

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

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
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 Internazionale 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
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª 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. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy 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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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

Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-225-5

<https://doi.org/10.22533/at.ed.255213006>

1. Engenharia sanitária. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Sanitária” é composto por dezesseis capítulos de livros que foram organizados e divididos em duas grandes áreas: (i) geração, reuso, reciclagem, reaproveitamento e disposição final de resíduos líquidos e sólidos e (ii) gestão de recursos hídricos e saneamento básico (rural e urbano).

O primeiro é composto por nove trabalhos que apresentam temáticas em voga na atualidade, entre os quais: i) descarte inadequado de medicamentos na rede coletora de esgoto residencial; ii) aproveitamento de resíduos da construção civil; iii) avaliação de áreas destinadas a disposição final de resíduos sólidos; iv) a importância da gestão de resíduos sólidos; v) reutilização de esgoto com vistas a sua utilização; vi) o uso de biotecnologia e biomassas de origem vegetal para remoção de contaminantes presentes em diferentes compartimentos aquáticos; vii) proposta de implantação de sistemas de tratamento de águas residuais provenientes de uma usina de materiais recicláveis e viii) estudo de viabilidade financeira do emprego de tratamento térmico de resíduos sólidos provenientes de áreas urbanas.

A segunda grande área apresenta sete trabalhos que apresentam temas, entre os quais: i) a importância da melhor gestão de águas da América Latina e do Caribe; ii) estudo de dimensionamento de drenagem de águas pluviais em área urbana; iii) a importância de se pensar o saneamento rural e urbano em áreas públicas e privadas e iv) estudo de caso de formação de ilhas de calor em áreas urbanas situadas em regiões com alta densidade demográfica. Todos os trabalhos presentes neste e-book procuram evidenciar e chamar a atenção para um problema que afeta a sociedade atual e comprometerá a sobrevivência das gerações vindouras: o excesso de resíduo gerado e depositado no ambiente e falta de recursos hídricos para os diversos usos pela humanidade.

Diante disso, a sociedade atual precisa voltar os olhos para a mudança de práticas e hábitos que comprometem e assolam a humanidade nos tempos atuais e que comprometerá a sobrevivência da espécie humana, podendo ocasionar sua extinção. Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais proporcionar que pesquisadores não só do Brasil, mas de diferentes países possam contribuir com o conhecimento científico que leve a sociedade a se informar e formar uma consciência coletiva em relação à harmonia entre homem e natureza. Para isso, a editora trabalha em prol de buscar a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1 por meio da divulgação de trabalhos em diferentes plataformas digitais e acessíveis de forma gratuita a todos os interessados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A DELICADA E PROBLEMÁTICA RELAÇÃO ENTRE O USO E O DESCARTE INADEQUADO DE MEDICAMENTOS

Camila de Mello de Micheli
Talia Rebelatto Dambros
Fabiana Regina Grigolo Luczkiewicz
Valdir Eduardo Olivo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130061>

CAPÍTULO 2..... 13

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO EM USINA DE BRITAGEM EM PORTO VELHO – RO: UM ESTUDO DE CASO NA PRS RECICLADORA

Eveline Galvan
Marcela Barbosa de Moraes
Márcio Augusto Sousa Silva
Raimundo Amorim Duarte Neto
Priscylla Lustosa Bezerra
Naraíel Pereira Ferrari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130062>

CAPÍTULO 3..... 22

AVALIAÇÃO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CONTAGEM – MG COM BASE NO ÍNDICE IQR

Bruno da Silva Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130063>

CAPÍTULO 4..... 35

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E ROTAS DE TRATAMENTO: UM PANORAMA DO BRASIL E DO MUNDO

Gustavo Henrique Faria de Araújo
Liséte Celina Lange
Vitor Alvarenga Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130064>

CAPÍTULO 5..... 50

DIRETRIZES PARA OBTENÇÃO DE POTABILIDADE DIRETA ATRAVÉS DO REUSO DO ESGOTO

Eduardo Antonio Maia Lins
Nayhara Araújo Augusto do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130065>

CAPÍTULO 6..... 73

APLICAÇÃO DE ENZIMAS PEROXIDASES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

CONTAMINADOS COM FENOL: UMA REVISÃO

Mariana Gomes Oliveira
Júlia Nercolini Göde
Taciana Furtado Ribeiro
Tháís Agda da Cruz Primo
Renata Bulling Magro
Lucas de Bona Sartor
Emili Louise Diconcilli Schutz
Alvaro João Zonta Neto
Cristiane Gracieli Kloth
Everton Skoronski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130066>

CAPÍTULO 7..... 80

POTENCIALIDADES DA CASCA DE BANANA COMO BIOADSORVENTE DE CONTAMINANTES PRESENTES EM MATRIZES AQUÁTICAS: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Nivia Maria Melo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130067>

CAPÍTULO 8..... 92

PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA UNIDADE DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NO MUNICÍPIO DE TRINDADE, GOIÁS

Ana Luiza Duarte de Abreu
Rosana Gonçalves Barros
Sandro Moraes Pimenta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130068>

CAPÍTULO 9..... 111

VIABILIDADE FINANCEIRA, BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS COM O TRATAMENTO TÉRMICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NOS MUNICÍPIOS OPERADOS PELA SABESP NA RMSP

Rodrigo Chimenti Cabral

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130069>

CAPÍTULO 10..... 142

ESTUDO DE CASO: DIMENSIONAMENTO DE MICRODRENAGEM PARA UMA REGIÃO DO CENTRO DO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO- RS

Luana dos Santos Pinheiro
José Carlos Alves Barroso Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300610>

CAPÍTULO 11..... 157

SANEAMENTO RURAL NO ESTADO DO PARÁ: PANORAMA, GESTÃO E TECNOLOGIAS

ALTERNATIVAS PARA MUNICÍPIOS COSTEIROS

Hyago Elias Nascimento Souza

Eduardo Ribeiro Marinho

Carlos José Capela Bispo

Elzelis Muller da Silva

Antônio Pereira Júnior

Aline Souza Sardinha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300611>

CAPÍTULO 12..... 170

ANÁLISE DOS IMPACTOS OCACIONADOS PELA FALTA DE SANEAMENTO EM TRECHO ANTROPORIZADO DO RIO SALGADO

Nyanne Maria Gonçalves Leite

Maria Isabel Ferreira dos Santos

Layane Moura Rodrigues

Guilherme Rodrigues Gomes

Rafael Roberto da Silva

Antonio Rondinely da Silva Pinheiro

Luan Alves Furtado

Jully Samara Ferreira de Carvalho

Maíra da Mota Gomes

Edilaine Araújo de Moraes

George do Nascimento Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300612>

CAPÍTULO 13..... 180

DESARROLLO HUMANO Y AGUA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: HACIA LA GESTIÓN REGIONAL DEL AGUA

José Luis Montesillo-Cedillo

Miguel Angel Cruz-Vicente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300613>

CAPÍTULO 14..... 191

INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES CONDOMINIAIS DE ESGOTOS SANITÁRIOS: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICO E PRIVADO

Maria Teresa Chenaud Sá de Oliveira

Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300614>

CAPÍTULO 15..... 202

USO DE MODELAGEM ESTOCÁSTICA PARA AVALIAR O IMPACTO DA GESTÃO DA DEMANDA

Vanessa Silva Santos

Bruna Katarina Pereira de Azevedo

Anderson de S. M. Gadéa

Eduardo Cohim

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300615>

CAPÍTULO 16.....212

ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR EM BAIROS ADJACENTES – ESTUDO DE CASO NA CIDADE DO RECIFE

Eduardo Antonio Maia Lins
Giselle de Freitas Siqueira Terra
Sérgio de Carvalho Paiva
Raphael Henrique dos Santos Batista
Camilla Borges Lopes da Silva
Julia Ximenes Botelho de Melo
Laura Grazielly Silva Candeias
Ana Beatriz Lima de Albuquerque
Marianna Dayane Alves de Souza dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300615>

SOBRE O ORGANIZADOR.....221

ÍNDICE REMISSIVO.....222

USO DE MODELAGEM ESTOCÁSTICA PARA AVALIAR O IMPACTO DA GESTÃO DA DEMANDA

Data de aceite: 23/06/2021

Vanessa Silva Santos

Graduanda de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana

Bruna Katarina Pereira de Azevedo

Graduanda de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana

Anderson de S. M. Gadéa

Professor Titular da UEFS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental

Eduardo Cohim

Professor Titular da UEFS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental

RESUMO: Um modelo preditivo de demanda de água residencial foi desenvolvido a partir de uma abordagem estocástica ao consumo de cinco aparelhos sanitários em uma residência com o passo de 1s, o que se traduz na soma de todas as micro contribuições do sistema, a fim de obter o total instantâneo demanda da unidade familiar. O modelo foi calibrado por meio de uma revisão bibliográfica dos dados estatísticos dos usuários e usos finais de uma residência individual, como padrão comportamental do residente, ocorrência de eventos de demanda e especificações dos dispositivos sanitários. A demanda instantânea é alcançada sobrepondo pulsos de intensidade constante e tempos de chegada e duração variáveis. Como primeiro resultado, temos a

caracterização do consumo das famílias, total e por dispositivo hidráulico, em pequenas e grandes populações e, como segundo resultado, temos a concatenação do consumo total e setorizado de água com uso racional. O uso eficiente da bacia sanitária, torneira e chuveiro resultaram numa economia da ordem dos 40%. O modelo pode ser aplicado como cenários de estudo para o design de redes de suprimentos, além de permitir a análise da influência de medidas de gerenciamento de demanda, por meio de simulações.

PALAVRAS-CHAVE: Usos finais; gerenciamento da demanda de água; consumo; modelagem.

ABSTRACT: A predictive model of residential water demand was developed from a stochastic approach to the consumption of five sanitary appliances in a residence in the magnitude of 1s, which translates into the sum of all the micro contributions of the system, in order to obtain the total instant demand of the family unit. The model was calibrated through a bibliographic review of users' statistical data and end uses of an individual dwelling, such as the resident's behavioural pattern, occurrence of demand events and specifications of the sanitary devices. Instant demand is achieved by superimposing pulses of constant intensity and varying arrival times and duration. As a first result, we have the characterization of household consumption, total and by hydraulic device, in the short and large population and as a second result we have the concatenation of total and sectorized water consumption with rational use, in different periods and when applying more efficient fixtures. The

efficient use of wc, toilet tap and shower results in savings of around 40%. The model can be applied as study scenarios for the design of supply networks, as well as allowing the analysis of the influence of demand management measures, through simulations.

KEYWORDS: End uses; water demand management; consumption; model.

INTRODUÇÃO

No ambiente doméstico/familiar, o controle do desperdício da água e seu uso racional requerem revisão de hábitos e proposição de novos padrões de consumo, não só dos variados bens e serviços, mas, sobretudo, da água, conforme Feital (2008).

Devido à importância da caracterização da demanda hídrica e suas projeções futuras, muitos pesquisadores têm se voltado a estudar o tema, pois segundo Ghalekhondabi *et al.* (2017) o número de artigos publicados cresceu exponencialmente nos últimos 20 anos. O aumento no número de publicações é um provável reflexo da intensificação da escassez dos recursos hídricos junto a valorização da gestão da demanda.

Para elaboração de muitos dos estudos no tema é necessário medir e avaliar o consumo residencial. A instalação de medidores e registradores em cada ponto de consumo é uma alternativa necessária, porém fatores como a operacionalidade necessária para essa coleta e o custo associado fomentam a utilização de outras metodologias, dentre elas, a modelagem computacional da demanda.

Modelos estocásticos utilizando distribuições de probabilidade associadas as características de vazão, duração e intensidade de aparelhos sanitários e características comportamentais da população de estudo já foi o objeto de estudo de alguns autores. Blokker *et al.* (2010) utilizou dados estatísticos de pesquisas de companhias de fornecimento de água da Holanda de 3200 residências em 2001 e definiu as distribuições de probabilidade para habitações em Ohio, EUA, através dos dados de consumo de água de 21 residências. Ferreira e Gonçalves (2019) também criaram um modelo preditivo e obtiveram as funções de probabilidade e os parâmetros de vazão, frequência e duração a partir dos trabalhos de Ilha e Gonçalves (1991), Barreto e Medeiros (2008) e Oliveira *et al.* (2013), nos quais a área de estudo de ambos foi no município de São Paulo.

OBJETIVOS

Modelar os consumos total e por dispositivo hidráulico de água intradomiciliar de uma unidade habitacional de um morador, com base na metodologia de superposição de pulsos retangulares de água por aparelho, uso e tipo de habitação, com aplicações no impacto de medidas de gestão da demanda e melhoria da eficiência de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA).

METODOLOGIA

Para a realização do estudo proposto foi criado um modelo estocástico na linguagem de programação MATLAB. A estrutura do modelo criado é similar ao SIMDEUM, desenvolvido por Blokker *et al.* (2010). Assim como no SIMDEUM, foi simulado um pulso retangular de demanda para cada usuário em cada aparelho sanitário, o qual ocorre num determinado horário, com uma duração e intensidade específica. Como mostrado na Figura 1, a demanda de uso de um usuário 'j' em um determinado aparelho num tempo ' τ_i ' é associada a um pulso aleatório de duração ' D_i ' e de intensidade ' I_i '. Por fim a demanda total Q é obtida através da soma de todos os pulsos retangulares de todos aparelhos, tal qual a Equação 1, onde k é o índice de contagem de todos usos finais de 1 a M , j o índice dos usuários e i o índice que contabiliza todos eventos de uso de todos aparelhos e usuários.

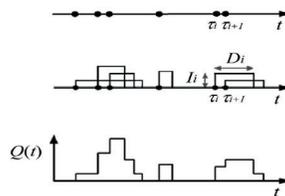


Figura 1: Metodologia de mensuração do consumo utilizada no SIMDEUM.

Fonte: Blokker *et al.* (2010)

A intensidade do evento de demanda é fixada durante o período D_{ijk} , sendo igual a zero no restante do tempo, como mostrado na Equação 2.

$$Q = \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{F_{jk}} B(I_{ijk}, D_{ijk}, \tau_{ijk}) \quad (1)$$

$$B(I_{ijk}, D_{ijk}, \tau_{ijk}) = \begin{cases} I_{ijk} & \tau_{ijk} < \tau < \tau_{ijk} + D_{ijk} \\ 0 & \text{outros casos} \end{cases} \quad (2)$$

Neste trabalho foi analisado a demanda e consumo de água residencial por domicílio, considerando-se os usos e as distribuições de probabilidades obtidas por Ferreira e Gonçalves (2019), descritas na Tabela 1.

Conforme Ferreira e Gonçalves (2019), os usos da pia da cozinha, do tanque e máquina de lavar são classificados como usos coletivos e, dito isso, suas frequências de uso se associam ao uso de todos os moradores, ou seja, são estimados por domicílio.

	Frequência		Duração		Vazão (L/S)	
	Distribuição	Parâmetro	Distribuição	Parâmetro	Distribuição	Parâmetro
Lavatório	Poisson	$\lambda = 5.93$	Lognormal	$\sigma = 0.8449$ $\mu = 3.3551$;	Lognormal	$\sigma = 0.3275$; $\mu = -2.667$;
Pia da Cozinha	Poisson	$\lambda = 24.88$	Lognormal	$\sigma = 0.785$; $\mu = 3.1763$;	Weibull	$\lambda = 0.569$ $k = 1.5871$
Chuveiro	Poisson	$\lambda = 1.08$	Gama	$k = 6.5216$ $\theta = 0.7668$	Lognormal	$\mu = -2.4205$ $\sigma = 0.2014$
MQL	-	-	6 Min/Ciclo		Uniforme	0.1
Bacia Sanit. (12L)	Poisson	$\lambda = 2,75$	Fixo	60s	Fixa	0,25L/s
Tanque	Poisson	$\lambda = 1,15$	Lognormal	$\sigma = 0,8918$; $\mu = 3,2905$;	Lognormal	$\sigma = 0.3279$; $\mu = -.3485$;

Tabela 1: Padrão estatístico de uso por aparelho sanitário.

Fonte: Adaptado de Ferreira e Gonçalves (2019).

Para a frequência de ciclos da máquina de lavar no Brasil é adotada a distribuição Poisson, com $\lambda = 0.37$, mesma dos encontrados por Blokker *et al.* (2010), segundo dados dos EUA.

A probabilidade do horário de ocorrência de um evento de uso varia de acordo com o padrão comportamental de seu morador, sendo o horário de pico de demanda até 30min depois de acordar, nos 30 min antes de sair de casa, nos 30 min após retornar e nos 30 min antes de dormir. Dentro do modelo desenvolvido cada aparelho tem uma probabilidade de horário de ocorrência, tal que:

- A probabilidade de uso do chuveiro e do lavatório no horário de pico é de 100%, da bacia sanitária é de 50% e da máquina de lavar é 0%, em concordância com probabilidade do SIMDEUM de Blokker *et al.* (2010).
- Durante a madrugada a probabilidade de uso da bacia sanitária e demais usos, excetuando a máquina de lavar roupas é 5%.
- Os eventos de uso do tanque e da máquina de lavar roupas acontecem durante o dia, fora do horário de pico de demanda e uma vez na semana.

Os parâmetros das distribuições de probabilidade das amostras populacionais por domicílio do tipo apartamento na região urbana e a idade da população urbana foram definidos segundo dados do IBGE (2011), conforme a Tabela 3.

	Número de moradores por apartamento	Idade
Parâmetros	$\mu = 2.60736$	$\mu = 32,0208$
	$\sigma = 1.27454$	$\sigma = 20,2051$
R ²	94,78%	82,91%
RMSE	0,0252	0,0029

Tabela 3: Parâmetros da distribuição normal para região urbana.

Fonte: Adaptado de IBGE (2011).

Para introdução de aparelhos e usos mais eficientes no modelo foram considerados os usos da bacia sanitária, chuveiro e torneiras do lavatório e da cozinha. No Brasil uma das bacias sanitárias mais econômicas é a da Acquamatic (2020), com acionamento único e consumo de 2L. Quanto ao chuveiro, a OMS recomenda que a duração mínima do banho seja de 5min e há dispositivos no mercado com vazões de até 3L/min.

- Cenário 1 (C1): Habitação brasileira na zona urbana segundo modelo de Ferreira e Gonçalves (2019);
- Cenário 2 (C2): Habitação brasileira na zona urbana com: bacia sanitária com vazão fixa de 0,4L/s e duração fixa de 5s; chuveiro com vazão fixa em 3L/min e duração fixa de 5min; lavatório com restritor de vazão de 2L/min;

Para analisar os dois cenários, foi simulada a demanda de cada um por 24h de um dia útil para usuários com o padrão comportamental estimado com base nas experiências dos autores, conforme Tabela 4.

		Acordar	Sair de casa	Retornar	Dormir
18 a 65 anos (75%)	μ	5:30:00	07:30:00	19:30:00	22:30:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:45:00	01:30:00
18 a 65 anos (25%)	μ	8:00:00	10:00:00	14:00:00	23:30:00
	σ	01:00:00	03:00:00	04:00:00	01:00:00
Até os 17 anos (matutino 60%)	μ	6:00:00	07:30:00	12:30:00	22:30:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:30:00	01:00:00
Até os 17 anos (vespertino 40%)	μ	09:30:00	13:00:00	18:00:00	01:00:00
	σ	01:00:00	00:30:00	00:30:00	01:30:00
A partir dos 65 anos	μ	05:30:00	10:00:00	14:00:00	21:30:00
	σ	01:00:00	03:00:00	04:00:00	00:30:00

Tabela 4: Padrão horário comportamental do usuário segundo distribuição normal por faixa etária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

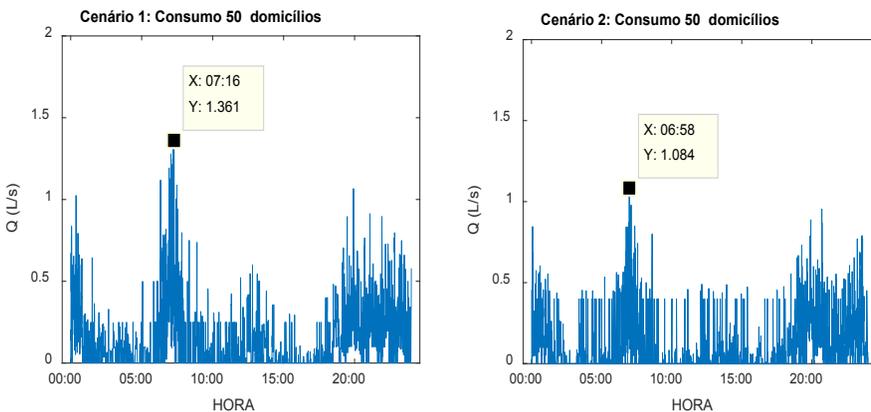
De acordo com o padrão comportamental foram simulados os eventos de demanda para 50, 500 e 5000 domicílios por hora, conforme a Figura 3 e Tabela 5, detalhando o consumo por amostra populacional e tipo de aparelho e sinalizando os picos de demanda nos períodos diurno e noturno.

Em todos os cenários o consumo por aparelho e por amostra não variou linearmente com a quantidade de domicílios, tal fato deve-se a estocasticidade do modelo, o que lhe confere a possibilidade de avaliação de cenários distintos.

Conforme a Figura 3, há uma concentração de picos de demanda na faixa horária da manhã e da noite, tais eventos se associam ao padrão comportamental inserido no modelo. Contudo, ainda que o intervalo etário tenha uma influência direta no comportamento horário dos eventos, ele não influi nos parâmetros de consumo, ou seja, os aparelhos ainda obedecem aos padrões da Tabela 4 sem considerar, por exemplo, os casos em que o período dentro de casa é prolongado, devido à falta de estudos que considerem a correlação dos parâmetros de consumo com variáveis como gênero, idade e tempo no interior da habitação.

Devido à aplicação de aparelhos mais eficientes em C2, o consumo de água foi 40% menor do que em C1 em todas as amostras e, analogamente, houve uma redução nos picos de demanda, evidenciando como o uso eficiente em aparelhos com maior potencial de demanda no horários de pico podem atenuar eventos de sobrecarga no SAA.

Para análise da confiabilidade pode-se comparar o consumo médio per capita do primeiro cenário (Tabela 6), em que os parâmetros foram obtidos por estudos na cidade de São Paulo, com demais estudos. Barreto (2008) obteve 152.7 L/dia/hab. e Rocha e Barreto (1999) 109 L/dia/hab. para os mesmos usos na cidade de São Paulo, em apartamentos.



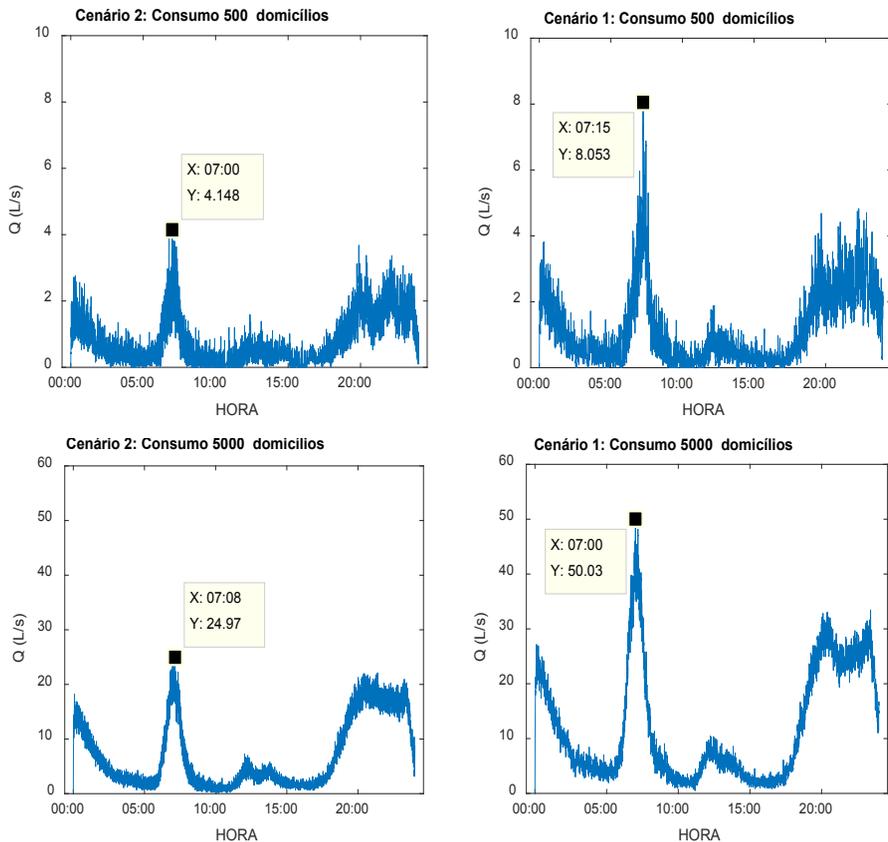


Figura 3: Vazão (Q) em L/s por hora, cenários C1 e C2.

Cenário 1

	B. S.	Lavatório	Chuveiro	Pia	Tanque	MQL	Total C1
50	7,485	2,988	5,273	1,981	257	1,728	19,712
500	67,02	28,547	45,775	20,744	2,233	22,032	186,351
5000	656,415	281,67	463,84	205,37	23,131	221,616	1,852,042

Cenário 2

	B. S.	Lavatório	Chuveiro	Pia	Tanque	MQL	Total C2
50	860	2,925	2,85	2,029	179	2,16	11,003
500	8,818	28,438	25,485	20,536	2,26	21,744	107,281
5000	86,682	282,82	255,6	207,52	22,719	220,464	1,075,805

Tabela 5: Consumo total por aparelho e número de domicílios cenários C1 e C2.

Cenários	Número de domicílios		
	50	500	5000
C2	85	83	83
C1	152	143	142

Tabela 6: Consumo médio em L/dia/hab. por amostra populacional nos cenários C1 e C2.

A partir das simulações criadas também é possível obter coeficientes multiplicadores de demanda, como o K2. O coeficiente K2, que é a relação entre a máxima vazão horária e a vazão média do maior dia de consumo, utilizado para determinação da demanda de água para dimensionamento do SAA, variou conforme o tamanho das amostras, diferente do disposto na NBR 9649 (1986) em que o valor é fixado em 1,5. Conforme a Figura 4, o coeficiente apresenta em ambos cenários uma relação inversa ao tamanho das amostras, mas com tendência de estabilização em grandes agrupamentos populacionais.

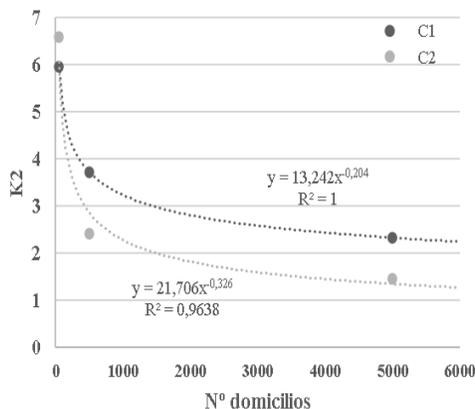


Figura 4: Coeficiente K2 por amostra cenários C1 e C2.

CONCLUSÃO

A caracterização da demanda é fundamental para a utilização adequada de recursos financeiros nos sistemas de abastecimentos, logo sua análise e diagnósticos devem ser realizados continuamente. A aplicação de aparelhos eficientes é um dos pilares para melhor gestão da demanda e melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

O modelo criado atua como uma ferramenta com bom potencial de uso para dimensionamento dos SAA's, capaz de caracterizar a demanda dos microcomponentes em diferentes agrupamentos populacionais com resultados dentro da margem encontrada na literatura para a mesma região de estudo, além de poder calcular coeficientes multiplicadores de demanda utilizados em projetos de abastecimento de água e de esgoto sanitário. Nele

nota-se que a aplicação de medidas de gestão da demanda de forma hierárquica nos aparelhos com maior potencial de uso em horários de pico uniformiza a demanda e, por conseguinte, atenua eventos de sobrecargas no SAA, tal que uso eficiente do chuveiro, lavatório e bacia sanitária reduziu cerca de 40% do consumo total.

Para uma análise mais apurada de cada cenário deve-se considerar mais iterações, períodos mais longos, mais usos e cenários distintos, assim como a influência do gênero nas variáveis de consumo.

REFERÊNCIAS

ACQUAMATIC DO BRASIL (2020). Loja virtual de hidráulica. 2020. Disponível em: https://acquamatic.loja2.com.br/3902758-_Vaso-Sanitario-Aquamatic-Karoll-ModCaixaAcoplada. Acesso em: 20.05. 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986). NBR 9646— Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro.

BARRETO, Douglas. 2008) Perfil do consumo residencial e usos finais da água. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 23-40. Disponível em: < <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5358/3280>>

BARRETO, D.; MEDEIROS, O. (1999). Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários. Ambiente Construído, v. 8, n. 4, p. 137–149. Disponível em: <seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5939/4713>.

BARRETO, D.; ROCHA, A.L. (1999) Caracterização do consumo de água de aparelhos sanitários economizadores de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. Rio de Janeiro. Anais...

BLOKKER, E. J. M., VREEBURG, J. H. G., AND VAN DIJK, J. C. (2010). “Simulating residential water demand with a stochastic end-use model.” J. Water Resour. Plann. Manage., 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000002, 19–26.

FEITAL, J. C. D. C., SPERS, E. E., NOVAES NETTO, A. F. D., SPERS, V. R. E., & PONCHIO, M. C. (2008). O consumo consciente da água: um estudo do comportamento do usuário doméstico.

FERREIRA, T. D. V., & GONCALVES, O. M. (2019). Stochastic simulation model of water demand in residential buildings. Building Services Engineering Research and Technology, 0143624419896248

GHALEHKHONDABI, I., ARDJMAND, E., YONG II, W. A. & WEECKMAN, G. R. (2017) Water demand forecasting: review of soft computing methods. Environmental Monitoring and Assessment 189–313. doi:10.1007/s10661-017-6030-3.

ILHA, M. S. d. O.; GONÇALVES, O. M. (1991) Estudos de parâmetros relacionados com a utilização de água quente em edifícios residenciais. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, v. 38.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2011). Sinopse do censo demográfico. Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, L. H. de et al. (2013). Modelling of water demand in building supply systems using fuzzy logic. *Building Services Engineering Research and Technology*, v. 34, n. 2, p. 145–163. ISSN 0143-6244. Disponível em: <<http://bse.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0143624411429381>>.

BARRETO, D.; ROCHA, A.L. (1999) Caracterização do consumo de água de aparelhos sanitários economizadores de água. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Rio de Janeiro.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 74, 76, 84, 85, 86, 88, 91

Água potável 50, 51, 52, 71, 109, 174, 180

Água residual 92, 93, 94, 97

Águas pluviais 24, 25, 32, 36, 112, 142, 151, 152, 155, 156, 158, 163, 167, 174

Antibióticos 1, 4, 6, 7, 10, 86

Aproveitamento 13, 15, 21, 80, 111, 112, 113, 119, 120, 121, 123, 126, 127, 128, 137, 139, 140, 167, 209

Área de preservação permanente 159, 173, 174, 176, 178, 179

Aterros controlados 24, 35, 41, 111, 112, 115, 133, 135

Aterros sanitários 17, 22, 23, 24, 25, 34, 35, 37, 41, 43, 44, 47, 48, 80, 111, 116, 118, 120, 121, 133, 138, 139

B

Bioadsorvente 80, 83, 86, 221

Biomassa 37, 55, 80, 83, 90, 123, 129, 130, 131, 132

C

Cloração 50, 63, 70

Cloretos 50, 57

Coliformes fecais 92, 100, 106

Coliformes totais 98, 99

Combustíveis fósseis 36, 46, 129

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB 115, 116, 117, 139

Compostagem 41, 44, 100, 112, 157, 167, 168

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 5, 11, 108, 120, 171

Construção civil 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 30, 33, 36, 114

Contaminantes 1, 51, 80, 83, 86, 88, 89, 94, 221

Co-processamento 47

Corpos d'água 3, 10, 23, 33, 37, 159, 174, 175

Corpos hídricos 1, 37, 74, 76, 178

D

Demanda bioquímica de oxigênio 50, 57, 64, 98, 99, 106

Demanda química de oxigênio 50, 57, 98, 99, 106

Descarte irregular 1

Desenvolvimento sustentável 38, 46, 168

Desinfecção 50, 57, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 106, 121

Digestão anaeróbica 43

Drenagem 18, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 108, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 155, 156, 164, 165, 167, 174

E

Efluente 50, 52, 54, 55, 56, 57, 62, 65, 66, 70, 74, 77, 79, 92, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Emissões atmosféricas 212, 213

Enzimas 62, 73, 74, 75, 76, 77

Esgotamento sanitário 112, 157, 158, 159, 162, 163, 167, 171, 173, 174, 175, 176, 192, 199, 200, 201

F

Fontes renováveis 37, 41

G

Gaseificação 41, 42, 43, 45, 47, 112, 121, 123, 124, 125

Gerenciamento dos resíduos 10, 20, 23, 34, 47

Granulometria 17, 18, 85

H

Hormônios 7, 86, 87, 88, 89

I

Incineração 6, 42, 43, 45, 47, 63, 112, 121, 122, 123, 139, 140

Índice de Desenvolvimento Humano - IDH 180

L

Lagoas de maturação 50, 66, 70

Lençóis freáticos 5, 22, 23

Lixões 24, 35, 37, 41, 80, 111, 112, 115, 135

M

Macrodrenagem 143

Matéria prima 13, 14, 20, 36, 42, 48, 90, 92, 95, 112

Matriz energética 35, 36, 38, 41, 46, 112, 121, 130

Medicamentos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Meio ambiente 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 21, 24, 27, 34, 37, 48, 52, 62, 73, 75, 92, 94, 98, 107, 108, 111, 120, 122, 129, 134, 135, 138, 139, 140, 156, 157, 165, 168, 171, 174, 175, 178, 179

Microdrenagem 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 152, 154, 155

P

Pirólise 42, 45, 47, 112, 121, 124

Política nacional de resíduos sólidos 1, 11, 23, 49, 112, 120

Processos convencionais de tratamento 67, 80

R

Reciclagem 14, 15, 17, 18, 21, 36, 47, 92, 93, 95, 98, 100, 101, 107, 108, 109, 112, 119, 122, 139

Recursos hídricos 3, 52, 66, 87, 89, 94, 99, 108, 157, 173, 174, 175, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 203, 209

Recursos naturais 14, 15, 20, 46, 93, 157

Resíduos 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 55, 64, 76, 98, 100, 107, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 140, 143, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166, 167, 171, 174, 176, 221

Resíduos da construção civil 15, 16, 21, 114

Resíduos industriais 28, 33, 114, 122

Resíduos sólidos urbanos 14, 22, 23, 24, 25, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 46, 48, 100, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 132, 133, 137, 138, 139, 140, 163

Reutilização 14, 33, 36, 112, 167, 221

S

Saneamento básico 22, 36, 52, 111, 112, 113, 116, 117, 133, 137, 138, 139, 140, 157, 158, 159, 160, 162, 164, 165, 166, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 191

Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP 140

Saneamento rural 157, 158, 160, 162, 164, 165, 166, 167, 168

Socioambiental 160

Sólidos dissolvidos totais 50, 57, 59, 66, 70

Sólidos suspensos totais 50, 57, 60

T

Toxicidade 66, 70, 73, 74, 77

Tratamento térmico 111, 112, 113, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 133, 135, 137, 138

U

Urbanização 34, 143, 159, 194, 217

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



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

Atena
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



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

Atena
Editora

Ano 2021