

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. Elói 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 BAIRROS 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

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

Data de aceite: 23/06/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Luana dos Santos Pinheiro

Allonda Ambiental S. A., Engenheira Civil
Guaíba – Rio Grande do Sul

José Carlos Alves Barroso Júnior

Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre,
Docente do Curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0457743925733472>

RESUMO: O crescimento populacional nas cidades e o consequente aumento das áreas urbanizadas que estão ocorrendo nos últimos anos, vem causando transtornos com as águas pluviais nas mais diversas regiões do mundo. Os alagamentos que ocorrem cada vez mais frequentes, causam diversos problemas sociais e de saúde pública, impactando a vida das pessoas nos grandes centros. Nesse sentido, uma revisão dos projetos dos sistemas de drenagem existentes nas grandes cidades, se torna inevitável frente ao aumento das massas populacionais e as modificações do nosso clima. Essa revisão é necessária para verificar se os atuais sistemas de drenagem executados nessas regiões estão atendendo as demandas ou se existe a possibilidade de redimensioná-los e minimizar os transtornos causados pelas águas da chuva. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é verificar os atuais problemas causados pelas

águas pluviais no bairro Centro do município de São Leopoldo, dimensionar o sistema de microdrenagem do local e comparar com o atual sistema existente, propondo, por fim, possíveis alternativas frente as verificações e comparações efetuadas.

PALAVRAS-CHAVE: Microdrenagem, Alagamento, Pluvial, São Leopoldo.

CASE STUDY: SIZING MICRODRENING FOR A DOWNTOWN REGION OF A SÃO LEOPOLDO- RS MUNICIPALITY

ABSTRACT: The population growth in the cities and the consequent increase in urban areas and climate changes that are occurring in recent years, are causing disturbances to the rainwater in most regions of the world. The floodings which are occurring even more frequently, causing many social and public health issues, impacting the lives of people in big cities. In this regard, a reassess on the projects of existing drainage systems in big cities is inevitable in front of the increase in mass population and the changes in our climate. This revision is required to verify if the current drainage systems implemented in these regions are meeting the demands or if it is possible to resize them and diminish possible inconveniences caused by rainwater. Therefore, the objective of this study is to ascertain the current problems caused by rainwater in central district of São Leopoldo, design the micro drainage system and to compare with the current existing system, proposing, finally, possible alternatives in front of the verifications and comparisons conceived.

KEYWORDS: Microdrainage, Flooding, Stormwater, São Leopoldo.

1 | INTRODUÇÃO

O processo do crescimento populacional e da urbanização das cidades, aliados às elevadas precipitações e a falta de controle e planejamento da ocupação do solo e das áreas de risco, tem como consequência as inundações, um fator frequente e preocupante no Brasil e em outros países que afeta diretamente a população. Com a expansão da urbanização obtém-se também um acréscimo significativo de áreas impermeáveis que pode intensificar as chances de inundações, visto que isso exigirá uma capacidade maior de condução do escoamento superficial.

As inundações podem ser causadas devido a aspectos relevantes como a falta de manutenção da rede de drenagem, má administração de recursos públicos, além dos problemas de educação ambiental, um dos itens fundamentais para o bom funcionamento de todo o sistema, visto que os resíduos descartados de forma inadequada podem prejudicar a capacidade de vazão.

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995), as enchentes urbanas geram grandes impactos para a sociedade e com base nisso é necessário planejar a ocupação do espaço urbano com a infraestrutura e as condições que evitem impactos econômico-sociais. Ainda, segundo os autores, o critério para elaborar um projeto de uma rede de drenagem urbana é realizado com base na vazão máxima provocada por uma tormenta, no qual deve escoar pela rede à superfície livre, ou sob pressão, com uma carga pequena (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995, p. 33).

A implantação e aplicação do Plano Diretor de drenagem urbana nas cidades é fundamental, pois ele deve “planejar a distribuição da água no tempo e no espaço com base na tendência de ocupação urbana, compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais”. Outro fator importante é o controle de ocupação do solo, limitando a ocupação de áreas de alto risco de inundações (TUCCI, 1995).

Atualmente, é possível acompanhar diversas fontes de notícias sobre chuvas fortes que resultam em alagamentos, inclusive com registro de mortes. No Rio Grande Do Sul também foram noticiados em diferentes municípios, inúmeros casos de alagamentos, o que evidencia a necessidade de rever os projetos existentes e investir em melhorias para solucionar as prováveis ineficiências do sistema de microdrenagem urbana, em virtude da idade do projeto existente.

A drenagem urbana pode ser dividida em microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais em um loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado (PORTO ALEGRE, 2005).

Os elementos do sistema pluvial de microdrenagem, segundo Tucci, Porto e Barros (1995), são constituídos pelas galerias, poços de visita, bocas de lobo, tubos e caixas de

ligações e sarjetas, de acordo com a Figura 1 - Sistema de microdrenagem urbana.



Figura 1 - Sistema de microdrenagem urbana.

Fonte: Adaptado de Moraes (2015, p. 04).

As galerias são canalizações, que tem por objetivo conduzir o escoamento superficial oriundo das bocas de lobo e sua seção deve atender a vazão de projeto. O diâmetro nominal (DN) das tubulações comerciais possui variações entre 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200 ou 1500mm e a velocidade máxima de escoamento nos condutos será em função do material, em tubos de concreto a velocidade máxima é de 5,0 m/s e a mínima é de 0,60 m/s (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Para o dimensionamento das galerias é necessário calcular a vazão que depende da intensidade de chuva, área da bacia de drenagem e coeficiente de escoamento (*run off*), conforme a equação 1:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão máxima (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km²).

Os projetos de drenagem superficial são executados para que atendam as capacidades de esgotamentos pluviais futuras, por este motivo é necessário conhecer a frequência dos eventos chuvosos. As informações de intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas são baseadas no histórico das mesmas, no qual observa-se a intensidade em um longo período, obtendo tais informações como probabilidade. Para cada localidade é possível obter intensidade, duração e frequência variadas, de acordo com o estudo do local e o acúmulo das variações pluviométricas (WILKEN, 1978), a intensidade de chuva sofre influência também do tempo de retorno.

De acordo com Departamento de Esgoto Pluvial de Porto Alegre (DEP, 2005), o tempo de retorno (Tr), também conhecido como tempo de recorrência é definido como o intervalo médio em anos para que a máxima demanda de precipitação ocorra com a mesma

intensidade ou que ela seja superada.

Em relação ao tempo de retorno (T_r), Tucci (1993), afirma que é o inverso da probabilidade (p) de uma precipitação ser igualada ou superada em um determinado ano, portando é possível concluir que essa escolha está relacionada com a eficiência do projeto e o grau de segurança proposto à população.

O escoamento superficial direto, também chamado de precipitação excedente, coeficiente de deflúvio ou *run-off*, é caracterizado como sendo a parcela de uma precipitação que fica acumulada sobre a superfície do solo, através da sua dificuldade de infiltração, interceptação ou retenção superficial. Essa parcela excedente é, na maioria das vezes, a responsável pelos alagamentos em bacias pequenas e urbanizadas e podem varia entre 0,05 a 1,0 (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Conhecer a Área da Bacia (A), também denominada de bacia de drenagem, significa conhecer o tamanho da área em que a precipitação incide e a potencial vazão de água que ela pode gerar em seu interior.

Geralmente os limites de uma bacia são os divisores de água contidos na planta planialtimétrica da área da bacia, entretanto, em regiões urbanas, a presença de galerias e as declividades no terreno são os fatores que acabam gerando os “divisores de água” na área de projeto (GRIBBIN, 2012). Costumeiramente a área da bacia é subdividida em áreas de contribuição formadas pela divisão dos lotes urbanos até a via pública.

No dimensionamento das tubulações, considera-se que o escoamento é livre, ou seja, é permanente e uniforme, pois possui vazão, velocidade e seção constantes ao longo dos trechos considerados. (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). De acordo com os autores, a vazão e a velocidade das galerias podem ser determinadas através da equação de Manning:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot n} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2)$$

$$v = \frac{\left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão à seção plena da tubulação (m^3/s);

D = diâmetro da tubulação (m);

n = coeficiente de rugosidade;

S = declividade longitudinal da rua (m/m);

v = velocidade de escoamento à seção plena da tubulação (m/s).

Ainda sobre o dimensionamento hidráulico das galerias circulares Azevedo Netto et al. (1998) recomenda velocidades mínimas de 0,75 e máximas de 5,0 m/s, e ocupação máxima da lâmina d'água de 95 % do diâmetro, evitando que a tubulação trabalhe pressurizada.

Neste trabalho foi avaliada a rede de drenagem na região do bairro centro de São

Leopoldo – RS, analisando as falhas do sistema de drenagem, eficiência da pluvial e possíveis melhorias.

2 | METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia utilizada neste trabalho será realizada através das etapas apresentadas no fluxograma, conforme Figura 2.

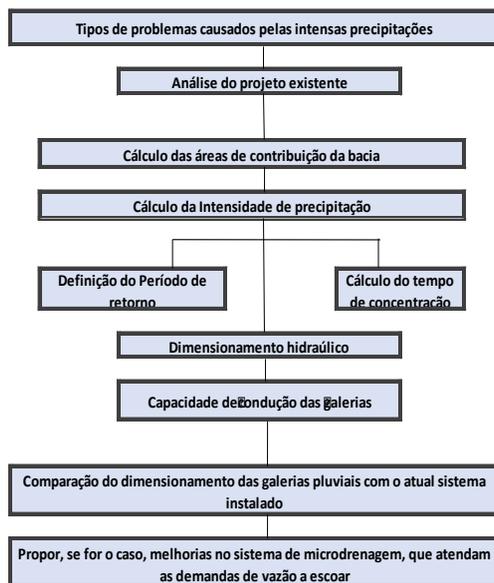


Figura 2 - Fluxograma de pesquisa.

Fonte: Elaborado pela autora.

O objetivo deste trabalho é o estudo do sistema de microdrenagem urbana da região do bairro Centro, do município de São Leopoldo, região metropolitana de Porto Alegre. A área de estudo foi delimitada conforme consta na Figura 3.

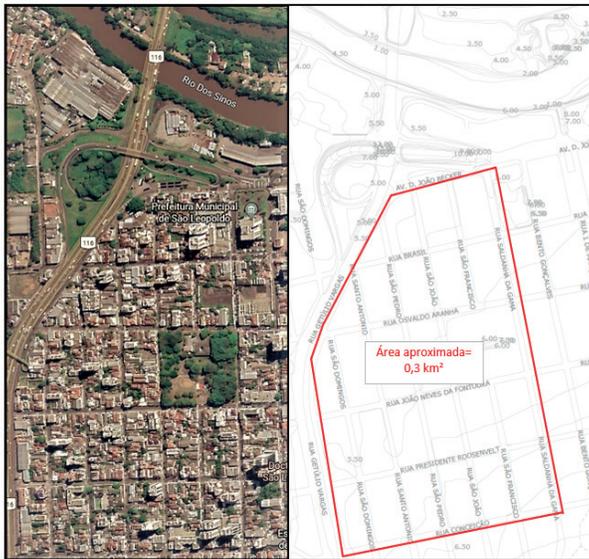


Figura 3 - Área de estudo.

Fonte: Adaptado de Google Earth (São Leopoldo, 2019).

O sistema de drenagem será redimensionado e verificado por completo, através da divisão das áreas de contribuição, determinação das vazões de escoamento e dimensionamento das galerias pluviais. Em virtude da inexistência da memória de cálculo do projeto existente, serão adotados parâmetros para o redimensionamento, com o intuito de verificar a necessidade de melhorias do sistema.

3 | DADOS CARTOGRÁFICOS

3.1 Traçado da rede de drenagem

O traçado da rede de microdrenagem do bairro Centro foi disponibilizado pela Secretaria Municipal de Obras Viárias (SEMOV) de São Leopoldo. O projeto é datado de 21 de fevereiro de 1974 e atualmente existe só em meio físico, conforme mostra a Figura 5 – Rede de microdrenagem do bairro Centro - SEMOV. (SÃO LEOPOLDO, 1974).

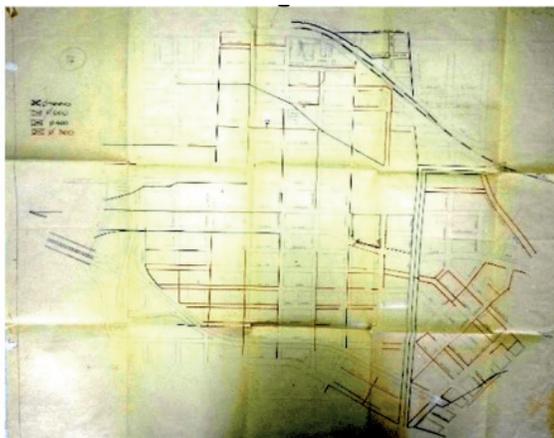


Figura 4- Rede de microdrenagem do bairro Centro - SEMOV.

Fonte: Registrada pela autora.

O detalhamento do projeto apresenta apenas os trechos das tubulações e seus respectivos diâmetros. Não consta a localização das bocas de lobo, assim como os poços de visita ou caixas de ligação. A rede de drenagem do bairro Centro é conduzida até duas casas de bombas, denominadas de Casa de Bomba Rodoviária e Casa de Bomba Ginásio, as quais bombeiam o esgoto pluvial para o Rio dos Sinos.

De maneira a conhecer as cotas altimétricas de todas as esquinas das quadras do bairro Centro, foi disponibilizado pelo Serviço Municipal de Água e Esgotos (SEMAE) de São Leopoldo, quatro pranchas de levantamento aerofotogramétrico.

A inserção dos poços de visita, foi realizada nos pontos da rede onde houve mudança de direção e diâmetro, admitindo sempre que possível, a distância máxima entre PV, de acordo com a Tabela 2 -Espaçamento entre os poços de visita. Para as bocas de lobo foram inseridas pelo critério de recomendação, com espaçamento máximo de 60 metros.

3.2 Área da Bacia

Para a verificação da área de contribuição e delimitação da área do projeto, primeiramente foi analisado o traçado da rede de drenagem, juntamente com as informações de declividade do terreno, através das pranchas aerofotogramétricas fornecidas pelo SEMAE.

Foram analisadas as cotas altimétricas de cada quarteirão e definida a inclinação longitudinal de cada rua, obtendo assim, a direção de cada escoamento da água da chuva. Considerando a existência de bocas de lobo em todos os quarteirões e antes de cada esquina, foi possível determinar as áreas de drenagem incidentes sobre elas, e conseqüentemente, os trechos correspondentes das tubulações as quais formam os sistemas de galerias.

Diante do exposto, foi observado que dentro do bairro Centro existem três sistemas de galerias, sendo eles delimitados pelas áreas de drenagem contidos entre a BR-116 (Av. Getúlio Vargas) / rua Saldanha da Gama e rua Saldanha da Gama / rua Independência, e por último, a área delimitada entre a rua Independência / avenida Mauá, conforme mostra a Figura 6 do bairro Centro. Os 03 (três) sistemas desembocam no Rio dos Sinos, passando previamente por casas e bombas.

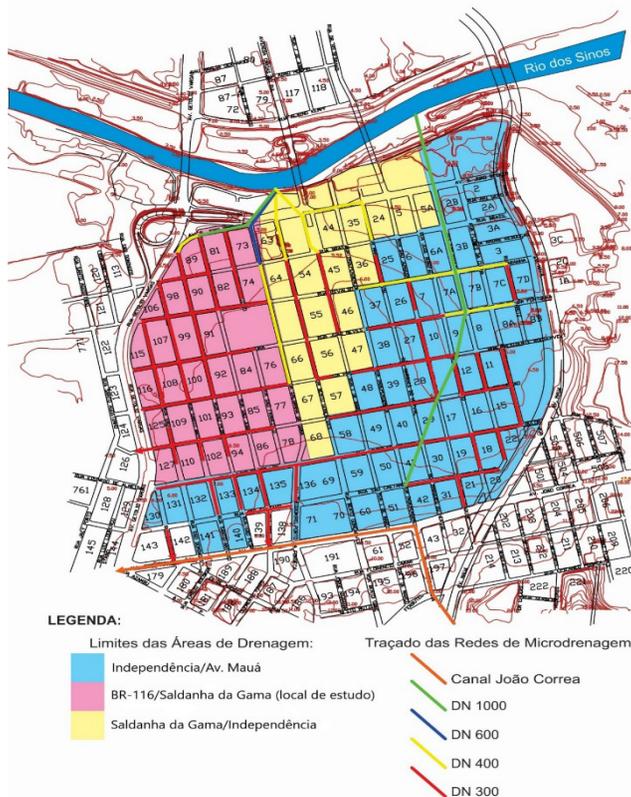


Figura 6 - Áreas de Drenagem - Centro de São Leopoldo.

Fonte: Elaborado pela autora.

O trecho compreendido neste estudo está localizado na BR-116 (Av. Getúlio Vargas) / rua Saldanha da Gama, no qual foi realizada as verificações e delimitações das áreas que contribuem com o escoamento das águas para a rede de drenagem instalada. A área de estudo foi subdividida em lotes delimitado através da divisão da bissetriz dos quarteirões e por fim, foi determinada a área de cada subdivisão.

4 I INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

Para a definição da intensidade de precipitação foram utilizados os dados pluviométricos de Porto Alegre. Para a cidade de São Leopoldo não está disponível a curva IDF, assim, será adotada a Equação 4, elaborada pelo Eng. Otto Pfafstetter, conforme segue:

$$i = \frac{P}{t} \quad (4);$$

4.1 Período de Retorno

O tempo de retorno adotado foi T_r igual a 10 anos, considerando que se trata de uma região comercial e por conta disso será considerado o pior caso entre os valores recomendados, sendo que quanto maior o período de retorno, maior será a intensidade de precipitação, no qual se estima a pior situação de chuva.

4.2 Duração da Chuva e Tempo de Concentração

A duração da chuva será adotada igual ao tempo de concentração da bacia de drenagem, a qual será definida pela Equação 5 em concordância com a Equação 8, que corresponde ao t_c acumulado no trecho anterior à montante, acrescentado do t_c do trecho em estudo. Nas áreas de contribuição iniciais, que são aquelas que não apresentam galerias, será adotado o t_i igual a 10 minutos.

$$t_c = t_i + t_t \quad (5);$$

$$t_c = t_c(\text{trecho anterior}) + t_c(\text{trecho considerado}) \quad (6);$$

5 I DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

5.1 Galerias

A capacidade de condução hidráulica das galerias existentes no sistema de microdrenagem obedecerá a Equação 7 e será utilizado o coeficiente de rugosidade de Manning correspondente a 0,013, já que se trata de tubulações de concreto liso.

Nas galerias será assegurada as velocidades mínimas e máximas permitidas, correspondentes a 0,75 e 5,00 m/s, respectivamente, bem como será assegurada a vazão máxima correspondente a 95% da seção plena do tubo. Foi adotado um recobrimento mínimo de 60 cm acima do tubo, já que o bairro Centro é uma região predominantemente plana, podendo as tubulações atingirem em certos pontos grandes profundidades, se diferenciando, assim, das recomendações de profundidade máxima de 3,50 m. Nos poços de visita onde houver mudança de DN entre as galerias, os tubos serão alinhados, sempre que possível, pela geratriz superior.

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot n} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (7);$$

6 | RESULTADOS

Além da pesquisa de notícias, fotos e vídeos, foi realizado o levantamento in loco no dia 27 de outubro de 2019, no qual foi possível registrar alguns problemas relacionados às águas da chuva e os respectivos locais em que eles ocorreram, conforme mostra a figura a seguir.



Figura 7 - Rua João Neves Da Fontoura x Santo Antônio.

Fonte: Registrado pela autora.

Foi realizada uma análise geral do local, no qual foram identificados diversos fatores que podem contribuir para a ocorrência de alagamentos. Foi possível verificar que há uma elevada densidade urbana da área de estudo e o predomínio da impermeabilização dos solos, com elevados índices de pavimentação asfáltica e poucas áreas de vegetação. Isto contribui para o elevado coeficiente de escoamento superficial, no qual justifica-se a importância deste estudo. Outro problema verificado no local foi o péssimo estado das sarjetas e bocas de lobo. Em alguns pontos das ruas o meio fio não possui 15 cm de altura, fazendo com que inexista a sarjeta, contribuindo, assim, para o avanço das águas sobre o passeio.

Além disso, é perceptível a desconformidade da pavimentação em alguns trechos, já que as declividades longitudinais e transversais se apresentam de forma irregular. É possível verificar também que em alguns locais foi executada uma camada de pavimento após a instalação das bocas de lobo, no qual acaba impactando na capacidade de engolimento das mesmas, o que dificulta o escoamento total das águas pluviais.

Em relação as bocas de lobo, é possível identificar que em alguns locais há o entupimento dos dispositivos conforme Figura 8 e em outros não há a presença da

instalação de bocas de lobo nas esquinas ou em ambos os lados. Desta forma as galerias não captam parte de água acumulada superficialmente acarretando no acúmulo de água nas sarjetas, o que resulta na redução da eficiência de todo o sistema de microdrenagem.



Figura 8 - Rua São Francisco.

Fonte: Registrado pela autora.

6.1 Dimensionamento hidráulico das galerias

Para a verificação foram adotados os diâmetros existentes no local de estudo, sendo os mesmos insuficientes e readequados conforme parâmetros necessários. Em relação a área de contribuição incidente sobre cada trecho, foi considerada conforme Figura 6.

O dimensionamento hidráulico foi realizado considerando a intensidade de precipitação proposta para o projeto, apresentado no Quadro 1 - Planilha de Cálculo 01 – Dimensionamento Hidráulico das Galerias. É possível verificar que os diâmetros disponíveis não atendem à demanda de vazão das águas pluviais no traçado da rede, conforme representado na Figura 6 - Áreas de Drenagem - Centro de São Leopoldo.

A tabela a seguir demonstra o principal trecho da área da bacia que apresentam tubulações com diâmetros insuficientes.

Local	DN Existente (mm)	DN Necessário (mm)
Presidente Roosevelt (PV 1 ao PV 6)	300 (PV 1 ao PV 6)	1000 (PV 1 ao PV 6)
Saldanha da Gama (PV 7 ao PV 26)	400 (PV 7 ao PV 20) 600 (PV 21 ao PV 26)	1500 (PV 7 ao PV 26)

Tabela 13 - Principal trecho em que as tubulações apresentam DN insuficientes.

Fonte: Elaborado pela autora.

Trecho	DN (m) - Tubulação existente		DN (m) - Tubulação dimensionada	L - Trecho (m)	Cota Terreno (m)		Declividade do Trecho (‰/m)	Declividade Mínima (m/m)	Declividade Máxima (m/m)	Declividade Ajustada (m/m)	Área Contribuinte - A (Km²)	Run Off - C	Área Equivalente		Tempo Concentração - t _c (min)		Intensidade de Precipitação - i (mm/h)	Vazão - Q (m³/s)		Velocidade - v (m/s)		Vh/VO (%)	Qh/Qv (%)	Profundidade Coletor (m)		Cota de Fundo do Coletor (m)		h/d	Transte Líquido (m)		Cota NA (m)		Resultado (m)	
	M	J			M	J							CXA	Acum.	M	Trascho		J	Seção Plano	Seção Pivô	Real			M	J	M	J		M	J	M	J		
Presidente Roosevelt	1	2	0,3	1,00	83,00	5,26	5,52	0,0041	0,0006	0,0268	0,0014	0,004001	0,80	0,003201	0,003201	10,00	1,39	11,39	115,92	0,1031	0,8971	1,14	0,75	66	11,50	1,60	1,95	3,66	3,57	22	0,22	3,88	3,79	-
Presidente Roosevelt	2	3	0,3	1,00	82,00	5,52	5,73	0,0026	0,0006	0,0268	0,0006	0,012263	0,80	0,009811	0,013011	11,39	1,71	13,10	110,51	0,3957	0,5873	0,75	0,80	107	68,07	2,33	2,59	3,19	3,14	60	0,60	3,79	3,74	0,00
Presidente Roosevelt	3	4	0,3	1,00	78,00	5,73	5,90	0,0022	0,0006	0,0268	0,0009	0,011693	0,80	0,009354	0,022365	13,10	1,27	14,37	104,84	0,6519	0,1793	0,92	1,03	112	90,63	2,74	2,98	2,99	2,92	75	0,75	3,74	3,67	0,00
Presidente Roosevelt	4	5	0,3	1,00	80,00	5,90	6,10	0,0025	0,0006	0,0268	0,0016	0,011811	0,80	0,009449	0,031814	14,37	0,97	15,33	101,93	0,9015	0,9590	1,22	1,38	113	94,01	3,01	3,34	2,89	2,76	78	0,78	3,67	3,54	0,00
Presidente Roosevelt	5	6	0,3	1,00	79,00	6,10	6,30	0,0025	0,0006	0,0268	0,0026	0,011835	0,80	0,009468	0,041282	15,33	0,75	16,08	99,99	1,1475	1,2225	1,56	1,76	113	93,86	3,34	3,75	2,76	2,55	76	0,76	3,52	3,31	-0,02
Presidente Roosevelt	6	7	0,3	1,00	83,00	6,30	6,45	0,0018	0,0006	0,0268	0,0037	0,012151	0,80	0,009721	0,051003	16,08	0,66	16,74	97,68	1,3850	1,4584	1,86	2,10	113	94,97	3,77	4,23	2,53	2,22	78	0,78	3,31	3,00	0,00
Saldanha Da Gama	7	8	0,4	1,50	145,00	6,45	6,66	0,0054	0,0004	0,0156	0,0006	0,012414	0,80	0,009931	0,060934	16,74	2,18	18,93	95,57	1,6189	1,7315	0,98	1,11	113	93,50	4,73	4,03	1,72	1,63	76	1,14	2,86	2,77	-0,14
Saldanha Da Gama	8	20	0,4	1,50	159,00	6,66	6,50	0,0010	0,0004	0,0156	0,0007	0,012301	0,80	0,009841	0,070775	18,93	2,22	21,14	89,71	1,7650	1,8702	1,06	1,20	113	94,37	4,06	4,01	1,60	1,49	78	1,17	2,77	2,66	0,00
Saldanha Da Gama	20	21	0,4	1,50	141,00	6,50	6,37	0,0009	0,0004	0,0156	0,0009	0,015364	0,80	0,012291	0,083066	21,14	1,73	22,87	84,81	1,9585	2,1207	1,20	1,36	113	92,35	4,01	4,01	1,49	1,36	76	1,14	2,63	2,50	-0,03
Saldanha Da Gama	21	26	0,6	1,50	145,00	6,37	6,87	0,0034	0,0004	0,0156	0,0011	0,015012	0,80	0,012010	0,095076	22,87	1,63	24,50	81,20	2,1463	2,3445	1,33	1,49	112	91,55	4,01	3,67	1,36	1,20	75	1,13	2,49	2,33	-0,02
Saldanha Da Gama	26	C.B	0,6	1,50	128,00	6,87	6,30	0,0034	0,0004	0,0156	0,0068	0,010386	0,80	0,008309	0,252885	24,50	0,57	25,07	78,52	5,5204	5,8291	3,30	3,73	113	94,70	4,82	6,12	0,05	-0,82	78	1,17	1,22	0,35	0,00
João Neves Da Fontoura	14	13	0,3	0,60	89,00	5,19	5,41	0,0032	0,0020	0,0111	0,0027	0,003982	0,80	0,003185	0,003185	10,00	1,18	11,18	115,92	0,1027	0,1082	0,86	0,97	113	94,86	1,00	1,41	4,19	4,00	78	0,31	4,50	4,32	-
São Domingos	13	15	0,3	0,60	170,00	5,41	5,20	0,0012	0,0012	0,0530	0,0027	0,012140	0,80	0,009712	0,009712	11,18	2,22	13,40	111,53	0,3011	0,3190	1,13	1,28	113	94,39	1,61	1,86	3,80	3,34	78	0,47	4,27	3,81	-0,04
Oswaldo Aranha	15	16	0,3	1,00	77,00	5,20	5,35	0,0019	0,0006	0,0268	0,0008	0,014850	0,80	0,011880	0,021592	13,40	1,33	14,73	103,61	0,6220	0,6781	0,86	0,97	112	91,72	2,26	2,47	2,94	2,88	75	0,75	3,69	3,63	-0,12
Santo Antônio	12	16	0,3	0,60	167,00	5,47	5,35	0,0007	0,0012	0,0530	0,0026	0,011431	0,80	0,009144	0,010092	10,00	2,22	12,22	115,92	0,2947	0,3131	1,11	1,25	113	94,12	1,20	1,51	4,27	3,84	78	0,47	4,74	4,30	-
Oswaldo Aranha	16	17	0,3	1,00	79,00	5,35	5,36	0,0001	0,0006	0,0268	0,0034	0,020225	0,80	0,016180	0,046917	14,73	0,65	15,39	100,60	1,3121	1,3980	1,78	2,01	113	93,86	2,48	2,76	2,87	2,60	76	0,76	3,63	3,36	0,00
João Neves Da Fontoura	9	10	0,3	0,60	80,00	5,63	5,59	0,0005	0,0012	0,0530	0,0037	0,013735	0,80	0,010988	0,010988	10,00	0,89	10,89	115,92	0,3541	0,3735	1,32	1,49	113	94,81	1,20	1,46	4,43	4,13	78	0,47	4,90	4,60	-
João Neves Da Fontoura	10	11	0,3	1,00	80,00	5,59	5,57	0,0002	0,0006	0,0268	0,0009	0,012903	0,80	0,010322	0,021310	10,89	1,30	12,19	111,26	0,6591	0,7193	0,92	1,03	112	91,64	1,86	1,91	3,73	3,66	75	0,75	4,48	4,41	-0,12
São Pedro	11	17	0,3	1,00	165,00	5,57	5,36	0,0013	0,0006	0,0268	0,0013	0,009629	0,80	0,005543	0,026854	12,19	2,21	14,40	108,73	0,8117	0,8645	1,00	1,24	113	93,90	1,92	1,92	3,65	3,44	76	0,76	4,41	4,20	0,00
São Pedro	17	24	0,3	1,20	132,00	5,36	5,37	0,0001	0,0005	0,0211	0,0047	0,021205	0,80	0,016964	0,090734	15,39	0,82	16,21	99,81	2,5177	2,6728	2,96	2,67	113	94,20	2,96	3,59	2,40	1,78	78	0,94	3,34	2,72	-0,02
São Pedro	24	29	0,3	1,20	93,60	5,37	5,56	0,0020	0,0005	0,0211	0,0051	0,007730	0,80	0,006184	0,096918	16,21	0,56	16,77	97,27	2,6208	2,7843	2,46	2,78	113	94,13	3,59	4,25	1,78	1,31	78	0,94	2,72	2,24	0,00
Av. D. João Becker	29	28	0,4	1,20	68,30	5,56	5,10	0,0067	0,0005	0,0211	0,0049	0,000000	0,80	0,000000	0,096918	16,77	0,42	17,19	95,49	2,5727	2,7291	2,41	2,73	113	94,27	4,25	4,13	1,31	0,97	78	0,94	2,24	1,91	0,00
São João	18	23	0,3	0,60	135,00	5,39	5,33	0,0004	0,0012	0,0530	0,0055	0,016666	0,80	0,013333	0,013333	10,00	1,24	11,24	115,92	0,4296	0,4554	1,61	1,82	113	94,35	1,20	1,88	4,19	3,45	78	0,47	4,66	3,92	-
São João	23	28	0,3	1,00	141,00	5,33	5,10	0,0016	0,0006	0,0268	0,0012	0,014142	0,80	0,011314	0,024646	11,24	1,98	13,22	111,27	0,7624	0,8305	1,06	1,18	112	91,79	2,28	2,22	3,05	2,88	75	0,75	3,80	3,63	-0,12
Av. D. João Becker	28	27	1,0	1,50	79,00	5,10	4,31	0,0100	0,0004	0,0156	0,0032	0,010161	0,80	0,008129	0,129693	13,22	0,51	13,74	104,35	3,7624	3,9988	2,26	2,56	113	94,09	4,43	3,89	0,67	0,42	78	1,17	1,84	1,59	-0,07
São Francisco	19	22	0,3	0,60	138,00	5,43	5,44	0,0001	0,0012	0,0530	0,0035	0,013199	0,80	0,010559	0,010559	10,00	1,58	11,58	115,92	0,3403	0,3633	1,28	1,45	113	93,68	1,20	1,69	4,23	3,75	76	0,46	4,69	4,20	-
São Francisco	22	27	0,3	0,60	142,00	5,44	4,91	0,0037	0,0012	0,0530	0,0031	0,000000	0,80	0,000000	0,010559	11,58	1,73	13,32	109,61	0,3218	0,3419	1,21	1,37	113	94,12	1,71	1,62	3,73	3,29	78	0,47	4,20	3,76	0,00
Av. D. João Becker	27	26	1,0	1,50	83,00	4,31	4,87	0,0067	0,0004	0,0156	0,0041	0,011559	0,80	0,009247	0,149500	13,74	0,48	14,21	102,31	4,2522	4,5263	2,56	2,89	113	93,94	3,89	4,79	0,42	0,08	76	1,14	1,56	1,22	-0,03

Quadro 1 - Planilha de Cálculo 1 – Dimensionamento Hidráulico das Galerias.

Fonte: Elaborado pela autora.

Outra constatação importante é que a principal galeria da bacia de contribuição, que tem origem no PV1, passa pelo PV7 e segue até o PV 26, possui elevado diâmetro. Sendo necessário empregar um DN 1500 do PV7 até o PV 26, localizada no fim do trecho que possui uma vazão de 5,52 m³/s. Além do mais, os resultados do Quadro 1 - Planilha de Cálculo 1 – Dimensionamento Hidráulico das Galerias, estimam profundidades elevadas no fim deste trecho, com valores próximos a 6,0 m, influenciado pela elevada distância desse trecho.

Trecho			R	Tr (anos)	α	β	P (mm)	a	b	c	t (h)
Rua	Montante	Jusante									
Presidente Roosevelt	1	2	1,37244	10	0,12	0,04	19,32	0	22	20	0,2
Presidente Roosevelt	2	3	1,39353	10	0,12	0,05	20,98	0	22	20	0,2
Presidente Roosevelt	3	4	1,41821	10	0,12	0,06	22,89	0	22	20	0,2
Presidente Roosevelt	4	5	1,44665	10	0,12	0,07	24,41	0	22	20	0,2
Presidente Roosevelt	5	6	1,46888	10	0,12	0,08	25,56	0	22	20	0,3
Presidente Roosevelt	6	7	1,47227	10	0,12	0,08	26,18	0	22	20	0,3
Saldanha Da Gama	7	8	1,47227	10	0,12	0,08	26,67	0	22	20	0,3
Saldanha Da Gama	8	20	1,47907	10	0,13	0,08	28,29	0	22	20	0,3
Saldanha Da Gama	20	21	1,48932	10	0,13	0,08	29,88	0	22	20	0,4
Saldanha Da Gama	21	26	1,49275	10	0,13	0,08	30,96	0	22	20	0,4
Saldanha Da Gama	26	C.B	1,5031	10	0,13	0,08	32,06	0	22	20	0,4
João Neves Da Fontoura	14	13	1,37244	10	0,12	0,04	19,32	0	22	20	0,2
São Domingos	13	15	1,39353	10	0,12	0,05	20,79	0	22	20	0,2
Oswaldo Aranha	15	16	1,41821	10	0,12	0,06	23,15	0	22	20	0,2
Santo Antônio	12	16	1,37244	10	0,12	0,04	19,32	0	22	20	0,2
Oswaldo Aranha	16	17	1,44665	10	0,12	0,07	24,70	0	22	20	0,2
João Neves Da Fontoura	9	10	1,37244	10	0,12	0,04	19,32	0	22	20	0,2
João Neves Da Fontoura	10	11	1,37244	10	0,12	0,04	20,20	0	22	20	0,2
São Pedro	11	17	1,41821	10	0,12	0,06	22,10	0	22	20	0,2
São Pedro	17	24	1,46888	10	0,12	0,08	25,59	0	22	20	0,3
São Pedro	24	29	1,47227	10	0,12	0,08	26,28	0	22	20	0,3
Av. D. João Becker	29	28	1,47227	10	0,12	0,08	26,69	0	22	20	0,3
São João	18	23	1,37244	10	0,12	0,04	19,32	0	22	20	0,2
São João	23	28	1,39353	10	0,12	0,05	20,84	0	22	20	0,2
Av. D. João Becker	28	27	1,41821	10	0,12	0,06	22,99	0	22	20	0,2
São Francisco	19	22	1,37244	10	0,12	0,04	19,32	0	22	20	0,2
São Francisco	22	27	1,39353	10	0,12	0,05	21,16	0	22	20	0,2
Av. D. João Becker	27	26	1,41821	10	0,12	0,06	23,42	0	22	20	0,2

Quadro 2 - Planilha de Cálculo 2 – Cálculo da Intensidade de Precipitação.

Fonte: Elaborado pela autora.

71 CONCLUSÕES

Após analisar o sistema de microdrenagem urbana de uma região Centro de São Leopoldo, através dos problemas causados pelas fortes precipitações e do redimensionamento das redes de galerias pluviais, foi verificado que o atual sistema não atende à demanda de vazões provocadas pelas águas das chuvas.

As considerações feitas a respeito da intensidade de precipitação e os coeficientes

utilizados para o projeto, vão de encontro à realidade das características do local e puderam contribuir com a verificação do dimensionamento e a reavaliação do sistema de microdrenagem.

Apesar do dimensionamento das galerias mostrar a utilização de diâmetros maiores em comparação à tubulação existente, foi verificada na análise dos resultados que grande parte dos transtornos causados pelos alagamentos, não se deve só ao fato do subdimensionamento da rede, mas sim da qualidade dos dispositivos hidráulicos superficiais.

A maioria das ruas do bairro Centro teve a aplicação de um revestimento asfáltico sobre a pavimentação original, muitas sarjetas e bocas de lobo foram danificadas, bem como as declividades longitudinais e transversais alteradas, dificultando o escoamento superficial das águas em alguns pontos e ocasionando os alagamentos.

Frente aos problemas apresentados e de maneira a solucioná-los, é necessária a instalação correta e em quantidade suficiente de bocas de lobo, bem como a regularização e o aumento da altura das sarjetas em diversas ruas. Uma força tarefa para a desobstrução de bocas de lobo na área central, também surtiria efeitos positivos no escoamento das águas superficiais.

Em relação à comparação do diâmetro da galeria existente com a galeria necessária, toda a rede existente se mostrou insuficiente para a vazão demandada.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. D. et. al. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

DEPARTAMENTO DE ESGOTO PLUVIAL DE PORTO ALEGRE (**DEP**). Caderno de Encargos. Porto Alegre. 2005.

GOOGLE EARTH. **São Leopoldo**. [S.l.]. 2019. Disponível em: < <https://earth.google.com/web/@-29.76362649,-51.14695728,11.53179919a,1518.97753521d,35y,11.79017345h,3.40300416t,0r/data=ChMaEQoJL20vMDRidjRrGAEgASgC> >. Acesso em: 20 set. 2019

GRIBBIN, J. E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: Cenege Learning, 2012.

MORAES, A. P. **Procedimentos Técnicos de Dimensionamento da Microdrenagem do Município de Santo André**. 2015. 15f. Artigo (Exposição de Experiências Municipais em Saneamento) - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, Poços De Caldas, Minas Gerais, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Porto Alegre, 2005. Disponível em: http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf> Acesso em: 30 mar. 2019.

SÃO LEOPOLDO. Secretaria Municipal de Obras Viárias. **Planta Planialtimétrica**, São Leopoldo, 2011. Arquivo digital.dwg.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (**SEMA**). Bacias Hidrográficas do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, 2019.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO. Manual de Drenagem Urbana. Paraná, 2017.

SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS (**SEMAE**). São Leopoldo, 1990.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1993.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T.D. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.

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