

# Os Desafios da Engenharia de Produção frente às Demandas Contemporâneas

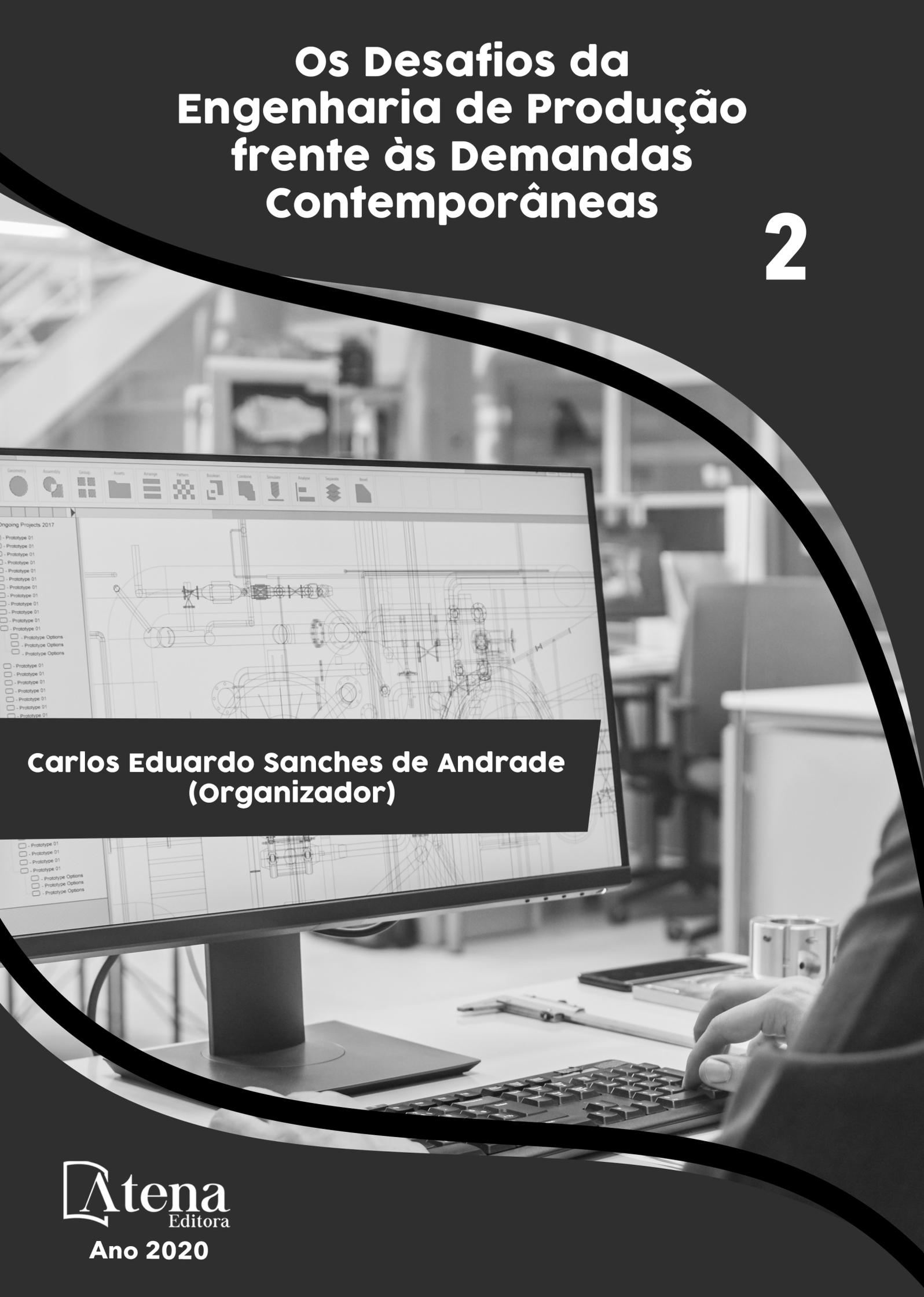
2



**Carlos Eduardo Sanches de Andrade  
(Organizador)**

# Os Desafios da Engenharia de Produção frente às Demandas Contemporâneas

2



**Carlos Eduardo Sanches de Andrade  
(Organizador)**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Luiza Batista

**Edição de Arte:** Luiza Batista

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
D441	<p>Os desafios da engenharia de produção frente às demandas contemporâneas 2 [recurso eletrônico] / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-162-6            DOI 10.22533/at.ed.626200607</p> <p>1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Gestão de qualidade. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de.  <span style="float: right;">CDD 658.5</span></p>
<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](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Os Desafios da Engenharia de Produção frente às Demandas Contemporâneas 2” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 9 capítulos, estudos sobre diversos aspectos que mostram como a Engenharia de Produção pode atender as novas demandas de um mundo globalizado e competitivo.

A evolução da sociedade e da tecnologia no mundo atual impõe novos desafios, tornando urgente a busca de soluções adequadas a esse novo ambiente. O desenvolvimento econômico das cidades e a qualidade de vida das pessoas dependem da eficiência e eficácia dos processos produtivos, objeto dos estudos realizados na Engenharia de Produção.

No contexto brasileiro, com tantas carências, mas que procura novos caminhos para seu crescimento econômico, a Engenharia de Produção pode ser um elemento importante para enfrentar esses novos desafios.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes perspectivas da Engenharia de Produção.

Uma delas é a produção de bens, envolvendo linhas de montagem e cadeias de suprimento. Trabalhos teóricos e práticos, apresentando estudos de caso, compõe uma parte dessa obra.

Outras perspectivas dizem respeito a sistemas de previsão de demanda por bens e serviços, gestão dos processos, análise de viabilidade financeira e controle da qualidade, que são ferramentas importantes na produção de bens e serviços. Trabalhos abordando esse tema compõe outra parte dessa obra.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
MELHORIA DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE OVOS DE PÁSCOA EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE CHOCOLATES	
José Roberto Gewehr William Jacobs	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
PROPOSTA DE INSERÇÃO DO PROGRAMA 5S NO ESTOQUE DE UMA EMPRESA DE ELETRODOMÉSTICOS	
Hugo Leonardo Belarmino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
REDUÇÃO DOS CUSTOS LOGÍSTICOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA	
Erliana Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA DE PREVISÃO DE DEMANDA DE CURTO PRAZO PARA SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	
Carlos Eduardo Sanches de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
GESTÃO DO CONHECIMENTO NA GESTÃO PÚBLICA: UMA IMPLANTAÇÃO PRÁTICA EM BUSCA DE MELHORIAS DE EFICIÊNCIA EM UMA UNIVERSIDADE DO INTERIOR DE SÃO PAULO	
Vinicius Rodrigues do Prado Rosa Mirian Miranda Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO POR UM TRATOR DURANTE UMA OPERAÇÃO AGRÍCOLA	
Michel dos Santos Moura Aldir Carpes Marques Filho Matheus José do Império Fellippe Aroon de Jesus Damasceno Alexandro Aparecido Fogaça Kléber Pereira Lanças	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006076</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>63</b>
ECONOMIA DE ÁGUA EM PRÉDIOS RESIDENCIAIS: MUDANDO ATITUDES	
André Luiz de Lima Reda Gustavo Rodrigues Rafael Bovino Dzik	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006077</b>	

<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>76</b>
ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA NA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MICROGERAÇÃO FOTVOLTAICA	
Adeon Cecilio Pinto	
Lucas Lira Souza	
Filipe Alves Barboza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006078</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>89</b>
ADMINISTRAÇÃO E CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL EM UMA SIDERÚRGICA	
Ricardo Luiz Perez Teixeira	
Cynthia Helena Soares Bouças Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6262006079</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>96</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>97</b>

## UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA DE PREVISÃO DE DEMANDA DE CURTO PRAZO PARA SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

*Data de aceite: 01/06/2020*

**Carlos Eduardo Sanches de Andrade**

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) –

Engenharia de Transportes

Aparecida de Goiânia – GO

**RESUMO:** Este trabalho tem por finalidade apresentar uma proposta de metodologia de previsão de demanda de curto prazo específica para um sistema de transporte público urbano, apresentando a aplicação dessa metodologia para o sistema metroviário da cidade do Rio de Janeiro. Essa metodologia é baseada em dados estatísticos de demanda dos usuários, coletados diariamente. Tais dados recebem tratamento de acordo com os diferentes tipos de dias: dias úteis, sábados ou domingos, e a eles são aplicados os conceitos da metodologia, como média filtrada, fatores diários e sazonalidade. Para demonstrar a metodologia aplicada a um caso real é feita a previsão de demanda para dezembro de 2006. Posteriormente a demanda prevista é confrontada com a demanda real, obtendo-se a margem de erro da previsão. Essa metodologia tem como características a simplicidade, a flexibilidade e o baixo custo, tendo atingido um baixo percentual de erro na

aplicação demonstrada neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Previsão de demanda, transporte público urbano, média filtrada, sistema metroviário, sazonalidade.

### A PROPOSED METHODOLOGY FOR SHORT-TERM DEMAND FOR URBAN PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEMS

**ABSTRACT :** This work aims to present a proposal for a short-term demand forecasting methodology specific to an urban public transport system, presenting the application of this methodology to the subway system in the city of Rio de Janeiro. This methodology is based on statistical data on user demand, collected daily. Such data are treated according to the different types of days: working days, Saturdays or Sundays, and to them are applied the concepts of the methodology, such as filtered average, daily factors and seasonality. In order to demonstrate the methodology applied to a real case, the demand forecast for December 2006 is made. Subsequently, the forecasted demand is confronted with the real demand, obtaining the margin of error of the forecast. This methodology is characterized by simplicity, flexibility and low cost, having reached a low percentage of error in the application demonstrated in this work.

**KEYWORDS:** Demand forecasting, urban public transportation, filtered average, metro system, seasonality.

## 1 | INTRODUÇÃO

A demanda em transportes de passageiros tem um comportamento sazonal e variações específicas em determinados meses, semanas e até dias. A gerência operacional necessita de previsão de demanda de curto prazo, para o próximo dia, semana ou mês, mas usualmente encontra-se atarefada demais, sem tempo para trabalhar com modelos complexos, e deseja uma metodologia simples e de baixo custo, que combine dados estatísticos com parâmetros determinados pelo operador, em função de sua experiência, e que utilize dados já disponíveis na empresa.

O objetivo deste trabalho é apresentar a fundamentação teórica de uma metodologia de previsão de demanda que atenda a esses requisitos, mostrando como essa metodologia pode ser aplicada dentro do contexto de um sistema de transporte. Foi utilizada a empresa Concessão Metroviária do Rio de Janeiro, o Metrô do Rio de Janeiro, para realizar a aplicação dessa metodologia proposta.

Após esta breve introdução, o item 2 consolida o desenvolvimento do trabalho, mostrando o que é a previsão de demanda e como é utilizada em sistemas de transportes. O item 3 define a metodologia para acompanhamento e previsão de curto prazo das variações de demanda por transporte público urbano. O item 4 se baseia na aplicação da metodologia proposta, além do detalhamento e a análise da previsão realizada para o mês dezembro de 2006. O item 5 trata das conclusões.

## 2 | A PREVISÃO DE DEMANDA EM SISTEMAS DE TRANSPORTES

A previsão de demanda pode ser realizada utilizando métodos qualitativos ou quantitativos. Os métodos qualitativos envolvem opiniões de especialistas, pesquisa de mercado, analogias históricas e análise de questionários, apresentando pouco grau de precisão. Box *et al.* (2015) relata que os métodos quantitativos, de maior precisão, dividem-se em métodos causais ou métodos de séries temporais.

A previsão de demanda em sistemas de transportes varia ao longo do tempo, podendo ser computada em diferentes períodos de tempo; por hora, dia, semana, mês e ano (s). É importante ter plena noção das variações da demanda, que são provocadas por mudanças nos padrões de atividades, podendo ser sazonais (determinadas épocas do ano) como o período de compras natalinas, ou pontuais (apenas um ou mais dias da semana) como dias de jogos de futebol ou dias entre feriados. De acordo com Ferraz e Torres (2004) “as informações a respeito da variação mensal da demanda são necessárias para a fixação

de tarifas, a distribuição da receita, no caso da existência de câmara de compensação tarifária, e o planejamento econômico-financeiro da empresa”.

Segundo Bodmer e Seabra (1995), os modelos tradicionais de previsão de demanda podem oferecer uma informação genérica, mas não se adequam quando situado em nível de planejamento da operação em uma empresa operadora de transportes. O planejador de transportes precisa analisar constantemente o comportamento, não tendo tempo para elaboração de análises e pesquisas demoradas. Ferraz e Torres (2004) relatam que “é importante dispor de estatísticas freqüentes e atualizadas a fim de efetuar uma programação operacional adequada”.

Mediante essas justificativas, no próximo item será apresentada uma metodologia para acompanhamento e previsão de demanda de curto prazo das variações na demanda por transporte público urbano.

### **3 | PROPOSTA DE METODOLOGIA DE PREVISÃO DE DEMANDA DE CURTO PRAZO PARA SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO**

Para realizar uma previsão de demanda eficaz em sistemas de transportes é preciso estar sempre acompanhando o ciclo de produção para a operadora de transporte, que, de acordo com Bodmer e Seabra (1995), envolve:

1. Produzir – ofertar lugares;
2. Avaliar – examinar dados operacionais;
3. Prever – refere-se às modificações da demanda;
4. Interferir – revela-se através de modificações na programação da oferta.

A metodologia apresentada foi desenvolvida por Seabra (1995) especialmente para empresas de transporte público, e trata do acompanhamento e previsão de demanda de curto prazo das variações na demanda por transporte público urbano, contando com uso de dados normalmente existentes na empresa e coletadas durante a própria operação. Portanto, não são necessários custos adicionais para obtenção dos dados.

O procedimento de coleta se inicia com a série de dados da demanda diária de cada linha, que devem ser agrupados em módulos mensais. A demanda diária é classificada, a priori, em três categorias: dias úteis, sábados e domingos. Essa classificação se faz necessária devido a grande variação na demanda entre esses tipos de dia. Para cada uma dessas categorias serão analisadas as variações significativas na demanda, motivadas pela ocorrência de feriados ou acontecimentos especiais, previsíveis ou não, como vésperas de feriados, shows, acidentes, etc.

A metodologia para o tratamento desses dados utiliza o conceito de média de dia útil filtrada mensal, que exclui as variações atípicas diárias (previsíveis ou não). Dessa média, são obtidos por divisão os fatores de dias úteis equivalentes de cada dia do mês respectivo, que são utilizados para estimativas das variações previsíveis de dias ou

eventos análogos (feriados, dias “enforcados”, etc.). A aplicação sistemática do critério da média filtrada numa série de meses ao longo de alguns anos serve de base para a obtenção dos fatores sazonais mensais anuais.

A metodologia para tratamento dos dados consiste nos seguintes passos, que serão detalhados nos próximos itens:

### 3.1 Identificação e seleção de feriados e dias especiais para um período de tempo

O primeiro passo é identificar os feriados ou dias especiais. Os volumes de passageiros transportados nesses dias são excluídos da série, anotados e guardados em um banco de dados. Com a exclusão desses dias, poderia ser obtida a média diária, denominada média típica.

### 3.2 Análise de variação

Nesta etapa deve-se definir um limite aceitável para a variação da demanda em torno da média típica, devendo ser realizada pelo responsável pela operação da linha. Dias com demanda fora dos limites devem também ser excluídos e as possíveis causas das variações examinadas. De acordo com Seabra (1995) arbitra-se um intervalo de variação cuja amplitude é constituída de duas medidas de desvio padrão em torno da média, de tal maneira que 95,45% dos valores estejam contidos neste intervalo.

$[X - 2*S; X + 2*S]$ , onde:

X = média simples dos dias úteis;

S = desvio-padrão.

### 3.3 Cálculo da média filtrada

A terceira etapa é a realização do cálculo de uma nova média da demanda diária, denominada média filtrada, que é uma referência mais real, mais útil e consistente para um padrão da demanda, sendo essa média livre de qualquer perturbação causada pelo comportamento da demanda. Neste cálculo são excluídos os dias fora do intervalo de variação permitido.

### 3.4 Cálculo dos fatores diários

Finalmente, a média filtrada é utilizada para calcular os fatores (divisão da demanda do dia pela média filtrada do respectivo período de tempo) para cada dia classificado durante o processo. O fator, expresso em termos de percentual, indicará a equivalência desse dia em relação à média filtrada. Esses fatores servem de base para uma mais precisa previsão da demanda. A figura 1 mostra um diagrama funcional dessas etapas.

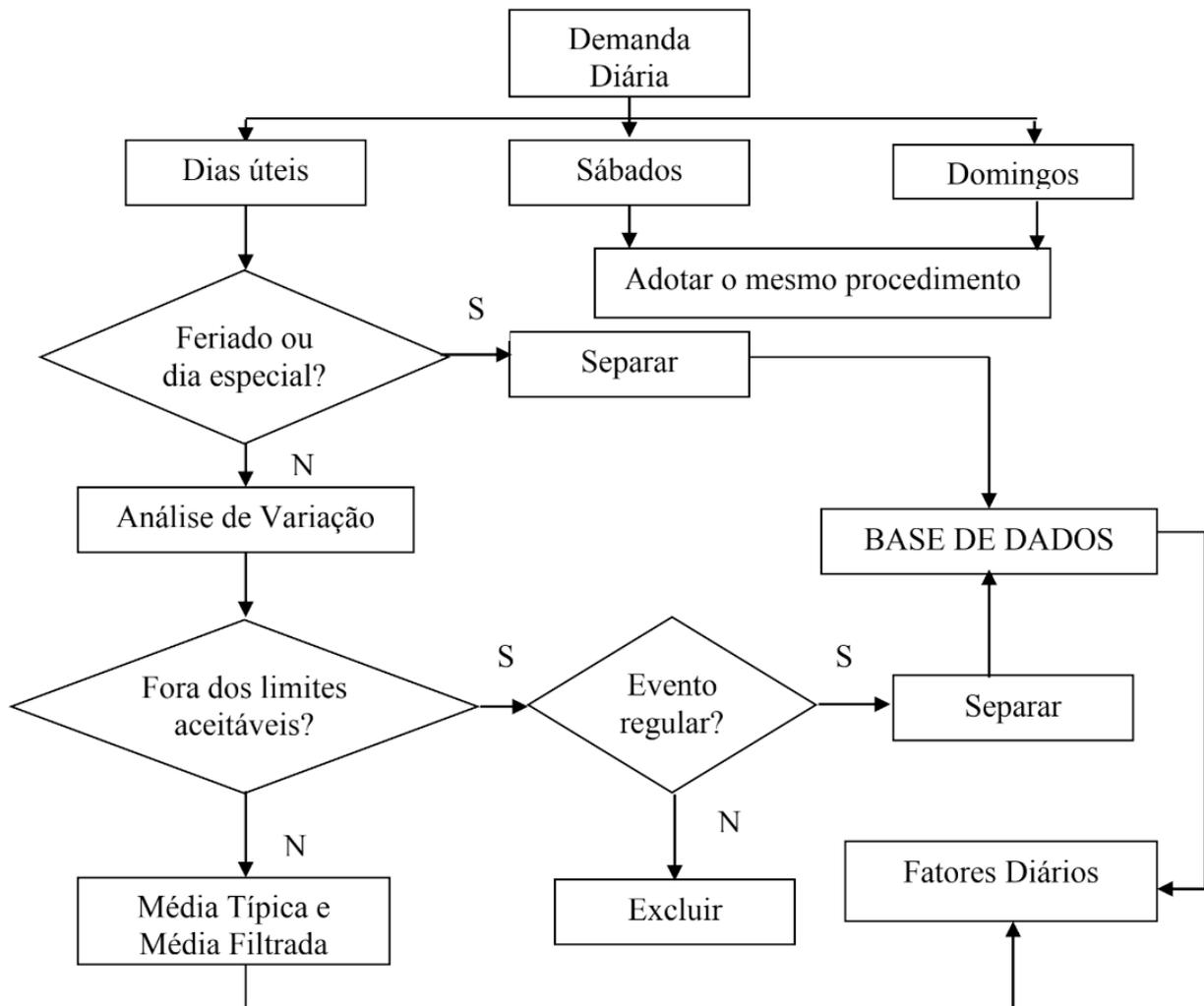


Figura 1 - Representação funcional das etapas da metodologia (Seabra, 1995)

### 3.5 Cálculo dos fatores de sazonalidade

A sazonalidade de cada mês é registrada no banco de dados e é observado que um determinado mês mantém a mesma sazonalidade ao longo dos anos, com pequenas variações. Isso permite previsões de demanda com base nessa sazonalidade. A sazonalidade é definida pela divisão da média de dia útil filtrada do mês pela média de dia útil filtrada mensal ao longo do ano.

### 3.6 Utilização dos dados selecionados para previsão

Ao se fazer a aplicação da metodologia, será obtida uma base de dados históricos, contendo dados relevantes. A análise dessas séries temporais permitirá a realização de previsões de demanda de curto prazo.

## 4 | APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE METODOLOGIA DE PREVISÃO DE DEMANDA DE CURTO PRAZO PARA O METRÔ DO RIO DE JANEIRO

No Metrô do Rio de Janeiro, a área responsável por elaborar as previsões de demandas é a gerência de Planejamento e Inteligência de Mercado, que possui uma equipe de funcionários muito capacitada, com diferentes formações. A empresa possui conhecimento técnico e experiência suficiente para utilizar diversas ferramentas e metodologias de previsões de demandas, a fim de obter os melhores resultados para a gestão da empresa (Metrô Rio, 2007).

Utilizando a metodologia proposta por Seabra em 1995, e que foi objeto de sua dissertação de mestrado na COPPE/UFRJ, é possível prever a demanda e a receita do dia seguinte, da semana seguinte ou do mês seguinte. Na dissertação de Seabra (1995), essa mesma metodologia foi testada e validada com dados do metrô, barcas, trem e várias linhas de ônibus. Ela permite separar os dados aproveitáveis dos dados não úteis e dar-lhes um tratamento adequado. Uma característica importante dessa metodologia é seu baixo custo, flexibilidade e simplicidade. Os dados necessários já estão disponíveis, dispensando grandes trabalhos para sua obtenção. A metodologia em si é também muito simples e o operador tem flexibilidade para ajustar os parâmetros de acordo com sua sensibilidade.

A demanda no Metrô Rio tem um comportamento sazonal, observado ao longo de sua história. Os meses de janeiro e julho são os de demanda mais baixa enquanto dezembro é o de maior demanda. Os dias úteis típicos têm a maior demanda quando comparados aos demais tipos de dia. Em seguida vêm os sábados e por último os domingos. Por causa dessa grande diferença não é interessante trabalhar com média mensal de dias, e sim, média de dias úteis, média de sábados e média de domingos. Mesmo durante o dia existe uma variação da demanda em função do horário. Em determinados horários, no início da manhã e no final do dia, existem os picos de demanda. A metodologia criada baseia-se no uso da média de dias úteis filtrada e na sazonalidade dos meses. A demanda dos dias úteis pode ser afetada em determinados dias do calendário. A tabela 1 mostra alguns desses dias e valores aproximados da demanda percentual em relação ao dia útil (fator do dia) do mês de dezembro de 2005:

Sábado	44,18%
Domingo	19,87%
Natal	9,48%
Véspera de Natal	29,29%
Véspera de Ano Novo	43,29%
Dia enforcado (entre Natal e Ano Novo)	78,83%

Tabela 1 - Fatores de dias especiais em dezembro de 2005 (Metrô Rio, 2007).

O índice de sazonalidade de cada mês é obtido pela divisão da média de dia útil

filtrada do mês pela média de dia útil filtrada mensal ao longo do ano. O resultado, expresso em porcentagem, indica a sazonalidade de cada mês dentro do ano. Esses dados são armazenados em banco de dados fornecendo uma série histórica que pode ser utilizada na previsão de demanda. Para prever a demanda em um determinado mês futuro, é calculada a média ou mediana dos valores de sazonalidade desse mês nos últimos anos e com isso se obtém o valor estimado da sazonalidade daquele mês.

#### 4.1 A previsão de demanda de dezembro de 2006 para o Metrô Rio

Para melhor exemplificar esta metodologia será realizada a previsão da demanda de dezembro de 2006, utilizando os dados disponíveis até novembro de 2006. Em seguida, será comparado o resultado obtido com a demanda real do mês de dezembro de 2006, a fim de verificar a margem de erro da previsão.

A estimativa da previsão de demanda para o mês de dezembro de 2006 pode ser obtida pela seguinte equação:

Total Entradas Dez/06 = Média Dia Útil Estimada de Dez/06 \* Total de Fatores Dias Úteis Estimados Dez/06

Onde:

Média Dia Útil Estimada de Dez/06 = (Média Dia Útil de Nov/06 / Fator Sazonal Nov) \* Fator Sazonal Dez

Para realizar a previsão de demanda de dezembro de 2006 serão seguidas as seguintes etapas:

##### ⇒ **Identificação e seleção de feriados e dias especiais de dezembro de 2006**

Nesta primeira etapa é necessário identificar os dias úteis equivalentes previstos no mês de dezembro de 2006, considerando os efeitos de calendários do mês (quantidade de sábados, domingos, dia da incidência do Natal, dias enforcados, etc.).

Dos 31 dias operacionais de dez/06, existem 05 sábados, 05 domingos e 21 dias incidentes de segunda a sexta-feira. Desses 21 dias, 05 são atípicos, sendo 01 no Natal (feriado) e 04 dias “enforcados”, entre Natal e Ano Novo. 02 domingos são atípicos (véspera de Natal e véspera de Ano-Novo). Isso resulta em 16 dias úteis típicos, 05 sábados típicos, 03 domingos típicos, 07 dias atípicos (Natal, Véspera de Natal, Véspera de Ano Novo, 04 dias úteis enforcados).

##### ⇒ **Cálculo da média filtrada de dia útil estimada para dezembro de 2006**

Como já é conhecida a média filtrada de dias úteis de novembro de 2006, pode-se utilizar uma série de dados de índices de sazonalidade disponíveis, como, por exemplo, dos anos de 2003 a 2005, depois deve-se calcular a média e utilizá-la na fórmula:

MDUF (Média Dia Útil Filtrada Estimada) de Dez/06 = (Média Dia Útil de Nov/06 /

Fator Sazonal Nov) \* Fator Sazonal Dez

Média Dia Útil Nov/06 = 432.842

Fator Sazonal Nov/03 = 1,0177

Fator Sazonal Nov/04 = 1,0211

Fator Sazonal Nov/05 = 1,0226

Média Fator Sazonal Nov = 1,0205

Fator Sazonal Dez/03 = 1,0614

Fator Sazonal Dez/04 = 1,0597

Fator Sazonal Dez/05 = 1,0588

Média Fator Sazonal Dez = 1,0600

MDUF (Média Dia Útil Filtrada Estimada) de Dez/06 =  $(432.842/1,0205) * 1,0600 = 449.596$

⇒ **Cálculo do total de entradas estimado para dezembro de 2006**

Utilizando os dados disponíveis de dezembro de 2005 é possível encontrar os fatores de equivalência da média de dias úteis desses dias atípicos, conforme já apresentada na tabela 1.

Total entradas estimadas dez/2006 =  $(16 + 5*0,4418 + 3*0,1987 + 0,0948 + 0,2929 + 0,4329 + 4*0,7883) * MDUF \rightarrow$  Total entradas estimadas dez/2006 =  $22,7789 * MDUF$

Total entradas estimadas dez/2006 =  $22,7789 * 449.596$

**Total entradas estimadas dez/2006 = 10.241.302**

#### 4.2 Comparação com os dados reais de dezembro de 2006

Excluindo os dias especiais já identificados anteriormente, as entradas com bilhetes reais dos dias úteis típicos de dezembro de 2006 estão descritas na tabela 2:

DIAS UTEIS TIPICOS DEZ/06	ENTRADAS
1/dez	446.765
4/dez	461.425
5/dez	449.412
6/dez	464.712
7/dez	448.607
8/dez	456.296
11/dez	442.737
12/dez	447.317
13/dez	448.109
14/dez	449.896
15/dez	466.982
18/dez	453.150
19/dez	462.049
20/dez	463.818
21/dez	459.681
22/dez	427.500

**Tabela 2** – Entradas com bilhetes nos dias úteis típicos de dez/2006 (Metrô Rio, 2007).

O limite aceitável de variação está situado entre:

$$[X - 2*S; X + 2*S], \text{ onde:}$$

X = média simples dos dias úteis;

S = desvio-padrão.

X = MEDIA DIAS UTEIS = 453.029

S = DESVIO PADRÃO = 9.844

Aplicando a fórmula, pode-se concluir que a análise de variação para um dia útil do mês de dezembro de 2006 é:

$$[453.029 - 2*9.844; 453.029 + 2*9.844] = [433.340; 472.717]$$

Devem ser excluídas do cálculo as alterações de demanda que se situarem fora do intervalo de variação em torno da média típica, e em seguida é calculada uma nova média, denominada média filtrada. Conforme os dados da tabela 2 verifica-se que o dia 22 de dezembro de 2006 encontra-se fora da variação permitida e, portanto, deve ser excluído para a determinação da média filtrada. Normalmente essas variações têm uma causa pontual que deve ser pesquisada e registrada. Estações fechadas por algum motivo, acidentes graves, chuvas torrenciais, shows, eventos políticos, jogos no estádio do Maracanã são alguns exemplos de ocorrências que podem fazer a demanda atingir valores fora da faixa aceitável. No caso do dia 22 de dezembro de 2006 foi uma sexta-feira, antes do feriado de Natal da segunda-feira, sendo, portanto, considerado um dia enforcado.

Excluindo o dia 22 de dezembro de 2006, obtém-se como média filtrada **454.730**. Isso significa que o erro da previsão da média filtrada (449.596) foi de **1,13%**.

O total de entradas com bilhetes na realidade foi de **10.171.951**, o que significa que o erro da previsão do total de entradas com bilhetes (10.241.302) foi de **0,68%**.

## 5 | CONCLUSÕES

As principais vantagens da metodologia proposta de previsão de demanda são o aproveitamento dos dados já existentes, o baixo custo no tratamento desses dados, a simplicidade de uso, a possibilidade de utilização da experiência e sensibilidade do operador e rapidez na sua execução.

Por se tratar de uma metodologia específica para sistemas de transportes, a produção “lugares ofertados” não pode ser estocada, como ocorre na produção de outros setores industriais. Por isso, é preciso que a previsão de demanda seja realizada de uma forma rápida, precisa e com dados confiáveis, sem precisar adotar modelos matemáticos complexos e com previsões de longo prazo.

## REFERÊNCIAS

Bodmer, M.; Seabra, S.S. (1995) Previsão de demanda de uma transportadora. Revista Via Urbana. Ano 5, Janeiro/Fevereiro 1995.

Box, G. E. P, Jenkins, M. G., Reinsel, C. G., Ljung, M. G. (2015) Time Series Analysis: Forecasting and Control. John Wiley & Sons.

Ferraz, A. C. P.; Torres, I. G. E. (2004) *Transporte público urbano (2ª. ed.)*. Rima Editora, São Carlos.

Metrô Rio (2007) Dados cedidos pela Gerência de Planejamento e Inteligência de Mercado do Metrô do Rio de Janeiro.

Seabra (1995) *Metodologia para acompanhamento e previsão de curto prazo das variações na demanda por transporte público urbano: um instrumento gerencial para a operação*. Dissertação de M.Sc. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento 27, 63, 64, 66  
Análise Financeira 25, 26, 76, 80  
Audição 55, 56, 61

### C

Chocolate Manufacturing 1  
Cold Rolling 89, 90  
Comportamento 18, 22, 23, 36, 37, 38, 40, 63, 67, 75  
Consumo de Água 63, 65, 66, 67, 68, 72, 73, 74  
Cost Reduction 26  
Custo Logístico 25, 33

### D

decibéis 55, 59, 60, 62  
Demand Forecasting 35, 36  
Desperdício 4, 5, 6, 63, 65, 72, 73

### E

Economia 11, 12, 14, 15, 54, 56, 62, 63, 66, 67, 70, 71, 72, 74, 84, 86  
Economic Feasibility 76, 77  
Eletrodomésticos 17, 18, 20, 21, 22, 23  
Empresa Alimentícia 25, 26, 33  
Estoque 3, 5, 9, 10, 12, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23

### F

Fabricação de Chocolates 1  
Ferramentas da Qualidade 89  
Filtered Average 35, 36  
Financial Analysis 25, 77  
Food Company 25, 26

### G

Gestão do Conhecimento 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 54  
Gestão Pública 45, 52, 53, 54

## H

Household Appliances 17

## I

Inventory 17

Investimentos 76, 79, 80, 81, 87

Investments 77

## K

Knowledge Management 45, 53

## L

Laminação a Frio 89, 90, 91, 93, 95

Lean Production 1

Losses 1

## M

Máquinas Agrícolas 55, 56, 57, 92

Média Filtrada 35, 38, 41, 43

Melhoria de Processo 1, 2, 3, 15

Metro System 36

## P

Perdas 1, 2, 3, 5, 10, 15, 67, 81, 91, 93

Photovoltaic System 76, 77

Previsão de Demanda 35, 36, 37, 40, 41, 43, 44

PROAP 45, 47, 48, 49, 51, 52

Process Improvement 1

Produção Enxuta 1, 3, 4

Programa 5S 17

Public Administration 45

## Q

Qualidade Total em Indústria 89, 91

Quality Methods 90

## R

Redução de Custos 10, 25, 26, 90, 93

## S

Sazonalidade 35, 39, 40, 41, 52  
Seasonality 35, 36  
Siderurgia 89, 91, 92, 95  
Sistema Fotovoltaico 76, 79, 80, 85, 86, 88  
Sistema Metroviário 35  
Steel 89, 90, 95

## T

Total Quality in Industry 90  
Transporte Público Urbano 35, 36, 37, 44

## U

Urban Public Transportation 35, 36

## V

Viabilidade Econômica 76, 79, 87, 88

## W

Wastage 64  
Water Consumption 63, 64

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**