher adequadamente a aplicação de seus recursos.

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

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

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NO BRASIL: UM PANORAMA NA PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Rodrigo Salgado Martuchelli Fernando Luiz Goldman	
DOI 10.22533/at.ed.5311912041	
CAPÍTULO 2	17
A ESCOLHA DO TEMA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO COMO UM PROBLEMA DE TOMADA DE DECISÃO	
Ian Viana Coutinho Emmanuel Paiva de Andrade Edna Ribeiro Alves Celia Cristina Pecini Von Kriiger Liliane Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.5311912042	
CAPÍTULO 3	29
ENSINO 3.0: A FORMAÇÃO ACADÊMICA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PAUTADA NO DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS	
Éder Wiliam de Macedo Siqueira	
DOI 10.22533/at.ed.5311912043	
CAPÍTULO 4	41
SERVITIZAÇÃO E INDÚSTRIA 4.0 NA MANUFATURA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	
Matheus Phelipe Vendramini Alexandre Tadeu Simon	
DOI 10.22533/at.ed.5311912044	
CAPÍTULO 5	53
A INOVAÇÃO NAS EMPRESAS DE PEQUENO PORTE: UMA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO ORGANIZACIONAL ATRAVÉS DO GRAU DE INOVAÇÃO	
Auristela Maria da Silva André Marques Cavalcanti Gabriel Herminio de Andrade Lima	
DOI 10.22533/at.ed.5311912045	
CAPÍTULO 6	64
ALINHAMENTO ESTRATÉGICO ENTRE A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E O PLANEJAMENTO DOS NEGÓCIOS BASEADO NA GESTÃO DE TI	
Rafael Nunes de Campos Íris Bento da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5311912046	
CAPÍTULO 7	76
COACHING: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Maria de Fatima do Nascimento Brandão Níssia Carvalho Rosa Berginate	
DOI 10.22533/at.ed.5311912047	

CAPÍTULO 8	95
GESTÃO DAS PARTES INTERESSADAS E INOVAÇÃO ABERTA: UM ENSAIO TEÓRICO NA PERSPECTIVA DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS	
Priscila Nesello	
Ana Cristina Fachinelli	
DOI 10.22533/at.ed.5311912048	
CAPÍTULO 9	111
GERENCIAMENTO DE PROJETOS: COMPARATIVO BIBLIOMÉTRICO DOS ANAIS DE CONGRESSOS BRASILEIROS NA ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Ronielton Rezende Oliveira	
Patricia Souza Amaral Tardivo Boldorini	
Henrique Cordeiro Martins	
Alexandre Teixeira Dias	
DOI 10.22533/at.ed.5311912049	
CAPÍTULO 10	136
GESTÃO DO CONHECIMENTO NO DEPARTAMENTO PÓS-OBRA	
Erick Areco Cáceres	
Silvia de Toledo Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.53119120410	
CAPÍTULO 11	153
MODELO DE ANÁLISE DE PREDIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS UTILIZANDO CADEIAS DE MARKOV	
Auristela Maria da Silva	
André Marques Cavalcanti	
Gabriel Herminio de Andrade Lima	
DOI 10.22533/at.ed.53119120411	
CAPÍTULO 12	167
MODELOS DE MATURIDADE EM GESTÃO DE PROJETOS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA	
Rafael de Azevedo Palhares	
Natalia Veloso Caldas de Vasconcelos	
Mariana Simião Brasil de Oliveira	
Arthur Arcelino de Brito	
Paulo Ellery de Oliveira	
Pedro Osvaldo Alencar Regis	
Nathaly Silva de Santana	
Pablo Veronese de Lima Rocha	
Ricardo André Rodrigues Filho	
DOI 10.22533/at.ed.53119120412	
CAPÍTULO 13	182
O USO DA MANUTENÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE NEGÓCIO NO SERVIÇO DE PÓS-VENDA EM UM SISTEMA PRODUTO-SERVIÇO	
Paulo Mantelatto Pecorari	
Carlos Roberto Camello Lima	
DOI 10.22533/at.ed.53119120413	

CAPÍTULO 14	194
PRÁTICAS DE MEDIAÇÃO: A APLICAÇÃO DO GOOGLE CLASSROOM COMO BASE DA DISCIPLINA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Julio Cesar Ferreira dos Passos Maria Juliana Goes Coelho da Cruz Ricardo Venturinelí Simone Seixas Picarelli	
DOI 10.22533/at.ed.53119120414	
CAPÍTULO 15	205
SOLUÇÃO TECNOLÓGICA EM REALIDADE VIRTUAL PARA TREINAMENTO DE ATLETAS PARALÍMPICOS: O CASO DO TREINA+	
Bernardo Vasconcelos de Carvalho Luiz Guilherme Rodrigues Antunes	
DOI 10.22533/at.ed.53119120415	
CAPÍTULO 16	217
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E AGRONEGÓCIO: PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
Luiz Ricardo Oliveira Begali Eduardo Gomes Carvalho Weider Pereira Rodrigues Lázaro Eduardo da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.53119120416	
CAPÍTULO 17	230
ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS NA APLICAÇÃO DE RECURSOS DO GOVERNO FEDERAL PARA O CONTROLE DA DOENÇA DE CHAGAS: UMA INVESTIGAÇÃO POR MEIO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	
Jonas Cordeiro de Araújo Edlaine Correia Sinézio Martins	
DOI 10.22533/at.ed.53119120417	
CAPÍTULO 18	245
ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROCESSO DE AUTOMATIZAÇÃO NA LINHA DE MONTAGEM EM UMA EMPRESA DE INTERRUPTORES	
Leonardo Ayres Cordeiro Matheus Dias Guedes de Oliveira Nayara Aparecida Rocha Ferreira Sílvia Gabriela Macieira Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.53119120418	
CAPÍTULO 19	258
ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM UMA UNIVERSIDADE	
Roni Mateus Machado Rigo Anderson Felipe Habekost Cristiano Roos	
DOI 10.22533/at.ed.53119120419	

CAPÍTULO 20	270
ESTIMATIVAS DAS ELASTICIDADES PREÇO E RENDA DA DEMANDA POR ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL E POR REGIÃO GEOGRÁFICA DO BRASIL	
Palloma da Costa e Silva Roberta Montello Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.53119120420	
CAPÍTULO 21	283
COMPARATIVO DO CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE DE VEÍCULOS DE TRANSPORTE DE FUNCIONÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM FÁBRICA DE CONFECÇÕES	
Nelize Aparecida de Souza Rodney Wernke Antonio Zanin	
DOI 10.22533/at.ed.53119120421	
CAPÍTULO 22	294
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA PARA CRIAÇÃO DE UMA INCUBADORA TECNOLÓGICA EM LORENA	
Thamara Gonçalves Vilela Prado Marco Antonio Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.53119120422	
CAPÍTULO 23	307
MÉTODO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO: ANÁLISE FINANCEIRA DA PETROBRAS	
Evandir Megliorini Ian Miller Osmar Domingues José Roberto Tálamo	
DOI 10.22533/at.ed.53119120423	
CAPÍTULO 24	318
MÉTODO <i>PRICE BAND</i> APLICADO NA PRECIFICAÇÃO DE PRODUTOS EM UMA REDE VAREJISTA	
O'mara Guimarães da Costa Natália Varela da Rocha Kloeckner	
DOI 10.22533/at.ed.53119120424	
CAPÍTULO 25	328
PREVISÃO DO PREÇO DO CIMENTO PORTLAND NOS ESTADOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL	
Patricia Cristiane da Cunha Xavier Adriano Mendonça Souza	
DOI 10.22533/at.ed.53119120425	
CAPÍTULO 26	344
PROPOSTA DE UM DIAGNÓSTICO DOS ATIVOS INTANGÍVEIS EM EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA DO SETOR DE ENERGIA	
Vinícius Jaques Gerhardt Julio Cezar Mairesse Siluk Jordana Rech Graciano dos Santos Mariana Soncini Minuzzi Claudia de Freitas Michelin	
DOI 10.22533/at.ed.53119120426	

CAPÍTULO 27	356
APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO EM REDES EM UMA EMPRESA DO SETOR AVÍCOLA	
Luana Teixeira Sousa	
Ananda Gianotto Veiga	
Mariana Ferreira de Carvalho Chaves	
Marcus Vinicius Vaz	
Stella Jacyszyn Bachega	
DOI 10.22533/at.ed.53119120427	
CAPÍTULO 28	368
COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE FORECASTING PARA SÉRIES SAZONAIS: UMA APLICAÇÃO PARA PREVISÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM SANTA MARIA – RS	
Liane Werner	
Cleber Bisognin	
DOI 10.22533/at.ed.53119120428	
CAPÍTULO 29	380
DESENVOLVIMENTO DO MENOR CAMINHO PARA A MELHORIA DAS LINHAS DE ÔNIBUS EM UM BAIRRO NO MUNICÍPIO DE ARACAJU - SE	
Tayane Magalhaes Alvaia	
Hellen Mariany Santos	
Marcos Wandir Nery Lobao	
Jose Ricardo Menezes Oliveira	
Glaucia Regina de Oliveira Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.53119120429	
CAPÍTULO 30	391
ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS BASEADO NOS MÉTODOS SERVQUAL E SMARTS: APLICAÇÃO EM TERMINAIS AEROPORTUÁRIOS	
João Paulo Figueira Marchesi	
Janaina Figueira Marchesi	
DOI 10.22533/at.ed.53119120430	
CAPÍTULO 31	407
MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA ESCOLHA DE UM TRANSPORTADOR TERCEIRIZADO ATRAVÉS DO MÉTODO PROMETHEE II	
Mirian Batista de Oliveira Bortoluzzi	
Monica Frank Marsaro	
DOI 10.22533/at.ed.53119120431	
CAPÍTULO 32	420
SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA OTIMIZAÇÃO DE ROTAS EM UMA FÁBRICA DE PÃES	
Kassia Tonheiro Rodrigues	
Carolina Lino Martins	
Kurt Costa Peters	
Naylil Liria Baldin Lacerda	
Luiz Junior Maemura Yoshiura	
DOI 10.22533/at.ed.53119120432	

CAPÍTULO 33	431
USO DA <i>CONJOINT ANALYSIS</i> PARA AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA EMBALAGEM DE CASTANHA DE BARU NA PREFERÊNCIA DOS CONSUMIDORES MATO-GROSSENSES	
Eduardo José Oenning Soares	
Rodrigo Carniel Sefstron	
Rodolfo Benedito da Silva	
Alexandre Gonçalves Porto	
Alexandre Volkmann Ultramari	
DOI 10.22533/at.ed.53119120433	
CAPÍTULO 34	442
ANÁLISE DOS FUNDOS BRASILEIROS DE ÍNDICE ATIVO: EXISTE RELAÇÃO ENTRE A TAXA DE ADMINISTRAÇÃO E OS RESULTADOS ENTREGUES AOS INVESTIDORES?	
Igor Soares Pinto Coelho	
Marcelo Albano Mauricio da Rocha	
José Guilherme Chaves Alberto	
Adriano Cordeiro Leite	
DOI 10.22533/at.ed.53119120434	
CAPÍTULO 35	453
OTIMIZAÇÃO DO MIX DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE TINTAS E REVESTIMENTOS	
Ariane Schio de Azevedo	
Carolina Lino Martins	
João Batista Sarmento dos Santos Neto	
Kassia Tonheiro Rodrigues	
Luiz Junior Maemura Yoshiura	
DOI 10.22533/at.ed.53119120435	
SOBRE O ORGANIZADOR	473

DESENVOLVIMENTO DO MENOR CAMINHO PARA A MELHORIA DAS LINHAS DE ÔNIBUS EM UM BAIRRO NO MUNICÍPIO DE ARACAJU - SE

Tayane Magalhaes Alvaia

Hellen Mariany Santos

Marcos Wandir Nery Lobao

Jose Ricardo Menezes Oliveira

Glaucia Regina de Oliveira Almeida

RESUMO: A população da cidade de Aracaju sofre diariamente com o transporte público, gerando reclamações durante muitos anos. Com a existência deste problema, foi decidido formular um projeto para solucioná-lo e melhorar a qualidade de vida da população. O projeto consiste na solução do problema da má formulação das linhas de ônibus na cidade de Aracaju, mais especificamente no bairro Jabotiana, utilizando a Pesquisa Operacional, com os itinerários das linhas presentes em tal bairro sendo analisadas. A partir daí, os dados relativos à distância entre os pontos de ônibus serão coletados e analisados, formulando então as funções-objetivo referentes a cada linha, com suas respectivas restrições. Com isso, utilizando o método do caminho mínimo, uma nova rota será elaborada, com mais ou menos pontos de parada e menor quilometragem, objetivando diminuir o tempo do trajeto ao ser comparado com a rota anterior, beneficiando os usuários do transporte coletivo.

1 | INTRODUÇÃO

As grandes cidades brasileiras enfrentam diariamente problemas de transporte, principalmente referente ao setor público, visto que é o principal meio usado pelas pessoas no deslocamento diário. Na capital de Sergipe, Aracaju, o ônibus é o principal veículo utilizado nesse sistema. A cidade hoje encontra-se com diversos problemas na gestão dos serviços de transporte. Frequentemente, passageiros reclamam em meios de comunicação sobre o tempo de espera pelos ônibus, a escassez de linhas ou a qualidade na conservação, sendo prejudicial para todos os usuários de transporte público. Com isso, tornou-se necessário um plano de rotas para o melhor atendimento aos usuários.

Utilizou-se da pesquisa operacional como alternativa à solução do problema, através da formulação de uma proposta de rota para os ônibus de Aracaju, utilizando o método do menor caminho, com o intuito de reduzir o tempo de espera entre os ônibus, como melhorar a qualidade de vida dos seus usuários.

Em particular, para os moradores do bairro Jabotiana as queixas não são diferentes, ao contrário, são intensificadas pelo fato de existir apenas duas vias de acesso a esse bairro. A partir de dados do IBGE (2010), a Jabotiana é

um bairro da zona sul de Aracaju, e conta com aproximadamente 20.000 habitantes. O bairro passa por uma explosão imobiliária. No que diz respeito ao transporte coletivo possui uma linha radial que o liga ao Centro: 706-Santa Lúcia/Centro. Existem ainda quatro linhas alimentadoras que atravessam o bairro e fazem ligação ao Terminal do Distrito Industrial de Aracaju (DIA): 402.1-Santa Lúcia/DIA 01, 402.2-Santa Lúcia/DIA 02 e 402.3-Santa Lúcia/DIA 03.

2 | PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional (PO) refere-se à modelagem matemática de fenômenos dinâmicos ou estáticos. Prado (1998), diz a respeito da pesquisa operacional: "... permite estabelecer a 'mistura' ótima de diversas variáveis segundo uma função linear de efetividade e satisfazendo a um conjunto de restrições lineares para estas variáveis", sendo esta uma ciência que permite atingir os melhores resultados possíveis.

Existe uma ordem a seguir para a sintetização de um modelo de Pesquisa Operacional (HILLIER; LIEBERMAN, 2006):

- a. Definir o problema a ser utilizado e coletar os dados necessários;
- b. Formular um modelo matemático para representar o problema;
- c. Desenvolver um algoritmo a partir do modelo para derivar soluções a fim de solucionar o problema;
- d. Testar o modelo e aperfeiçoá-lo caso seja necessário;
- e. Organizar uma aplicação contínua do modelo a partir do que foi requisitado pela gerência;
- f. Implementar.

Além disso, as técnicas de pesquisa operacional são métodos de análise matemática que fornecem uma base quantitativa para decisões de gerenciamento. Ela pode minimizar o custo a fim de alcançar um melhor sistema de transporte, por exemplo, maximizando outros fatores necessários para esta melhoria. Comprovando que a Pesquisa Operacional é algo crucial para a gestão (AGARANA et al., 2017).

A Pesquisa Operacional possui diversas vertentes, sendo uma destas a programação linear.

2.1 Programação linear

A programação linear utiliza um modelo matemático para descrever um determinado problema. As funções matemáticas utilizadas nesse modelo são lineares, criando então um modelo que é empregado como um planejamento, não como programação envolvendo computação. Com isso, a programação linear envolve este

planejamento de atividades afim de obter um resultado ótimo, ou seja, um resultado que a partir do modelo matemático atinja o melhor objetivo especificado entre as alternativas viáveis (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

Uma função linear é do tipo $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, onde $y = ax + b$, sendo a e $b \in \mathbb{R}$. Caso seja representado em um gráfico, a representação será uma reta. Na programação linear, esta função é maximizada ou minimizada, caracterizando uma função-objetivo, sem infringir um sistema linear de igualdades ou desigualdades que são denominadas restrições do modelo.

De acordo com Nossa e Chagas (1997), restrição é "... aquilo que impede um melhor desempenho de um sistema e representa normalmente limitações de recursos disponíveis ou exigências e condições que devem ser cumpridas no problema". Tais restrições demarcam uma região de um plano na qual o conjunto das soluções viáveis é inserido. A melhor dessas soluções é apontada como solução ótima. A partir daí é possível ver o objetivo da programação linear, que é determinar a solução ótima de cada função-objetivo para solucionar um problema.

Para atingir o objetivo de solucionar um problema, dois procedimentos devem ser realizados:

- a. Determinar o problema, identificando o objetivo, as variáveis que estão ligadas a ele (denominadas variáveis de decisão) e as relações e limitações a que elas estão sujeitas;
- b. Codificar o modelo em uma linguagem simbólica utilizando equações e/ou inequações matemáticas lineares.

Com isso, o ambiente em que o problema está localizado é representado por um modelo matemático, o que libera a aplicação de métodos e técnicas matemáticas que facilitam ou até atingem a solução do problema (BODANESE et al., 2005).

Assim como a Pesquisa Operacional, a programação linear apresenta suas vertentes, sendo uma delas a otimização de redes, a qual leva para o caminho mais curto.

2.1.1 Otimização de redes: método do caminho mínimo

Segundo Winston e Goldberg (2004), uma rede é definida por dois elementos: Nós e arcos. Os nós são um conjunto de pontos, ou vértices V . Já um arco A é um par ordenado de vértices, representando uma possível direção do movimento que pode ocorrer entre vértices. Caso uma rede contenha um arco (j,k) , então o movimento é possível do nó j para o nó k , como mostra a Figura 1.

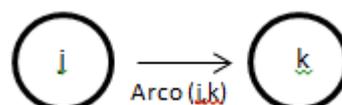


Figura 1 - Esquema de um arco entre os nós j e k.

Fonte: Autor próprio (2017)

Uma sequência de arcos em que cada um tem exatamente um vértice em comum com o arco anterior é chamado de caminho. Já um ciclo é um caminho onde o nó de destino de cada arco é idêntico ao nó de origem do próximo arco (WINSTON; GOLDBERG, 2004).

Se um fluxo representado por um arco é permitido em apenas uma direção, é chamado de arco direcionado. Caso esse fluxo possa percorrer ambas as direções, o arco é dito arco não-direcionado. Da mesma forma, se a rede possuir apenas arcos direcionados é chamada de rede direcionada, assim como se possuir apenas arcos não-direcionados ela passa a ser uma rede não-direcionada. Porém, uma rede com os dois tipos de arcos pode ser convertida para uma rede direcionada. (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

Ao elaborar o modelo matemático, as variáveis de decisão são consideradas como os arcos, sendo representado por x_{ij} , com i sendo o nó de origem e j o nó de destino. Também é importante a noção do balanço do nó, onde a soma dos arcos que saem é equivalente aos arcos que chegam. Caso x_{ij} seja considerado como parte do caminho mínimo, é considerado como um fluxo de 1. Se não for, $x_{ij} = 0$.

O problema do caminho mínimo é um dos métodos disponíveis para interagir com a rede. Como o próprio nome já diz, e serve para encontrar um menor caminho entre o nó de origem e o nó de destino em observância das restrições existentes (LACHTERMACHER, 2009).

O seguinte exemplo, na Figura 2, pode ser realizado para melhor compreensão do método do caminho mínimo:

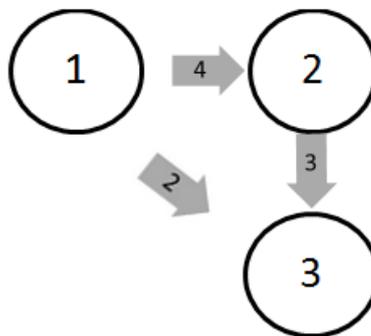


Figura 2- Esquema do exemplo do caminho mínimo

Fonte: Autor próprio (2017)

Variáveis de decisão:

- x₁₂: Caminho do nó 1 para o nó 2;
- x₁₃: Caminho do nó 1 para o nó 3;
- x₂₃: Caminho do nó 2 para o nó 3;

Balances de nó (Restrições):

$$\text{Nó 1: } x_{12} + x_{13} = 1 \quad x_{ij} \geq 0, \forall i \text{ e } \forall j$$

$$\text{Nó 2: } -x_{12} + x_{23} = 0$$

$$\text{Nó 3: } -x_{13} - x_{23} = -1$$

$$\text{Função Objetivo: } \text{Min } Z = 4x_{12} + 2x_{13} + 3x_{23}$$

$$Z = 2 \quad x_{13} = 1, x_{12} \text{ e } x_{23} = 0$$

Menor caminho: $1 \rightarrow 3$

Várias áreas podem ser beneficiadas utilizando o método do caminho mínimo. Planejar capacidades, desenhar rotas de transporte, coordenar fluxos de caixa e planejar rotas de transporte são algumas das áreas abrangidas pelo método do caminho mínimo.

3 | METODOLOGIA

Foram analisados os itinerários das linhas de ônibus percorrem o bairro Jabotiana através do banco de dados da Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito de Aracaju - SMTT (2017). Em seguida, a localização dos pontos foi demarcada após seguir o percurso como passageiros dentro do ônibus de cada linha. Após demarcar todos, as distâncias entre os pontos foram traçadas a partir do aplicativo Google Maps (2017), possibilitando a criação dos trajetos que foram utilizados como base para a criação das variáveis de decisão, função objetivo e restrições. Vale ressaltar que enquanto os trajetos eram criados, novas opções de rotas foram traçadas, tendo como base as reclamações dos passageiros e caminhos alternativos, para a possibilidade de reduzir o tempo modificando o caminho. Além disso, o Google Maps fornece apenas dados arredondados, existindo uma margem de erro nas rotas otimizadas.

Com as funções necessárias obtidas, os dados foram inseridos no Microsoft Excel®, seguido da aplicação do Solver® utilizando a metodologia proposta por Hillier e Lieberman (2013) para a obtenção do caminho mínimo seguindo os seguintes passos:

- a. Listaram-se os arcos utilizando duas colunas, uma “De” que indica em qual nó inicia o arco e outra “Para” informando em qual nó o arco chega;
- b. Ao longo dos arcos, na coluna seguinte, listou-se a distância em metros entre os nós;
- c. Uma coluna denominada “Na Rota” foi criada subsequente à coluna das distâncias, esta coluna representa as variáveis de definição e o Solver, quando aplicado, indica o valor dessas variáveis;
- d. Em outra coluna foram indicados os “Nós”;
- e. Subsequente à coluna dos nós foi criada a coluna de “Fluxo”, que é equacionado no Excel com a função SOMASE;

- f. Uma coluna de “Oferta/Demanda” foi preenchida com os valores 1 para origem, -1 para destino e 0 para demais;
- g. Uma célula equacionada no Excel com a função SOMARPRODUTO selecionando as colunas “Na Rota” e “Distância” é inserida e representa a função objetivo no Solver;
- h. O Solver foi inicializado e as células correspondentes à função objetivo foram selecionadas, foi determinada a célula que será Min Z, pois o objetivo será a menor resposta, assim como as células onde serão inseridos os valores das variáveis;
- i. As células correspondentes aos valores dos coeficientes envolvidos nas restrições foram selecionadas e igualadas entre si;
- j. Os valores entregues pelo programa em cada célula pré-determinada foram analisadas, sendo esse o caminho mínimo a ser utilizado.

Conseqüentemente foram calculadas as diferenças entre as rotas originais e as obtidas pelo Solver (em metros), e o quanto elas podem influenciar durante um dia de itinerário a partir do tempo percorrido pelas rotas originais, utilizando proporção. A quantidade de vezes que a rota percorre o itinerário também é definida pela SMTT (2017).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados da aplicação do método do menor caminho nas linhas de ônibus do bairro Jabotiana. Todas as linhas partem do Terminal de Integração do Distrito Industrial de Aracaju (D.I.A.) sentido bairro Jabotiana, e, ao realizarem o percurso do bairro, voltam para o mesmo Terminal de Integração. Diante deste fato, todas as linhas estudadas foram divididas em duas rotas, a primeira denominada “IDA” realiza o trajeto com ponto de partida na Jabotiana, passando pelos pontos obrigatórios, e segue em direção ao Terminal de Integração do D.I.A., a segunda rota, denominada “VOLTA”, realiza o caminho inverso, ou seja, inicia no Terminal de Integração do D.I.A. e tem o seu fim no ultimo ponto de ônibus do bairro.

Os resultados da aplicação do menor caminho são apresentados no modelo de diagrama de redes. Cada nó simboliza um ponto de ônibus e cada arco representa a direção e a distância entre dois pontos. Para melhor entender o diagrama de rede deve-se saber que:

Os nós de cor branca são os pontos de ônibus já existentes enquanto os de cor bege são novos pontos sugeridos;

Os arcos no formato uniforme são os caminhos já existentes, enquanto os tracejados são os caminhos sugeridos;

Por fim, a rota na cor vermelha é a rota otimizada encontrada através do método

do caminho mínimo a partir do *Solver*®.

Como explanado no tópico 2.1.1 deste artigo, existe uma modelagem matemática contendo variáveis de decisão, função objetivo e restrição (ou balanço de nó). Para as rotas estudadas a modelagem segue o seguinte padrão de equações:

Variáveis de decisão:

x_{ij} : Caminho de i até j , $x_{ij} \geq 0$, $\forall i$ e $\forall j$

$x_{ij} =$

Função objetivo:

$$Zmin = \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij}$$

Sendo os balanços de nó:

$$\sum_{\{j:(i,j) \in A\}} x_{ij} - \sum_{\{j:(j,i) \in A\}} x_{ji} = \begin{cases} n-1 & \text{para } i=s \\ -1 & \text{para todo } i \in N - \{s\} \end{cases}$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall (i,j) \in A$$

Esse modelo também foi abordado por Méndez e Guardia (2008).

As linhas de ônibus estudadas, como mencionadas anteriormente, foram as seguintes: 402.1-Santa Lúcia/DIA 01, 402.2-Santa Lúcia/DIA 02, 402.3-Santa Lúcia/DIA 03 e 706-Santa Lúcia/Centro. Os resultados e discussões serão apresentados a seguir.

Para a linha 402.1-Santa Lúcia/DIA 01 da rota “IDA” obteve-se diagrama de redes exibido na Figura 3:

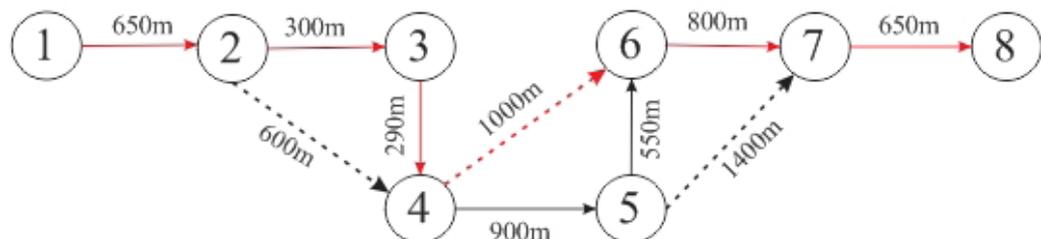


Figura 3 - Diagrama de redes da linha 402-1 da rota “IDA”

Fonte: Autor próprio (2017)

A rota atual percorre um total de 4140m em 15 min enquanto a rota otimizada percorre 3690m em 13,2 min obtendo assim uma redução de 450m e 1,8min por percurso. Esse trajeto é realizado 38 vezes por dia, alcançando uma redução total de 17,1Km e 68,4 min por dia.

Para a linha 402.1-Santa Lúcia/DIA 01 da rota “VOLTA” obteve-se diagrama de redes exibido na Figura 4:

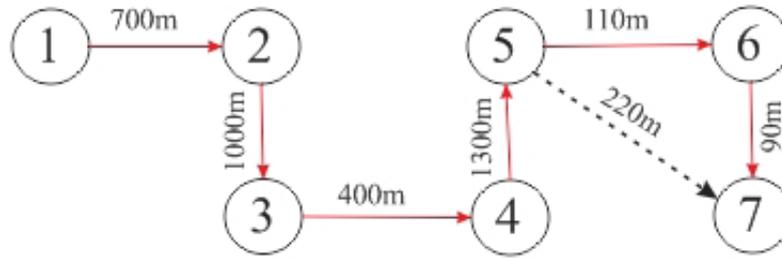


Figura 4 - Diagrama de redes da linha 402-1 da rota "VOLTA"

Fonte: Autor próprio (2017)

A rota atual, para esta linha, é a própria rota otimizada indicada pelo Solver, não havendo, portanto, uma redução de quilometragem ou tempo de trajeto.

Para a linha 402.2-Santa Lúcia/DIA 02 da rota "IDA" obteve-se diagrama de redes exibido na Figura 5:

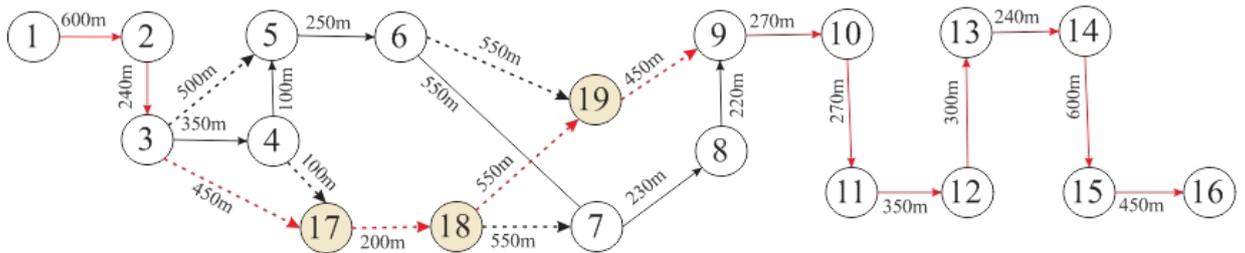


Figura 5 - Diagrama de redes da linha 402-2 da rota "IDA"

Fonte: Autor próprio (2017)

A rota atual percorre um total de 5020m em 15 min enquanto a rota otimizada percorre 4970m em 14,51 min obtendo assim uma redução de 50m e 0,49min por percurso. Esse trajeto é realizado 61 vezes por dia, alcançando uma redução total de 3050m e 29,89 min por dia.

Para a linha 402.2-Santa Lúcia/DIA 02 da rota "VOLTA" obteve-se diagrama de redes exibido na Figura 6:

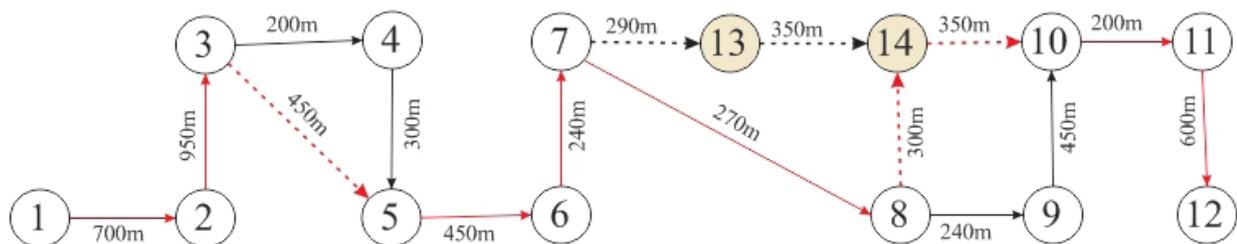


Figura 6 - Diagrama de redes da linha 402-2 da rota "VOLTA"

Fonte: Autor próprio (2017)

A rota atual percorre um total de 4600m em 15 min enquanto a rota otimizada percorre 4510m em 14,42 min obtendo assim uma redução de 90m e 0,58min por percurso. Esse trajeto é realizado 58 vezes por dia, alcançando uma redução total de 5220m e 33,64 min por dia.

Para a linha 402.3-Santa Lúcia/DIA 03 da rota “IDA” obteve-se diagrama de redes exibido na Figura 7:

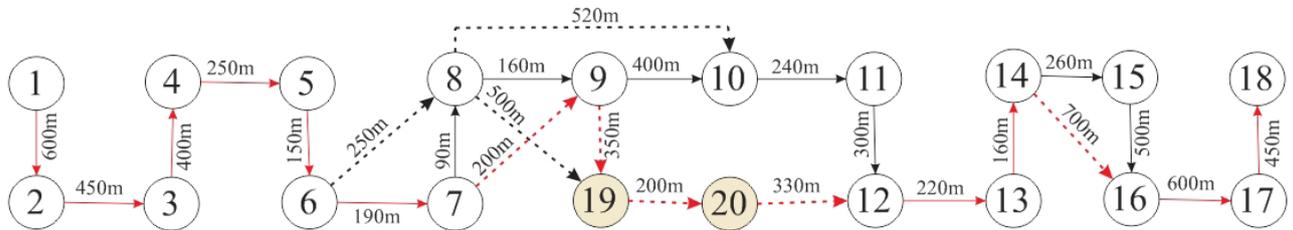


Figura 7 - Diagrama de redes da linha 402-3 da rota “IDA”

Fonte: Autor próprio (2017)

A rota atual percorre um total de 5420m em 20 min enquanto a rota otimizada percorre 4250m em 19,22 min obtendo assim uma redução de 170m e 0,78min por percurso. Esse trajeto é realizado 18 vezes por dia, alcançando uma redução total de 3060m e 14,04 min por dia.

Para a linha 402.3-Santa Lúcia/DIA 03 da rota “VOLTA” obteve-se diagrama de redes exibido na Figura 8:

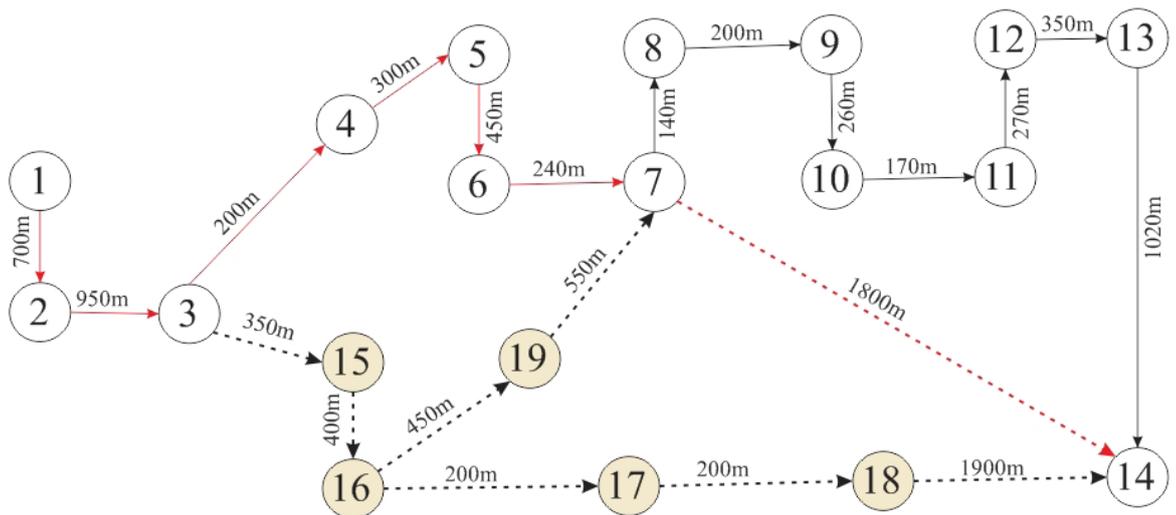


Figura 8 - Diagrama de redes da linha 402-3 da rota “VOLTA”

Fonte: Autor próprio (2017)

A rota atual percorre um total de 5250m em 20 min enquanto a rota otimizada percorre 4640m em 17,40 min obtendo assim uma redução de 610m e 2,6min por percurso. Esse trajeto é realizado 18 vezes por dia, alcançando uma redução total de

10980m e 46,8 min por dia.

Para a linha 706-Santa Lúcia/Centro da rota “IDA” obteve-se diagrama de redes exibido na Figura 9:

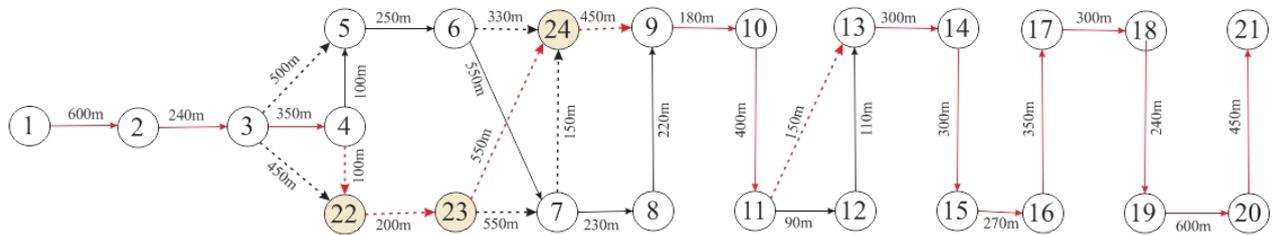


Figura 9 - Diagrama de redes da linha 706 da rota “IDA”

Fonte: Autor próprio (2017)

A rota atual percorre um total de 6130m em 20 min enquanto a rota otimizada percorre 6030m em 19,40 min obtendo assim uma redução de 100m e 0,6min por percurso. Esse trajeto é realizado 16 vezes por dia, alcançando uma redução total de 1600m e 9,6min por dia.

Ao observar o melhor trajeto a ser percorrido pelo ônibus notou-se que houve uma redução de quilômetros percorridos e, conseqüentemente, uma redução no tempo de trajeto. Essa quantidade de metros reduzidos pode ser convertida para uma maior quantidade de trajetos realizados por dia, promovendo, assim, uma redução do tempo de espera do passageiro no ponto de ônibus, como também, a redução do tempo do passageiro dentro do ônibus.

5 | CONCLUSÃO

O artigo demonstra que o caminho mínimo é um método capaz de proporcionar melhorias em diversos setores, inclusive no transporte. Além disso, o Solver® também confirma ser um programa eficiente para problemas relacionados ao método do caminho mínimo. A existência de pontos de ônibus criados sem estudo adequado por meio dos órgãos públicos é a principal causa de trajetos mais longos encontrados em determinadas linhas.

As novas rotas não podem ser colocadas em prática devido à legislação, que conforme a lei 12.587, que institui as diretrizes da política nacional de mobilidade urbana, ou seja, uma série de procedimentos é necessária para a aplicação das rotas do bairro Jabotiana, além da aprovação dos poderes citados acima.

A existência de rotas com pouca ou até sem alterações é normal, pois alguns trajetos foram elaborados de acordo com a necessidade dos passageiros ao longo dos anos, tendo atingido a sua otimalidade naturalmente.

Portanto, ao somar as reduções de percurso e de tempos, por dia, de todas

as linhas estudadas, 41 km e 202,37min respectivamente, nota-se que foi atingido o objetivo esperado, pois a diminuição do percurso e do tempo de espera do passageiro reflete diretamente na qualidade de vida dos cidadãos.

REFERÊNCIAS

AGARANA, Michael C.; ADELEKE, Olawale J.; OWOLOKO, Enahoro A. Optimizing Public Transport Systems in Sub-saharan Africa Using Operational Research Technique: A Focus on Nigeria. **Procedia Manufacturing**, África do Sul, 7.ed, p. 590-595, Jan. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012.

BODANESE, Ronaldo E. ; OLIVEIRA, José A.; SCALABRIN, Idionir.; MORES, Claudionor J. **Teoria das restrições, pesquisa operacional e programação linear, estudo de caso com utilização do solver**. IX Congresso Internacional de Custos, Florianópolis, Nov. 2005.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Sinopse por setores**: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

GOOGLE. Google Earth. Versão: 2017. **Bairro Jabotiana**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/bairro+jabotiana/@-10.9410718,-37.0901767,17z/data=!3m1!4b1>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Tradução Ariovaldo Griesi; Revisão técnica Pierre J. Ehrlich. 9.ed. Porto Alegre: AMGH, p.8-10; p.25-30; p.360-368, 2013.

LACHTERMARCHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**. 4.ed..São Paulo: Pearson Prentice Hall, p.142, 2009.

MÉNDEZ, Yasmin S.; GUARDIA, Luis E.T. **Problema do caminho mais curto**: Algoritmo de Dijkstra. SPOLM, Rio de Janeiro, Ago. 2008.

NOSSA, Valcemiro; CHAGAS, José Ferreira. **Usando programação linear na contabilidade decisoria**. Revista Brasileira de Contabilidade (RBC), nº 107, Vitória, Set/Out. 1997.

PRADO, Darci. **Programação Linear**. Belo Horizonte: Falconi, p.15,1998.

SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE ARACAJU, **Itinerário e Horário dos Ônibus**. Disponível em: <<http://www.smttaju.com.br/smtt/transporte/itinerario-e-horario-dos-onibus>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

WINSTON, Wayne L.; GOLDBERG, Jeffrey B. **Operations research: applications and algorithms**. 4ed. Boston: Duxbury press, p. 413-414, 2004.

SOBRE O ORGANIZADOR

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

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-253-1

