

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)

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

Shutterstock

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.



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

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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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. 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. 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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
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 Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – 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/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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
 Giovanna Sandrini de Azevedo
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)

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 3 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-5706-893-9
 DOI 10.22533/at.ed.939211603

1. Engenharia. I. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telephone: +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.

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

SUMARIZAÇÃO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE TIPO MILITAR NO BRASIL PARA ADAPTÁ-LO A PRODUTOS ESPACIAIS

Daniel Rondon Pleffken

Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

DOI 10.22533/at.ed.9392116031

CAPÍTULO 2..... 11

ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE PROBABILÍSTICA DE SEGURANÇA NO LICENCIAMENTO DE CENTRAIS NUCLEARES EM ÂMBITO NACIONAL E MUNDIAL

Jônatas Franco Campos da Mata

Amir Zacarias Mesquita

Bárbara Luísa Nunes Pereira Mendes

Bianca dos Santos Vales

Eliane Alves Souza

Emanuel Henrique Alves Azevedo

Enis de Campos Maciel Sobrinho

Ianca Alberta Caires Vieira

Jackson Ramon Silva Alcântara

Luiza Souza Vilane

Matheus Jesus Soares

Pedro Henrique Gomes do Nascimento

Thalles Rômulo Silva Lopes

DOI 10.22533/at.ed.9392116032

CAPÍTULO 3..... 20

PROPOSTA DE UM CUBESAT UNIVERSITÁRIO PARA DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS ESPACIAIS NACIONAIS

Eduardo Henrique da Silva

João Luiz Dallamuta Lopes

DOI 10.22533/at.ed.9392116033

CAPÍTULO 4..... 29

ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO NA LOCALIZAÇÃO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO PARA O CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA – MA

Michelle Carvalho Galvão da Silva Pinto Bandeira

Marcelo Xavier Guterres

Anderson Ribeiro Correia

Paulo Cesar Marques Doval

DOI 10.22533/at.ed.9392116034

CAPÍTULO 5..... 46

TWO-PHASE TANK EMPTYING AND BURNBACK COUPLED INTERNAL BALLISTICS PREDICTION ON HYBRID ROCKET MOTORS

Maurício Sá Gontijo

Renato de Brito do Nascimento Filho

DOI 10.22533/at.ed.9392116035

CAPÍTULO 6.....57

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO CABO COBERTO DUPLA CAMADA NAS REDES COMPACTAS DA CEMIG D: GESTÃO EFICIENTE DO ATIVO – CAPEX/OPEX

Edmilson José Dias

Willian Alves de Souza

Fabio Lelis dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.9392116036

CAPÍTULO 7.....77

ANÁLISE DA SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE UMA EDIFICAÇÃO LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TEÓFILO OTONI-MG

Nadson Coimbra Amaral

Keytiane Iolanda Moura

DOI 10.22533/at.ed.9392116037

CAPÍTULO 8.....87

A MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO E OS SEUS REQUISITOS MÍNIMOS REGULATÓRIOS

Tito Ricardo Vaz da Costa

Isabela Sales Vieira

Thompson Sobreira Rolim Júnior

Felipe Gabriel Guimarães de Sousa

Saulo Rabelo de Martins Custódio

José Moisés Machado da Silva

Clarissa Melo Lima

DOI 10.22533/at.ed.9392116038

CAPÍTULO 9.....99

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA ARTICULADA PARA SIMULAÇÃO DE MOVIMENTO DE VEÍCULO AUTOMOTOR

Douglas Lucas dos Reis

João Vitor da Costa da Silva

Diego Tiburcio Fabre

Périson Pavei Uggioni

DOI 10.22533/at.ed.9392116039

CAPÍTULO 10.....112

MÉTODO HÍBRIDO PARA DETECÇÃO E REMOÇÃO DE SOMBRAS EM IMAGENS

Marcos Batista Figueredo

Eugenio Rocha Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.93921160310

CAPÍTULO 11.....120

MELHORIAS NO DESEMPENHO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA VIA PEQUENAS MUDANÇAS NO FLUXO DE CARGA CONTINUADO BASEADO NO PLANO

DETERMINADO PELAS VARIÁVEIS ÂNGULO E MAGNITUDE DA TENSÃO

Alfredo Bonini Neto
Jhonatan Cabrera Piazentin
Cristina Coutinho de Oliveira
Dilson Amancio Alves

DOI 10.22533/at.ed.93921160311

CAPÍTULO 12..... 136

UMA REVISÃO SOBRE AS TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE SINAL E CLASSIFICADORES INTELIGENTES UTILIZADOS PARA A DETECÇÃO DE ILHAMENTO NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Viviane Barrozo da Silva
Ghendy Cardoso Júnior
Gustavo Marchesan
Júlio Cesar Ribeiro
Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão
Hebert Sancho Linhares Garcez Militão
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira
Inarê Roberto Rodrigues Poeta e Silva

DOI 10.22533/at.ed.93921160312

CAPÍTULO 13..... 170

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ESTABILIDADE E INÉRCIA DA REDE ELÉTRICA E DE CAIXA DE ENGRENAGENS DE AEROGERADORES COM TRANSMISSÃO CVT MAGNÉTICA

Antonio Carlos de Barros Neiva
Fabricio Lucas Lório
George Alves Soares

DOI 10.22533/at.ed.93921160313

CAPÍTULO 14..... 187

ANÁLISE DA OBTENÇÃO DE RESULTADOS DE UMA REDE MALHADA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM UM BAIRRO NA CIDADE DE CACOAL/RO UTILIZANDO O EPANET E PLANILHA ELETRÔNICA

Renato Gomes Lima
Jhonata Silva Nink
Caciano Batista Pacheco
Klinsman Enggleston Emerick Franco
Martina Tamires Lins Cezano
Helton Pires Morais

DOI 10.22533/at.ed.93921160314

CAPÍTULO 15..... 198

CORRELAÇÃO CRUZADA NA APRENDIZAGEM MOTORA: UM ESTUDO COM SINAIS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAFIA) VIA ESTATÍSTICA DE SINAIS

Florêncio Mendes Oliveira Filho
Gilney Figueira Zebende
Juan Alberto Leyva Cruz

Arleys Pereira Nunes de Castro
Everaldo Freitas Guedes
Aloísio Machado da Silva Filho
Andrea de Almeida Brito
Basílio Fernandez Fernandez

DOI 10.22533/at.ed.93921160315

CAPÍTULO 16.....206

DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS DIDÁTICOS DE INSTRUMENTAÇÃO

Luis Fernando Tolentino de Brito

DOI 10.22533/at.ed.93921160316

CAPÍTULO 17.....218

**GESTÃO DO CONHECIMENTO EMPREGANDO BPMN E PRÁTICAS DO GUIA PMBOK:
ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO PATRIMONIAL**

Marcelo Ferreira Albano

Pablo Dantas Evangelista dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.93921160317

CAPÍTULO 18.....233

**OS DESAFIOS NO TRANSPORTE DE CARGAS INDIVISÍVEIS NO TRAJETO ANCHIETA/
IMIGRANTES AO PORTO DE SANTOS**

Rafael Martins Gomes

Daniel Henrique Godoy Michel

Igor Alexandre de Carvalho Bonifácio

Kethely Vytória Rodrigues de Sousa

Noemi Damasceno de Santana

Yan Lima dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.93921160318

CAPÍTULO 19.....242

**UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVO IDR EM FERRAMENTAS ELÉTRICAS DE BAIXA
POTÊNCIA, EXTENSÕES E MÁQUINAS DE SOLDA**

Marco Antonio Munhoz Sagasetta

Francisco de Assis da Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.93921160319

CAPÍTULO 20.....251

**VOICE TRAINING: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA TREINAMENTO DA
AVALIAÇÃO PERCEPTIVA-AUDITIVA DA VOZ**

Adilson Franke Neia Júnior

Maria Eugenia Dajer

Nathan Antônio Guerreiro

DOI 10.22533/at.ed.93921160320

CAPÍTULO 21.....260

VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS

LED NO SETOR INDUSTRIAL

Bruno Sousa de Castro

Antonio Manoel Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.93921160321

CAPÍTULO 22..... 274

CROWDFUNDING: O CASO DA CLOUD IMPERIUM GAMES CORPORATION

Luciane Ribeiro Dias Pinheiro

Matheus Ferreira Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.93921160322

SOBRE OS ORGANIZADORES 289

ÍNDICE REMISSIVO..... 290

ANÁLISE DA OBTENÇÃO DE RESULTADOS DE UMA REDE MALHADA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM UM BAIRRO NA CIDADE DE CACOAL/RO UTILIZANDO O EPANET E PLANILHA ELETRÔNICA

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 22/01/2021

Helton Pires Morais

Serviço Autônomo de Água e Esgoto de
Cacoal, SAAE/RO
Centro Universitário de Ciências Biomédicas de
Cacoal, UNIFACIMED
Cacoal/RO
<http://lattes.cnpq.br/2207367568777924>

Renato Gomes Lima

Centro Universitário de Ciências Biomédicas de
Cacoal, UNIFACIMED
Cacoal/RO
<http://lattes.cnpq.br/5922118350131621>

Jhonata Silva Nink

Centro Universitário de Ciências Biomédicas de
Cacoal, UNIFACIMED
Cacoal/RO
<http://lattes.cnpq.br/8136805458159016>

Caciano Batista Pacheco

Centro Universitário de Ciências Biomédicas de
Cacoal, UNIFACIMED
Cacoal/RO
<http://lattes.cnpq.br/2237402474452921>

Klinsman Enggleston Emerick Franco

Centro Universitário de Ciências Biomédicas de
Cacoal, UNIFACIMED
Cacoal/RO
<http://lattes.cnpq.br/5100663737299365>

Martina Tamires Lins Cezano

Universidade Federal de Pernambuco
(UFPE/CAA)
Centro Universitário de Ciências Biomédicas de
Cacoal, UNIFACIMED
Cacoal/RO
<http://lattes.cnpq.br/2286024628712963>

RESUMO: Os planejamentos do abastecimento de água são constituídos por um conjunto de obras, equipamentos e serviços, que busca por finalidade o fornecimento de água em qualidade e quantidade suficiente para as populações. Desta maneira, busca-se comparar métodos de distribuição de água através de uma rede malhada em um bairro localizado na cidade de Cacoal/RO conforme a legislação do município. Os comparativos de cálculos foram baseados através da execução *software* EPANET e método de Hardy-Cross em planilha eletrônica. Os métodos visam analisar os quesitos de vazão, velocidade, pressão dinâmica e perda de carga, ambos cálculos realizados por trecho e por nós. EPANET obteve a realização de 40 interações de cálculos, já o método Método de Hardy-Cross realizou 4 interações. Ambos métodos apresentaram valores condizentes com o aceitável nas normas, mesmo obtendo divergência em seus valores. Sendo assim, os dois métodos podem ser utilizados para o dimensionamento da rede de distribuição do município de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Rede malhada, dimensionamento, EPANET, Método Hardy-Cross

ANALYSIS OF OBTAINING RESULTS FROM A MESH WATER DISTRIBUTION NETWORK IN A NEIGHBORHOOD IN THE CITY OF CACOAL/RO USING EPANET AND ELECTRONIC SPREADSHEET

ABSTRACT: The planning of water supply consists of a set of works, equipment and services, which aims to provide water of sufficient quality and quantity for the populations. In this way, we seek to compare methods of water distribution through a meshed network in a neighborhood located in the city of Cacoal / RO according to the municipality's legislation. The comparative calculations were based on the execution of EPANET software and the Hardy-Cross method in an electronic spreadsheet. The methods aim to analyze the requirements of flow, speed, dynamic pressure and pressure loss, both calculations performed by stretch and by us. EPANET obtained 40 calculations interactions, whereas the Hardy-Cross method performed 4 interactions. Both methods presented values consistent with what is acceptable in the norms, even with divergence in their values. Therefore, both methods can be used for the dimensioning of the distribution network of the study municipality.

KEYWORDS: Meshed Network, Sizing, EPANET, Hardy-Cross Method.

1 | INTRODUÇÃO

Um sistema de abastecimento de água é constituído, na maioria das vezes, por etapas às quais são: manancial, captação da água, adução, tratamento, reservatório, redes de distribuição (malhada ou ramificada), ligações prediais e estações elevatórias ou de recalque segundo determina o Ministério da Saúde.

Segundo Riccaldone (2016), na estação de tratamento a água passa por alguns processos físico e químicos para que possa torná-la potável. Depois de tratada a água é conduzida a reservatórios para serem distribuídas nas residências, indústrias e comércios.

A rede de distribuição de água é parte do sistema de abastecimento e tem a finalidade de conduzir a água até a população ininterruptamente sob quantidade e pressão recomendados conforme a norma NBR 12218/1994.

Segundo Ribeiro (2003), a rede de distribuição é definida por condutos primários e secundários, os condutos primários são o conjunto de tubulações com diâmetros maiores e que consequentemente abastecem os condutos secundários os quais são tubulações menores e abastecem os pontos de consumo de água.

De acordo com a disposição das tubulações, as redes de distribuição podem ser definidas como ramificadas e malhadas. Nas redes ramificadas, existem várias tubulações tronco que constituem anéis ou malhas tornando possível a flexibilização do escoamento da água, podendo facilitar a manutenção periódica da rede e minimizar a interrupção do abastecimento de água fatores determinantes para que a maioria das cidades utilizem este tipo de rede TSUTIYA (2006).

Para as redes de distribuição ramificada, conforme o mesmo autor, é constituída por uma tubulação principal que recebe água do reservatório ou de alguma estação elevatória para abastecer as tubulações secundárias, tendo sentido de escoamento único e deve ser

conhecido em qualquer trecho do sistema.

As ligações prediais são definidas como as conexões que interligam as redes de distribuições e conduzem a água até os ambientes consumidores, como residências, comércios e indústrias.

Como critério de dimensionamento das redes de distribuição a norma NBR 12218/1994 define que a velocidade máxima nas tubulações seja de 3,5 m/s de acordo com as demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede.

Para Araújo e Bezerra (2016) a velocidade baixa favorece a sedimentação dos materiais existentes na água, aumentam os desgastes por atrito nas tubulações, sendo assim, causam danos maiores diminuindo a durabilidade. Contudo, a velocidade alta permite a utilização de tubulação com diâmetros menores, minimizando os custos de aquisição e assentamento e aumentando a perda de carga na tubulação que aumenta o custo do bombeamento, com isso, ocasionam ruídos no escoamento e aumenta o desgaste ao longo da rede, aumentando os custos de manutenção.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo comparar o dimensionamento de uma rede malhada em um bairro Residencial Pichek na cidade de Cacoal/RO de acordo com a legislação do município, emitida pela concessionária local SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) através de dados reais de curvas de nível estabelecidas pelo terreno da região adotando o Método de Hardy-Cross, elaborado em planilha eletrônica, e com o *software* licenciado de domínio público EPANET.

2 | METODOLOGIA

Através da planta topográfica com a localidade foi definido o traçado da rede, de modo a atender todos os lotes, e adotando a configuração da rede malhada. Seguindo recomendações do órgão de saneamento responsável, SAAE, as redes foram dispostas nos dois lados da rua e no passeio, pois não são permitidas ligações em travessias, de forma a facilitar a ligação da rede ao consumidor final, e também para as manutenções futuras caso necessário.

A rede contempla o diâmetro mínimo de DN 50 mm. As redes com o diâmetro superior não devem ocorrer ligações domiciliares, ligações essas tratadas como primárias, com a função de conduzir e abastecer as redes secundárias responsáveis por conter as ligações finais domiciliares. Esse traçado é concebido no *software* de desenho AutoCAD®, com o objetivo de detalhar previamente as características do decorrer da rede como: distâncias de trechos, nós e localidade de alimentação do sistema. Tais informações são imprescindíveis para os passos posteriores da concepção do projeto.

Nesta pesquisa utilizou as recomendações de cálculo de acordo com o roteiro para apresentação de projeto hidrossanitário disponibilizado pelo SAAE da cidade de Cacoal, em que foi obtido os dados iniciais para cálculo. Os dados de densidade demográfica

utilizados foram de 42 habitantes por hectare, sendo a área analisada de 4 hectares, com isso, a população total estimada para esta área será de 168 habitantes.

Os coeficientes utilizados para o cálculo de vazão foram $K_1=1,2$, o coeficiente do dia de maior consumo na rede; $K_2=1,5$, o coeficiente da hora de maior consumo na rede, e a vazão por habitante dia de 180 L.

Com isso, a vazão obtida na rede em estudo através da fórmula $Q = (\text{Pop.} \times q \times K_1 \times K_2)/86400 = (168 \times 180 \times 1,2 \times 1,5)/86400 = 0,63 \text{ L/s}$. No estudo, como informa a Figura 1, há 12 pontos de vazão, chamados de nó, sendo assim, a vazão utilizada em cada nó de 0,0525 L/s.nó.

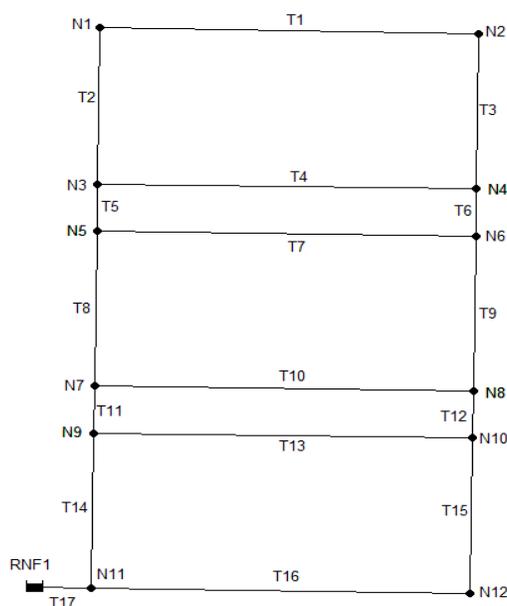


Figura 1: Legenda de distribuição dos nós e trechos.

Fonte: próprio autor

Os dados de cota e comprimento das tubulações foram obtidos através do arquivo que contém as curvas de níveis e o tamanho da quadra do município de Cacoal. Os diâmetros foram adotados conforme recomendações do SAAE para o projeto de rede de abastecimento de água.

As simulações foram realizadas através software EPANET e planilha eletrônica, na qual foi inserida as equações do Método de Hardy-Cross. Esse método tem como critério de parada quando o somatório das perdas de cargas seja nulo ($\sum \Delta h = 0$). (CIRILO et al. 2003; AZEVEDO NETO, 2015)

A Tabela 1 informa os dados de cada Nó que serviu de base para os resultados a

serem inseridos no EPANET, e na planilha eletrônica para desenvolvimento dos cálculos conforme legenda da Figura 1.

Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)
N1	233,8	0,0525
N2	238,6	0,0525
N3	236,0	0,0525
N4	238,8	0,0525
N5	236,5	0,0525
N6	238,9	0,0525
N7	238,4	0,0525
N8	239,2	0,0525
N9	238,8	0,0525
N10	239,0	0,0525
N11	238,5	0,0525
N12	238,9	0,0525

Tabela 1: Dados de cota e consumo inseridos em cada nó.

Fonte: Próprio autor

A Tabela 2 informa os dados de cada trecho que serviu de base para os resultados a serem inseridos no EPANET e na planilha eletrônica para desenvolvimento dos cálculos conforme legenda da Figura 1.

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade
T1	136,60	50	130
T2	65,84	50	130
T3	65,42	50	130
T4	135,90	50	130
T5	19,85	50	130
T6	19,66	50	130
T7	135,70	50	130
T8	65,05	50	130
T9	65,21	50	130
T10	135,80	50	130
T11	19,80	50	130
T12	19,74	50	130
T13	136,00	50	130
T14	65,27	50	130

Tabela 2: Dados inseridos em cada Trecho

Fonte: Próprio autor

Para o reservatório de nível fixo (RNF1 da Figura 1) fora considerado o nível da água como 248,5 m, sendo a soma da cota do nó N11 adicionado 10 mca, este valor consiste na pior situação do abastecimento de água visto que de acordo com a NBR 12218/2017 esse

valor deve variar de 10 a 50 mca.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos modelos de cálculo computacionais implementados para a concepção dos sistemas de distribuição de água, foram obtidos dois modelos de resultados, os quais serão apresentados a seguir.

Primeiramente, serão apresentados os dados obtidos através do dimensionamento realizado no software EPANET, em que neste foram realizadas 40 iterações de cálculo para obter os resultados tanto nos trechos quanto nos nós.

Nos trechos que constituem o sistema de rede de distribuição de água foram verificados os quesitos de vazão, velocidade e perda de carga. Já nos nós, tratou-se de realizar a verificação pressão dinâmica. As Tabelas 3 e 4 mostram os resultados obtidos após as iterações realizadas pelo EPANET.

Trecho	Comp. (m)	Diâm. (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m)
T1	136,60	50	0,000	0,000	0,000
T2	65,84	50	0,052	0,027	0,033
T3	65,42	50	0,053	0,027	0,034
T4	135,90	50	0,000	0,000	0,000
T5	19,85	50	0,105	0,054	0,121
T6	19,66	50	0,105	0,053	0,120
T7	135,70	50	0,004	0,002	0,000
T8	65,05	50	0,161	0,082	0,267
T9	65,21	50	0,154	0,078	0,244
T10	135,80	50	0,029	0,015	0,011
T11	19,80	50	0,242	0,123	0,568
T12	19,74	50	0,178	0,090	0,319
T13	136,00	50	0,063	0,032	0,047
T14	65,27	50	0,358	0,182	0,012
T15	65,46	50	0,167	0,085	0,284
T16	136,20	50	0,219	0,112	0,472
T17	1,00	100	0,630	0,080	0,112

Tabela 3: Dados obtidos para os trechos via cálculo no software EPANET.

Fonte: Próprio autor.

Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão Dinâmica (mca)
1	233,80	0,0525	14,59
2	238,60	0,0525	9,79
3	236,00	0,0525	12,39
4	238,80	0,0525	9,59
5	236,50	0,0525	11,89
6	238,90	0,0525	9,49
7	238,40	0,0525	10,01
8	239,20	0,0525	9,21
9	238,80	0,0525	9,62
10	239,00	0,0525	9,42
11	238,50	0,0525	10,00
12	238,90	0,0525	9,54

Tabela 4: Dados obtidos para os nós via cálculo no software EPANET.

Fonte: Próprio autor.

Em sequência, serão apresentados nas Tabelas 5 e 6 os dados obtidos através do dimensionamento realizado com auxílio de planilha eletrônica com a inserção do Método de Hardy-Cross, em que a Tabela 5 trata-se das informações referentes aos trechos, enquanto a Tabela 6 engloba os dados obtidos para os nós. Para a obtenção dos dados, foram realizadas 4 iterações de cálculo para obter os resultados tanto nos trechos quanto nos nós.

Trecho	Comp. (m)	Diâm. (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m)
T1	136,60	50	0,068	0,035	0,008
T2	65,84	50	0,121	0,062	0,011
T3	65,42	50	0,016	0,008	0,000
T4	135,90	50	0,046	0,023	0,004
T5	19,85	50	0,219	0,111	0,010
T6	19,66	50	0,009	0,005	0,000
T7	135,70	50	0,060	0,031	0,006
T8	65,05	50	0,211	0,108	0,029
T9	65,21	50	0,104	0,053	0,008
T10	135,80	50	0,012	0,006	0,000
T11	19,80	50	0,252	0,128	0,012
T12	19,74	50	0,168	0,086	0,006
T13	136,00	50	0,058	0,030	0,006
T14	65,27	50	0,363	0,185	0,080
T15	65,46	50	0,162	0,083	0,018
T16	136,20	50	0,215	0,063	0,109
T17	1,00	100	0,630	0,080	0,000

Tabela 5: Dados obtidos para os trechos pelo Método de Hardy-Cross.

Fonte: Próprio autor.

Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão Dinâmica (mca)
1	233,80	0,0525	14,56
2	238,60	0,0525	9,81
3	236,00	0,0525	12,37
4	238,80	0,0525	9,61
5	236,50	0,0525	11,88
6	238,90	0,0525	9,51
7	238,40	0,0525	10,01
8	239,20	0,0525	9,21
9	238,80	0,0525	9,62
10	239,00	0,0525	9,42
11	238,50	0,0525	10,00
12	238,90	0,0525	9,54

Tabela 6: Dados obtidos para os nós pelo Método de Hardy-Cross

Fonte: Próprio autor.

Cabe ressaltar que apesar do número baixo de iterações no Método de Hardy-Cross, os resultados obtidos já podem ser considerados satisfatórios, visto que o fator de correção de vazões apresentou valores em módulo de 0,05, como critério de parada, a partir da quarta iteração ($\Delta Q_4 = 0,05\text{L/s}$) e o maior somatório das perdas de cargas foi de 0,019 mca ($\Delta h_4 = 0,019\text{ mca}$) com uma precisão na ordem de 10^{-2} .

As tubulações e parâmetros de cálculo foram previamente definidos com o mínimo recomendado pela concessionária. Ao longo das 40 iterações executadas, pelo EPANET, podemos observar uma ótima precisão dos resultados fornecidos. Observa-se também que os parâmetros de pressão impostos pela norma já mencionados de 10 a 50 mca foi atendido, apesar de que em pontos como os nós 2, 4, 6, 8, 9, 10 e 12 demonstrarem um valor levemente abaixo do mínimo, graças a diferença ser mínima e a norma prever a pior situação pode-se considerar com atendido sem comprometer a qualidade do sistema que, segundo Furusawa (2011), a limitação para a pressão estática máxima está relacionada com a resistência das tubulações e com as perdas físicas de água (quanto maior a pressão, maior as perdas de água).

No que se refere a velocidade máxima de 3,5 m/s todos os trechos demonstraram bom desempenho, garantindo a durabilidade das peças que contemplam a rede e questões econômicas, pois segundo Tsutiya (2006), velocidades menores favorecem a durabilidade dos tubos. No que se diz respeito ao limite máximo de 8 m/km de perda de carga máxima apesar de não ser uma especificação normativa, ou seja, não é encontrada na citada NBR 12218/2017, trata-se de uma recomendação amplamente utilizada em literaturas que tratam desse tipo de prática. Contudo, esse limite da recomendação também teve resultados positivos.

No que tange aos parâmetros de pressão dinâmica, o estudo comparativo entre métodos presente na Tabela 7 mostra que os resultados obtidos durante a execução dos dois métodos apresentaram pequena diferença, numa ordem de 10^{-2} mca, onde pode ser

explicado devido a diferença de perda de carga apresentada nos trechos, uma vez que as cotas topográficas são constantes para as duas metodologias.

NÓ	PRESSÃO DINÂMICA (mca)		
	EPANET	HARDY-CROSS	DIFERENÇA
1	14,59	14,56	0,03
2	9,79	9,81	-0,02
3	12,39	12,37	0,02
4	9,59	9,61	-0,02
5	11,89	11,88	0,01
6	9,49	9,51	-0,02
7	10,01	10,01	0,00
8	9,21	9,21	0,00
9	9,62	9,62	0,00
10	9,42	9,42	0,00
11	10,00	10,00	0,00
12	9,54	9,54	0,00

Tabela 7: Dados comparativos entre as pressões nos nós.

Fonte: Próprio autor.

A diferença de perda de cargas nos trechos influencia diretamente na perda de carga acumulativa, uma vez que a mesma é obtida a partir do somatório das perdas de carga no menor traçado que parte do reservatório até o nó em análise. Cabe ressaltar que essa diferença entre perdas está evidenciada na Tabela 8.

No que se refere as diferenças de resultados em valores de velocidade e perda de carga, podemos relaciona-los diretamente a diferenças das vazões, uma vez que os trechos possuem comprimentos e coeficientes equivalentes para os dois métodos de cálculos.

A diferença nos resultados obtidos para os valores de vazão pode ser explicada devido ao número de iterações realizadas, uma vez que o processo compreende na correção de vazões através de coeficientes obtidos através das iterações. Logo, quanto maior o número de iterações, mais fidedignos e otimizados serão os resultados obtidos.

Trecho	VAZÃO (L/s)			Velocidade (m/s)			Perda de Carga (mca)		
	EPANET	Hardy-Cross	Δ^*	EPANET	Hardy-Cross	Δ^*	EPANET	Hardy-Cross	Δ^*
T1	0,000	0,068	0,068	0,000	0,035	0,035	0,000	0,008	0,008
T2	0,052	0,121	0,069	0,027	0,062	0,035	0,033	0,011	0,022
T3	0,053	0,016	0,037	0,027	0,008	0,019	0,034	0,000	0,033
T4	0,000	0,046	0,046	0,000	0,023	0,023	0,000	0,004	0,004
T5	0,105	0,219	0,114	0,054	0,111	0,058	0,121	0,010	0,111
T6	0,105	0,009	0,096	0,053	0,005	0,049	0,120	0,000	0,120
T7	0,004	0,060	0,056	0,002	0,031	0,029	0,000	0,006	0,006
T8	0,161	0,211	0,050	0,082	0,108	0,025	0,267	0,029	0,238
T9	0,154	0,104	0,050	0,078	0,053	0,025	0,244	0,008	0,236
T10	0,029	0,012	0,017	0,015	0,006	0,009	0,011	0,000	0,011
T11	0,242	0,252	0,010	0,123	0,128	0,005	0,568	0,012	0,556
T12	0,178	0,168	0,010	0,090	0,086	0,005	0,319	0,006	0,313
T13	0,063	0,058	0,005	0,032	0,030	0,002	0,047	0,006	0,041
T14	0,358	0,363	0,005	0,182	0,185	0,002	0,012	0,080	0,068
T15	0,167	0,162	0,005	0,085	0,083	0,002	0,284	0,018	0,266
T16	0,219	0,215	0,004	0,112	0,063	0,049	0,472	0,109	0,362
T17	0,630	0,630	0,000	0,080	0,080	0,000	0,112	0,000	0,112

* Δ = diferença dos resultados pelo EPANET e pelo Método de Hardy-Cross em módulo

Tabela 8: Dados comparativos entre as vazões, velocidades e perdas de cargas nos trechos.

Fonte: Próprio autor.

Este refinamento de cálculo fica evidente que os últimos trechos da rede apresentam valores que se sobrepõem quando analisados e os trechos iniciais apresentam uma leve disparidade entre os resultados obtidos que a máxima diferença entre os métodos é de 0,114 L/s no T5, e os demais trechos ficaram numa diferença na ordem de 10^{-2} . Para a velocidade no mesmo trecho apresenta a maior disparidade chegando a 0,058 m/s. O trecho que apresentou maior disparidade para a perda de carga foi o T11 com 0,556 mca.

Cabe ressaltar que apesar de apresentarem valores de vazões diferentes, os trechos e nós que constituem a rede de distribuição de água apresentam valores condizentes com os aceitáveis nas normas já citadas anteriormente, sendo assim os 2 métodos são eficientes para utilização e não há uma disparidade muito grande que possa alterar o dimensionamento da rede de distribuição do município.

4 | CONCLUSÕES

Apresentou-se uma metodologia que permite a utilização do simulador EPANET e o Método de Hardy-Cross no estudo comparativo de sistemas de rede malhada para o abastecimento de água de um bairro no município de Cacoal/RO.

A utilização dessas ferramentas automatiza e possibilita não somente uma excessiva economia em tempo de processo do estudo, mas também um ganho no que diz respeito da precisão da simulação hidráulica de redes, trazendo sobre si uma exatidão no custo da obra. Além das vantagens da automatização do processo de simulação.

Os métodos foram testados e resultou em valores satisfatórios. Numa primeira

fase fez-se que é corrente: dimensionamento das tubagens, cálculo da pressão nos nós, análise da velocidade, vazão e pressão. Os métodos mostraram a grande versatilidade e a possibilidade de, rapidamente, ensaiar novos cenários, potenciando tentativas de otimização. O estudo também foi feito considerando também as perdas de carga durante todo o trecho, o que é mais realista e importante para procedimento habitual.

Conclui-se que com a utilização dessa ferramenta permite obter um instrumento importante que deve ser usado para desenho, cadastro, dimensionamento de forma técnica de redes de abastecimento de água. Ainda assim, pode ser utilizada como uma excelente ferramenta para auxiliar engenheiros e técnicos que operam, uma vez que facilita e viabiliza a simulação hidráulica das redes. O que é de suma importância para detecção de eventuais problemas nas redes (baixas pressões e vazões inferiores permitidas, etc.), assim como para o planejamento de futuras extensões.

Vemos, também que os dois métodos não se divergem tanto visto que no EPANET foram realizadas 40 iterações e no Hardy-Cross somente 4 iterações margem menor de erro caso fosse realizado mais iterações para o método.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. NBR 12218/2017.

ARAÚJO, R. S. DE A.; BEZERRA, A. DE A. **Método para diâmetro e fator de atrito: Rede de Distribuição**. Revista DAE, TERESINA, 2016.

AZEVEDO NETO, J. M. de. **Manual de Hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

CIRILO, J. A.; BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P.; MASCARENHAS, F. C. B. **Hidráulica Aplicada**. 2. ed. revista e ampliada. Porto Alegre: ABRH, 2003.

FURUSAWA, R. T. **Contribuição ao dimensionamento de rede de distribuição de água por critério de custo global**. 2011. 225 f. Dissertação de mestrado (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Engenharia Civil). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Carlos: EESC – USP, 2006, p. 540.

RIBEIRO, V. de O.; FORGAÇA F. M. **Avaliação de traçados de rede de abastecimento com auxílio de planilha eletrônica e EPANET**. Revista de Engenharia e Tecnologia p. 264-281. 2019.

RICCALDONE, DIEGO. **Comparação de dimensionamento de redes de distribuição de água por modelos computacionais**. Ouro Preto. 2016

ROSSMAN, L.A. *“Epanet 2 user’s manual”*. U.S. Environmental protection agency Cincinnati, OH 45268 U.S.A, Setembro, 2000 – Traduzido pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento Universidade Federal da Paraíba.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerogerador 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178, 181

Aeronavegabilidade 1, 2, 9, 10

AHP 29, 33, 36, 41, 43, 45

Análise probabilística 11, 12, 14

Aviação militar 1, 2, 10

B

Blowdown 46, 48, 50, 54

C

Centrais nucleares 11, 12

Centro de lançamento de alcântara (CLA) 29, 30, 44

Certificação 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10

Cock-pit articulado 99

Confiabilidade 2, 9, 12, 30, 59, 63, 75, 91, 97, 98, 159, 160, 174, 230, 274

Cubesat 20, 28

Curva P-V 120, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133

D

Desenvolvimento 2, 4, 5, 8, 11, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 28, 29, 30, 33, 35, 45, 57, 58, 59, 88, 93, 99, 100, 101, 102, 147, 170, 175, 177, 181, 183, 191, 200, 204, 206, 212, 223, 225, 247, 251, 252, 253, 255, 260, 261, 275, 276, 279, 280, 281, 282, 283, 284

Detecção de sombras 112, 113, 115, 116

Dimensionamento 28, 32, 77, 78, 79, 80, 178, 187, 189, 192, 193, 196, 197, 261

Dispositivos de segurança 77, 78, 80

E

Epanet 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197

Estabilidade de rede 170, 182

F

Fluxo de carga 120, 121, 122, 123, 124, 126, 131, 134

G

Garantia do produto 1, 3, 6, 7, 10

Geração distribuída 136, 137, 138

H

HSV 112, 113, 114, 118

I

Ilhamento 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 164, 165, 168

Instalações elétricas 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 242, 243, 250

L

Localização 29, 30, 32, 33, 34, 36, 42, 43, 45, 151, 152, 153

M

M-CVT 170, 171, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183

Método hardy-cross 187

O

Óxido nitroso 46

P

Parametrização geométrica 120, 121

Parcela variável 87, 89

PDD 170, 178, 181, 182

Processos 1, 3, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 33, 79, 88, 93, 112, 188, 206, 212, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233

Projeto elétrico 77, 78, 79, 82, 84, 86

Propulsão híbrida 46

Proteção 2, 12, 14, 32, 44, 61, 63, 64, 66, 67, 77, 79, 80, 82, 85, 136, 144, 145, 151, 168, 176, 242, 243, 244, 245, 250, 278

R

Rede básica 87, 89, 92, 93, 95, 96, 97

Rede malhada 187, 189, 196

Regressão 46

Regulação responsiva 87

Remoção de sombras 112, 113, 116, 118

Risco nuclear 12

S

Segurança 1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 41, 44, 58, 59, 63, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 85, 86, 88, 100, 101, 111, 121, 136, 159, 172, 173, 176, 206,

207, 215, 235, 237, 240, 243, 244, 245, 246, 250, 254, 277

Segurança operacional 12, 172

Simuladores 99, 100, 101, 111

T

Tecnologia 2, 11, 20, 27, 58, 59, 60, 170, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 197, 221, 222, 230, 231, 251, 258, 274, 289

Terminal portuário 29, 30, 32, 33, 42

U

Universidades 20, 22, 27, 259

V

Vernier 170, 178, 179, 180, 182, 186

Visão computacional 112, 113

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 