



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3

 **Atena**
Editora
Ano 2020



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos 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, 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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
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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
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
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. 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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
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. Ma. 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. 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
Profª 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
Profª Drª 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
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/UFPA
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
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. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

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

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-389-7

DOI 10.22533/at.ed.897201709

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Kanashiro, Rennan Otavio.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PROPOSAL OF A CONCEPT FOR MODELING SMALL WIND TURBINES

Heitor Andrade Porto

Arthur José Vieira Porto

Carlos Alberto Fortulan

DOI 10.22533/at.ed.8972017091

CAPÍTULO 2..... 14

PROPOSTA DE ALGORITMO PARA REGRAS DE CIRCULAÇÃO DE TRENS EM FERROVIA SINGELA COM PONTOS DE CRUZAMENTO EM MODELO DE SIMULAÇÃO BASEADA EM EVENTOS DISCRETOS OU AGENTES

Rafael Buback Teixeira

Luiz Henrique Lima Faria

Afonso Celso Medina

Augusto Cesar Pereira

Frederico Augusto Coelho Vieira da Costa

Luiz Antonio Silveira Lopes

Ivan Ronei Herzog Mação Campos

Lucas Corteletti Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.8972017092

CAPÍTULO 3..... 31

OTIMIZAÇÃO NÃO LINEAR E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS: FERRAMENTAS NA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Simone Aparecida Rocha

Thiago Gomes de Mattos

Rodrigo Tomás Nogueira Cardoso

Eduardo Gonzaga da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.8972017093

CAPÍTULO 4..... 47

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE APROVEITAMENTO COM GERAÇÃO HÍBRIDA HIDRÁULICO-FOTOVOLTAICO

Marianna Aranda Lima

DOI 10.22533/at.ed.8972017094

CAPÍTULO 5..... 59

DIAMOND INTEGRATED COATING BY ELECTROPLATING PROCESS - AN OVERVIEW

Regina Bertília Dantas de Medeiros

Janary Martins Figueiredo Filho

Meysam Mashhadikarimi

Uilame Umbelino Gomes

DOI 10.22533/at.ed.8972017095

CAPÍTULO 6..... 70

TECNOLOGIA ASSISTIVA: PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA ESTÍMULO SENSORIAL

INTENSIVO

Mauro Fonseca Rodrigues
Diane Johann
Leonardo Rafael Willers
Gracieli Cristina Scherer
Kelly Gabriela Poersch

DOI 10.22533/at.ed.8972017096

CAPÍTULO 7..... 83

OBTENÇÃO DE NANOFERRITA DE MANGANÊS PELO MÉTODO DE COMBUSTÃO EM SOLUÇÃO (SCS) PARA APLICAÇÃO EM BIONANOCOMPOSITO

Ana Clara Ferreira de Sousa
Débora Albuquerque Vieira
Mireli Tomazi Fidelis
Anderson Souza Silva
Ana Cristina Figueiredo de Melo Costa

DOI 10.22533/at.ed.8972017097

CAPÍTULO 8..... 94

TRATAMENTO DE METAIS PESADOS PRESENTES EM RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS POR ESTABILIZAÇÃO E SOLIDIFICAÇÃO EM MATRIZ DE CIMENTO

Eder Saulo de Freitas Galindo
André Luiz Fiquene de Brito

DOI 10.22533/at.ed.8972017098

CAPÍTULO 9..... 109

ESTUDO DA COMPACTAÇÃO E SINTERIZAÇÃO DE PÓS CERÂMICOS DE ZnO (ÓXIDO DE ZINCO) OBTIDOS POR REAÇÃO DE COMBUSTÃO COM POTENCIAL PIEZOELÉTRICO

Verônica Barbosa da Silva
Débora Albuquerque Vieira
José Bruno Silva Gomes
Sara Paulina Noronha Lima
Herbert Fonseca da Silva
Ana Cristina Figueiredo de Melo Costa

DOI 10.22533/at.ed.8972017099

CAPÍTULO 10..... 122

INFLUÊNCIA DO USO DE AGENTE MODIFICADOR DE IMPACTO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO COPOLÍMERO RANDÔMICO DE POLIPROPILENO

Jesus Rogério Damé Pereira
Carmen Iara Walter Calcagno
Ruth Marlene Campomanes Santana

DOI 10.22533/at.ed.89720170910

CAPÍTULO 11..... 134

INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE SORBITOL E PROPILENOGLICOL NAS

CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE FILMES DE QUITOSANA

Letícia Pereira Almeida

Francisco Fábio Oliveira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.89720170911

CAPÍTULO 12..... 140

O QUE FAZER COM OS REEE DO CESC E CESC?

Fernando Wesley Pinheiro Brito

Railane dos Santos de Sousa

Ana Sávia Constâncio da Silva

Maria de Fátima Salgado

DOI 10.22533/at.ed.89720170912

CAPÍTULO 13..... 152

LEVANTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS PERTENCENTES AO COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SANTA TEREZA E SANTO ANTÔNIO

Walberisa Magalhães Gregório

Maria Cristina Bueno Coelho

Mauro Luiz Erpen

Maurilio Antônio Varavallo

Juliana Barilli

Asafe Santa Bárbara Gomes

Marcos Vinicius Giongo Alves

Marcos Vinícius Cardoso Silva

Yandro Santa Brigida Ataíde

DOI 10.22533/at.ed.89720170913

CAPÍTULO 14..... 160

REGRESSÃO MÚLTIPLA COMO INSTRUMENTO DE EXPLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VIOLÊNCIA NO BRASIL EM 2014

Afonso Fonseca Fernandes

Américo Matsuo Minori

Heber José de Moura

DOI 10.22533/at.ed.89720170914

SOBRE OS ORGANIZADORES 173

ÍNDICE REMISSIVO..... 174

CAPÍTULO 2

PROPOSTA DE ALGORITMO PARA REGRAS DE CIRCULAÇÃO DE TRENS EM FERROVIA SINGELA COM PONTOS DE CRUZAMENTO EM MODELO DE SIMULAÇÃO BASEADA EM EVENTOS DISCRETOS OU AGENTES

Data de aceite: 01/09/2020

Rafael Buback Teixeira

IFES - Instituto Federal do Espírito Santo -
Campus Cariacica
Cariacica, Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/6349576125732853>

Luiz Henrique Lima Faria

IFES – Instituto Federal do Espírito Santo –
Campus Cariacica
Itacibá – Cariacica/ES – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4804415617552938>

Afonso Celso Medina

Escola Politécnica da Universidade Federal do
Espírito Santo
São Paulo, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1716067495545837>

Augusto Cesar Pereira

GENOA – Consultoria em Projetos de
Simulação e Otimização
São Paulo – SP – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1022640878729024>

Frederico Augusto Coelho Vieira da Costa

IME - Instituto Militar de Engenharia
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0236723644939736>

Luiz Antonio Silveira Lopes

IME - Instituto Militar de Engenharia
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/4190993496892481>

Ivan Ronei Herzog Mação Campos

IFES - Instituto Federal do Espírito Santo -
Campus Cariacica
Cariacica, Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/7040271578672914>

Lucas Corteletti Rodrigues

GEMAD – Grupo de Estudo em Manufatura
Digital
Rod. Gov. José Henrique Sette, 184 – Itacibá –
Cariacica/ES - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3596227034383944>

RESUMO: Um dos principais problemas que os estudos de capacidade de sistemas ferroviários se deparam é representado pela complexidade derivada do grande número de variáveis probabilísticas e determinísticas. É necessário simplificações para adoção desses modelos como ferramenta de tomada de decisão. Na simulação de ferrovia com n pontos de cruzamento, por exemplo, deve-se implementar regras de circulação que permitam movimento de trens na ferrovia semelhante à realidade, sem os indesejáveis travamentos por decisões equivocadas de preferência no uso de pátios ou linhas singelas. Este artigo apresenta um algoritmo de controle de tráfego para aplicação em simulador baseado em eventos discretos ou mesmo agentes. O algoritmo proposto considera as paradas por manutenção, trens que circulam sem programação prévia de horário de chegada e trens com horário preestabelecido de chegada. Os resultados apresentados apontam que o algoritmo proposto é capaz de coordenar toda a dinâmica de trens na simulação com tempos computacionais reduzidos.

PALAVRAS CHAVE. Simulação ferroviária, Agentes, Controle de Tráfego Ferroviário.

TÓPICOS: Simulação, Algoritmo, Logística Ferroviária.

1 | INTRODUÇÃO

No desenvolvimento de modelos de simulação de eventos discretos ou de agentes, a abstração do sistema a ser simulado para a construção da modelagem conceitual deve considerar lógicas simplificadas e eficientes que permitam, com confiabilidade, auxiliar na resolução de problemas complexos. Durante o processo de construção conceitual do modelo, o analista tem que identificar as circunstâncias com as quais as atividades se iniciam e terminam, bem como os agendamentos de decisões que satisfazem as condições ou limitantes ao comportamento anterior (FURIAN et. al, 2018). Tal abstração, quando aplicada em alguns sistemas reais, pode se tornar complexa, principalmente quando leva em consideração simuladores de tráfego de trens com pátios de cruzamento com vias singelas ou duplas.

Neste contexto, os simuladores de tráfego de trens, principalmente quando baseados em eventos discretos, possuem um dificultador no que se refere à definição de lógicas capazes de evitar que decisões do simulador ocasionem, em eventos futuros no decorrer da simulação, o travamento do sistema, inviabilizando os resultados obtidos do simulador. Não obstante à essa situação, a simulação de eventos discretos não tem por fundamento a otimização quanto aos eventos futuros dada uma decisão presente (FARRELL, 1977). Apesar de modelos matemáticos como os da UIC 406 de 2004 apontarem que para a determinação da capacidade máxima de uma via ferroviária é necessária a otimização dos resultados, uma lógica genérica que permita que o tráfego de trens seja realizado, com trens em ambos os sentidos da via, mesmo sem otimização de eventos futuros, para aplicação em simulador de eventos discretos ou agentes, é relevante para auxiliar na concepção desses simuladores.

Deste modo, esta pesquisa tem por objetivo propor um algoritmo de circulação de trens baseado no controle de tráfego seguro com abordagem baseada em processos, que possa facilmente ser aplicado em lógica de simulação de eventos discretos ou agentes. O algoritmo proposto tem como propósito representar as decisões de criação de rotas de trens em linha singela com diversos pontos de cruzamento. A ideia principal do algoritmo é formalizar uma função para análise de fluxo que permita que o trem seja liberado com segurança de um pátio para outro seguinte na sua rota, sem riscos de travamento do tráfego por conta de liberações equivocadas e, conseqüentemente, choques dos trens.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Os cruzamentos em linhas férreas singelas são permitidos mediante a utilização de um aparelho de mudança de via (AMV), podendo os mesmos serem liberados por sinais em vias com sinalizações mais arcaicas e por rotas seguras em vias com sinalizações mais novas. (CAPPART, 2017).

Conforme a Norma 406 da Union Internationale Des Chemins de Fer – UIC, a capacidade de infraestrutura ferroviária depende da forma como ela é operada, sendo os parâmetros básicos que sustentam a capacidade relacionados às características da via, do sistema de sinalização, da programação do transporte dos trens e do nível de pontualidade imposta.

Em vista desta problemática nas estradas de ferro, modelos de otimização matemática e algoritmos heurísticos têm protagonizado diferentes práticas no seu âmbito gerencial (CORMAN et al., 2011). Nesse sentido, as altas porções de tempo para determinar soluções factíveis, a garantia da melhor solução e sobretudo a dificuldade de formular modelos analíticos, devido à vulnerabilidade a elementos complexos, propiciaram aplicações de simulações (XU et al., 2018; FU et al., 2016).

Dadas as motivações de uso e contexto desta pesquisa, as simulações, definidas como imitações simplificadas das operações de um sistema ao longo do tempo para fins de compreensão e/ou melhoria (STEWART, 2014), possuem empregos diversos, principalmente em sistemas complexos como os ferroviários.

Autores como Dessouky e Leachman (1995), Lu et al. (2004) e a Dorfman e Medanic (2004) já pesquisaram sobre análise da capacidade de cruzamentos férreos complexos, metodologia para modelagem e simulação de entroncamentos de linhas de ferro simples e complexas com configuração múltipla de trajeto e de velocidade e sobre o desenvolvimento de estratégias para enfrentar perturbações na grade horária dos trens através de simulações. Já pesquisadores como Xu et al. (2019) focaram suas pesquisas na evidenciação e resolução de modelos de otimização com base nas regras de alocação e métodos de simulação, conseguindo resultados sobre a atribuição de locomotivas a trens não planejados com horário de saída ao invés daqueles com cronograma pré-agendado em estradas de ferro com vias singelas. Apesar de modelos desta natureza não ser o foco deste trabalho (voltado para a alocação de material rodante), ele contribui para criação da lógica do trabalho proposto devido ao entendimento do autor na forma de circulação e operacionalização do modelo.

Conforme Şahin (1999), o tráfego de trens em uma via singela com diversos pontos de cruzamento considera, na prática, um sistema de sinalização de modo a gerar condições seguras para a movimentação dos trens em diversos segmentos de bloqueio (SB). Algumas regras são definidas de forma mais rígida e outras mais flexíveis, de acordo com o sistema de sinalização da companhia que opera a via férrea.

Paralela às simulações de cruzamento de trens relatadas, citações e pesquisas sobre formas usuais de desenvolvimento de modelos de simulação de eventos discretos (*Discrete Event Simulation* – DES) e simulação baseada em agentes (*Agent-Based Simulation* – ABS) também são necessárias. Assim, segundo Borshchev et al. (2004), ambas as formas de modelagem possuem singularidades quanto ao emprego e eficácia de

uso, porém, DES são denominadas pela presença da entidades (objetos passivos) as quais passam por blocos de fluxograma onde podem permanecer em filas, serem atrasadas, processadas, combinadas etc., ao passo que na abordagem ABS, o comportamento global advém da manifestação de objetos ativos com conduta individuais descritas na modelagem. De maneira complementar, Chan et al. (2012) reitera que a distinção entre as duas deve-se devido à natureza proativa, autônoma e inteligente do ABS ao passo da postura simples, reativa e de capacidade limitada das entidades.

Desta forma, a construção de um modelo de simulação baseado em eventos discretos de uma operação de movimentação de trens em uma linha singela, para decisões tático-estratégicas, apresenta dificuldades tangentes à definição de regras gerais para resolver o problema do tráfego de trens de modo a permitir refletir uma realidade operacional, sem riscos de travamento do sistema de circulação e, por consequência, da replicação de simulação. Por outro lado, a adoção de simulação de agentes pode ser uma saída interessante no tocante à modelagem de sistemas ferroviários, visto que o agente é um elemento com uma pseudo inteligência artificial capaz de tomar decisões a partir de interações com o meio, percebendo o ambiente e agindo de acordo com sua percepção (FERBER. 1999). O agente, portanto, comunica-se com o meio, sendo capaz de se modificar a partir de uma nova condição e de modificar o meio a partir de tomadas de decisões previamente estabelecidas (WOOLDRIDGE, 2002).

Independentemente do método de solução do problema de modelagem de cruzamentos ferroviários, uma metodologia bastante usual para desenvolvimento de modelos de simulação é a proposta por Banks (2010). De acordo com o autor, três abordagens são conhecidas na elaboração de simulação baseada em eventos discretos, sendo: i) baseada em tabela de eventos; ii) baseada em atividades e; iii) baseada em processo. A abordagem baseada em processos é interessante pois permite considerar alguns aspectos de simulação de agentes, por meio do controle iniciado para cada entidade do sistema que, dependendo da forma de interação entre elas, podem assumir formas de agentes inteligentes (BANKS, 2010). Devido ao grande avanço dos softwares de simulação, atualmente é possível pensar em novos paradigmas de simulação, não nos reservar somente a um método de simulação para resolução de problemas e permitindo a aplicação de diversos métodos combinados de modo a aproveitar o que há de melhor em cada um para uma decisão mais robusta.

3 | ABSTRAÇÃO DO SISTEMA DE TRÁFEGO DE TRENS EM VIA SINGELA

Etapa importante do processo de construção de um modelo de simulação é a modelagem conceitual que exige o exercício de abstração do sistema real, trazendo uma caracterização do sistema que seja compatível com as perguntas que se desejam respondidas pelo modelo. É um processo que requer criatividade ao ponto de trazer ao contexto o sistema em diversos formatos (FURIAN et. al, 2018).

Considere-se um problema de escoamento de carga de uma unidade de produção (por ex.: minas de carvão, minério etc.) até uma unidade demanda (por ex.: portos de exportação). As unidades de produção e de demanda são interligadas por um sistema ferroviário que tem objetivo de transportar toda a carga da produção até a demanda. Esse sistema é composto por uma única via singela e por diversos pátios de cruzamento, com duas seções de bloqueio cada. Trens trafegam por essa via singela tanto no sentido 'descendo' (da produção até a demanda) e cheios, quanto no sentido 'subindo' (da demanda até a produção) e vazios, similar ao exemplo descrito na Figura 1.

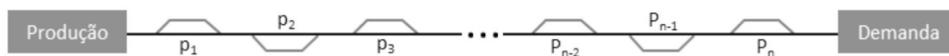


Figura 1 – Representação da via singela de n pátios de cruzamento separados por trechos singelos

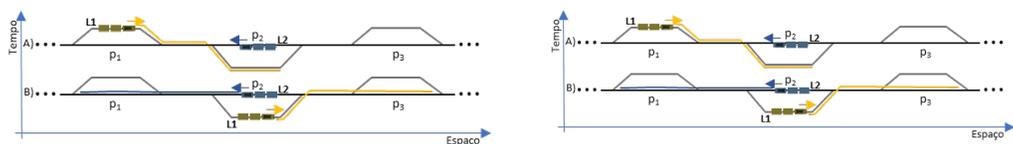
As unidades de produção e demanda possuem fila de atendimento, que recebe os trens para o processamento. A capacidade limitada das filas tem relação com a capacidade de acomodação dos trens nos pátios de recepção dentro das unidades, assim como para a quantidade de pontos de carregamento (por ex.: silos de carregamento) ou descarregamento (por ex.: viradores de vagões) para o processamento. Na unidade de produção, durante o processamento dos trens, é realizado o carregamento e na unidade de demanda, por sua vez, é realizado o descarregamento (esses processamentos são realizados por uma determinada taxa de atendimento). Os trens que forem impedidos de entrar na unidade de produção ou demanda, por limitação da fila, permanecem na ferrovia até que haja disponibilidade, respeitando regras gerais para evitar travamentos.

Neste cenário, todos os trens que realizam o atendimento entre a produção e demanda permanecem no sistema em circuito fechado, porém existem trens que interferem na circulação de outros trens, como de carga geral, que são gerados em determinado pátio de cruzamento (p_i) e dispensados em outro pátio de cruzamento (p_j). Isso considera o fato de que há outras ramificações do sistema ferroviário para outras unidades produtivas e logísticas que não são escopo do sistema considerado, mas que utilizam parcialmente os recursos de ferrovia e, por esse motivo, precisam ser considerados na simulação.

Além de todas essas questões com relação aos trens, unidades, via singela e pátios, é importante considerar outras interferências comuns nos sistemas produtivos. Os recursos possuem sua eficiência atrelada às suas confiabilidades. Com baixa confiabilidade o risco de problema inesperado aumenta para os recursos, necessitando intervenções de manutenção corretiva para tornar o recurso novamente disponível. As manutenções corretivas na via somente ocorrem quando há um segmento bloqueado e um trem em mesma atividade (movimentação). Assim, a indisponibilidade momentânea do recurso

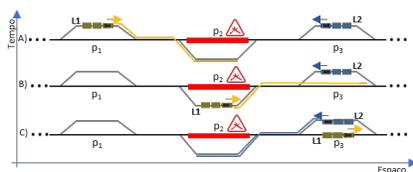
em manutenção corretiva ocasiona interrupção da atividade de movimentação do trem e, conseqüentemente, diminui a capacidade da via singela, pelo menos no trecho afetado, em atender à demanda. De modo a evitar a necessidade de manutenções corretivas, são escalonadas manutenções preventivas ao longo da via, mantendo a confiabilidade dos recursos em níveis pelo menos aceitáveis.

Na dinâmica ferroviária em via singela, os cruzamentos de trens são eventos relativamente comuns, podendo existir diversas situações onde tal dinâmica se faz presente. O cruzamento simultâneo ocorre sem necessidade de espera pelos trens que trafegam em sentidos contrários (Figura 2a). No exemplo da figura, no instante de tempo 'A' o trem à esquerda L1 segue no sentido 'descendo' de p_1 a p_3 e o trem à direita L2 segue no sentido 'subindo' de p_3 a p_1 . O pátio p_2 está totalmente livre, com duas SBs livres. O trem L1 e o pátio L2 alocam, cada um, uma SB no pátio p_2 e seguem para o pátio p_2 . Após chegarem no pátio p_2 no instante 'B', o trem L2 aloca espaço no pátio p_1 , enquanto o trem L1 aloca espaço no pátio p_2 . Após seguirem aos respectivos pátios alocados, o cruzamento é finalizado.



(a) cruzamento simultâneo

(b) cruzamento não simultâneo



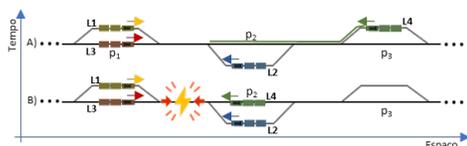
(c) cruzamento com pátio parcialmente em manutenção

Figura 2 – Exemplo de esquemas de movimentação para cruzamento de trens.

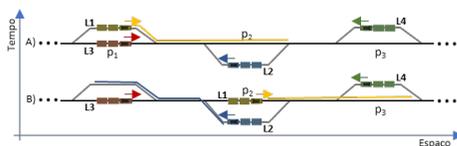
Outro tipo de cruzamento comum, visto que os movimentos são todos assíncronos na realidade da dinâmica ferroviária, é ilustrado na Figura 2b. No exemplo da figura, o trem L1 chegou primeiro no pátio p_1 , enquanto que o trem L2 chegou depois do pátio p_2 . Então, no instante 'A', o trem L1 tem prioridade em utilizar a singela para seguir do pátio p_1 até o p_2 . O trem L2, como não pode utilizar a singela, aguarda até o instante 'B' o trem L1 torna disponível a singela novamente que irá ser utilizada pelo trem L2 a partir desse instante.

Além das situações já exemplificadas acima, um exemplo de cruzamentos pode haver em situações em que manutenções preventivas são realizadas na via. Assim, quando o pátio está em manutenção parcial, estando disponível somente uma SB, mesmo com a singela entre pátios disponível, um trem terá que aguardar outro para utilizar o pátio que se encontra parcialmente em manutenção preventiva, conforme ilustrado na Figura 2c.

Na dinâmica ferroviária, caso as decisões de liberação e retenções de trens não ocorram de forma satisfatórias, podem ocorrer situações de travamento, em que os trens, em determinado trecho da via, não conseguem mais avançar, em virtude de dois trens permanentemente no pátio seguinte, em sentido contrário. A solução que pode corrigir esse problema, na prática, é permitir a passagem de um ou mais trens no sentido contrário do seu fluxo, provocando o destravamento. No exemplo da Figura 3a, é possível visualizar o momento em que o trem L4 é liberado para seguir ao pátio p_2 por ser o trem que requisitou primeiro seguir à frente. No instante 'B', após a movimentação do trem L2, ocorre o travamento do trecho. Em contrapartida, na Figura 3b, se o trem L4 não for liberado, o trem L1 pode ser liberado primeiro no instante 'A' e, em seguida o trem L2 ser liberado para o pátio p_1 , resolvendo o conflito.



(a) travamento de trecho ferroviário



(b) não travamento de trecho ferroviário

Figura 3 – Esquema da movimentação em cruzamento com possibilidade de travamento

Pode-se enumerar diversas situações que podem ocorrer na prática e que requerem decisões de qual trem liberar primeiro, numa análise de consequências de eventos futuros e que afetam as decisões dos outros trens. O importante é analisar o impacto de cada decisão de liberação de trens ou definir regras que garantem que o resultado seja um sistema sem travamentos.

4 | O SIMULADOR DE TRÁFEGO DE TRENS

Os gestores das linhas ferroviárias criam sistemas e controle em tempo real que evitam a ocorrência de travamentos. As decisões podem ser tomadas em conjunto, por meio de otimizadores de tráfego, com as devidas restrições, ou mesmo por regras de circulação, que analisa decisões na visão de cada trem. Saber qual decisão irá ser tomada no sistema para evitar esse tipo de conflito define que tipo de solução deve ser

utilizada para o controle de tráfego. Em estudos de capacidade de sistemas ferroviários, são desenvolvidos simuladores que representam com fidelidade a dinâmica ferroviária.

O modelo proposto nessa pesquisa foi desenvolvido para demonstrar a aplicabilidade do algoritmo de controle de tráfego de trens proposto, que busca aplicar regras de tráfego, sem otimização, e que evitam o travamento de trens no sistema. Foi desenvolvido baseado em processos e funções assíncronas que se comunicam por meio dos eventos discretos ao longo da execução da simulação.

A ferrovia modelada possui toda configuração de pátios, trechos singelos e segmentos de bloqueio (SB), bem como suas relações. Cada SB possui uma especialização que define a SB Pátio e a SB Singela. A diferença principal nesses casos é que a SB Pátio é contida no pátio de forma paralela e a SB Singela é contida no trecho singelo. A simulação considera cada SB como um recurso de via com capacidade de atender somente um trem ou uma manutenção preventiva por vez. A alocação do recurso SB acontece antes do movimento do trem até sua ocupação, de modo a evitar que dois trens se locomovam para o mesmo SB ou para um SB em manutenção.

Após iniciar a simulação é disparado um processo de *gerador_trem()*, que gerencia os eventos relacionados à geração de cada trem no sistema. Esse processo se mantém ativo até que não haja mais eventos futuros de geração de trens. O processo *ferrovia_CCO()*, também disparado no início da simulação, que trata do controle dos trens, coordenando todo o fluxo na ferrovia. Em virtude de restrições de publicação, esses processos não serão apresentados nesse artigo.

O modelo de simulação considera o sistema abstrato como descrito e assumindo que os trens principais permanecem em circuito fechado, ora sendo carregados na unidade de produção ora sendo descarregados na unidade de demanda. Deste modo, todos os trens estão em sentido descendo à demanda ou subindo à produção. Com essa simulação é possível realizar estudos de capacidade do sistema ferroviário em atender a logística entre produção e demanda. Entretanto, o foco principal desse artigo é propor o algoritmo que realiza o controle de tráfego de trens dentro do modelo de simulação, buscando refletir uma realidade observada em sala de controle de sistemas reais.

5 | ALGORITMO DE CONTROLE DE TRÁFEGO DE TRENS

O algoritmo de controle de tráfego de trens proposto considera regras gerais para permitir a liberação ou não dos trens ao longo dos pátios de cruzamento de modo a impedir travamentos do sistema. O algoritmo não possui capacidade de prever o futuro ou realizar otimizações do mesmo. Entretanto, suas regras gerais são capazes de prevenir que, após diversas possibilidades de estados futuros no sistema, não existam conflitos que ocasionem o travamento do sistema em virtude de liberações equivocadas de trens de um pátio a outro. Na tabela 5 são apresentados os objetos trem, singela, pátio, SB e unidade, com seus respectivos parâmetros.

Na Tabela 1 e 2 são apresentados alguns parâmetros e vetores para o controle de tráfego. A unidade de produção e demanda é definida como parâmetro na simulação baseadas na classe unidade. O vetor `trens[]` contém cada trem do sistema assume uma posição que representa sua identificação na simulação. Os pátios também são organizados em um vetor ordenado, pátios, de modo que, para o pátio na posição n , pátio seguinte na direção descendo (à unidade de demanda) é $n+1$ e o pátio seguinte na direção subindo (à unidade de produção) é $n-1$. Os segmentos de bloqueio são organizados no vetor `sbs[]`. Os pátios contêm a referência da próxima singela na direção descendo. Assim toda a ferrovia de via singela permanece conectada entre os diversos pátios e singelas. Cada pátio também possui referência de cada SB, bem como a singela com sua SB referenciada. `Fila_CCO` é o vetor que representa a fila de trens aguardando liberação do CCO.

Objetos/Atributos/Métodos	Tipo	Descrição
Trem	classe trem	Objeto do tipo trem
- trem.sentido	byte	1 (sentido descendo) ou -1 (sentido subindo)
- trem.pátio_origem	inteiro	Posição do pátio de origem do trem no vetor <code>trens[]</code>
- trem.evento_liberado	evento	Evento sinaliza que o trem foi liberado para movimentação
- trem.fora_ferrovia()	binário	Método que retorna se o trem está fora da ferrovia para entrar
Singela	classe singela	Objeto do tipo singela
- singela.sb	classe sb	Segmento de bloqueio referente à SB
Pátio	classe pátio	Objeto do tipo
- pátio.sb[]	classe sb	Array de segmento de bloqueio (SB) referente ao pátio
- próxima_singela	classe singela	A próxima singela no sentido descendo (1)
SB	classe sb	Objeto do tipo SB (segmento de bloqueio)
- sb.ocupado	binário	Se verdadeiro, a SB está ocupada por um trem ou manutenção
- sb.trem	classe trem	Trem que alocou e está mantendo ocupada a SB
Unidade	classe unidade	Representa uma unidade (produção ou demanda)
- unidade.disponível()	Binário	Método que retorna se a unidade está disponível

Tabela 1 – Objetos, atributos e métodos utilizados para análise do controle de tráfego de trens

Parâmetros e vetores	Tipo	Descrição
<code>unidade_produção</code>	classe unidade	Unidade de produção ligada ao primeiro pátio da ferrovia
<code>unidade_demanda</code>	classe unidade	Unidade de demanda ligada ao último pátio da ferrovia
<code>trens[]</code>	array de trem	Array de objetos do tipo trem no sistema
<code>pátios[]</code>	classe pátio	Array de objetos do tipo pátio na ferrovia do sistema
<code>singelas[]</code>	classe singela	Array de objetos do tipo singela na ferrovia do sistema
<code>sbs[]</code>	classe sb	Array de objetos do tipo sb na ferrovia do sistema
<code>Fila_CCO[]</code>	array de trem	Array de trem aguardando liberação CCO, em fila.
<code>evento_analise</code>	evento	Evento que sinaliza o sistema para realizar análise CCO

Tabela 2 – Parâmetros e vetores utilizados para análise do controle de tráfego de trens

O controle de tráfego de trens é realizado pelo procedimento Ferrovias_CCO, conforme apresentado na Figura 4, responsável pelas decisões com relação à verificação da disponibilidade de recursos para avançar para o próximo pátio, bem como a verificação de que o avanço para o próximo pátio pode atrelar ou não ao travamento do sistema. A análise de travamento é realizada por meio da função Verificar_Trem(), ilustrada na Figura 5, para cada trem que encontra-se aguardando liberação na fila de requisições controlada pelo processo Ferrovias_CCO. A função possui um conjunto de regras capaz de varrer de forma eficiente os pátios seguintes, buscando impedimentos que possam ocasionar o travamento do sistema de modo a impedi-los. Ao realizar a verificação do trem quando aos bloqueios, a função Alocar_Recursos é acionada para o trem e o mesmo é liberado disparando trem.evento_liberado.

```
PROCEDIMENTO Ferrovias_CCO(fila_CCO,evento_analise):
| FAÇA INDEFINIDAMENTE
| | evento_analise = novo_evento()
| | PARA CADA trem EM fila_CCO FAÇA
| | | SE Verificar_Trem(trem) ENTÃO
| | | | Alocar_recursos(trem)
| | | | LIBERAR trem.evento_liberado
| | AGUARDAR evento_analise
| RETORNA Analise_de_Fluxo(trem)
```

Figura 4 – Pseudocódigo da função de Ferrovias_CCO()

O procedimento Ferrovias_CCO é executado de forma assíncrona na simulação sendo controlado por um evento denominado evento_analise. Enquanto o evento_analise não for disparado por outro processo na simulação, comumente após alguma liberação de recurso via o procedimento Ferrovias_CCO fica aguardando. Uma vez disparado o evento, cada trem que estiver na fila_CCO aguardando ordem de liberação para seguir para o próximo pátio é verificado. Toda vez que um trem chega a um pátio, ele entra na fila_CCO e dispara o evento_analise, ou seja: ele requisita à Ferrovias_CCO permissão para avançar. Se a verificação retornar verdadeiro, a alocação de recursos até o próximo pátio é realizada e o evento de liberação do trem é disparado. A verificação do trem considera algumas condições iniciais, seguida de uma análise de fluxo realizada pela função Verificar_Trem(trem). Uma vez que as condições de impedimento são falsas é necessário analisar o fluxo do trem com base na função Analise_de_Fluxo, na Figura 6.

```

FUNÇÃO Verificar_Trem(pátios[],unidade_demanda,unidade_produção,trem):
| SE (trem.sentido == 1 E trem.pátio_origem == contar(pátios)) OU
  (trem.sentido == -1 E trem.pátio_origem == 0) ENTÃO
| | SE (trem.sentido == 1 E NÃO unidade_demanda.disponível()) OU
| |   (trem.sentido == -1 E NÃO unidade_produção.disponível()) ENTÃO
| | | RETORNA falso
| | orig_pátio = pátios[trem.pátio_origem] : pátio
| | dest_pátio = pátios[trem.pátio_origem+trem.sentido] : pátio
| SE dest_pátio.sb[0].ocupado E dest_pátio.sb[1].ocupado ENTÃO
| | RETORNA falso
| SENÃO SE NÃO trem.fora_ferrovia() ENTÃO
| | SE (trem.sentido == 1 E ori_pátio.próxima_singela.sb.ocupado) OU
| | | (trem.sentido == -1 E dest_pátio.próxima_singela.sb.ocupado) ENTÃO
| | | RETORNA falso
| | RETORNA Analise_de_Fluxo(trem)

```

Figura 5 – Pseudocódigo da função Verificar_Trem(trem)

```

FUNÇÃO Analise_de_Fluxo(pátios,trem): binário
X = 1 : inteiro
aux = trem.pátio_origem+trem.sentido*2 : inteiro
ENQUANTO X >= 1 FAÇA
  pátio: auxpt = pátios[aux]
  SE auxpt.sb[0].ocupado E auxpt.sb[1].ocupado ENTÃO
    SE (auxpt.sb[0].trem é trem E auxpt.trem.sentido != trem.sentido) E
      (auxpt.sb[1].trem é trem E auxpt.trem.sentido != trem.sentido ENTÃO
      RETORNA falso
  SENÃO SE (auxpt.sb[0].trem é trem E auxpt.sb[1].trem é trem) E
    (auxpt.sb[0].trem.sentido != auxpt.sb[1].trem.sentido) ENTÃO
    X = X + 1
  SENÃO SE (auxpt.sb[0].trem é trem E auxpt.trem.sentido == trem.sentido) E
    (auxpt.sb[1].trem é trem E auxpt.trem.sentido == trem.sentido) ENTÃO
    X = X + 2
  SENÃO SE ((auxpt.sb[0].trem é trem E auxpt.trem.sentido != trem.sentido) OU
    (auxpt.sb[1].trem é trem E auxpt.trem.sentido != trem.sentido))
    E NÃO (auxpt.sb[0].ocupado E auxpt.sb[1].ocupado) ENTÃO
    X = X - 1
  SENÃO SE ((auxpt.sb[0].trem é trem E auxpt.trem.sentido == trem.sentido) OU
    (auxpt.sb[1].trem é trem E auxpt.trem.sentido == trem.sentido))
    E NÃO (auxpt.sb[0].ocupado E auxpt.sb[1].ocupado) ENTÃO
    X = X + 1
  FIM SE
  SENÃO SE (auxpt.sb[0].ocupado OU auxpt.sb[1].ocupado) E
    NÃO (auxpt.sb[0].ocupado E auxpt.sb[1].ocupado) ENTÃO
    SE (auxpt.sb[0].trem é trem E auxpt.trem.sentido == trem.sentido) ENTÃO
      X = X - 1
    SENÃO
      X = X + 1
    FIM SE
  SENÃO
    X = X - 1
  FIM SE
  SE X == 0 ENTÃO RETORNA verdadeiro
  aux = aux + trem.sentido
  SE aux >= contar(pátios) OU aux == -1 ENTÃO RETORNA falso
  RETORNA falso

```

Figura 6 – Pseudocódigo da função Análise_de_Fluxo(trem)

A função Verifica_Trem, como ilustrado na Figura 5, busca retornar se o trem possui as condições necessárias para seguir até o próximo pátio, sem causar travamentos futuros e ao mesmo tempo garantindo a ocupação adequada dos recursos da via. A lógica presente nesse algoritmo parte do pressuposto que todo trem precisa ter uma garantia de espaço mais à frente, antes de avançar ao pátio seguinte. Caso a razão entre espaços possíveis à frente e trens demandantes desses espaços seja inferior à um, não é possível avançar o trem em análise. Isso é facilmente resolvido pela variável X. Quando, ao final da análise, $X \geq 1$, não há espaço suficiente para todos os trens no mesmo sentido de análise.

Desse modo, a análise é iniciada atribuindo $X = 1$, definindo inicialmente 'aux' como o índice do próximo pátio do trem em análise. Enquanto o $X \geq 1$, diversas condições irão decrescer e acrescer o valor de X , ou seja, buscando ou encontrando espaços para um ou mais trens no mesmo sentido ao longo da rota futura do trem. Toda a vez que é identificado um pátio com somente um trem no mesmo sentido do trem em análise, o valor de X é acrescido de 1. Caso o trem esteja no sentido contrário, X é decrescido de 1. Quando no mesmo pátio há dois trens no mesmo sentido, o valor é acrescido de 2. E quando há dois trens em cruzamento, é acrescido de 1, considerando, assim, o pior caso. Na situação em que é identificado um pátio com dois trens em sentido oposto ao trem em análise, a função é interrompida retornando falso, ou seja, não é possível liberar o trem por conta desse impedimento já existente ao longo da rota. Caso a SB esteja em manutenção preventiva, ou seja, ocupada, mas sem nenhum trem alocado, o valor de X não sofre nenhuma alteração. E, caso não haja trem nem manutenção no pátio, valor de X decresce 2. A final da análise de cada pátio, se $X < 0$, a função retorna verdadeiro, ou seja, o trem será liberado. Esse procedimento é repedido após varrer todos os pátios. Para tanto, aux é acrescido ou decrescido dependendo do sentido do trem.

6 | EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

O objetivo principal dessa experimentação é demonstrar a aplicabilidade dos algoritmos propostos no controle de tráfego de trens dentro de um sistema de simulação de eventos discretos ou agentes. E para experimentar o algoritmo proposto nesse artigo foi realizada a implementação de modelo de simulação em Python, utilizando a biblioteca de eventos discretos Simpy, disponível gratuitamente em repositório público. Essa biblioteca permite a modelagem computacional de modelos de simulação de eventos discretos baseado em processo. Isso permite a adoção de algumas abordagens de simulação baseada em agentes, dada a comunicação entre processos durante a simulação. Cada processo pode ser executado para cada entidade, caracterizando, assim, inteligência da entidade no controle de seu fluxo decisório.

Para os experimentos computacionais foram considerados cenários de 4 e 15 pátios de cruzamento. Cada pátio de cruzamento contém dois segmentos de bloqueio entre SBs. Cada SB está associado a um recurso com capacidade unitária. O pátio P00 representa a unidade de produção e o pátio PNN representa a unidade de demanda nas representações gráficas.

Inicialmente foi realizado experimentos determinísticos para entender alguns comportamentos gerais do sistema. Os parâmetros considerados estão apresentados na Tabela 3. Não foram consideradas variações probabilísticas. Também, nesse momento, não foram consideradas manutenções corretivas ou preventivas, além de não considerar nesses cenários iniciais, o uso da ferrovia por outros trens que não fazem parte do sistema. Desse modo, o modelo de simulação irá apresentar um comportamento cíclico e determinístico.

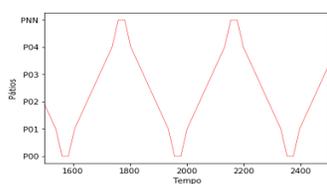
Parâmetro	Unidade	Valor
Tempo de trajeto por segmento de bloqueio	Minuto	22
Tempo de entrada na unidade de produção	Minuto	30
Tempo de atendimento na unidade de produção	Minuto	60
Capacidade da recepção na produção	Trem	2
Capacidade de atendimento na produção	Trem	1
Tempo de entrada na unidade de demanda	Minuto	30
Tempo de atendimento na unidade de demanda	Minuto	60
Capacidade da unidade de demanda	Trem	2
Capacidade de atendimento na produção	Trem	1

Tabela 3 – Parâmetros utilizados para os experimentos determinísticos com 4 pátios

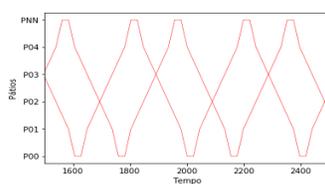
Para análise do comportamento e da utilização da capacidade do sistema, foi analisado o número médio de ciclos e o tempo médio de ciclos dos trens. A simulação foi executada por 65 horas em uma única replicação, de modo a verificar o comportamento. Os cenários foram nomeados como DET_n, onde n representa o número de trens no sistema. Os resultados das simulações para esses diferentes cenários no sistema estão ilustrados na Figura 5, compreendendo o período de 1000 a 3000 minutos de simulação.

Os gráficos de trens ilustrados na Figura 7 demonstram que a utilização da ferrovia pelos trens que estão no sistema tem apresentado um comportamento esperado, à medida que há aumento do número de trens no sistema. A dinâmica ferroviária ocorre, sendo verificado em todos os cenários simulados o não travamentos no sistema.

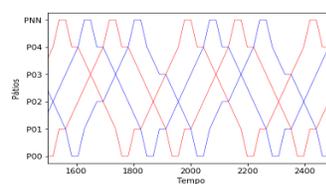
E conforme ilustrado na Tabela 4, o número de ciclos por trem diminui do aumento do tempo médio por ciclo, ocasionado pelo aumento das paradas por conta da dinâmica ferroviária e da capacidade limitada de atendimento nas unidades de produção e demanda. É possível observar que o melhor cenário dos que foram apresentados é o DET_6, que contém 6 trens, realizando 14,4 atendimentos da unidade de demanda. O cenário com 8 ou 10 trens apresenta uma queda na frequência em vista ao aumento potencial no tempo médio por ciclo.



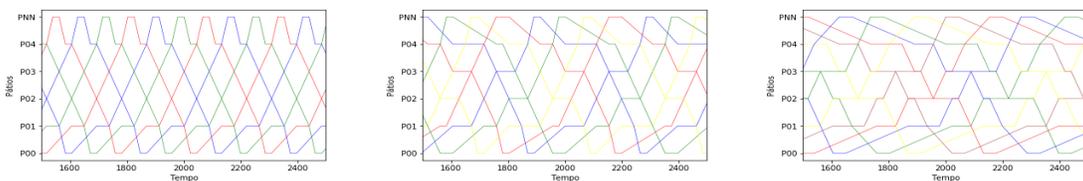
(a) DET_1 (um trem)



(b) DET_2 (dois trens)



(c) DET_4 (quatro trens)



(d) DET_6 (seis trens)

(e) DET_8 (oito trens)

(f) DET_10 (dez trens)

Figura 7 – Gráfico de trens para cenários determinísticos variando número de trens

Após verificar a utilização do algoritmo para cenários pequenos, consideremos dois cenários com 16 trens circulando em 15 pátios. Foi acrescida a capacidade da recepção na unidade de produção e de demanda de 2 para 5 trens no subsistema. Os demais parâmetros são mantidos.

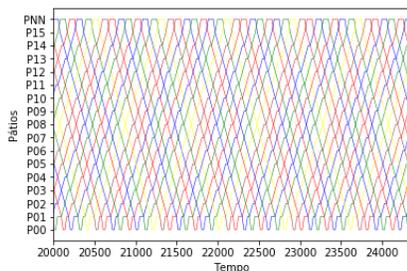
No primeiro cenário DET_A16, ilustrado na Figura 8(a) não foram consideradas manutenções preventivas, corretivas ou variabilidade do tempo de trajeto, sendo um cenário determinístico. No segundo cenário PROB_A16, ilustrado na Figura 8(b), foram consideradas manutenções preventivas previamente programadas, manutenções corretivas com probabilidade de 0,015 de falha por evento e variação do tempo de trajeto em 20%. É observado que o modelo se comportou adequadamente às duas situações, não ocasionando travamentos no sistema. No cenário probabilístico PROB_A16 ocorreram 10,1 chegadas por dia enquanto que no cenário determinístico DET_A16 ocorreram 13,8 chegadas por dia.

Cenário	Número de ciclos (ciclo/trem)	Tempo médio por ciclo (h/ciclo/trem)	Frequência na unidade de demanda (trem/dia)
DET_1	8.00	6,6	3,3 trens/dia
DET_2	8.50	6,6	6,6 trens/dia
DET_4	7.50	7,3	11,8 trens/dia
DET_6	6.17	8,8	14,4 trens/dia
DET_8	3.75	13,2	12,6 trens/dia
DET_10	1.90	22,1	8,7 trens/dia

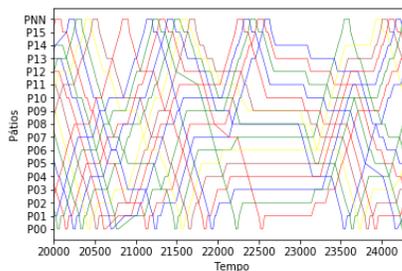
Tabela 4 – Gráficos de trens para os testes iniciais de simulação determinística

Adicionando trens de grade aos cenários DET_A16 e PROB_A16, sendo que esses trens ocupam temporariamente a ferrovia originados de e destinados à pátios intermediários entre a unidade de produção e de demanda, observamos que o algoritmo se comporta de maneira satisfatória, conforme cenários DET_B16 e PROB_B16, ilustrado nas Figuras 8(c) e 8(d), respectivamente. Com a interferência do trem de grade no sistema, o

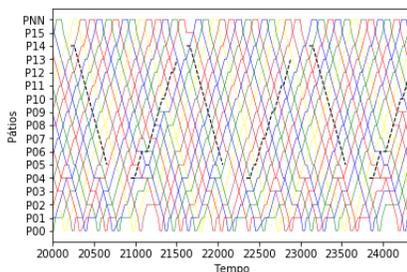
cenário probabilístico passa a realizar 9,2 chegadas/dia, uma queda de 0,9 chegada/dia em comparação ao cenário sem trem de grade. Se compararmos os cenários determinísticos, com trem de grade são 12,9 chegadas/dia, queda de 0,9 chegada/dia.



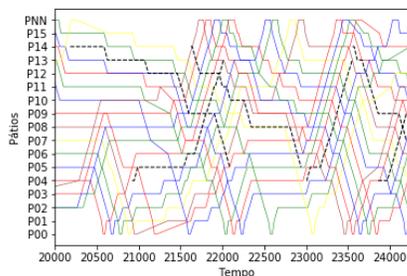
(a) DET_A16 – Determinístico sem trem de grade



(b) PROB_A16 – Probabilístico sem trem de grade



DET_B16 – Determinístico com trem de grade



(d) PROB_B16 – Probabilístico com trem de grade

Figura 8 – Comparando determinístico vs probabilístico, com e sem trens de grade

Considerando testes de desempenho computacionais, foram replicações de um ano, ou seja, 525600 minutos, para 15 e 30 pátios, variando número de trens. Foram consideradas manutenções preventivas, probabilidade de eventos de corretivas de 0,015 e variação do tempo de trajeto e operações em 20%. Foi considerado trem de grade descendo e subindo, num intervalo entre saídas de 12 horas. Em média, o tempo de execução em todos os cenários foi 30 segundos por replicação, chegando a menos de 60 segundos em cenários mais restritivos, por exemplo, com 30 pátios e 60 trens.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O algoritmo de controle de tráfego de trens proposto nessa pesquisa permitiu, de forma eficiente, resolver o problema de travamento de trens do modelo de simulação para

tráfego de trens. Foram incorporadas condições mais realistas, como manutenção corretiva, preventiva e variabilidade no tempo de trajeto, bem como interferência de trens de grade.

Com base nos testes realizados, é observado que o algoritmo permite uma utilização da ferrovia pelos trens nela envolvidos, de modo que haja um comportamento próximo à realidade, sem travamento, à medida que há aumento do número de trens no sistema. A frequência de chegada na unidade de demanda e o tempo médio de ciclo entre as unidades, apresenta valores condizentes, demonstrando válida a análise de simuladores com esse algoritmo para decisões de capacidade. O algoritmo apresentou ótimo desempenho computacional.

Assim, os simuladores de tráfego de trens, assim como outros simuladores de sistemas reais, devem respeitar as regras operacionais simplificadas sem erros conceituais e ou de lógica que provoquem travamento ou que reportem resultados não válidos quanto aos observados na prática. A validade do modelo somente será considerada quando essas condições forem satisfeitas. Estando válido o modelo, o mesmo é considerado operacional e permitirá estudos de capacidade bem como outros estudos relacionados.

Em continuidade a esta pesquisa, será melhorado o algoritmo proposto de modo a aplicar o mesmo em sistemas de simulação com novas decisões, como de ultrapassagem, dimensões de pátios, vias duplas e ramificações da ferrovia com múltiplas unidades de produção e demanda.

REFERÊNCIAS

BANKS, Jerry; CARSON II, JOHN S.; NELSON, Barry L.; NICOL, M. David. *Discrete-Event System Simulation*, 5ª ed., New Jersey, Perason Education, 2010.

BORSHCHEV, Andrei; FILIPPOV, Alexei. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. In: *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society*, 25-29 jul., 2004, Oxford.

CAPPART, Q. *Verification of Railway Interlocking Systems and Optimisation of Railway Traffic*. 2017. 146f. Tese (Phd in Applied Science in Engineering) - Université catholique de Louvain.

CHAN, Wai Kin Victor Chan; SON, Young Jun.; MACAL, Charles M. Agent-based simulation tutorial - Simulation of emergent behavior and differences between agent-based simulation and discrete-event simulation. In: *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 5-8 dez., 2010, Baltimore.

CORMAN, Francesco. *Real-time Railway Traffic Management: dispatching in complex, large and busy railway networks*. 2010. 212f. Tese (Phd in Management and Automation Engineer) - Technische Universiteit Delft.

CORMAN, Francesco; D'Ariano, Andrea; Hansen, Ingo; Pacciarelli, Dario. Optimal multi-class rescheduling of railway traffic. *Journal of Rail Transport Planning and Management*, v. 1, n. 1, p. 14-24, nov. 2011.

DESSOUKY, Maged M.; LEACHMAN, Robert. C. Simulation modeling methodology for analyzing large complex rail networks. *Simulation*, fev. 1995.

DORFMAN, M.; MEDANIC, J. Scheduling trains on a railway network using a discrete event model of railway traffic. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 38, n. 1, p. 81–98, 1 jan. 2004.

FANG, Wei; YANG, Shengxiang; YAO, Xin. A Survey on Problem Models and Solution Approaches to Rescheduling in Railway Networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 16, n. 6, dez. 2015. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7160720>>. Acesso em: 06 abril 2019

FERBER, JACQUES. *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Revisado por Juliette Rouchier. Addison-Wesley Professional. Ed. 1, 1999, 528 p.

FU, Lunce; DESSOUKY, Maged. Models and Algorithms for Dynamic Headway Control. *Computers & Industrial Engineering*, v. 103, p. 271-281.

FURIAN, Nikolaus; O’SULLIVAN, Justin; WALKER, G. Cameron; VÖSSNER, Siegfried; NEUBACHER, Dietmar. A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 56, Pages 82-96, 2015.

GOVERDE, Rob. M. P. A delay propagation algorithm for large-scale railway traffic networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 18, n. 3, p. 269-287, jun. 2010.

ROBINSON, Stewart. *Simulation: The Practice of Model Development and Use*, 2nd edition. [S.l.: s.n], 2014.

Şahin, İsmail. Railway traffic control and train scheduling based on inter-train conflict management. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 33, issue 7, p. 511-534, 1999.

W. Farrell, Literature review and bibliography of simulation optimization, *Proceedings of Winter Simulation Conference*, pp. 117-124, 1977.

WOOLDRIDGE, MICHAEL. *An Introduction to Multi-Agent Systems*. John Wiley & Sons. Ed.1, 2002, 348 p.

XU, Xiaoming; LI, Keping; LU, Xiaoshan. Simultaneous locomotive assignment and train scheduling on a single-track railway line: A simulation-based optimization approach. *Computers & Industrial Engineering*, v. 127, p. 1336–1351, jan. 2019.

XU, Xiaoming; LI, Keping; YANG, Lixing; GAO, Ziyou. An efficient train scheduling algorithm on a single-track railway system. *Journal of Scheduling*, v. 22, n. 1, p. 85-105, fev. 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo 1, 14, 15, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 35, 38, 39, 45, 46, 70, 74, 76, 77

B

Bacia Hidrográfica 52, 152, 153, 154, 156, 158, 159

Brasil 14, 34, 47, 49, 57, 58, 72, 81, 86, 97, 142, 150, 160, 161, 162, 171

C

CESC 140, 141

CESCD 140, 141

Cimento 94, 95, 96, 97, 98, 103, 106, 108

Combustão 83, 84, 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 120

Compactação 96, 109, 110, 111, 113, 114, 117, 118, 119, 120

Concept 1, 3, 8, 48

D

Desenvolvimento 15, 16, 17, 47, 48, 50, 53, 71, 80, 84, 95, 97, 109, 142, 143, 150, 152, 156, 159

Dimensionamento 47, 48, 50, 51, 53, 57

Dispositivo 70, 71, 77, 81, 92, 143, 146

E

Estímulo Sensorial 70, 71, 82

F

Ferramentas 31, 59, 67, 147

Ferrovia 14, 18, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29

Filmes 134, 135, 136, 137, 138, 139

Fotovoltaico 47, 48, 50, 51, 53, 57

G

Geração 21, 32, 39, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 95, 149, 150

L

Linhas de Transmissão 31, 32, 42, 44, 45, 48

M

Manganês 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91

Materiais 59, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 103, 106, 109, 110, 111,

120, 123, 124, 127, 130, 133, 135, 141, 143, 147, 149, 162, 173

Metais Pesados 94, 95, 96, 99, 100, 103, 106, 107, 108, 141, 142

Modeling 1, 3, 6, 8, 11, 29, 30

Municípios 152, 154, 156, 158

N

Nanoferrita 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91

O

Óxido de Zinco 109, 110, 111, 112, 114, 116, 118, 120

P

Piezoelétricos 111, 150

Polipropileno 122, 123, 124, 128, 129, 130, 132, 133

Pontos de Cruzamento 14, 15, 16

Process 6, 10, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 71, 84, 108, 110

Projeto 1, 50, 51, 53, 54, 57, 70, 73, 78, 80, 81, 97, 140, 141, 142, 147, 148, 149, 151, 157, 158

Propilenoglicol 134, 135, 138

Propriedades 83, 84, 85, 91, 96, 109, 110, 111, 120, 122, 123, 124, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 150, 158

Protótipo 70, 71, 76, 78, 79, 81, 150

R

Redes Neurais 31

REEE 140, 141, 142, 143, 150, 151

Regressão 98, 160, 161, 162, 163, 168, 170, 172

Resíduos Sólidos 94, 95, 97, 106, 142, 158

S

Simulação 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 42, 43, 81

Sinterização 92, 109, 110, 111, 114, 117, 118, 119, 120

Socioambiental 152

Solidificação 94, 95, 97, 99, 103, 106, 108

Sorbitol 131, 133, 134, 135, 138

T

Tecnologia Assistiva 70, 71, 72, 81

Tratamento 46, 70, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 92, 94, 95, 97, 109, 114, 163

Turbines 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12

V

Violência 160, 161, 162, 171, 172

W

Wind 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13

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

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3


Ano 2020

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

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3


Ano 2020