

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

iStock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
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
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramirez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Coleção desafios das engenharias: engenharia de transportes

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de transportes / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-255-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.552211207>

1. Engenharia de transportes. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 629.04

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia de Transportes” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 5 capítulos, estudos que mostram como a Engenharia de Transportes enfrenta alguns desafios, em seu objetivo de atender diversas demandas da sociedade.

Uma das demandas da sociedade é o crescimento ordenado da economia das cidades, o que requer soluções eficientes de transporte de bens e pessoas. A Engenharia de Transportes tem como objetivo prover essas soluções.

A Engenharia de Transportes busca soluções que atendam parâmetros de qualidade na prestação de serviços aos usuários, eficiência na utilização de recursos humanos e materiais e que atendam critérios sociais e ambientais.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes desafios da Engenharia de Transporte.

Os impactos ambientais causados pelo sistema de transportes em um “campus” universitário são abordados, com a proposição de soluções de redução das emissões de gases de efeito estufa.

A qualidade do serviço prestado aos usuários de sistemas metroviários é outro tema abordado, assim como a incidência de acidentes ferroviários, que é analisada através de uma comparação das ocorrências no Brasil e na União Europeia.

A infraestrutura necessária ao transporte e sua importância na competitividade dos países é analisada através da comparação entre o Brasil e a Austrália.

Finalmente, os impactos causados pela pandemia da COVID-19 na mobilidade urbana afetaram bastante os sistemas de transporte, sendo objeto de tema do último estudo desta obra.

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

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE TRANSPORTES NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ Victor Hugo Souza de Abreu Andrea Souza Santos  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112071	
CAPÍTULO 2	16
O CONTROLE DO DESEMPENHO DO ATRIBUTO CONFORTO EM METRÔS Carlos Eduardo Sanches de Andrade Márcio de Almeida D'Agosto Alessandro de Santana Moreira de Souza  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112072	
CAPÍTULO 3	26
ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL: ANÁLISE COMPARATIVA COM A UNIÃO EUROPEIA Daniel Alfredo Alves Miguel  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112073	
CAPÍTULO 4	40
ANÁLISE COMPARATIVA DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE COMO FATOR DE COMPETITIVIDADE ENTRE BRASIL E AUSTRÁLIA Jean Lucas da Silva Renan Collantes Candia Heitor Pinheiro Mora Otávio Ferreira da Silveira Pedro Henrique Gusmão Chagas  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112074	
CAPÍTULO 5	52
A PANDEMIA DA COVID-19 E OS IMPACTOS PARA A MOBILIDADE URBANA Cecília de Freitas Vieira Couto Gabriela Dantas Medeiros Maria Fernanda Pereira Alves Clovis Dias Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga Nilton Pereira de Andrade  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112075	
SOBRE O ORGANIZADOR	65
ÍNDICE REMISSIVO	66

CAPÍTULO 2

O CONTROLE DO DESEMPENHO DO ATRIBUTO CONFORTO EM METRÔS

Data de aceite: 01/07/2021

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

UFG – Universidade Federal de Goiás FCT –
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Márcio de Almeida DAgosto

UFRJ – Universidade Federal do Rio de
Janeiro

COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de
Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

Alessandro de Santana Moreira de Souza

Consultor e professor universitário na área de
Transportes e Logística

RESUMO: Esse trabalho aborda o controle do desempenho da operação de sistemas metroviários, com foco no atributo conforto e sua importância para os usuários do transporte metroviário, fornecendo os subsídios necessários para a proposição de indicadores que permitam avaliar adequadamente em que grau as necessidades dos usuários estão sendo atendidas. São elaboradas duas propostas teóricas de implantações de indicadores em sistemas metroviários, que atendam o atributo conforto: percentual de passageiros viajando com conforto e taxa de lotação dos trens metroviários. A aplicação de um desses indicadores propostos ocorreu no Metrô do Rio de Janeiro - taxa de lotação dos trens metroviários. São apresentadas a metodologia de cálculo e os resultados desse indicador implantado, que permitiu a identificação das seções críticas ao longo das viagens e a implantação de ações de melhorias na operação

metroviária do Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho, operação, sistemas metroviários, indicadores, taxa de lotação dos trens.

CONTROL OF THE PERFORMANCE OF THE COMFORT ATTRIBUTE IN SUBWAYS

ABSTRACT: This work addresses the control of the operation performance of subway systems, focusing on the comfort attribute and its importance for subway transport users, providing the necessary subsidies for the proposition of indicators that allow to properly assess the degree to which users' needs are being answered. Two theoretical proposals are developed for the implementation of indicators in subway systems, which meet the comfort attribute: percentage of passengers traveling in comfort and the capacity of subway trains. The application of one of these proposed indicators occurred in the Rio de Janeiro Metrô - subway trains capacity rate. The calculation methodology and the results of this implemented indicator are presented, which allowed the identification of critical sections along the trips and the implementation of improvement actions in the subway operation in Rio de Janeiro.

KEYWORDS: Performance, operation, subway systems, indicators, train capacity.

1 | INTRODUÇÃO

O atributo conforto é muito relevante na decisão da escolha do meio de transporte que o usuário irá utilizar e seu controle do desempenho se torna fundamental para a gestão do sistema

metroviário, possibilitando formular estratégias para captar novos usuários que utilizam outros meios de transportes e realizar ações de melhoria contínua em seus processos.

O objetivo deste trabalho é analisar o controle do desempenho em sistemas metroviários sob a ótica do atributo conforto e apresentar o resultado da implantação de um indicador em um sistema metroviário brasileiro, o Metrô do Rio de Janeiro. A seção 1 constitui-se como uma introdução, onde houve uma breve contextualização do estudo em questão e foi definido o objetivo. A seção 2 analisa o controle de desempenho em sistemas metroviários, e, mais especificamente, o atributo conforto, sendo apresentadas duas propostas de implantações de indicadores que atendam o atributo conforto.

A seção 3 apresenta a aplicação em um sistema metroviário brasileiro, o Metrô do Rio de Janeiro, de um dos indicadores propostos no referencial teórico desse trabalho, além de realizar a análise dos resultados desse indicador e das ações adotadas pela operadora para realizar o controle do desempenho do atributo conforto em sua operação de trens. A seção 4 apresenta as conclusões.

2 | O CONTROLE DO DESEMPENHO EM SISTEMAS METROVIÁRIOS

Controle do desempenho é um termo abrangente, sendo usualmente realizado através de medições, com o uso de indicadores. Galvão (2002) define medição como sendo a maneira pela qual se determina a grandeza quantitativa ou qualitativa de cada atributo selecionado de um evento, objeto ou circunstância, por meio de um padrão estável tomado como unidade referencial. Esse padrão estável é, em geral, expresso por um indicador, índice, padrão ou por uma grandeza.

Vuchic (1981) relata que o desempenho de sistemas de transporte coletivo urbano consiste na comparação de um conjunto de elementos, referidos como atributos e obtidos da observada operação do sistema, com um conjunto de indicadores de referência, previamente estabelecidos. Esta abordagem está especificamente relacionada com a avaliação quantitativa do desempenho operacional de transportes urbanos.

Cysneiros (2004) propõe indicadores para gerenciamento da manutenção de um sistema metroviário, com aplicação no Metrô de Recife; Cardoso (2006) apresenta a Teoria dos Topoi e, com foco no usuário, a aplica para levantamento da qualidade percebida pelos usuários do Metrô do Rio de Janeiro; Pezerico (2002) apresenta um modelo global para sistemas sobre trilhos, aplicado na TRENSURB (Cia. de trens urbanos de Porto Alegre) e Rodrigues (1990) propõe uma metodologia para avaliação de desempenho de sistemas ferroviários com foco na eficiência, eficácia e adequabilidade.

2.1 A programação da oferta da operação de sistemas metroviários

A prestação de um serviço metroviário que ofereça um bom nível de conforto aos usuários está relacionada com a especificação dos intervalos, horários e quantidades de

carros na composição do trem, que fazem parte da “programação da oferta” da operação do sistema.

Segundo Ferraz e Torres (2004), para a programação da oferta na operação de sistemas de transportes é necessário conhecer a variação horária da demanda ao longo do dia, em princípio em todos os trechos, para poder identificar em cada período do dia o segmento de maior carregamento: a denominada seção crítica (trecho de maior carregamento). Para viabilizar o levantamento dessas informações, a gerência de planejamento e controle da operação de um sistema metroviário necessita de dados confiáveis e precisos sobre a lotação dos trens durante todos os trechos da viagem, desde a sua partida no terminal de origem até a sua chegada ao terminal de destino. Dessa forma é possível identificar qual a seção crítica da viagem completa do trem, ou seja, em quais estações existem as maiores concentrações de usuários no interior dos trens e em que períodos do dia ocorrem. De posse desses dados precisos e confiáveis, o sistema metroviário consegue realizar ajustes de melhorias de forma mais assertiva na grade horário de trens, implantar estratégias de melhorias operacionais em determinados horários, e, inclusive, atuar na melhor distribuição dos usuários ao longo dos diferentes carros dos trens, com a ajuda de funcionários nas plataformas.

Ferraz e Torres (2004) afirmam ainda que as seções críticas se localizam geralmente nas proximidades dos grandes polos de atração de demanda. Isso ocorre porque, durante o pico da manhã, a lotação aumenta à medida que os veículos se aproximam desses locais, pois o número de embarques no trajeto é maior do que o número de desembarques. No sentido inverso (pico da tarde), sucede o contrário: os veículos partem cheios do polo gerador e a lotação vai diminuindo à medida que se afastam, pois o número de desembarques ao longo do trajeto é, geralmente, maior do que o de embarques.

2.2 A avaliação do atributo conforto em sistemas metroviários

Na literatura sobre transporte público podem ser encontrados diferentes termos para definir e conceituar esses atributos. Dentre a lista dos diversos atributos existentes na literatura, a norma específica para transporte público urbano de passageiros da União Europeia EN 13.816 “*Transportation. Logistics and services. Public passenger transport. Service quality definition, targeting and measurement*” seleciona oito atributos como sendo os mais relevantes aos usuários de sistemas de transporte público, um dos quais é o conforto (EN 13.816, 2002).

A norma EN 13.816 estabelece o seguinte conceito para o atributo conforto em sistemas de transporte público: representa o conforto físico obtido no uso das instalações e veículos. Boas condições ambientais: limpeza, iluminação, ausência de barulho. Conforto nos acessos: boa capacidade, escadas rolantes; nas estações: ventilação, bancos; nas bilheterias: fila pequena; nos trens: temperatura, sem superlotação, boa relação passageiros por metro quadrado e transferências: boa capacidade, ventilação. Facilidades ergonômicas,

como facilidade de movimento e desenho dos assentos. Facilidades complementares como serviços comerciais, banheiros, etc.

Os atributos relacionam-se uns com os outros, e a alteração em um atributo pode provocar alterações em outros. Tabosa (1979) propôs um modelo para visualizar o inter-relacionamento entre o tempo de espera, o grau de lotação dos ônibus coletivo e o custo por passageiro-km. Nesse modelo, a fixação de dois parâmetros determina o terceiro. Esse inter-relacionamento implica em que os indicadores de desempenho do sistema devem ser analisados em conjunto, e uma alteração em um indicador pode causar alteração em outros. Percebe-se que, pela conclusão desse estudo de Tabosa (1979), aplicando para sistemas metroviários, o atributo conforto (grau de lotação do trem) também poderá causar impactos negativos em outros atributos “sentidos” pelos usuários, como: tempo e modicidade tarifária.

2.3 Sugestões de indicadores para realizar o controle do desempenho do atributo conforto em sistemas metroviários

Atendendo o conceito definido na norma EN 13.816 sobre o atributo conforto, serão apresentadas duas sugestões de indicadores possíveis de serem implantados em sistemas metroviários, com o objetivo de realizar uma medição de forma assertiva desse atributo. Esses indicadores podem ser aplicáveis a qualquer sistema metroviário, com maior ou menor grau de dificuldade, a depender da tecnologia adotada pelo sistema metroviário.

2.3.1 Percentual de passageiros viajando com conforto

A perspectiva do usuário, de um modo geral, é encontrar lugar para sentar ao embarcar. Se não for possível, encontrar lugar ao longo da viagem e, na pior situação, poder se acomodar em pé de maneira confortável.

Do outro lado, a operadora metroviária determina a quantidade máxima de passageiros (carga planejada) que um carro pode admitir para que o usuário seja atendido e realiza esforços para disponibilizar uma quantidade de carros que, combinada com a frequência de trens, consiga atender a demanda. A tabela 1 apresenta a sugestão do indicador percentual de passageiros viajando com conforto.

$$\left(\frac{\text{Passageiros viajando com conforto}}{\text{Passageiros}} \right) * 100$$

Obs.: resultado expresso em porcentagem

Passageiros viajando com conforto = total de passageiros viajando em carros com até “n” passageiros por metro quadrado.

Passageiros = quantidade total de passageiros, incluindo gratuidades e pessoas que burlam o sistema.

Tabela 1: Proposta do indicador percentual de passageiros viajando com conforto.

Fonte: autor.

A carga planejada é a soma da quantidade de assentos com a lotação admitida de passageiros em pé. A carga de passageiros é geralmente associada a uma taxa de “*n*” passageiros por metro quadrado. Conforme a TCRP (2003), para sistemas de transporte de ônibus urbano, o desconforto é considerado a partir de 4 passageiros por m² por veículo. Em sistemas metroviários, costuma-se utilizar o parâmetro a partir de 6 passageiros por m² por carro para considerar o desconforto na viagem (MetrôRio, 2019).

Aplicada a um determinado período, por exemplo, a hora de pico, esse indicador vai informar a proporção entre a quantidade de passageiros que realizam viagens dentro do padrão programado de conforto e a quantidade total de passageiros.

2.3.2 Taxa de lotação dos trens metroviários

Além do atributo conforto, este indicador está também associado aos atributos segurança e tempo. A superlotação afeta a segurança, facilitando furtos e roubos no interior dos trens. Também afeta a sensação de segurança, pois o usuário se sentirá mais seguro num local com mais espaço à sua volta. A superlotação também acarreta atrasos nos tempos de percursos dos trens e nos tempos de esperas dos usuários nas plataformas, pois o embarque e desembarque nas estações pode levar um tempo superior ao tempo estabelecido na programação. A tabela 2 apresenta a sugestão do indicador taxa de lotação dos trens metroviários.

(Passageiros viajando em pé / Área útil)

Obs.: resultado expresso em passageiros por m²

Passageiros viajando em pé = número de passageiros em pé, em cada carro do trem, nas interestações mais carregadas, no sentido de maior fluxo, no período de apuração.

Área útil = área útil a eles destinada, em cada carro do trem, nas interestações mais carregadas, no sentido de maior fluxo, no período de apuração.

Tabela 2: Proposta do indicador taxa de lotação dos trens metroviários.

Fonte: Castelo Branco (1998).

Este é um bom indicador para apurar se está havendo, em média, superlotação nos horários de pico. Apesar de ser um indicador de difícil apuração, considerando que, nas diversas estações, entram e saem passageiros, a importância desses dados reais é fundamental para a melhoria da programação da operação de um sistema metroviário, já que esse indicador consegue identificar as seções críticas do sistema metroviário.

3 | APLICAÇÃO NO METRÔ DO RIO DE JANEIRO

Em 2013, houve o recebimento de 15 novos trens chineses do modelo CRC. Com

a chegada desses novos trens, com melhor tecnologia do que os trens já existentes da ALSTON, foi possível iniciar a produção do cálculo do indicador taxa de lotação dos trens do Metrô do Rio de Janeiro, em cada uma das estações do sistema, já que eles vieram com um computador de bordo que registra o peso de cada um dos 6 carros do trem a cada décimo de segundo. Com a posse dessa informação do peso dos carros, a gerência de planejamento e controle da operação do Metrô do Rio de Janeiro conseguiu desenvolver uma “macro” Excel onde foi possível produzir o cálculo estimado da quantidade de usuários dentro de cada carro na partida de cada estação do sistema. E, de posse da área útil de cada carro, chegou-se aos resultados da taxa de lotação dos carros e do trem, sendo considerado cada usuário como tendo 70 quilos (média mundial de peso por pessoa, independente do sexo).

Esse projeto envolveu funcionários de várias gerências da empresa. Como os dados não são descarregados automaticamente, a gerência de material rodante implantou um cronograma diário e regular de coleta desses dados no interior dos trens CRC, a fim de iniciar a produção dos resultados de taxa de lotação dos trens modelo CRC (MetrôRio, 2019).

A tabela 3 apresenta a média dos resultados mensais do ano de 2018 do indicador taxa de lotação dos trens modelo CRC, para os picos da manhã e da tarde, nos sentidos de maior fluxo da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, além da identificação das seções críticas do sistema, que são os mesmos nos picos da manhã e da tarde. No pico da manhã, a seção crítica corresponde ao trecho entre as estações TRG (Triagem) e MRC (Maracanã) - que corresponde à via 1 (sentido Sul) do MetrôRio; enquanto que no pico da tarde corresponde ao trecho entre MRC (Maracanã) e TRG (Triagem) - que corresponde à via 2 (sentido Norte) do MetrôRio.

Pico da Manhã			Pico da Tarde		
Mês	Lotação no sentido de maior fluxo	Identificação da seção crítica	Mês	Lotação no sentido de maior fluxo	Identificação da seção crítica
jan/18	5,2 passageiros/m ²	TRG/MRC	jan/18	5,1 passageiros/m ²	MRC/TRG
fev/18	5,4 passageiros/m ²	TRG/MRC	fev/18	5,5 passageiros/m ²	MRC/TRG
mar/18	5,6 passageiros/m ²	TRG/MRC	mar/18	5,5 passageiros/m ²	MRC/TRG
abr/18	5,5 passageiros/m ²	TRG/MRC	abr/18	5,6 passageiros/m ²	MRC/TRG
mai/18	5,6 passageiros/m ²	TRG/MRC	mai/18	5,5 passageiros/m ²	MRC/TRG
jun/18	5,4 passageiros/m ²	TRG/MRC	jun/18	5,3 passageiros/m ²	MRC/TRG
jul/18	5,2 passageiros/m ²	TRG/MRC	jul/18	5,2 passageiros/m ²	MRC/TRG
ago/18	5,1 passageiros/m ²	TRG/MRC	ago/18	5,3 passageiros/m ²	MRC/TRG
set/18	5,5 passageiros/m ²	TRG/MRC	set/18	5,4 passageiros/m ²	MRC/TRG
out/18	5,6 passageiros/m ²	TRG/MRC	out/18	5,2 passageiros/m ²	MRC/TRG

nov/18	5,9 passageiros/m ²	TRG/MRC
dez/18	5,5 passageiros/m ²	TRG/MRC

nov/18	5,2 passageiros/m ²	MRC/TRG
dez/18	5,5 passageiros/m ²	MRC/TRG

Tabela 3: Média dos resultados mensais do ano 2018 do indicador taxa de lotação dos trens modelo CRC, para os picos da manhã e da tarde, nos sentidos de maior fluxo da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, além da identificação das seções críticas.

Fonte: MetrôRio (2019).

A implantação desse indicador foi de fundamental importância para a gestão de planejamento e controle da operação do Metrô do Rio de Janeiro, que conseguiu obter dados mais precisos e assertivos sobre superlotação nos trens metroviários e identificar as seções críticas de demanda. Dessa forma foi possível planejar melhor as estratégias operacionais a serem adotadas nessas situações.

A figura 1 apresenta um exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino da Linha 2, no horário de pico da manhã, com os resultados das taxas de lotações desse trem específico no momento da partida de cada uma das estações. Dessa forma, é possível identificar as seções críticas e quais são as estações consideradas como polos geradores de viagens na operação do Metrô do Rio de Janeiro.

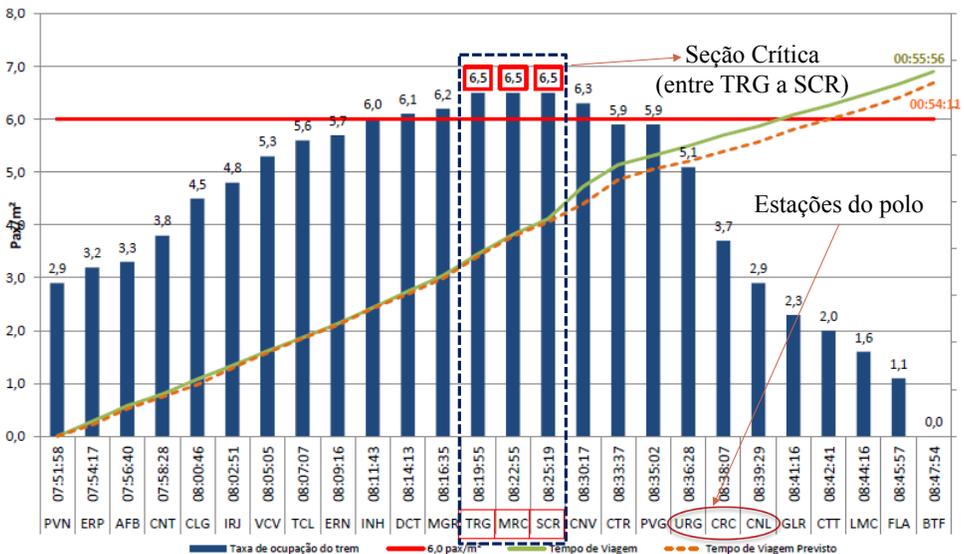


Figura 1: Exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino da Linha 2, no pico da manhã, com os resultados das taxas de lotações desse trem específico no momento da partida de cada uma das estações.

Fonte: MetrôRio, 2019.

Conforme previsto pela teoria de Ferraz e Torres (2004), na figura 1 foi constatado que realmente as seções críticas da operação do Metrô do Rio de Janeiro se localizam nas

proximidades dos grandes polos de atração de demanda. As estações URG (Uruguaiana), CRC (Carioca) e CNL (Cinelândia) são consideradas como polos de atrações de viagens, e se localizam nas proximidades da seção crítica dessa viagem, no trecho de TRG (Triagem) até SCR (São Cristóvão). Outra vantagem que esse indicador permitiu foi a identificação dos carros mais lotados do trem (que é composto por 6 carros) na partida de cada estação.

O carro A Norte geralmente fica em local mais próximo às descidas das escadas das estações. Ou seja, muitos dos usuários descem as escadas para as plataformas e permanecem parados no 1º carro aguardando o embarque, ocorrendo esse acúmulo de usuários no carro de cabine de condução, que poderiam ser mais bem distribuídos entre os 6 carros da composição.

Esse indicador atende diretamente o atributo conforto, que consta na norma EN 13.816. Mais especificamente no desdobramento para o conforto no interior do trem, mantendo uma boa relação de passageiros por metro quadrado. A figura 2 apresenta um exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino, com a identificação da lotação de cada um dos 6 carros ao longo do percurso, sendo possível constatar a diferença de lotação do carro A Norte (cabine de condução) com os demais carros da composição. Com essa identificação, foram implantadas estratégias de melhorias para orientar os usuários a embarcar nos carros menos cheios, ocorrendo uma melhor distribuição dos usuários ao longo dos 6 carros do trem.

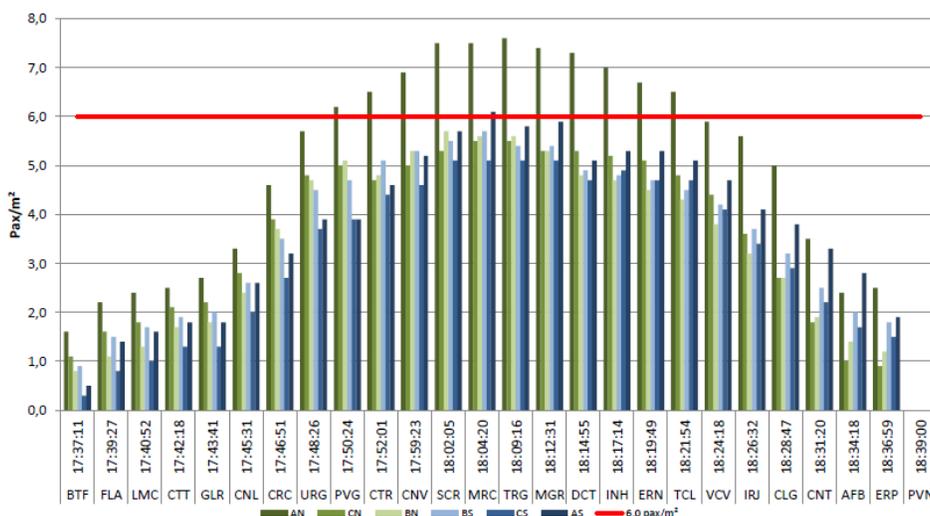


Figura 2: Exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino da Linha 2, no pico da tarde, com os resultados das taxas de lotações dos 6 carros desse trem específico no momento da partida de cada uma das estações.

Fonte: MetrôRio, 2019.

4 | CONCLUSÕES

É necessária uma análise criteriosa para a definição objetiva dos atributos que a operadora metroviária necessita medir e de seus indicadores. Se aquilo que está sendo medido é suficientemente representativo, e se realmente contém informações importantes para a avaliação de objetivos estratégicos da operadora metroviária. Os indicadores são utilizados nas etapas de monitoramento, avaliação e apresentação dos dados, para dar suporte aos gestores na tomada de decisões.

Este trabalho procurou se concentrar na eficácia do atendimento aos usuários, analisando o atributo conforto na prestação do serviço metroviário, medido através da sugestão da implantação de dois indicadores quantitativos em sistemas metroviários que atendam ao atributo conforto: a) percentual de passageiros viajando com conforto e b) taxa de lotação dos trens metroviários.

Para a identificação das necessidades dos usuários foi pesquisado o atributo conforto de um sistema metroviário; como os usuários percebem e valorizam esses atributos; como eles podem ser medidos de uma maneira que contemple a visão do usuário. Procurou-se sempre idealizar indicadores alinhados com a visão do usuário para o atributo conforto.

O compromisso com a qualidade e a implantação de indicadores que meçam objetivamente o cumprimento desse compromisso com o atributo conforto devem ser introduzidos paulatinamente nos sistemas metroviários, ainda que complementando os indicadores atualmente em uso pelas operadoras. Uma abordagem realista tem que ser adotada quanto à implantação, que vai depender da situação particular de cada sistema: se é empresa privada ou governamental, nível atual de tecnologia e conhecimento e outras variáveis. O importante é não perder o foco do objetivo final, aonde se quer chegar.

A aplicação de um dos dois indicadores propostos nesse trabalho foi realizada no Metrô do Rio de Janeiro, que foi o indicador de taxa de lotação dos trens modelo CRC, que circulam na Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, através de metodologia própria desenvolvida pela operadora. Em consulta realizada pelo MetrôRio junto ao grupo CoMet/Nova (grupo de benchmarking com 32 sistemas metroviários do mundo, sendo o Metrô do Rio de Janeiro membro desse grupo), constatou-se que o Metrô do Rio de Janeiro é a única operadora metroviária do mundo pertencente ao grupo CoMet/Nova que realiza medições de taxa de lotação dos trens de uma forma tão detalhada e assertiva. Na maioria do grupo as operadoras metroviárias sequer possuem algum tipo de controle do desempenho para o atributo conforto. Alguns sistemas metroviários do grupo utilizam metodologias bem mais simplistas para obter esses dados de taxa de lotação dos trens, que não trazem a mesma assertividade nos resultados quando comparado à metodologia de cálculo do Metrô do Rio de Janeiro (MetrôRio, 2019).

Com a implantação desse novo indicador no Metrô do Rio de Janeiro, a operadora pôde realizar a melhoria contínua no atendimento do atributo conforto aos usuários,

através da implantação de estratégias operacionais no Centro de Controle e nas estações metroviárias, e, conseqüentemente, aumentando a qualidade da prestação do serviço aos usuários do sistema.

A proposta de novos trabalhos se baseia em realizar estudos detalhados de outros atributos relevantes para os metrô, com a definição e implantação de novos indicadores, que atendam também outros atributos essenciais para a prestação de um serviço de qualidade aos usuários do transporte metroviário, como os atributos tempo e disponibilidade.

REFERÊNCIAS

Cardoso, B.C. (2006) Qualidade de serviço no setor de transportes sob a ótica dos Topoi. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Castello Branco, J. E. S. (1998) *Indicadores da qualidade e desempenho de ferrovias (carga e passageiros)*. 1ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Associação Nacional dos Transportes Ferroviários-ANTF.

Cysneiros, J.M.G. (2004) Proposta de indicadores de desempenho para gestão da manutenção numa empresa metroviária. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

EN 13.816 (2002) *Transportation. Logistics and services. Public passenger transport. Service quality definition, targeting and measurement*. Norma de qualidade em transporte público de passageiros, CEN 2002.

Ferraz, A.C.P e Torres, I.G.E. (2004) *Transporte Público Urbano*. Editora Rima, São Carlos, São Paulo.
Galvão, L. L. (2002) Medidas de desempenho organizacional em organizações públicas brasileiras. *VII Congresso*

Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública. Lisboa, Portugal.
MetróRio (2019) Informações fornecidas por Daniel Habib, Diretor de Operações do Metrô do Rio de Janeiro.

Pezerico, L. A. M. (2002) Sistema de avaliação de desempenho no transporte urbano: uma abordagem para o setor metroferroviário. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Rodrigues, F. A. H. (1990) Uma proposta metodológica para a avaliação do desempenho de sistemas ferroviários urbanos. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Tabosa, T.C.M. (1979) O inter-relacionamento entre atributos do sistema de transporte coletivo por ônibus.

Dissertação de M.Sc., PUC, Rio de Janeiro.

TCRP (2003) *Transit Capacity and Quality Manual*. Transit Cooperative Research Program.

Vuchic, V. R. (1981) *Urban Public Transportation - Systems and Technology. Transit System Performance: Capacity, Productivity, Efficiency and Utilization*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes ferroviários 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38

Atributo conforto 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24

C

Ciclovias 12, 59, 61, 63

Cidade universitária 1, 3, 7, 8, 11, 13

Competitividade 40, 41, 42, 49, 50

Concessionárias ferroviárias 34

Coronavírus 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 63

Custo de transporte brasileiro 45

Custos logísticos 40, 50

D

Desempenho 13, 14, 16, 17, 19, 24, 25, 26, 27, 34, 35, 36, 40, 45, 65

Deslocamentos 13, 52, 55, 60

E

EFVM 28, 35, 36

Emissões de GEE 1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13, 14

Estradas pavimentadas 42, 44

G

Gases de efeito estufa 1, 2

Global protocol for community 1, 2, 3, 14

GPC 2, 3, 4, 5, 6, 11, 13, 14

I

Impacto 30, 31, 44, 52

Indicadores 16, 17, 19, 24, 25, 45, 65

Índice de desempenho logístico 45

Índice de eficiência logística 45

Índices de eficiência 40, 49

Infraestrutura de transporte 40, 41, 42, 49, 50, 51

Isolamento social 54, 56, 57, 58

L

Lições 30, 52, 53, 57, 58, 60, 61, 64

M

Metrô do Rio de Janeiro 14, 16, 17, 20, 21, 22, 24, 25, 65

Micromobilidade 54, 58

Minério de ferro 41, 49, 50

Mobilidade urbana 52, 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 63

N

Nível BASIC 4, 7, 8, 13

O

Operação 16, 17, 18, 20, 21, 22, 49, 65

P

Programação da oferta 17, 18

R

Regulação 26

S

Segurança ferroviária 26, 29, 33, 34, 35, 36, 38, 39

Sistema de gestão de segurança 26, 38

Sistema ferroviário federal brasileiro 27

Sistemas metroviários 16, 17, 18, 19, 20, 24

T

Taxa de lotação dos trens 16, 20, 21, 22, 24

Transporte aéreo 5, 6, 8

Transporte aquaviário 5, 8

Transporte ferroviário 5, 8

Transporte fora de estrada 5, 6, 8

Transporte público 18, 25, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65

Transporte rodoviário 5, 8, 12, 42

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 facebook.com/atenaeditora.com.br

 Atena
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

Atena
Editora

Ano 2021