

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

Atena
Editora
Ano 2020

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima

Luiza Batista 2020 by Atena Editora

Maria Alice Pinheiro Copyright © Atena Editora

Edição de Arte Copyright do Texto © 2020 Os autores

Luiza Batista Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Revisão Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora

Os Autores pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

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 – Instituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
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 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

Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
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. 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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional

Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais

Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo

Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas

Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia

Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil

Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita

Prof. Me. Eivaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí

Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé

Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária

Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná

Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina

Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro

Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza

Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College

Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social

Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay

Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA

Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará

Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe

Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná

Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental

2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário: Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Edição de Arte: Luiza Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Maria Elanny Damasceno Silva

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

M514 Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-219-7

DOI 10.22533/at.ed.197202407

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Silva, Maria Elanny Damasceno.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br


Ano 2020

APRESENTAÇÃO

Prezado leitor (a), a obra Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Básico da série 2 e 3, englobam a temática das ciências ambientais no contexto teórico e prático de pesquisas voltadas para a discussão da preservação e recuperação dos recursos naturais, bem como a criação de métodos e tecnologias que contribuem para a redução dos impactos ambientais oriundos dos desequilíbrios das ações humanas.

O volume 2 contém capítulos que tratam da educação ambiental por meio de projetos interdisciplinares em ambientes educacionais e comunitário. Além disso, as pesquisas apresentadas apontam tecnologias diversas que auxiliam no monitoramento de áreas protegidas, risco de queimadas em florestas e simuladores de erosão em solo para formulação de dados sedimentológicos.

Em relação as tecnologias sustentáveis são divulgados estudos sobre os benefícios dos telhados verdes para captação de águas pluviais e o uso de biodigestores em propriedades rurais e zonas urbanas para o tratamento de matérias orgânicas utilizadas na geração de energia, gás e biofertilizantes. Sobre efluentes industriais e domésticos é indicado método de depuração aplicado em Estações de Tratamentos de Esgotos, assim como *Wetlands* construídas para eliminar a deterioração das bacias hídricas.

Diante do crescimento populacional em zonas urbanas é mostrado a necessidade de redimensionamento de área urbana próxima às áreas de inundações, complementando com o estudo sobre a atualização de Plano de Saneamento Básico municipal para controle de enchentes. E por fim, acerca de inundações em locais impermeáveis é evidenciado um sistema de infiltração de águas de chuvas que facilita o escoamento no solo.

No volume 3 é tratado da parceria entre gestores nacionais e internacionais de recursos hídricos a fim de fomentar a Rede Hidrometeorológica do país. As questões jurídicas ganham destaque na gestão ambiental quando se refere ao acesso à água potável na sociedade. E como acréscimo é exposto um modelo hidro econômico de alocação e otimização de água. As águas fluviais compõem uma gama de estudos contidos neste exemplar. Os assuntos que discutem sobre rios e praias vão desde abordagens metodológicas para restaurar rios, análises das características das praias de águas doces sobre o desenvolvimento do zooplâncton e composição granulométrica dos sedimentos dos corpos hídricos.

É destaque para a importância e conservação das Bacias de Detenção de águas de chuvas em zona urbana, como também os sistemas de controle da vazão das águas pluviais na prevenção de enchentes, assoreamento e erosões nas margens de rios. Os modelos matemáticos, hidrogramas e suas correlações são fatores que estimam volume das vazões nas áreas atingidas e servem como instrumentos eficazes preventivos contra inundações inesperadas. Similarmente, a modelagem pode ser bem inserida em um estudo que trata dos componentes aquáticos na qualidade das águas de rios.

A respeito da qualidade da água são mencionados ensaios físico-químicos e microbiológicos coletados em um rio e averiguados com base nos parâmetros das portarias e resoluções nacionais. No quesito potabilidade da água é exibido uma pesquisa com foco nas águas pluviais captadas e armazenadas em cisternas de placas.

Por último, salienta-se os estudos que substituem aparelhos hidrosanitários por modelos que reduzem a quantidade de água descartada, da mesma forma tem-se a substituição de válvulas redutoras de pressão por turbo geradores a fim de verificar a viabilidade financeira e energética em uma Companhia de Abastecimento metropolitano.

Portanto, os conhecimentos abordados e discutidos sem dúvidas servirão como inspiração para trabalhos futuros, replicação em outras regiões como também favorecerá para a minimização dos impactos ambientais provocados a longo prazo, além de ser modelos norteadores de consciência ecológica na sociedade.

Excelente leitura!

Maria Elanny Damasceno Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ORTA ESCOLAR COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA E INTERDISCIPLINAR DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NUMA ESCOLA ESTADUAL DE ARAPUTANGA-MT	
Leiliane Erminia da Silva Stefanello	
Victor Hugo de Oliveira Henrique	
Dhiogo Mendes de Andrade	
Renata Cristina Cordeiro	
Gilmara Matos Centeno	
Ana Paula Batista Silva de Lima	
José Antônio da Silva Andrade	
Juliana Alves de Jesus Quevedo	
Jeferson dos Santos Capelletti	
Maria das Dores Pereira de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.1972024071	
CAPÍTULO 2	13
PROJETO ENGENHEIROS DO FUTURO: O LÚDICO COMO PRINCÍPIO DE APRENDIZAGEM DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Leonardo Di Paulo da Silva Chaves	
Luciana Andréa Tiberi Moreira	
Raphaella Tacine Pinto Modesto	
Gabriel Vinícius Fernandes Miranda	
Gleicy Karen Abdon Alves Paes	
DOI 10.22533/at.ed.1972024072	
CAPÍTULO 3	19
PROJETO AQUARELA: A ECOTÉCNICA DE PRODUÇÃO DE TINTAS DE SOLO COMO MÉTODO PARA REVITALIZAÇÃO DE AMBIENTES	
Jeane de Fátima Cunha Brandão	
Lívia Ferreira Coelho	
Kelly Mesquita Clemente	
Isac Jonatas Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.1972024073	
CAPÍTULO 4	27
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E ALTERNATIVA DE RENDA PARA A COMUNIDADE RIBEIRINHA DO RIO JARUMÃ NA AMAZÔNIA TOCANTINA: UMA EXPERIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO	
Josiel do Rego Vilhena	
DOI 10.22533/at.ed.1972024074	
CAPÍTULO 5	35
ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO: UMA ANÁLISE DAS SOBREPOSIÇÕES COM EMPREENDIMENTOS DE 1998 A 2016	
Marília Teresinha de Sousa Machado	
Francisca Deuzilene Nobre de Lima	
Camila Santana da Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.1972024075	

CAPÍTULO 6	47
ANÁLISE DO RISCO DE QUEIMADA COM USO DO MAPA DE KERNEL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA	
Layla Bianca Almeida Dias	
Thiago dos Reis Lima	
Gleidson Marques Pereira	
Glauber Epifanio Loureiro	
Gleicy Karen Abdon Alves Paes	
Seidel Ferreira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.1972024076	
CAPÍTULO 7	56
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLOS APÓS INCORPORAÇÃO DE PALHA DE CAFÉ	
Daniel Lucas Prudêncio	
Aurélio Azevedo Barreto Neto	
Vinícius Pedro de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.1972024077	
CAPÍTULO 8	64
TELHADO VERDE UMA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA: UMA REVISÃO	
Janine Farias Menegaes	
Toshio Nishijima	
Rogério Antônio Bellé	
Fernanda Alice Antonello Londero Backes	
DOI 10.22533/at.ed.1972024078	
CAPÍTULO 9	78
SISTEMA PARA INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO SOLO E SUBSOLO DE CURITIBA EM VIAS URBANIZADAS	
Vinicios Hyczy do Nascimento	
Ernani Francisco da Rosa Filho	
Luiz Eduardo Mantovani	
Eduardo Chemas Hindi	
DOI 10.22533/at.ed.1972024079	
CAPÍTULO 10	90
NECESSIDADE DE ESTUDOS DE REDIMENSIONAMENTO DIANTE DE INUNDAÇÕES URBANAS: UM ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ/SP	
José Roberto Rasi	
Roberto Bernardo	
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo	
Valentim Cesar Bigeschi	
DOI 10.22533/at.ed.19720240710	
CAPÍTULO 11	104
SANEAMENTO BÁSICO E O SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES: ESTUDO DE CASO EM ARRAIAL DO CABO - RJ	
Aline Pires Veról	
Bruna Peres Battemarco	
Leonardo Henrique Silva dos Santos	
Victória de Araújo Rutigliani	
Camilla Fernandes da Silva	
Daniel Carvalho da Costa	
Marcelo Gomes Miguez	
Raquel Hemerly Tardin-Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.19720240711	

CAPÍTULO 12	115
SISTEMA DE TRATAMENTO <i>COMMUNITY ON-SITE</i> DE EFLUENTES POR MEIO DE WETLANDS CONSTRUÍDAS: METODOLOGIA DE CÁLCULO E IMPLANTAÇÃO	
Mateus Francisquini Bruna Pereira da Silva Regiane Soares Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.19720240712	
CAPÍTULO 13	137
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO NO MODELO DE AUTODÉPURAÇÃO UTILIZANDO EFLUENTES DE LATICÍNIO	
Duwylho Moraes Guedes Francisco Javier Cuba Teran Priscila Gracielle dos Santos Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.19720240713	
CAPÍTULO 14	152
APLICABILIDADE DE BIODIGESTORES (REATORES ANAERÓBIOS) PARA O SANEAMENTO AMBIENTAL	
Ricardo Salles Hermanny Carin von Mühlen Carlos Eduardo de Souza Teodoro Rodrigo José Marassi	
DOI 10.22533/at.ed.19720240714	
CAPÍTULO 15	164
USO DE BIODIGESTOR EM COMUNIDADES RURAIS DA GUINÉ-BISSAU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA, BIOFERTILIZANTE E SANEAMENTO	
Nino Júlio Nhanca Carlos Alberto Mendes Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.19720240715	
SOBRE A ORGANIZADORA	178
ÍNDICE REMISSIVO	179

CAPÍTULO 1

ORTA ESCOLAR COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA E INTERDISCIPLINAR DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NUMA ESCOLA ESTADUAL DE ARAPUTANGA-MT

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 03/04/2020

Leiliane Erminia da Silva Stefanello

Faculdade Católica Rainha da Paz-FCARP
Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

<http://lattes.cnpq.br/1601985175755378>

Victor Hugo de Oliveira Henrique

Universidade do Estado de Mato Grosso-
UNEMAT
Cáceres-MT

<http://lattes.cnpq.br/3439022161736672>

Dhiogo Mendes de Andrade

Faculdade Católica Rainha da Paz-FCARP
Araputanga-MT

<http://lattes.cnpq.br/6070132828150870>

Renata Cristina Cordeiro

Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

Gilmara Matos Centeno

Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

Ana Paula Batista Silva de Lima

Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

José Antônio da Silva Andrade

Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

Juliana Alves de Jesus Quevedo

Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

Jeferson dos Santos Capelletti

Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

Maria das Dores Pereira de Oliveira

Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima
Araputanga-MT

RESUMO: As atividades realizadas na horta escolar contribuem para os alunos compreenderem a necessidade da preservação do meio ambiente, desenvolverem a capacidade do trabalho em equipe e da cooperação, além de proporcionar um maior contato com a natureza. A horta da Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima, localizada na área urbana do município de Araputanga-MT, teve como objetivo ensinar aos alunos sobre a importância da alimentação saudável e cuidados com o meio ambiente de forma interdisciplinar. A horta foi construída a partir do Projeto “Plantando ideias, colhendo conhecimento!”. Sob orientação de um agrônomo, foram manejados os canteiros que possuem formas geométricas, nos quais foram semeados cenoura, beterraba, rúcula, rabanete e salsinha. Após a construção inicial

da horta, a mesma foi apresentada a cada turma de alunos e montado um cronograma de atividades para plantio, cultivo, irrigação e manejo da horta. Todos os dias uma turma de alunos, juntamente com o professor vai na horta e desenvolvem aulas de Biologia, Ciências e demais áreas de ensino. As hortaliças e verduras foram colhidas e servidas na merenda escolar, tornando o lanche mais saboroso e saudável. Em algumas hortaliças plantadas, ocorreu ataque de pragas, como lagartas e pulgões, que foram tratadas com fitossanitários. O projeto horta foi desenvolvido com todos os alunos da escola, no 1º e 2º semestres do ano de 2019, atingindo mais de 750 alunos. Sendo assim, a implantação da horta como um espaço pedagógico estimulou a valorização do meio ambiente, as aprendizagens múltiplas e significativas, reforçando a interação do aluno com a disciplina. Diante do exposto, acredita-se que a realização deste projeto proporcionou um conhecimento adicional aos alunos que ultrapassou os limites da escola, incentivou os estudantes com suas famílias a construir horta em suas residências e oportunizou a efetivação da Educação Ambiental de forma interdisciplinar.

PALAVRAS-CHAVE: Horta escolar. Ferramenta interdisciplinar. Educação Ambiental.

SCHOOL HOUSE AS A PEDAGOGICAL AND INTERDISCIPLINARY TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION IN A STATE SCHOOL IN ARAPUTANGA-MT

ABSTRACT: The activities carried out in the school garden help students understand the need to preserve the environment, develop the capacity for teamwork and cooperation, in addition to providing greater contact with nature. The garden of the Nossa Senhora de Fátima State School, located in the urban area of the municipality of Araputanga-MT, aimed to teach students about the importance of healthy eating and care for the environment in an interdisciplinary way. The garden was built from the project “Planting ideas, gathering knowledge! ”. Under the guidance of an agronomist, the beds that have geometric shapes were managed, in which carrots, beets, arugula, radishes and parsley were sown. After the initial construction of the garden, it was presented to each class of students and a schedule of activities for planting, cultivation, irrigation and garden management was set up. Every day a group of students, together with the teacher, go to the vegetable garden and develop Biology, Science and other teaching areas. The vegetables were harvested and served at school meals, making the snack more tasty and healthy. In some planted vegetables, pests attacked, such as caterpillars and aphids, which were treated with phytosanitary products. The vegetable garden project was developed with all students at the school, in the 1st and 2nd semesters of 2019, reaching more than 750 students. Thus, the implantation of the vegetable garden as a pedagogical space stimulated the valorization of the environment, the multiple and significant learning, reinforcing the student’s interaction with the discipline. In view of the above, it is believed that the realization of this project provided additional knowledge to students that exceeded the limits of the school, encouraged students with their families to build a vegetable garden in their homes and provided opportunities for the implementation of

Environmental Education in an interdisciplinary way.

KEYWORDS: School garden. Interdisciplinary tool. Environmental education.

1 | INTRODUÇÃO

A horta escolar pode tornar-se uma excelente ferramenta pedagógica e interdisciplinar de Educação Ambiental (EA) ao contribuir por várias interfaces na formação de hábitos alimentares saudáveis e construção de valores sociais. A Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima (EENSF), localizada na área urbana do município de Araputanga-MT, teve sua horta construída a partir do Projeto de Ensino intitulado: “Horta escolar: plantando ideias, colhendo conhecimento”.

O cultivo de hortaliças no ambiente escolar estimula a formação e adoção de hábitos alimentares saudáveis aos alunos e os mesmos estendem isto aos familiares. Além disso, é na escola que programas de educação e saúde podem ter maior repercussão, beneficiando os alunos na infância e na adolescência. Nesse sentido, os professores e todos os demais profissionais tornam-se exemplos positivos para os alunos, para suas famílias e para a comunidade na qual estão inseridos (IRALA & FERNANDEZ, 2001).

A horta também assume um papel importante na recuperação da cultura alimentar de cada região (IRALA & FERNANDEZ, 2001). Os produtos colhidos na horta podem ser usados na merenda escolar, como fontes de vitaminas e sais minerais na alimentação servida aos alunos. Por outro lado, as hortas escolares podem estimular os alunos, seus pais e a comunidade envolvida, a cultivar hortaliças em suas próprias residências, visando aprimorar a sua alimentação ou mesmo servir como fonte alternativa de renda (FILGUEIRA, 2003).

As atividades realizadas na horta escolar ainda contribuem para os alunos compreenderem o perigo na utilização de agrotóxicos para a saúde humana e para o meio ambiente; proporciona uma compreensão da necessidade da preservação do meio ambiente escolar; desenvolve a capacidade do trabalho em equipe e da cooperação; proporciona um maior contato com a natureza, já que crianças dos centros urbanos estão cada vez mais afastadas do contato com o ambiente natural.

Segundo Cribb (2010),

A horta escolar é o espaço propício para que as crianças aprendam os benefícios de formas de cultivo mais saudáveis. Além disso, aprendem a se alimentar melhor, pois como se sabe, as crianças geralmente não gostam de comer verduras e legumes e o fato de cultivar o alimento que levarão para casa os estimula a comê-los, especialmente quando conhecem a origem dos vegetais e sabem que são cultivados sem a adição de insumos químicos. Aumentar o consumo de frutas, legumes e verduras tem sido uma das principais recomendações e um desafio para a saúde pública. Existem várias razões diferenciadas entre as populações, para não consumirem frutas, legumes e verduras, dentre as quais, preço, conveniência, sabor entre outras (2010, p. 50).

Numa horta escolar há possibilidade de se trabalhar diversas temáticas de EA, dentre as quais, os conceitos, princípios e o histórico da agricultura; a importância da educação ambiental; a relevância das hortaliças para a saúde e importância da alimentação orgânica e saudável; os riscos dos agrotóxicos e dos organismos geneticamente modificados (OGM's), além das aulas práticas onde se trabalham as formas de plantio, o cultivo e o cuidado com as hortaliças.

A horta na escola é uma atividade que exige uma visão interdisciplinar nos diferentes níveis e modalidades de ensino (Brasil, 1999). A interdisciplinaridade tem como estratégia a união de diferentes disciplinas em busca da compreensão e da resolução de um problema. Nesse âmbito as diversas disciplinas não precisam se afastar de seus conceitos e métodos para contribuir com um projeto ou com a solução de algum problema como já foi mencionado. Num processo interdisciplinar é importante que haja a união, a participação, o espírito de grupo, o engajamento, a comunicação e a ação. Nas palavras de Gallo (2000, p.6)

O sentido geral da interdisciplinaridade é a consciência da necessidade de um interrelacionamento explícito entre as disciplinas todas. Em outras palavras, a interdisciplinaridade é a tentativa de superação de um processo histórico de abstração do conhecimento que culmina com a total desarticulação do saber que nossos estudantes (e também nós, professores) têm o desprazer de experimentar.

Assim, podemos depreender que a interdisciplinaridade é um processo de cooperação e intercâmbio entre as diversas áreas do conhecimento e de campos profissionais, que enriquecem a abordagem de um tema, sem privilegiar uma disciplina ou outra, pois envolve um trabalho que exige parcerias constantes. Para Japiassu (1976, p. 75)

Estamos diante de um processo interdisciplinar todas as vezes em que ele conseguir incorporar os resultados de várias especialidades, que tomar de empréstimo a outras disciplinas certos instrumentos e técnicas metodológicas, fazendo uso dos esquemas conceituais e das análises que se encontram nos diversos ramos do saber, a fim de fazê-los integrarem e convergirem, depois de terem sido comparados e julgados. Donde podemos dizer que o papel específico da atividade interdisciplinar consiste, primordialmente, em lançar uma ponte para religar as fronteiras que haviam sido estabelecidas anteriormente entre as disciplinas com o objetivo preciso de assegurar a cada um seu caráter propriamente positivo, segundo modos particulares e com resultados específicos.

A escola deve abordar os princípios da educação ambiental e educação em saúde de forma sistemática e transversal em todos os níveis de ensino. Os conteúdos ambientais e da temática saúde devem envolver todas as disciplinas do currículo e estarem interligados com a realidade da comunidade, para que o aluno perceba a correlação dos fatos e tenha uma visão integral do mundo em que vive. Nesse sentido, a horta na escola contempla dois temas interdisciplinares presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's): Meio ambiente e Saúde.

Os PCN's ainda definem que os conteúdos de Educação Ambiental e alimentar sejam tratados como temas transversais de maneira interdisciplinar na educação formal.

Em outras palavras, propõe-se que as questões ambientais e de saúde permeiem os objetivos, conteúdos e orientações didáticas em todas as disciplinas (ZUCCHI, 2002).

A interdisciplinaridade não dilui as disciplinas, ao contrário, mantém sua individualidade. Mas integra as disciplinas a partir da compreensão das múltiplas causas ou fatores que intervêm sobre a realidade e trabalha todas as linguagens necessárias para a constituição de conhecimentos, comunicação e negociação de significados e registro sistemático dos resultados (BRASIL, 1999).

Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sustentabilidade (BRASIL, 1999).

O cultivo de hortaliças, mesmo em hortas escolares, requer dedicação diária e constante. Com isso, o maior obstáculo à permanência das hortas nas escolas, após a sua implantação, é a sua manutenção durante o período letivo e, principalmente, no recesso escolar. Desse modo, a manutenção das hortas escolares deve ser garantida, tornando esses espaços patrimônios das escolas, onde a cada ano letivo, novos caminhos e estratégias sejam definidos para assegurar a permanência de uma área viva de imensa relevância para a comunidade interna e externa da escola (REIS & MELLO, 2005).

O projeto Horta escolar teve como objetivo sensibilizar a comunidade escolar sobre a importância de uma alimentação nutritiva, saudável e sustentável, bem como promover práticas pedagógicas inovadoras além de trabalhar a Educação Ambiental de forma interdisciplinar, incentivando a comunidade escolar a cultivar alimentos e plantas medicinais. Diante disso esse trabalho mostra os resultados obtidos na utilização da Horta escolar como espaço pedagógico e instrumento interdisciplinar numa escola estadual.

2 | METODOLOGIA

Primeiramente o Projeto “Horta escolar: plantando ideias, colhendo conhecimento” foi apresentado à Gestão Escolar e Profissionais da EENSF a fim de adicionar contribuições, estabelecer parcerias e formação das equipes para o desenvolvimento do projeto. Depois da finalização da ideia em conjunto, o projeto foi divulgado aos alunos da escola para coletar ideias e anseios dos mesmos acerca da proposta inicial.

Em seguida foram oficializadas as parcerias para o desenvolvimento do projeto com o Curso de Agronomia da Faculdade de Quatros Marcos (FQM), Sindicato Rural de Araputanga em parceria com o Serviço de Aprendizagem Rural SENAR/MT, Prefeitura Municipal de Araputanga através da Secretaria de Agricultura e Viveiro de Mudas e comunidade escolar.

O espaço da horta da EENSF tem boa iluminação natural, terreno plano e murado em duas laterais, sendo as outras duas laterais cercada em tela de metal. Possui área de 120

m², sendo 20 m de comprimento e 6 m de largura. Os canteiros são elevados, cercados por tijolos e a adubação destes envolveram palha de arroz, fezes bovinas, Óxido de cálcio (CaO), Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) nas proporções 04-14-08 e superfosfato simples. O local da horta é de restrito acesso, por ser instalada nos fundos da escola, numa área separada do espaço que alunos brincam e professores costumam frequentar.

Com o apoio técnico, capacitação e insumos obtidos pela parceria com o Sindicato Rural de Araputanga, SENAR/MT e Gestão Escolar, as atividades na horta foram iniciadas em março de 2019 com um curso de Olericultura Básica, ministrado por um Engenheiro Agrônomo. O curso foi ofertado pelo SENAR/MT aos profissionais da educação interessados e alunos maiores de 18 anos e teve duração de 40 horas.



Figura 1 – Curso de Olericultura Básica

Fonte: Acervo dos autores

Após a construção inicial da horta, realizada por profissionais da Educação e alunos, a mesma foi apresentada a cada turma de alunos a fim de conhecer as ações que os alunos gostariam de desenvolver naquele espaço. Um cronograma de atividades foi montado para o plantio, transplante de mudas, desbaste de mudas, cultivo, irrigação e manejo da horta. Nos canteiros foram semeados cenoura, beterraba, rúcula, rabanete e salsinha. Foram ainda transplantadas mudas de cebola.

Todas as atividades desenvolvidas na horta foram fotografadas e registradas em forma de relatórios de observação com o objetivo de montar um portfólio para arquivo da Escola e Instituições parceiras além de auxiliar nas publicações em eventos científicos locais, regionais, nacionais e *papers*.

O projeto foi desenvolvido com todos os alunos do Ensino Fundamental, Ensino Médio e EJA da EENSF, envolvendo cerca de 750 alunos através da manutenção da horta e atividades interdisciplinares realizadas em todas as áreas do conhecimento. Cada docente elaborava seu plano de aula utilizando o espaço da horta como ferramenta interdisciplinar de EA.

3 | RESULTADOS

Na área de Ciências da Natureza podemos citar que em cumprimento a lei 11.645 na disciplina de Biologia Vegetal, no mês de abril, foi trabalhado a contribuição indígena na utilização de plantas medicinais. Para isso, foi solicitado aos alunos que trouxessem mudas de plantas medicinais encontradas em seus quintais ou quintais de vizinhos/familiares, juntamente com a indicação de utilização da referida planta. Os resultados desta pesquisa foram trazidos para a aula e explanados aos demais alunos da turma, enfatizando a estrutura vegetal utilizada no preparo do chá.

Foram construídos dois canteiros compostos apenas plantas medicinais com as seguintes espécies: Terramicina, Capim cidreira, Hortelã, Hortelã gordo, Trançagem, Citronela, Açafrão, Babosa, Cana-de-macaco entre outras plantas medicinais trazidas no decorrer do ano, pois o convite foi aberto às demais turmas e profissionais da escola. Estas plantas medicinais foram deixadas a disposição dos alunos e comunidade escolar para que fossem utilizadas, se necessário. No decorrer do ano, as mesmas foram utilizadas para chás e infusões, compondo o lanche de um grupo de alunos que vinham fazer pesquisa e/ou manutenção da horta.



Figura 2 – Canteiros com as hortaliças plantadas na hora

Fonte: Acervo dos autores

Nas aulas de Biologia de invertebrados e Química orgânica a horta foi utilizada como fonte de pesquisa para controle fitossanitário de pragas e identificação de pragas e doenças presentes na horta. Foram identificados através de fotos e referências os insetos e pragas que acometiam a horta e testados compostos orgânicos no tratamento das mesmas. Foram testados calda de fumo e calda de pimenta, onde através da observação pode se perceber que a calda de pimenta se mostrou mais eficiente no controle de pragas pois em 45 dias resultou em folhas novas e viçosas nos pés de couve, sem nenhuma praga. O experimento foi conduzido nos meses de junho, julho e agosto do ano de 2019 e rendeu participação numa mostra de Iniciação Científica, realizada pela Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT.



Figura 3 – Apresentação dos resultados do Projeto na Mostra de Iniciação Científica

Fonte: Acervo dos autores

Nas aulas de Biologia, os conteúdos de fisiologia vegetal, histologia vegetal e anatomia vegetal também utilizaram estruturas, como raiz, caules, folhas, frutos, presentes na horta.



Figura 4 – Hortaliças utilizadas disciplina de biologia com turmas do 2º ano do Ensino Médio

Fonte: Acervo dos autores

Durante as aulas de Química os alunos fizeram o estudo dos nutrientes das hortaliças, compostos minerais, potencial hidrogeniônico (pH) do solo, classificação e sua influência na plantação, localização de elementos químicos na tabela periódica. Foi ofertada uma nova maneira de contextualização do ensino da Química teórica com a prática, despertando o interesse dos alunos, principalmente a respeito da composição química do solo e na composição química das hortaliças cultivadas na horta escolar.

A disciplina de Língua Portuguesa foi inserida no Projeto da Horta através do trabalho realizado com as turmas do 1º e 2º ano Ensino Médio matutino. Os conteúdos trabalhados foram a origem dos nomes das hortaliças, a gramática na escrita dos mesmos e a produção textual acerca do tema, de maneira que possibilitou troca de conhecimento.

Os fonemas como as menores partículas da língua e a semente plantada na horta foram analogias criadas para fortalecer a interação entre o Português e o projeto da Horta. A morfologia foi um campo riquíssimos para o desenvolvimento desse trabalho, uma revisão de conteúdo dentro de um espaço verde, substantivos, adjetivos, artigos e

mais classes que permite a utilização, não ensinadas separadamente mais num contexto que tange a importância do reconhecimento das classes e suas formas de utilização.

A partir da revisão e da compreensão das classes de palavras a produção textual em sala de aulas sobre assuntos relacionados a alimentação saudável aconteceu com mais facilidade entre os alunos, pois a vivência no ambiente físico possibilitou a abertura de novos horizontes e discussões e resultando assim em produções linguísticas de cunho científico associados com os pilares da educação: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver e aprender a ser, acreditamos que a horta como ferramenta concreta facilitou esse caminho os objetos de conhecimentos que se julga necessário para a formação escolar dos alunos.

Nas aulas de Educação Física a horta teve como objetivo aprimorar os conhecimentos teóricos sobre hábitos saudáveis de alimentação. Todas as terças feiras, os discentes do 7º e 8º anos do Ensino Fundamental se reuniam no contra turno, às 7 horas da manhã para aguar a horta. A postura corporal nestas atividades era orientada. Em seguida iniciava-se a aula de Educação física propriamente dita. Através dessa atividade os alunos puderam entender os benefícios das hortaliças para saúde e serem protagonista dessas ações, que serão transmitidas para as próximas gerações.

No decorrer das aulas de Matemática do 8º ano foi dado início ao conteúdo de Geometria Plana, que trabalha com figuras geométricas. Em sala de aula os conceitos e definições de cada uma das figuras foram apresentados, como: quadrado, triângulo, retângulo, losango, trapézio, pentágono, círculo, hexágono entre outras.

A partir de então foi realizada a visita na horta da escola, objetivando assimilar os conteúdos trabalhados em sala, com os canteiros da horta, haja visto, que os mesmos são construídos em sua maioria em diversas formas geométricas, facilitando o entendimento, compreensão e aplicação dos conceitos de área e perímetro no cotidiano. Em seguida os conteúdos foram aplicados na prática, utilizando alguns instrumentos como: barbante, fita métrica, réguas, cadernos, lápis e caneta. As medidas das figuras desejadas foram tiradas e pode-se comprovar que as fórmulas, aplicadas em sala de aula (áreas e perímetro) tem uma aplicação real no dia-a-dia.

Ao finalizar o trabalho, pode-se notar o ensino da Matemática pautado na realidade e na vivência diária dos alunos com a horta escolar propiciou uma maior participação deles no desenvolvimento das atividades propostas, tornando o processo de ensino-aprendizagem prazeroso e eficaz.

Na alimentação dos alunos, as hortaliças foram utilizadas na complementação da merenda, onde foram servidas saladas de rúcula, saladas de couve, galinhada com cenoura ralada, salada de alface e berinjela refogada. Os alunos ainda levaram hortaliças para casa, pois no auge da produção a quantidade de hortaliças pronta para o consumo foi superior a demanda de consumo nos três recreios do dia, visto que a merenda segue um cardápio elaborado por nutricionista.



Figura 5 – Hortaliças utilizadas na merenda escolar

Fonte: Acervo dos autores

Os alunos interessados e os mais carentes levavam as hortaliças para casa. No refeitório e sala de aula os alunos relataram que a merenda ficara ainda mais gostosa e saborosa e que o sabor de verdura fresca era característico. Os temperos como cebolinha verde, coentro e salsa também aprimoraram o sabor da merenda. Além disso, aprenderam a se alimentar melhor, pois como se sabe, geralmente as crianças e adolescentes não gostam de comer verduras e legumes e o fato de cultivar o alimento que seria servido na merenda ou levariam para casa, os estimulou a comê-los, especialmente quando conhecem a origem dos vegetais e sabem que são cultivados sem a adição de agrotóxicos.

Os Programas Curriculares Nacionais (PCNs) sugerem que os conteúdos de Educação Ambiental e alimentar sejam tratados como temas transversais de maneira interdisciplinar na educação formal. Em outras palavras, propõe-se que as questões ambientais e de saúde permeiem os objetivos, conteúdos e orientações didáticas em todas as disciplinas, não passando, necessariamente, para o objetivo das aulas (ZUCCHI, 2002).

Para Sato (2002), a melhor forma de trabalhar a Educação Ambiental nas escolas é incluir a temática ambiental nos currículos escolares, como atividades práticas, atividades fora de sala de aula, projetos ou qualquer outra atividade que conduza os alunos a serem reconhecidos como agentes ativos no processo que norteia a política ambientalista.

Fazenda (1993) ainda adiciona que trabalhar com projetos como esse, pode ajudar os alunos de forma interdisciplinar agir de forma cooperativa, adaptando-se às exigências profissionais.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A horta inserida no ambiente escolar torna-se um laboratório vivo que possibilita o

desenvolvimento dos conteúdos que sejam tratados como temas transversais de maneira interdisciplinar na educação formal. Este ambiente pode ser explorado como ferramenta didática, auxiliando no processo de ensino- aprendizagem e permitindo relações através do trabalho coletivo entre os alunos e professores.

É fundamental a realização de aulas diferenciadas no espaço escolar para que os professores consigam estabelecer a relação das aulas teóricas e práticas, assim, introduzindo no cotidiano dos alunos a educação ambiental, ensinando-os de maneira eficaz sobre os benefícios da alimentação saudável e sobre os cuidados com o meio ambiente.

Os planos de aula desenvolvidos na horta contribuem para a realização de aulas mais dinâmicas em que os estudantes e professores se sintam estimulados, tornando as aulas mais prazerosas na aquisição de novos aprendizados, promovendo a Educação Ambiental e consequentemente a preservação do meio ambiente aprimorando o trabalho em equipe.

A implantação da horta como um espaço pedagógico, educador sustentável estimulou a incorporação, a percepção e a valorização do meio ambiente, bem como aprendizagens múltiplas e significativas buscando através de metodologias diferenciadas despertar nos educandos o interesse pelo conhecimento, bem como uma melhor interação do aluno com a disciplina em sala de aula.

Dessa forma pode-se dizer que os alimentos ali produzidos foram utilizados no enriquecimento da merenda escolar e se por um lado a alimentação se tornou mais saudável na escola, por outro lado, os estudantes fizeram a interlocução com suas famílias, incentivando a construção também de uma horta em suas residências. Diante do exposto, acredita-se que a realização deste projeto proporcionou um conhecimento adicional aos alunos que ultrapassou os limites da escola favorecendo a inserção de hábitos saudáveis no cotidiano do aluno.

REFERÊNCIAS

BRASIL. LEI 9.795, 1999. **Política Nacional de Educação Ambiental**. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br> Acesso em: 15/11/2019

CRIBB, S. L. S. P. Contribuições da Educação Ambiental e Horta Escolar na promoção de melhorias ao Ensino, à Saúde e ao Ambiente. **Rempec: Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p.42- 60, abr. 2010.

CUNHA, Celso & CINTRA, L. F. L. **Nova Gramática do Português Contemporâneo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1985.

FAZENDA, I. **A interdisciplinaridade: um projeto em parceria**. São Paulo: Loyola, 1993.

FILGUEIRA FAR. 2003 **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2.ed. Viçosa: UFV. 412p.

GALLO, S. **Transversalidade e educação**: pensando uma educação não-disciplinar. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> Acesso em: 15/11/2019

IRALA CH; FERNANDEZ PM. 2001. **Manual para escolas**: a escola promovendo hábitos alimentares saudáveis. Brasília: MS. 21p.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 2009.

SATO, M. **Educação Ambiental**. São Carlos: Rima, 2002

ZUCCHI, O. J. **Educação Ambiental e os Parâmetros Curriculares Nacionais**: Um estudo de caso das concepções e práticas dos professores do ensino fundamental e médio em Toledo-Paraná. Florianópolis, 2002. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

PROJETO ENGENHEIROS DO FUTURO: O LÚDICO COMO PRINCÍPIO DE APRENDIZAGEM DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Data de aceite: 01/07/2020

Leonardo Di Paulo da Silva Chaves

Graduando em Engenharia Ambiental –
Universidade do Estado do Pará – UEPA. E-mail:
oleonardochaves@gmail.com

Luciana Andréa Tiberi Moreira

Graduanda em Engenharia Ambiental –
Universidade do Estado do Pará – UEPA. E-mail:
lucianatiberi@gmail.com

Raphaela Tacine Pinto Modesto

Graduanda em Engenharia Ambiental –
Universidade do Estado do Pará – UEPA. E-mail:
raphaela_tacine@hotmail.com

Gabriel Vinícius Fernandes Miranda

Graduando em Engenharia Ambiental –
Universidade do Estado do Pará – UEPA. E-mail:
gabfern.66@gmail.com

Gleicy Karen Abdon Alves Paes

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade
Federal do Pará (UEPA), mestre em Engenharia
de Transportes pelo Instituto Militar de Engenharia
(IME), especialista em Engenharia de Segurança
do Trabalho (UFPA). Professora assistente da
Universidade do Estado do Pará Campus V/Belém
– Pará. E-mail: gleicykaren@yahoo.com.br

RESUMO: Observa-se que a questão ambiental vem preocupando não somente os estudiosos da área, como também a sociedade em geral,

haja vista que cada vez mais nota-se o desgaste e as catástrofes que ocorrem devido à falta de cuidados com a natureza. Considerando a temática “Educação Ambiental”, há a necessidade da prática de ações de abrangência coletiva. Diante disso, o trabalho apresenta a importância de informar ao público infantil acerca do referido tema, para que os mesmos venham a tornar-se multiplicadores de práticas de Educação Ambiental na comunidade, seja em casa, na escola e no convívio com terceiros. Nesse sentido, a referida pesquisa desenvolvida pelo Projeto Engenheiros do Futuro: Cuidando do meio ambiente no presente, realizado pelos alunos do curso de Engenharia Ambiental do *Campus XX* da Universidade do Estado do Pará, frisa os pontos cruciais da percepção ambiental de crianças por meio do trabalho lúdico, realizado na Escola Estadual de Ensino Fundamental “Cidade de Dom Bosco”, no município de Castanhal, estado do Pará, tendo como objetivo esclarecer, por meio do ideário lúdico, a urgência em adotar medidas sustentáveis no dia a dia desde a infância. Como fruto da ação, percebe-se a aplicação das lixeiras e do descarte correto de resíduos na escola, além do constante debate da temática ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Educação ambiental, Escolas, Lúdico.

ENGINEERS OF FUTURE PROJECT: THE PLAYER AS A PRINCIPLE FOR EDUCATION LEARNING

ABSTRACT: It is observed that the environmental issue has been worrying not only the scholars of the area, but also the society in general, since the wear and the disasters that occur due to the lack of care with the nature are becoming increasingly noticed. Considering the theme “Environmental Education”, there is a need to practice collective actions. Given this, the work presents the importance of informing the children about this theme, so that they become multipliers of Environmental Education practices in the community, whether at home, at school and in contact with others. In this sense, the research developed by the Engineers of the Future Project: Caring for the Environment at the Present, carried out by students of the Environmental Engineering course of Campus XX of the State University of Pará, highlights the crucial points of the environmental perception of children through This work was carried out at the State School of Elementary School “City of Don Bosco”, in the municipality of Castanhal, state of Pará.. As a result of the action, we noticed the application of dumps and the correct disposal of waste in the school, in addition to the constant debate on environmental issues.

KEYWORDS: Environmental Education, Schools, Ludic.

1 | INTRODUÇÃO

O movimento ambientalista ganhou novo impulso em 1962 que destacou a necessidade de respeitar o ecossistema, para proteger a saúde humana e o meio ambiente. Enquanto a preocupação universal sobre o uso saudável e sustentável do planeta e de seus recursos continuou a crescer, em 1972 a ONU convocou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo (Suécia). Segundo o Manifesto Ambiental (1972), chega-se a um ponto em que é necessário moldar nossas ações em todo o mundo, com maior atenção para as consequências ambientais. Por meio da falta de informação, pode-se causar danos maciços e irreversíveis ao meio ambiente, do qual a vida e o bem-estar dependem. Através do maior conhecimento e de ações mais sábias, é possível conquistar uma vida melhor para a posteridade, um meio ambiente em sintonia com as necessidades e esperanças humanas. Melhorar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações se tornou uma meta fundamental para a humanidade.

Para difundir o conhecimento acerca do meio ambiente, a Educação Ambiental (EA) ganha cada vez mais uma ampla visibilidade no cenário nacional e internacional. Com a efetivação da Lei nº 9.795, de 1999, que dispõe sobre a Educação Ambiental, tornando-se um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal.

Nessa visão, procurando tornar a Educação Ambiental mais prazerosa e interessante, faz-se necessário o estudo das diversas maneiras lúdicas de se desenvolver atividades que levem as crianças a entender que preservar os recursos naturais é garantir a qualidade de vida para o seu futuro. De acordo com Dohme (2003), existem várias formas de manifestação da ludicidade, entre as quais, os jogos, as histórias, as dramatizações e outras manifestações artísticas. Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral relatar o lúdico atrelado à Educação Ambiental, contextualizado no projeto Engenheiros do Futuro: Cuidando do meio ambiente no presente, em uma escola no município de Castanhal – Pará.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do estudo qualitativo

A pesquisa desenvolvida deu-se por meio do estudo teórico proporcionado pela disciplina “Introdução à Engenharia Ambiental” e pela publicação “Educação Ambiental: dialogando com Paulo Freire”, LOUREIRO (2014). Foram realizadas consultas em referenciais teóricos para apontar atividades lúdicas e diversificadas capazes de levar as crianças, de forma prazerosa, a entender a importância da preservação da natureza em nossas vidas, bem como os prejuízos trazidos pela ação do homem, buscando desenvolver a cidadania e o respeito pelo meio ambiente. Houve a realização artístico-cultural, realizada pelos alunos da turma de Engenharia Ambiental como guardiões do meio ambiente, exemplificando-se para os alunos os principais problemas ambientais da atualidade. Após isso, foi desenvolvido um estudo qualitativo, na escola Cidade Dom Bosco, por meio do jogo de argolas com garrafas PET junto com a brincadeira de perguntas e respostas sobre o meio ambiente, que buscou compreender, analisar e avaliar a percepção ambiental das crianças e como essas atividades podem contribuir na conscientização da necessidade de preservar o meio ambiente.

2.2 Percepção ambiental por meio da dramatização

Ocorreu a encenação dos palestrantes acerca da temática de Educação Ambiental, os quais estavam caracterizados de acordo com o assunto. Posteriormente, foi discutido a questão do lixo, poluição, desmatamento, queimadas e problemas ambientais agravantes aos transtornos de saúde. Houve a troca de informações com os alunos a respeito de dúvidas referentes ao tema.

2.3 Processamento do jogo com argolas

Foram divididos dois grupos de 23 crianças, entre 7 a 10 anos, para uma maior organização da atividade. Em seguida, cada criança tinha uma chance de acertar a argola

(feita de papelão) na garrafa PET. O primeiro que acertasse, deveria responder uma pergunta relacionada ao meio ambiente. A pergunta em questão já tinha sido exemplificada com a dramatização, o que colocava em evidência se a criança tinha prestado atenção na temática discutida. A presente pesquisa qualitativa possibilitou a realização de uma reflexão sobre a Educação Ambiental e sobre as peculiaridades em realizá-la, podendo assim compreender melhor a relação entre ludicidade e Educação Ambiental.



Figura 1. Momento de troca de informações entre palestrantes e crianças.

Fonte: Os autores (2019).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a conscientização de crianças no ensino infantil, quanto à problemática ambiental, traz resultados significativos a respeito das práticas sustentáveis. É indiscutível a importância em desenvolver ações como o projeto Engenheiros do Futuro, a fim de inserir os cuidados necessários com o meio natural. Na referida ação, foi trabalhado o lúdico como princípio essencial para envolver e chamar a atenção das crianças acerca da preservação da natureza e do meio em que elas vivem, através de pequenas ações, como a reciclagem e a coleta seletiva do lixo. Assim sendo, notou-se que na escola não havia lixeiras ou práticas relacionadas à coleta seletiva, então foram construídas pelos alunos da turma cinco lixeiras feitas de pneus usados, como mostra a figura 2, para que as crianças pudessem fazer a seleção correta do lixo no dia a dia escolar, de forma divertida e prazerosa conforme aprenderam na gincana.



Figura 2. Lixeiras feitas com material reciclado, deixada na escola para coleta seletiva.

Fonte: Os autores (2019).



Figura 3. Projeto Engenheiros do Futuro: Cuidando do meio ambiente no futuro.

Fonte: Os autores (2019).

Diante das adversidades encontradas na decorrência da necessidade de conscientização da sociedade sobre problemas ambientais, a Educação Ambiental na infância se mostra promissora por ser uma fase importante para o ser humano, se não a mais importante, pois é nela que se começa a construção do caráter, valores e saberes. Por estarem em uma fase de aprendizado, as crianças se mostram mais suscetíveis a incorporar hábitos sustentáveis do que os adultos. A curiosidade das crianças, juntamente com práticas lúdicas, desperta a busca pelo conhecimento e facilitam o aprendizado.

Espera-se que o corpo pedagógico escolar, partindo do princípio que a predisposição para brincar é parte essencial da natureza infantil, adote metodologias lúdicas diante da Educação Ambiental para possibilitar a frequência dessa discussão com alunos de séries mais avançadas, proporcionando transformar as aulas tradicionais em momentos de alegria, prazer e aprendizado sobre o meio ambiente. Pode-se inferir como consequência da ação lúdica a utilização das lixeiras e do descarte correto dos resíduos na escola, além do constante trabalho das professoras em lembrar para os alunos sobre o projeto realizado e, sobretudo, debater a temática ambiental. Logo, é evidente a importância em apresentar a (EA) associada à ludicidade.

4 | CONCLUSÕES

Os resultados encontrados potencializam a ideia de que é possível tornar a Educação Ambiental mais interativa e prazerosa aos olhos das crianças. Observa-se a relação direta da importância em debater o cuidado com o meio ambiente com o público infanto-juvenil, destacando-se os prejuízos trazidos pela ação do homem, buscando desenvolver a cidadania e o respeito pelo meio ambiente. Portanto, é evidente que a ludicidade tem um caráter indubitável no processo introdutório e conscientizador a respeito do meio natural e da Educação Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Engenheiros do Futuro, às coordenadoras pedagógicas da escola, Danielly Ladislau e Karina Carvalhal e à professora orientadora Gleicy Karen Abdon pela criação do projeto.

REFERÊNCIAS

MARCELINO, N. C. **Estudos do lazer: uma introdução**. Campinas: Autores Associados, 1996.

KISHIMOTO, T. M. **O brincar e suas teorias**. São Paulo: Pioneira, 1998. Ministério do Meio Ambiente. Consumo sustentável: manual de educação. Brasília, DF: MMA, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais – 1a a 4a série. Brasília, DF: MEC, 1997. v. 9. DOHME, Vânia.

Atividades lúdicas na educação: o caminho de tijolos amarelos do aprendizado. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.

PEREIRA, Lucia Helena P. **Ludicidade: algumas reflexões**. In: PORTO, Bernadete de Souza (org.). Ludicidade: o que é mesmo isso? Salvador: Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Gepel, 2002, p.17.

PROJETO AQUARELA: A ECOTÉCNICA DE PRODUÇÃO DE TINTAS DE SOLO COMO MÉTODO PARA REVITALIZAÇÃO DE AMBIENTES

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 28/03/2020

Jeane de Fátima Cunha Brandão

Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG

João Monlevade-MG

<http://lattes.cnpq.br/7894007624198861>

Lívia Ferreira Coelho

Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG

João Monlevade-MG

<http://lattes.cnpq.br/8790352402750000>

Kelly Mesquita Clemente

Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG

João Monlevade-MG

<http://lattes.cnpq.br/8680586266558371>

Isac Jonatas Brandão

Centro Universitário – UNIFACIG

Manhuaçu-MG

<http://lattes.cnpq.br/1981625331578245>

RESUMO: O solo é utilizado para produção de tinta desde o período da pré-história, conforme registros de pinturas rupestres e, portanto, tem grande importância histórico-cultural em muitas partes do mundo. Apesar da riqueza histórico-cultural e dos benefícios da tinta de solo, as tintas industrializadas ganharam mercado. Entretanto, com desenvolvimento de pesquisas

em Universidades do Brasil e de projetos como esse, que promovem oficinas de tinta de solo para trabalhar a educação ambiental, acredita-se que existe a possibilidade de resgate desse tipo de ecotécnica. Dessa forma, o objetivo do Projeto foi proporcionar a sociabilidade e a promoção do conhecimento da ecotécnica de produção de tintas de solo, por meio de oficinas realizadas na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), localizada no município de João Monlevade, MG, capacitando futuros multiplicadores na comunidade acadêmica e no bairro onde está inserida a UEMG. As oficinas ocorreram entre os meses de agosto e dezembro do ano de 2019. Os resultados mostram que a técnica é eficaz para a revitalização de ambientes a um custo baixo. Essas tintas possuem boa durabilidade, fácil produção e aplicação, podendo ser uma alternativa sustentável para diversos ambientes.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental; Sustentável; Oficinas; Agentes multiplicadores.

THE AQUARELA PROJECT: THE ECOTECHNOLOGY OF PRODUCTION OF SOIL PAINTS AS A METHOD FOR RENOVATING ENVIRONMENTS

ABSTRACT: The soil has been used for the production of paint since the prehistoric period, as recorded by cave paintings, and, therefore, it holds great historical and cultural importance in many parts of the world. Despite the historical and cultural richness and the benefits of soil paint, industrialized paints have dominated the market. However, with the development of research in Brazilian universities and projects such as the one presently approached, which promote soil paint workshops in order to cultivate environmental education, it is believed that there is a possibility of rescuing this type of ecotechnology. The objective of the Project was thus to provide sociability and to promote the knowledge of the ecotechnology involved in the production of soil paints, through workshops held at the Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), located in the municipality of João Monlevade (MG), in order to train future multipliers of the project in the academic community and in the neighborhood where UEMG is located. The workshops took place from August to December 2019. Results show that the technique is effective for renovating environments at a low cost. These paints display high durability and easy production and application, potentially being a sustainable option for various environments.

KEYWORDS: Environmental Education; Sustainable; Workshops; Multiplying agents.

1 | INTRODUÇÃO

Há registros em cavernas e rochas de pinturas rupestres em muitas partes do mundo que são datadas antes do nascimento de Cristo. Tais tintas eram produzidas através de uma mistura feita principalmente de solo e água, podendo ser utilizado também sangue animal ou pigmentos encontrados na natureza, como por exemplo, urucum e açafrão.

Apesar da riqueza histórico-cultural e dos benefícios da tinta de solo, as tintas industrializadas ganharam mercado. Entretanto, com pesquisas em algumas Universidades do Brasil e desenvolvimentos de projetos como esse, que promovem oficinas de tinta de solo para trabalhar a educação ambiental, acredita-se que existe a possibilidade de resgate desse tipo de ecotécnica.

Ecotécnicas são tecnologias ambientais sustentáveis que visam à economia e ao reaproveitamento dos recursos naturais, incorporando saberes históricos dos grupos humanos, tanto o conhecimento universal como, principalmente, as sabedorias da população local. Integram-se, nesta opção de linha tecnológica, conhecimentos históricos e novas sínteses e descobertas científicas e tecnológicas do cotidiano, além de técnicas de gestão ambiental (PEREIRA, 2010, P. 9). Desenvolver a educação ambiental utilizando solos resulta, conforme aponta Nishizima et al. (2015), discutir sobre conceitos de solo, sua origem, formação, conservação e importância para os seres vivos.

A técnica de produção de tinta com solo tem sido utilizada com sucesso pela

Universidade Federal de Viçosa (UFV) em parceria com o Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), desde 2004. O projeto, denominado “Cores da Terra” foi criado visando aprofundar os conhecimentos sobre a produção de tintas à base de pigmentos extraídos do solo, para uso na atualidade, permitindo o desenvolvimento de um processo de produção que resulta em tintas de qualidade e com duração equivalente à daquelas disponíveis no mercado. A missão do projeto é permitir que pessoas de baixa renda ou que se interessam pelo artesanato consigam produzir e pintar seus lares a partir do solo do quintal de suas casas (UFV, 2019).

Na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)- Unidade de João Monlevade, objeto do desenvolvimento desse projeto, bem como em outras instituições de ensino da cidade, essa técnica ainda é pouco difundida. Por isso, a realização de oficinas de produção de tintas de solo na UEMG, foi capaz de aumentar o conhecimento sobre a técnica, trabalhar a sensibilização do indivíduo e do coletivo, construir valores socioculturais e promover interação entre a comunidade e a UEMG. Sendo assim, o objetivo do Projeto foi proporcionar a sociabilidade e a promoção do conhecimento da ecotécnica de produção de tintas de solo, por meio de oficinas realizadas na UEMG, capacitando futuros multiplicadores.

2 | METODOLOGIA

O público alvo do Projeto foi discentes, docentes e corpo técnico administrativo da Universidade do Estado de Minas Gerais (Unidade de João de Monlevade, MG), Moradores do bairro em que a Unidade está inserida e alunos de escolas estaduais do bairro. O Projeto foi submetido ao Edital PAEx/ 2019 e aprovado em maio de 2019, tendo duração até dezembro do ano de 2019.

2.1 Oficinas

Foram realizadas nove oficinas, distribuídas nos meses de agosto a dezembro do ano de 2019. Porém, nesse trabalho foram relatadas as experiências de duas oficinas, que foram realizadas com os alunos da UEMG e abertas para os moradores do bairro Baú, no qual está inserida a Universidade.

As oficinas foram marcadas previamente, sendo divulgadas as datas para o público alvo, a fim de efetuarem as inscrições. Cada turma foi composta por no máximo 20 participantes e aconteceram no campus da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG).

Nas oficinas, foram trabalhadas a teoria e a prática. A parte teórica foi apresentada na sala de aula da Universidade, com auxílio do projetor de multimídia, introduzindo conceitos básicos como ecotécnica, formação e tipos de solos, educação ambiental,

história e importância da tinta ecológica, além de seus benefícios. Nessa etapa, os participantes da oficina foram estimulados a realizarem questionamentos, criando-se um ambiente dinâmico e descontraído.

Na parte prática, que consistiu na produção e aplicação da tinta, foram utilizadas amostras de solo, água e cola branca escolar ou de madeira. Além desses materiais, foram utilizadas lixas, pincéis, rolos, medidores, recipiente para a mistura e equipamentos de proteção individual (máscara). Após a produção, a tinta foi aplicada nas paredes externas da Unidade pelos participantes da oficina.

2.2 Seleção das amostras de solo

A escolha do solo foi baseada na proporção de areia, silte e argila, pois determina a intensidade da cor e a durabilidade da tinta na parede. Para produzir tintas de solo com cores mais expressivas é indicado utilizar solos com maior proporção de silte e/ou argila, pois estas possuem maior capacidade de pigmentação e de aderir à parede.

Os solos utilizados nas práticas foram retirados do bairro Pacas, em João Monlevade, MG. Neste local, foram encontrados solos de diferentes tonalidades (Figura 1) que satisfizeram as características ideais para a produção de uma tinta de qualidade.

Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para Laboratório de Mineralogia, Geologia e Pedologia da UEMG, a fim de realizar, de forma simplificada, a análise granulométrica para determinação da proporção de areia, silte e argila. Para realizar essa análise, tomou-se uma amostra de solo seco, passada inicialmente por uma peneira de 2 mm de abertura de malha, que separou e excluiu pedras e impurezas. Posteriormente, a amostra foi agitada com água e dispersante (cloreto de sódio), sendo as partículas separadas pela diferença de peso. Em seguida, foi observada a proporção de cada uma (LEPSCH, 2002).

Para produção das tintas, foram utilizados solos com maiores proporções de silte e argila. Informações complementares de cunho técnico sobre as classes de textura dos solos foram consultadas no trabalho de Capeche (2006, p. 24) e Lepsch (2002).



Figura 1 – Amostras com coloração vermelho escuro (A) e claro (B).

2.3 Preparo da tinta de solo

Após a escolha e coleta do solo, a tinta foi preparada quebrando-se os torrões de terra e peneirando as amostras para a retirada de impurezas.

Foram utilizadas, nas receitas, a proporção de 1 kg de solo, 1 L de água e 1/2 kg de cola branca (utilizadas nas escolas). Solos que possuem maiores proporções de argila podem precisar de mais água para compor a mistura. Sempre é necessário realizar a pesagem do solo para que sejam colocadas as mesmas proporções de material, garantindo a consistência da tinta. Todos os materiais foram colocados em um recipiente e homogeneizados. Essa etapa de preparo da tinta foi realizada pelos participantes das oficinas para que tivessem uma vivência prática.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambas as oficinas houve grande interação entre os extensionistas e os alunos (Figura 2). As ações extensionistas permitem que a sociedade tenha acesso direto aos conhecimentos gerados na Universidade, sendo imprescindível para a sua democratização e também contribui para o redirecionamento da função social da Universidade (MENDONÇA; SILVA, 2002).

Os benefícios desse Projeto corroboraram os descritos por Carbonari e Ferreira (2017), especialmente no que diz respeito ao conhecimento da realidade da comunidade e na busca de soluções plausíveis para problemáticas encontradas. Parte das casas do bairro, na qual a Universidade está inserida, estão inacabadas. Assim, as oficinas poderão contribuir para melhorar esses ambientes.



Figura 2 – Interação entre extensionistas e participantes da oficina na parte prática.

As amostras de solo utilizadas nas duas oficinas pertencem à classe dos latossolos. Na região de João Monlevade, predomina o latossolo vermelho e latossolo vermelho-amarelo, que são muito intemperizados, geralmente pobres em nutrientes, ácidos e ricos

em óxido de ferro, o que confere a cor avermelhada ou amarelada nestes tipos de solo (LEPSCH, 2002) e conseqüentemente na tinta. De acordo com Embrapa (2019), o Brasil possui grandes extensões de solos com significativos teores de óxidos de ferro, sendo os mais comuns, a hematita (Fe_2O_3) e goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$) responsáveis pelas cores vermelha e amarela, respectivamente, dos solos brasileiros.

A tinta preparada pelos alunos foi aplicada nos muros externos da Universidade, que se encontravam pichados (Figura 3). Inicialmente, a parede foi lixada e posteriormente, aplicaram-se duas camadas de tinta, que foram suficientes para recobrir a pichação.

O clima, tanto das teóricas como das práticas, foi de descontração. Criou-se um ambiente em que os participantes ficaram a vontade para tirar dúvidas e expor suas ideias, o que permitiu uma atuação participativa no processo de aprendizagem.



Figura 3 – Pintura do muro externo da Universidade realizada pelos participantes da primeira oficina.

O resultado foi surpreendente (Figura 4 e 5), pois os muros ganharam uma aparência semelhante à de muros, na Unidade, em que são utilizadas tintas convencionais. Outras Instituições de ensino como a Universidade Federal de Viçosa, também vem utilizado essa técnica com sucesso em residências capixabas da população de baixa renda (UFV, 2019), confirmando que é possível a revitalização de ambientes de forma prática e econômica.



Figura 4- Muros externos da Universidade após a aplicação da tinta (Primeira oficina).



Figura 5 – Guarita da Universidade, após aplicação das tintas (Segunda oficina).

Além da praticidade e economia, existem outras vantagens na utilização dessas tintas. Podem ter duração equivalente a tintas convencionais, dependendo do tipo de solo utilizado (UFV, 2019) e são menos poluentes. As tintas industriais liberam substâncias nocivas para o meio ambiente e o homem, conhecidas como compostos orgânicos voláteis (COVs). Segundo Uemoto et al. (2006), estas substâncias liberam gases poluentes como metano, que contribui para o aquecimento global e também o formaldeído, nocivo ao meio ambiente e à saúde humana. Além disso, o descarte incorreto das tintas industriais, em locais inapropriados, contamina o solo e a água. Outra vantagem de se utilizar as tintas de solo é que elas deixam a parede “respirar”, já que não formam uma camada impermeável como as tintas industriais.

O projeto de extensão Aquarela atingiu o seu objetivo, pois colaborou com a melhoria das estruturas físicas de alguns ambientes da própria Universidade, contribuiu para capacitar os participantes a produzirem a tinta ecológica, formando multiplicadores e ainda promoveu a interação entre a Universidade e a sociedade.

4 | CONCLUSÃO

O desenvolvimento das oficinas foi de suma importância para promover o ensino da ecotécnica de tinta de solo, por meio da educação ambiental, disseminando uma prática milenar que é pouco conhecida e divulgada, trazendo benefícios por ser economicamente viável, simples e de baixo impacto ambiental, proporcionando melhorias no ambiente e formando agentes multiplicadores.

O incentivo ao desenvolvimento de Projetos de extensão é importante também para a formação do aluno e para democratização do ensino, uma vez que técnicas como essa se tornaram conhecidas pela sociedade, contribuindo para a melhoria da sua qualidade de vida. Em contrapartida, com essa socialização, a universidade poderá conhecer outras

necessidades da sociedade, o que permitirá criar novos projetos que atendam a sua demanda.

REFERÊNCIAS

CARBONARI, M.; PEREIRA, A. **A extensão universitária no Brasil, do assistencialismo à sustentabilidade**. São Paulo, Setembro de 2017. Base de dados do Anhanguera. Disponível em: < <http://www.sare.unianhanguera.edu.br/index.php/reduc/viewArticle/207> > Acesso em: 26 ago. 2019.

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R.; MELO, A.; ANJOS, L. H. C. **Parâmetros Técnicos Relacionados ao Manejo e Conservação do Solo, Água e Vegetação - Perguntas e Respostas** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004 (Comunicado Técnico, 28).

EMBRAPA. 2019. **Teor de óxido de ferro**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_49_2212200611552.html. Acessado em: 28 de março de 2020.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

MENDONÇA, S. G. L.; SILVA, P. S. **Extensão Universitária: Uma nova relação com a administração pública. Extensão Universitária: ação comunitária em universidades brasileiras**. São Paulo, v. 3, p. 29-44, 2002.

NISHIZIMA, M. L. et al. Trilhando pelos solos: Um projeto de ensino. In: Seminário de extensão universitária da UNESP, 8, 2015, Presidente Prudente. **Anais...**, Presidente Prudente, 2015.

PEREIRA, Dulce Maria. **Processo Formativo em Educação Ambiental: Escolas Sustentáveis e COM VIDA**. Tecnologias Ambientais. Universidade Federal de Ouro Preto, 2010.

UFV- Universidade Federal de Viçosa, 2019. **Projeto “Cores da Terra”**. Disponível em: <http://www.dps.ufv.br/?noticias=conheca-o-projeto-cores-da-terra>. Acessado em: 15 de março de 2019.

UEMOTO, K.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto ambiental das tintas imobiliárias. **Coletânea Habitar: construção e meio ambiente**. v. 7. p. 58-95. 2006.

CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E ALTERNATIVA DE RENDA PARA A COMUNIDADE RIBEIRINHA DO RIO JARUMÃ NA AMAZÔNIA TOCANTINA: UMA EXPERIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO

Data de aceite: 01/07/2020

Josiel do Rego Vilhena

Prof. Dr. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Abaetetuba.

E-mail: josielvilhena2015@gmail.com

RESUMO: A poluição dos rios da região da Amazônia Tocantina se dá por diversos materiais que causam diferentes impactos socioambientais que precisam ser identificados, analisados e mitigados. Uma das formas mais eficientes para que isso ocorra é perceber qual a viabilidade da utilização de materiais descartados nos rios serem reaproveitados pela população e até comporem fonte de alternativa de renda como artesanato. O objetivo da pesquisa é o seguinte: analisar e propor ações para reaproveitamento de poluição plástica no rio Jarumã através da confecção de artesanato. Os objetivos específicos são: acessar o rio Jarumã utilizando caiaques para maior contato com o rio e sua comunidade; identificar os principais resíduos descartados; coletar e selecionar amostra de resíduos sólidos; analisar de quais formas é possível reaproveitar materiais descartados no rio Jarumã confeccionando peças de artesanato; realizar

oficinas de empreendedorismo e artesanato. Com base na pesquisa-ação pretendeu-se uma intensificação do contato e integração entre os moradores do rio Jarumã e o IFPa campus Abaetetuba o que está sendo feito de duas formas principais: Primeira, visitas constantes dos membros do projeto as comunidades ribeirinhas com o uso de meios de transportes seguros e sustentáveis como canoas a remo e caiaque com todos os equipamentos de segurança necessários. Segunda, convites e estímulos aos ribeirinhos a visitarem o campus do IFPa em Abaetetuba. As observações, fotografias e coleta de materiais durante as incursões de caiaque permitiram identificar os seguintes tipos de materiais: plástico, vidro e isopor. Objetos variados foram encontrados cuja matéria prima são os materiais já citados. Foram coletados num total de 100 objetos dos quais 58 eram garrafas plásticas, 24 garrafas de vidro, 11 sacolas plásticas e 7 fragmentos de isopor. O próximo passo do trabalho é oferecer as oficinas de reaproveitamento de resíduos encontrados no rio a comunidade ribeirinha local e debater formas eficientes de conservação do rio Jarumã.

PALAVRAS CHAVE: Poluição Plástica; Comunidade Ribeirinha; Reaproveitamento de Resíduos.

ABSTRACT: The pollution of rivers in the Tocantina Amazon region is caused by different materials that cause different socio-environmental impacts that need to be identified, analyzed and mitigated. One of the most efficient ways for this to happen is to realize the feasibility of using materials discarded in rivers to be reused by the population and even compose a source of alternative income such as handicrafts. The objective of the research is the following: to analyze and propose actions to reuse plastic pollution in the Jarumã River through the manufacture of handicrafts. Specific objectives are: accessing the Jarumã river using kayaks for greater contact with the river and its community; identify the main discarded waste; collect and select a solid waste sample; to analyze the ways in which it is possible to reuse materials discarded in the Jarumã river, making handicrafts; conduct entrepreneurship and craft workshops. Based on the action research, it was intended to intensify contact and integration between the residents of the Jarumã River and the IFPa Abaetetuba campus, which is being done in two main ways: First, constant visits by project members to riverside communities with the use safe and sustainable means of transport such as rowing canoes and kayaks with all the necessary safety equipment. Second, invitations and incentives for riverside dwellers to visit the IFPa campus in Abaetetuba. Observations, photographs and material collection during the kayak raids made it possible to identify the following types of materials: plastic, glass and Styrofoam. Various objects were found whose raw materials are the materials already mentioned. A total of 100 objects were collected, of which 58 were plastic bottles, 24 glass bottles, 11 plastic bags and 7 pieces of Styrofoam. The next step in the work is to offer the waste reuse workshops found in the river to the local riverside community and to debate efficient ways of conserving the Jarumã River.

KEYWORDS: Plastic Pollution; Riverside Community; Reuse of waste.

1 | INTRODUÇÃO

O contexto geográfico amazônico onde está localizado o Instituto Federal do Pará campus de Abaetetuba, apresenta aspectos sociais, culturais e ambientais exclusivos a esta instituição e precisa ser valorizado e incluído em todas as suas ações (Figura 1).

Diante dessa realidade, são necessárias uma série de ações para melhor aproximar a instituição da comunidade ribeirinha na qual está abrigada. Para tanto foi pensado este projeto com a intenção de refletir e agir sobre um dos principais problemas da região, a poluição nos rios.



Figura 1 – IFPA Campus Abaetetuba as margens do rio Jarumã.

Fonte: Trabalho de Campo (2020)

A poluição dos rios da região se dá por diversos materiais que causam diferentes impactos socioambientais que precisam ser identificados, analisados e mitigados. Uma das formas mais eficientes para que isso ocorra é perceber qual a viabilidade da utilização de materiais descartados nos rios serem reaproveitados pela população e até comporem fonte alternativa de renda como artesanato.

O município de Abaetetuba possui cerca de 19 ilhas que abrigam cerca de 40 mil habitantes que enfrentam o problema da falta de coleta de lixo por parte do poder público local. Este trabalho pretende refletir e agir sobre o problema de como seria possível reaproveitar parte desses resíduos através da confecção de artesanato que poderia ser uma alternativa de renda para as populações ribeirinhas do município.

O projeto está sendo desenvolvido no rio Jarumã, um dos afluentes do rio Tocantins, onde está localizado o IFPA campus Abaetetuba, rio que possui cerca de 30 famílias e que como os outros rios da região enfrenta vários problemas entre eles a falta de coleta de lixo e o descarte de alguns materiais de forma irregular no rio. Questão que precisa ser melhor analisada para que se possa agir de forma a mitigar esse problema.

2 | PROBLEMA E OBJETIVOS DA PESQUISA

A questão principal a ser respondida por essa pesquisa é de que forma as comunidades ribeirinhas podem lidar com a poluição por resíduos sólidos nos rios da região amazônica de onde tiram seu sustento diário?

Diante da questão colocada acima propõem-se como objetivo geral do trabalho de pesquisa: Analisar e propor ações para reaproveitamento de poluição plástica no rio Jarumã através da confecção de artesanato. Têm-se como objetivos complementares e específicos os seguintes: a) Acessar o rio Jarumã de forma sustentável utilizando caiaques para maior contato com o rio e sua comunidade; b) Identificar os principais resíduos descartados no rio Jarumã. c) Coletar e selecionar amostra de resíduos sólidos do rio

Jarumã. d) Analisar de quais formas é possível reaproveitar materiais descartados no rio Jarumã confeccionando peças de artesanato. e) Realizar oficinas de empreendedorismo e artesanato (reaproveitando materiais encontrados no rio) com a comunidade ribeirinha do rio Jarumã.

3 | O LÓCUS DA PESQUISA E OS CONCEITOS ABORDADOS

O trabalho vem sendo desenvolvido no rio Jarumã, um dos afluentes do rio Tocantins, no município de Abaetetuba que é o 5º maior município do Estado do Pará com cerca de 152.000 habitantes. O município está situado na região geográfica intermediária de Belém e na região geográfica imediata de Abaetetuba, mesorregião do nordeste paraense – na região de Integração do Tocantins. Abaetetuba é formada pela sua sede, o distrito de Vila de Beja e um arquipélago composto por cerca de 19 ilhas (GONÇALVES, 2016).

Costuma-se chamar os habitantes das ilhas de Abaetetuba de ribeirinhos ou ribereños, que é um termo segundo Hiraoka (1993) que se refere aos camponeses que habitam as margens dos rios amazônicos e vivem da coleta, extração e comércio de frutos, manejo de recursos aquáticos e da pequena agricultura.

O elemento conceitual principal que está sendo abordado neste trabalho é o de conservação dos recursos naturais baseado na leitura de Diegues (2008) que foca no uso dos recursos pelas populações “tradicionais” de forma racional e equilibrada.

O autor também destaca em sua abordagem o profundo conhecimento que estas populações possuem sobre os ciclos naturais e limites ambientais suportados pela natureza e estes são os seus principais parâmetros de uso dos recursos.

O conceito de conservação dos recursos naturais surgiu em meados do século XIX a partir de obras como “Forest History Society” de Gifford Pinchot segundo o qual o conceito deveria ter os seguintes princípios: a) as gerações presentes deveriam usar os recursos de forma racional; b) ao usar os recursos dever-se-ia evitar o desperdício; c) todos os cidadãos deveriam ser beneficiados pelo uso dos recursos. Estes princípios ajudaram a criação do conceito atual de desenvolvimento sustentável (DIEGUES: 2008).

Portanto a perspectiva teórica do presente trabalho é de que as populações ribeirinhas da região estudada vem se utilizando de estratégias empíricas conservacionistas em suas atividades cotidianas nos rios da Amazônia. Tais praticas precisam ser melhor investigadas e potencializadas para um desenvolvimento adequado das sociedades locais.

4 | MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

A presente pesquisa fundamenta-se em uma proposta de pesquisa-ação de acordo com o que discute Thiollent (2011) em que se busca uma relação dialética entre reflexão e ação levando-se em consideração percepções e interações com a comunidade pesquisada.

Com base na pesquisa-ação pretende-se uma intensificação do contato e integração entre os moradores do rio Jarumã e o IFPa campus Abaetetuba o que será feito de duas formas principais: Primeira, visitas constantes dos membros do projeto até as comunidades ribeirinhas com o uso de meios de transportes seguros e sustentáveis como canoas a remo e caiaque com todos os equipamentos de segurança necessários. Segunda, convites e estímulos os moradores do rio Jarumã a visitarem o campus Abaetetuba.

Nas incursões feitas ao rio Jarumã através dos caiaques foi realizado a identificação, análise e seleção de amostras dos principais resíduos encontrados no rio. Em seguida foi feita a análise das melhores formas de reaproveitamento dos materiais. Finalmente serão programados, divulgados e realizados oficinas de reaproveitamento de matérias no espaço físico do IFPa campus Abaetetuba, por professores, técnicos e alunos da instituição como público alvos os moradores da área ribeirinha do rio Jarumã.

O trabalho vem passando em todas as suas etapas por avaliações para que se corrijam os procedimentos, se melhorem as abordagens e se potencialize os resultados que serão apresentados ao poder público municipal para que sirvam de base para uma política pública de coleta de resíduos nas ilhas do município o que até o momento só existe na demanda, ainda não atendida, das populações ribeirinhas do município de Abaetetuba.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As observações, fotografias (Figuras 2 e 3) e coleta de materiais no rio Jarumã durante as incursões de caiaque permitiram identificar os seguintes tipos de materiais: plástico, vidro e isopor. Objetos variados foram encontrados cuja matéria prima são os materiais já citados.



Figura 2 – Início das observações e coletas

Fonte: Trabalho de Campo (2020)



Figura 3 - Tipos de objetos coletados no rio Jarumã

Fonte: Trabalho de Campo (2020)

Com a utilização de Equipamentos Individuais de Proteção (EPIs) foram coletados e identificados um total de 100 objetos dos quais 58 eram garrafas plásticas, 24 garrafas de vidro, 11 sacolas plásticas e 7 fragmentos de isopor (Tabela 1).

OBJETO	MATÉRIA PRIMA	%
Garrafas	Plástico	58
Garrafas	Vidro	24
Sacolas	Plástico	11
Boias	Isopor	07

Tabela 1 – Tipos e quantidades de materiais coletados

Fonte: Trabalho de Campo (2020)

Foi iniciado momentos de aproximação com a comunidade ribeirinha local para se fazer uma breve exposição do projeto e ouvir informalmente os comunitários sobre seu cotidiano e principais problemas enfrentados (Figura 4).



Figura 4 - Divulgação para comunidade

Fonte: Trabalho de Campo (2020)

A última etapa dessa fase do trabalho foi a realização de oficina de reaproveitamento de resíduos coletados no rio. Foi ministrada para os alunos do 3º ano do curso técnico em meio ambiente do IFPa campus Abaetetuba por um artesão local (Figura 5).



Figura 5 - Oficina de reaproveitamento de resíduos.

Fonte: Trabalho de Campo (2020)

Os alunos participaram tanto da coleta dos materiais no rio Jarumã quanto da oficina. Na próxima fase da pesquisa os alunos auxiliarão a levar até os comunitários do rio Jarumã as oficinas de artesanato. Os comunitários devem participar tanto do planejamento quanto da execução das oficinas de confecção de artesanato, que serão realizadas preferencialmente na região das ilhas.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho está em andamento sendo que o próximo passo é oferecer as oficinas de reaproveitamento de resíduos encontrados no rio a comunidade ribeirinha local. O projeto e as oficinas possibilitarão debate sobre a conservação do bioma aquático da região e a possibilidade de alternativa de renda para os ribeirinhos.

Todas as etapas já desenvolvidas ou em desenvolvimento desta pesquisa-ação busca-se uma maior interação entre o conhecimento científico produzido no IFPa e os conhecimentos “tradicionais” das comunidades ribeirinhas do rio Jarumã para se lidar com os problemas socioambientais da Amazônia Tocantina.

Essa proposta de investigação busca também intervenção com o poio da comunidade sobre os problemas ambientais dos rios da região que são fonte de subsistência para as populações da Amazônia.

REFERÊNCIA

- ALMEIDA, O. **Manejo de Pesca na Amazônia Brasileira**. Análise do setor pesqueiro, Análise econômica da pesca comercial, Análise da economia familiar, Modelagem bioeconômica. São Paulo, Peirópolis, 2006.
- DIEGUES, Antonio Carlos. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Editora Hucitec, 2008.
- MCGRATH, D.G., M. CROSSA, A. CARDOSO, S. P. da GAMA e O T ALMEIDA. **Desenvolvimento de Sistemas de Manejo Comunitário para a Várzea Amazônica: Lições Que Estamos Aprendendo**. WWF, Brasília, D.F. 2006.
- FEENY, D., Berkes, F., McCay, B. e Acheson, B.. A Tragédia dos Comuns Vinte e Dois Anos Depois. Páginas 17 a 42 em A.C. Diegues e A.C. Moreira (Orgs). **Espaços e Recursos Naturais de Uso Comum**. NUPAUB-USP, São Paulo, 2001.
- GONÇALVES, Amanda Sâmela da Silva. **Território ribeirinho: um “mapeamento” das ações e representações no Rio Tucumanduba em Abaetetuba-PA**. (Dissertação de Mestrado) UFPa, 2016.
- HARDIN, Garret. La tragedia de los bienes comunes. In: Smith, Richard C. e Pinedo, Danny. **El cuidado de los bienes comunes: gobierno y manejo de los lagos y bosques en la Amazonía**. Lima: IEP; Instituto del Bien Común, 2002.
- HIRAOKA, M. **Mudanças nos padrões econômicos de uma população ribeirinha do estuário amazônico**. In: FURTADO, L. G; LEITÃO, W & MELLO, A.F. (orgs.). Povos das águas: realidades e perspectivas na Amazônia, 1993.
- MCGRATH, D.G., CARDOSO, A. and SÁ, E.P. **Community Fisheries and Co-Management on the Lower Amazon Floodplain**. Pages 207-222 in R. Welcome and T. Petr (Eds). Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries. Vol. II. FAO and Mekong River Commission. 2004.
- MCGRATH, David G., ARAUJO, Juliana C. de, Amaral, Benedito D. de, Futemma, Celia R., and Castro, Fabio de. **Várzeiros, geleiros e o manejo de recursos naturais na várzea do Baixo Amazonas**. Cadernos do NAEA 11 (November): 91-125. 1993.
- OSTROM, Elinor. **Em gobierno de los bienes comunes: la evolucion de las instituciones de acción colectiva**. México: Fondo de Cultura Económica, 1990
- OSTROM, Elinor. Reformulando Los Bienes Comunes. In: Smith, Richard C. e Pinedo, Danny. **El cuidado de los bienes comunes: gobierno y manejo de los lagos y bosques en la Amazonía**. Lima: IEP; Instituto del Bien Común, 2002
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa ação**. São Paulo: Cortez Editora: 2011.
- VILHENA, Josiel. R. **Relação sociedade/natureza: Adaptabilidade humana frente à escassez de pescado em uma área do estuário amazônico**. (Dissertação de Mestrado) UFPa. 2005

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO: UMA ANÁLISE DAS SOBREPOSIÇÕES COM EMPREENDIMENTOS DE 1998 A 2016

Data de aceite: 01/07/2020

Marília Teresinha de Sousa Machado

Universidade de Brasília, Centro de
Desenvolvimento Sustentável
Brasília, Distrito Federal
CV Lattes: [http://lattes.cnpq.
br/4190451945124694](http://lattes.cnpq.br/4190451945124694)

Francisca Deuzilene Nobre de Lima

Universidade de Brasília, Curso de Graduação em
Ciências Ambientais
Brasília, Distrito Federal
CV Lattes: [http://lattes.cnpq.
br/9381095863688323](http://lattes.cnpq.br/9381095863688323)

Camila Santana da Rocha

Universidade de Brasília, Curso de Graduação em
Ciências Ambientais
Brasília, Distrito Federal
CV Lattes: [http://lattes.cnpq.
br/3203843279963906](http://lattes.cnpq.br/3203843279963906)

RESUMO: Este estudo é parte integrante do Projeto “Políticas de Proteção e Produção no Cerrado: uma Avaliação das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (1998-2016)” e tem como objetivo avaliar o quantitativo de empreendimentos que estão sobrepostos às Áreas Prioritárias para a Conservação da

Biodiversidade no período de 1998 a 2016. As áreas prioritárias foram estabelecidas em 1998 para os Biomas Cerrado e Pantanal com o intuito de conservar a diversidade biológica. Como garantia da utilização dos recursos de modo sustentável, o monitoramento dessas áreas passou a ser realizado e, nos anos de 2006 e 2016 foram realizadas atualizações para a indicação de novas áreas. A análise foi feita por meio do geoprocessamento, analisando as sobreposições das áreas prioritárias e os empreendimentos presentes em cada região. Os resultados mostraram que diversas áreas prioritárias foram criadas em lugares com empreendimentos já existentes, assim como foram criados empreendimentos em regiões destinadas à conservação da biodiversidade, sem considerar a política pública voltada para a preservação da área. Com isso, observou-se que grande parte dos empreendimentos criados não respeitaram a indicação da área como prioritária, evidenciando grandes falhas quanto à eficácia das políticas públicas. Ressalta-se que, sem a criação de uma área prioritária, o prejuízo para o meio ambiente seria maior. Conclui-se que existe a necessidade de continuar analisando os fatores que prejudicam a biodiversidade, e que sejam implantadas atividades mais precisas de fiscalização, monitoramento e a observância da

indicação de áreas como prioritárias para a conservação antes da implementação de novos empreendimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas prioritárias, Políticas públicas, RIDE-DF.

PRIORITY AREAS FOR CONSERVATION: AN ANALYSIS OF OVERLAPPING WITH PROJECTS FROM 1998 TO 2016

ABSTRACT: This study is the first part of the project “Cerrado Protection and Production Policy: an Assessment of Priority Areas for Biodiversity Conservation (1998-2016)”. The purpose of this text is to evaluate the number of projects that overlap with Priority Areas for Biodiversity Conservation in the period from 1998 to 2016. Priority areas were established in 1998 for the Cerrado and Pantanal Biomes in order to conserve biological diversity. In order to ensure the sustainable use of resources, the monitoring of these areas began to be carried out and, in 2006 and 2016, updates were made to indicate new areas. The analysis was made through geoprocessing, analyzing the overlaps of the priority areas and the enterprises present in each region. The results showed that several priority areas were created in places with existing enterprises, as well as projects were created in regions destined to the conservation of biodiversity, without considering the public policy aimed at the preservation of the area. Thus, it was observed that most of the enterprises created did not respect the indication of the area as a priority, showing major flaws in the effectiveness of public policies. It is emphasized that, without the creation of a priority area, the damage to the environment would be greater. It is concluded that there is a need to continue analyzing the factors that undermine biodiversity, and that more accurate enforcement activities are implemented, monitoring and compliance with the indication of areas as priorities for conservation prior to the implementation of new projects.

KEYWORDS: Priority areas, Public policy, RIDE-DF.

1 | INTRODUÇÃO

Existe um entendimento entre os cientistas de que há atualmente uma “crise da biodiversidade” (Scaramuzza et al., 2005) resultante da acentuada destruição de habitats naturais causada pela extensa ocupação dessas áreas (Simberloff, 2004). Uma das ações mais importantes capazes de minimizar os efeitos dessa ocupação é a identificação e o mapeamento das regiões prioritárias para a conservação, uma vez que não é possível preservar o que resta dos ecossistemas completamente (Scaramuzza et al., 2005).

As Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade (APs) constituem um instrumento de política pública que tem como objetivo a tomada de decisão sobre o planejamento e a implementação de ações pertinentes à conservação, à recuperação e ao uso sustentável de ecossistemas. É um instrumento que ainda apoia as áreas protegidas já constituídas como as unidades

de conservação, as terras indígenas e os territórios quilombolas, além de apontar locais para novas áreas prioritárias e de indicar medidas que devem ser implementadas nesses locais (MMA, 2017).

Essa preocupação com a identificação de novas áreas para a conservação teve início com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), um dos principais produtos da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Eco-92, Cúpula da Terra ou Rio-92 sediada no Brasil em 1992. A CDB foi assinada e ratificada por 168 países e é o pilar básico do arcabouço legal e político quando se trata do meio ambiental global. A CDB apresenta como objetivos centrais: i) a conservação da diversidade biológica; ii) a utilização sustentável de seus componentes; e iii) a repartição dos seus benefícios. Dentre as proposições para alcançar esses objetivos, foram recomendadas medidas de identificação e monitoramento da biodiversidade (CDB, 1992).

No segmento dessas medidas, foi criado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) o Programa de Ações Prioritárias para os Grandes Biomas Brasileiros (Brasil, 2006). O objetivo desse programa era identificar e demarcar áreas que receberiam mais atenção, além de recursos para as ações de conservação, considerando a biodiversidade local e o grau de ameaça da área (MMA, 2002). Desta forma, foram criadas as “Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade” como uma forma de viabilizar essa abordagem estratégica (Funatura et al., 2000) e que são definidas como

um instrumento de política pública para apoiar a tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, no planejamento e implementação de ações como criação de unidades de conservação, licenciamento, fiscalização e fomento ao uso sustentável (MMA, 2016).

As Áreas Prioritárias para o Cerrado foram uma das primeiras a serem estabelecidas. Esse estabelecimento ocorreu em 1998, juntamente com as áreas para o Pantanal. Nesse ano foram mapeadas 87 áreas classificadas como prioritárias de acordo com a importância biológica e quanto a urgência de medidas para a conservação (Funatura et al., 2000).

O reconhecimento das áreas prioritárias é uma operação voltada para a identificação e o mapeamento das regiões e locais que possuem atributos naturais muito expressivos e, muitas vezes, únicos (Scaramuzza et al., 2005). Entretanto, as dificuldades vivenciadas quando se trata da conservação da biodiversidade exigem a realização de um estabelecimento de prioridades (Margules & Pressey, 2000; Sarkar et al., 2002; Williams et al., 2002). A avaliação desses atributos pode ser feita pelo registro de espécies ou de ecossistemas ameaçados pela pressão demográfica e a expansão urbana sobre a área (MMA, 2002). Em vista disso, as áreas prioritárias são locais que combinam pelo menos duas características: i. elevada biodiversidade e, ii. alta pressão antrópica (Scaramuzza et al., 2005). Assim, devem ser apontadas as medidas de conservação específicas para cada área, como a implantação de corredores ecológicos, a criação de unidades de

conservação, a realização de inventários, o monitoramento das áreas e a elaboração de pesquisas, além da articulação política e dos órgãos governamentais.

A despeito do estabelecimento de Áreas Prioritárias de grande importância biológica e alta prioridade de conservação em alguns remanescentes de Cerrado, a implantação de áreas protegidas nem sempre considerou essa política como um critério de análise. Áreas com reconhecido valor para a preservação de paisagens e como refúgios de biodiversidade do bioma (Mantovani e Pereira, 1998) tornaram-se alvo de uma fronteira agropecuária intensiva desenvolvida em parceria com instituições governamentais.

Visando contribuir com a análise de dados sobre as áreas prioritárias para a conservação foi instituído o projeto “Políticas de Proteção e Produção no Cerrado: uma Avaliação das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (1998-2018)” desenvolvido no âmbito do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB). O projeto faz um recorte geopolítico e faz uma análise das áreas prioritárias constantes da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF)¹ nos períodos de estabelecimento das primeiras áreas em 1998, de uma primeira revisão das áreas prioritárias feita pelo MMA em 2006 e de uma nova atualização das áreas prioritárias realizada em 2016. Esse texto se constitui na primeira etapa de análises propostas pelo projeto.

Assim, esse trabalho oferece um panorama inicial sobre as áreas prioritárias na região da RIDE-DF e tem como objetivo avaliar o quantitativo de empreendimentos que estão sobrepostos às Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade no período de 1998 a 2018, além de identificar se as APs tiveram a sua fundação em momento anterior ou posterior à criação dos empreendimentos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF) constitui-se em uma região administrativa composta por 33 municípios e o Distrito Federal. Desses 33 municípios, 4 estão no estado de Minas Gerais e 29 estão localizados no estado de Goiás, conforme pode ser visualizado na Figura 1

¹ A Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) foi criada pela Lei Complementar no. 94/1988, regulamentada pelo Decreto no. 2.710/99, e alterada pelo Decreto no. 3.445/2000 – tem como objetivo articular e harmonizar as ações administrativas da União, dos estados e dos municípios para a promoção de projetos de dinamização econômica de territórios de baixo desenvolvimento. A RIDE é formada por 33 municípios pertencentes aos estados de Goiás e de Minas Gerais, localizados no entorno do Distrito Federal.

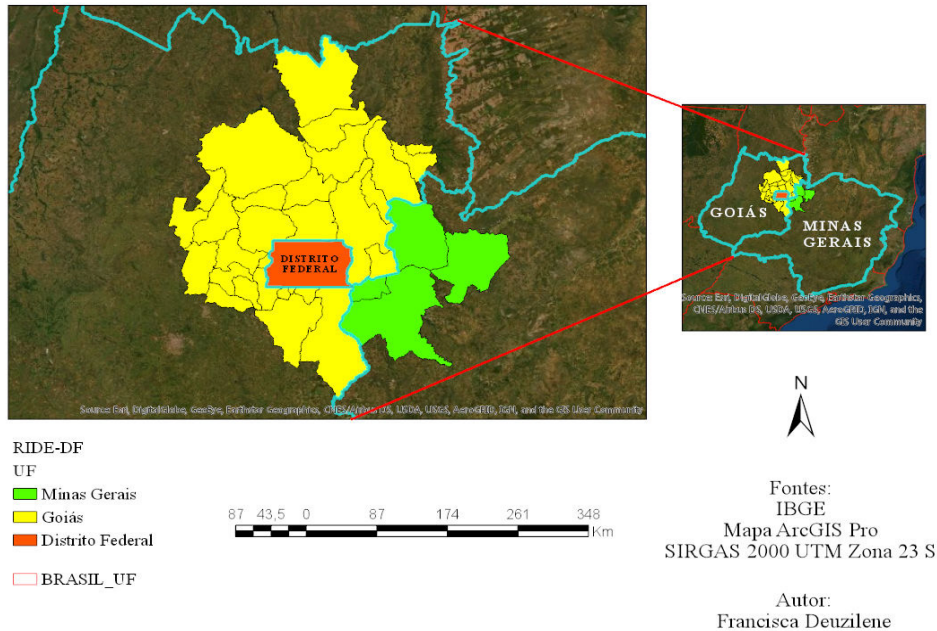


Figura 1 - Área de Estudo: Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A RIDE-DF tem uma área territorial de 94.570,39 km² e população de 4.039.194 habitantes (Superintendência do Desenvolvimento do Centro Oeste - SUDECO, 2019). Criada em 1998, tem como objetivo articular as ações administrativas da União, dos Estados, dos municípios e do Distrito Federal visando a promoção de projetos de dinamização econômica, a implementação de infraestruturas e de políticas públicas em escala regional.

Com o propósito de verificar o quantitativo de empreendimentos que estão sobrepostos às Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade nas versões dos anos de 1998, 2006 e 2016 (Figura 2), foi realizada a identificação das áreas prioritárias com os empreendimentos, conforme abaixo:

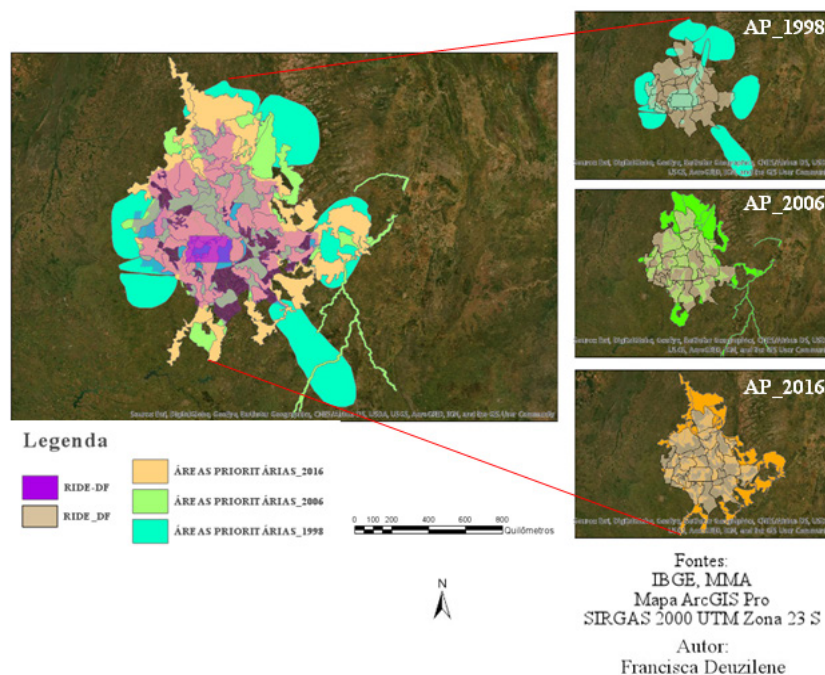


Figura 2 - Áreas Prioritárias em 1998, 2006 e 2016 na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF)

Fonte: Elaborado pelos autores.

a) Identificação das áreas prioritárias criadas em 1998, 2006 e 2016: identificação das áreas prioritárias criadas e/ou atualizadas nos respectivos períodos e a sua classificação quanto à prioridade de criação.

b) Verificação dos empreendimentos presentes nas áreas destinadas às APs antes e após a criação de cada uma. Os empreendimentos foram classificados em social (projetos de assentamentos - PA), de infraestrutura (aeroportos, pistas de pouso, centrais geradoras, dutos, mineração, pequenas centrais hidrelétricas, transportes hidroviários, usinas eólicas, usinas hidrelétricas, usinas termelétricas), de mineração (por meio do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), ambiental (Unidade de Conservação e Terra Indígena) e outros (empreendimentos não enquadrados em nenhuma dessas categorias).

Para o levantamento de dados, foram realizados downloads de dados geográficos no formato de shapefiles (.shp) dos sites do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, dentre outros.

2.2 Análise das sobreposições entre as áreas prioritárias e os empreendimentos

Após a identificação das APs presentes na região da RIDE-DF, verificou-se a presença dos empreendimentos nessa região que apresentavam sobreposição com essas áreas. Assim foi possível identificar quais foram criados após a indicação das APs ou quais já

existiam antes de cada área. Este procedimento foi feito para saber se o estabelecimento dos empreendimentos respeitou a presença das APs. As análises espaciais foram feitas por meio do geoprocessamento realizado no software ArcGIS Pro e ArcGIS Desktop 10.6 (autorização Arcgis ESU*****140). Foram feitas as análises das sobreposições existentes entre os empreendimentos e as áreas prioritárias para os três períodos analisados: 1998, 2006 e 2016.

A atividade foi baseada nas sobreposições existentes entre as APs e políticas, planos, programas e projetos de infraestrutura (aeroportos, pistas de pouso, centrais geradoras, dutos, mineração, pequenas centrais de hidrelétrica, transportes hidroviários, usinas eólicas, usinas hidrelétricas e usinas termelétricas) e de mineração, verificando em cada ano, qual deles tinha sido criado primeiramente.

3 | RESULTADOS

O quantitativo de áreas prioritárias na região da RIDE-DF por período estudado e por classificação da prioridade está representado na Figura 3.

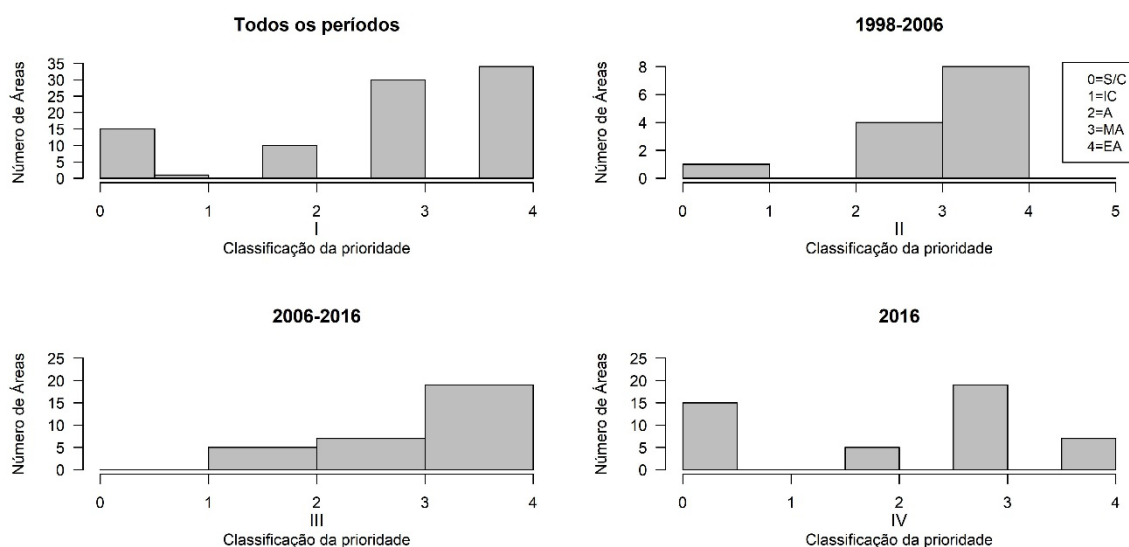


Figura 3 - Classificação de prioridade das Áreas Prioritárias na região da RIDE-DF.

Legenda: SC: sem classificação, IC: insuficientemente conhecida, A: alta, MA: muito alta, EA: extremamente alta.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O gráfico I apresenta o somatório das áreas prioritárias e a classificação da prioridade em todos os períodos. De um total de 90 áreas, 15 delas não apresentaram a classificação de prioridade (0); apenas uma foi classificada como “insuficientemente conhecida” (1); 10 áreas foram classificadas com prioridade “alta” (2); 30 áreas prioritárias receberam a prioridade (3) e foram relacionadas com a prioridade “muito alta”; e 34 áreas foram

classificadas com a prioridade “extremamente alta”.

Na análise dos períodos, observa-se que no período compreendido entre os anos de 1998-2006 (gráfico II) apenas 13 áreas foram indicadas como sendo prioritárias para a conservação. Dessas, apenas uma foi considerada com a prioridade insuficientemente conhecida, quatro foram classificadas com a prioridade muita alta e oito com a prioridade extremamente alta.

No período entre os anos de 2006 e 2016 (gráfico III), 31 áreas foram recomendadas como áreas prioritárias. Dessas, cinco receberam a classificação “alta” de prioridade; sete foram consideradas com prioridade “muita alta” e dezenove receberam a classificação de prioridade extremamente alta.

O gráfico IV apresenta as áreas prioritárias para o período após o ano de 2016. Esse é o único período que tem áreas que não receberam uma classificação de prioridade, totalizando 15 áreas. Cinco áreas foram classificadas com a prioridade “alta”, 19 foram apontadas com a prioridade “muito alta” e 7 foram qualificadas com a prioridade “extremamente alta”.

Considerando apenas os valores absolutos de indicação de áreas como prioritárias para a conservação é possível observar que houve um crescimento no número de áreas com essa indicação na região da RIDE-DF nesse período.

Apesar do número expressivo de áreas indicadas em comparação ao tamanho da RIDE-DF, foi encontrado um número de sobreposição de empreendimentos muito alto o que pode significar a ineficácia da política pública. Essa sobreposição aponta para uma preferência das políticas de desenvolvimento territorial ou de infraestrutura em detrimento das políticas ambientais. A Figura 4 apresenta essas sobreposições por período estudado e mostra se essas sobreposições ocorreram antes ou depois da indicação da área como prioritária para a conservação.

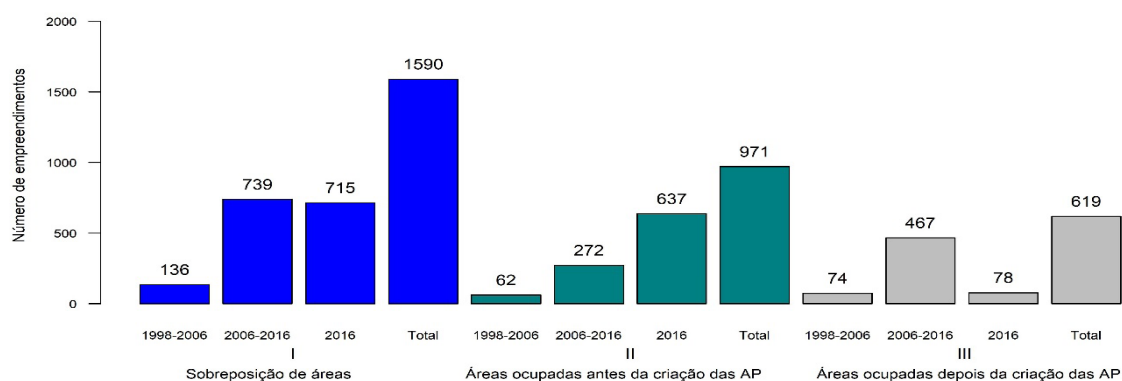


Figura 4 - Quantitativo de sobreposição de áreas nos três períodos estudados.

Fonte:Elaborado pelos autores.

A seção I do gráfico apresenta o somatório de sobreposição de áreas por cada período estudado. A seção II exibe o quantitativo de empreendimentos que já existiam nas áreas antes que essas fossem indicadas como áreas prioritárias e a seção III mostra o número de atividades autorizadas após a criação das áreas.

Analisando a seção I, destaca-se o total de empreendimentos do tipo infraestrutura e mineração. Desse total, o primeiro período (1998-2006) apresentou 136 empreendimentos sendo tocados em áreas indicadas como prioritárias. Já nos dois períodos seguintes houve um significativo aumento neste número: o segundo período (2006-2016) com 739 empreendimentos e o terceiro período (2016) passou a ter 715 empreendimentos.

A seção II apresenta as áreas que já estavam ocupadas por empreendimentos voltados para a infraestrutura e mineração antes da indicação das áreas prioritárias. No primeiro período estudado o número de empreendimentos foi baixo (62) e apresentou um crescimento significativo nos dois períodos seguintes, passando para 272 no segundo e 637 no terceiro. Esse crescimento pode ser reflexo da expansão das políticas públicas voltadas para desenvolvimento territorial e infraestrutura.

Na seção III são apresentados os valores totais de empreendimentos com funcionamento autorizado após a recomendação das áreas como prioritárias para a conservação. Comparando com os valores da seção II é possível perceber que houve um leve aumento no período entre 1998 e 2006 (de 62 para 74 empreendimentos) e um aumento de mais de 150% no número de empreendimentos no segundo período passando de 272 para 467. Essas sobreposições são consideradas como negativas, pois não há a preservação da AP gerando a ineficácia na política pública.

Já no período a partir de 2016 ocorreu uma redução expressiva na quantidade de áreas sobrepostas e que pode significar um entendimento da importância das APs e uma evolução positiva na metodologia de definição dessas áreas.

4 | DISCUSSÃO

Um dos aspectos mais importantes das políticas públicas de proteção ambiental é garantir a qualidade de vida social e ambiental e, os atos derivados do Poder Público deveriam atender esse princípio do desenvolvimento sustentável. Entretanto, os instrumentos de ordenamento territorial, entre eles, as áreas prioritárias para conservação, caracterizam meras respostas governamentais para os questionamentos de instituições internacionais, sem ser de fato um instrumento para disciplinar e complementar as ações de desenvolvimento do País que também deveriam contemplar as ações de conservação ambiental.

Dessa forma, o foco dessa interpretação recai sobre os fatores que podem comprometer o sucesso das políticas ambientais, como os conflitos entre os objetivos das políticas econômicas e ambientais, a ausência de incentivos para a implementação de

políticas ambientais e a falha na comunicação dos propósitos dos atores-chave.

A identificação e demarcação das áreas prioritárias para a conservação é um ponto essencial para a definição e a implementação das políticas de conservação e que podem, no longo prazo, assegurar a preservação da biodiversidade e dos seus processos ecológicos (Scaramuzza et al., 2005).

As ambiguidades existentes entre os processos econômicos e ambientais no provimento das políticas públicas é notório, uma vez que a gestão ambiental exige mudanças práticas e atitudinais em busca da sustentabilidade, ao mesmo tempo em que deve questionar os ditames do desenvolvimento atual e que atua como uma fonte de externalidades sociais, econômicas e ambientais (Câmara, 2013). Considerando a realidade do Distrito Federal, a contradição entre as políticas públicas de proteção ambiental e de desenvolvimento territorial ou de infraestrutura são aspectos recorrentes do planejamento e gestão pública (Cidade, 1999).

A Política de Áreas Prioritárias deve orientar a criação de novas unidades de conservação. Além disso, participa do planejamento de novos empreendimentos e de outras políticas voltadas para a segurança da biodiversidade conhecida e mapeada desde 1998. Entretanto, o que se vê é que, apesar dos 20 anos de existência das Áreas Prioritárias no Cerrado, muitas são as contradições das políticas públicas voltadas para o crescimento e desenvolvimento e, que fizeram com que áreas definidas como prioritárias para a conservação tivessem a sua destinação original modificada e fossem assentadas à empreendimentos de alto impacto ambiental.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas prioritárias, como instrumento das políticas públicas de conservação da natureza, atuam na indicação de regiões de elevada importância biológica, apontando recomendações para a proteção ou o uso sustentável daquele território. Ao longo de 20 anos de implementação, as áreas prioritárias da RIDE-DF apresentaram diferentes configurações territoriais em função de três diferentes métodos de indicação de áreas prioritárias (em 1998, 2006 e 2016). A análise da sobreposição das APs com empreendimentos de infraestrutura ou projetos de desenvolvimento territorial mostra que há uma expressiva sobreposição entre esses territórios. Contudo, a análise mostra que boa parte das APs foram criadas em sobreposição com projetos já existentes. Apesar disso, 619 empreendimentos foram estabelecidos sobre as APs entre 1998 e 2016. O período em que houve mais sobreposições foram sobre as APs estabelecidas em 2006. A metodologia de delimitação das APs proposta em 2016 foi a que apresentou menor quantidade de sobreposições *a posteriori*, ou seja, de empreendimentos ou outros projetos sobre as APs, o que mostra uma evolução positiva na metodologia de definição dessas áreas. Como continuidade desta pesquisa, resta avaliar as decisões políticas que

condicionaram tais sobreposições e propor novas melhorias metodológicas que possam tornar o instrumento das APs mais robusto e mais utilizado pelos tomadores de decisões.

AGRADECIMENTOS

Este artigo resulta do projeto “Políticas de Proteção e Produção no Cerrado: uma Avaliação das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (1998-2018)” financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) 16707.78.36418.26042017.

REFERÊNCIAS

BRASIL - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Sistema de Informação Geográficas do Setor Elétrico – SIGEL**. Disponível em: < <https://sigel.aneel.gov.br/Down/> >. Acessado em 04 de abril de 2019.

BRASIL - Agência Nacional de Mineração - Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE**. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine> >. Acessado em 10 de junho de 2019.

BRASIL. **Convenção da Diversidade Biológica**. (1992) Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/cdbport_72.pdf Acessado em 20 de julho de 2019.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Bases cartográficas contínuas**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads> >. Acessado em 12 de maio de 2019.

BRASIL - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). I3Geo/Download/Geodados. Disponível em: < <http://acervofundiario.incra.gov.br/geodownload/geodados.php> >. Acessado em 14 de julho de 2019.

BRASIL - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Terrabrasilis** - Plataforma para organização, acesso e uso dos dados geográficos de monitoramento ambiental. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>>. Acessado em 7 de abril de 2019.

BRASIL - **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Núcleo dos Biomas Cerrado e Pantanal. Brasília, DF, 2006. 67 p.

BRASIL - Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO). Ministério do Desenvolvimento Regional. **RIDE-DF Ampliação**. Disponível em: http://www.sudeco.gov.br/web/guest/galeria-de-imagens?p_p_id=31_INSTANCE_DNRH82lmF1As&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_31_INSTANCE_DNRH82lmF1As_struts_action=%2Fimage_gallery_display%2Fview_image&_31_INSTANCE_DNRH82lmF1As_redirect=http%3A%2F%2Fwww.sudeco.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fsudeco%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_groupId%3D0%26_3_keywords%3Dride%2Bdf%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26_3_redirect%3D%252F%26_3_INSTANCE_DNRH82lmF1As_fileEntryId=89242. Acessado em 24 de julho de 2019.

CÂMARA, J.B.D. **Governança Ambiental no Brasil: ecos do passado**. Revista de Sociologia e Política. v. 21, n. 46, p. 125-146, 2013.

CIDADE, L. C. F. **Acumulação flexível e gestão do território no Distrito Federal. Brasília-gestão urbana: conflitos e cidadania.** Brasília: Editora UnB, 1999, p. 223-251.

FUNDAÇÃO PRÓ-NATUREZA; CONSERVATION INTERNATIONAL; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS; UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal.** Brasília: MMA/ SBF, 2000. 26p.

MANTOVANI, J.E.; PEREIRA, A. **Estimativa de integridade da cobertura vegetal de Cerrado através de dados TM-Landsat.** Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, INPE, p. 1455-1466, 1998.

Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Bio5.pdf. Acessado em 20 de julho de 2019.

Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira.** Disponível em: <http://areasprioritarias.mma.gov.br/oque-e>. Acessado em 24 de julho de 2019.

MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. **Systematic conservation planning.** *Nature*. v. 405, p. 243-253, 2000.

SARKAR, S.; AGGARWAL, A.; GARSON, J.; MARGULES, C. R.; ZEIDLER, J. **Place prioritization for biodiversity content.** *Journal of Biosciences*, v. 27, p. 339-346, 2002.

SCARAMUZZA, C.A. de M.; MACHADO, R.B.; RODRIGUES, S.T.; RAMOS NETO, M.B.; PINAGÉ, E.R.; DINIZ FILHO, J.A.F. **Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade em Goiás.** In: FERREIRA, L. G. (Ed.). **Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás: Prioridades, estratégias e perspectivas.** Goiânia: Editora, 2005. 192p. Disponível em <http://protectedareas.info/upload/document/priorityareasgoiasstatebrazil.pdf>. Acessado em 20 de julho de 2019.

SIMBERLOFF, D. **A rising tide of species and literature: a review of some recent books on Biological Invasions.** *BioScience*, v. 54, n. 3, p. 247-254, 2004.

WILLIAMS, P. H.; MARGULES, C. R.; HILBERT, D. W. **Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection.** *Journal of Biosciences*, v. 27, p. 327-338, 2002.

ANÁLISE DO RISCO DE QUEIMADA COM USO DO MAPA DE KERNEL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 16/04/2020

Layla Bianca Almeida Dias

Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8210276043478576>

Thiago dos Reis Lima

Engenharia Florestal - Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5559969038599374>

Gleidson Marques Pereira

Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM)
- Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4440253249173192>

Glauber Epifanio Loureiro

Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM)
- Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2678297764211806>

Gleicy Karen Abdon Alves Paes

Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM)
- Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9678175384226129>

Seidel Ferreira dos Santos

Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM)
- Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6531723156764196>

RESUMO: As problemáticas sócio econômicas ligadas ao contexto dos incêndios florestais e queimadas tem provocado um debate de grande relevância a respeito das possíveis possibilidades, metodologias de avaliação, controle e mitigação de tais eventos. Os focos de calor se tornam um dos melhores meios para que haja monitoramento dos incêndios, assim torna o conhecimento da localização e as causas das queimadas uma informação de grande relevância para que sejam criados planos de prevenção. O objetivo do trabalho foi investigar a ocorrência de focos de calor que acontecem no perímetro urbano no decorrer do ano de 2019, na cidade de Marabá - Pará, analisando os padrões de distribuição espacial por meio dos dados obtidos por monitoramento de satélite, com o intuito de gerar informações e um planejamento para a gestão ambiental da cidade e de outras regiões. Para isso foi utilizado o BDQueimadas do INPE e os satélites AQUA e TERRA para obter informações sobre os focos de calor, que posteriormente foram processados no software QGis. Com aplicação da densidade de Kernel para interpolação do arquivo vetorial de focos de calor foi constatado que há a necessidade de monitoramento no perímetro urbano do município estudado. Observando o constante desenvolvimento urbano do bairro de

Nova Marabá, que desordenado pode ocasionar riscos pertinente a saúde da população e a queimadas na região.

PALAVRAS-CHAVE: Queimada, focos de calor, perímetro urbano, mapas de Kernel.

ANALYSIS OF BURN RISK USING THE KERNEL MAP, IN THE MUNICIPALITY OF MARABÁ-PA

ABSTRACT: The socio-economic problems related to the context of forest fires and burnings have caused a debate of great relevance regarding the potential possibilities, evaluation methodologies, control and mitigation of such events. The sources of heat become one of the best ways to providing monitoring fires, thereby making knowledge the location and causes of fires a highly relevant information for the creation of prevention plans. The goal of this essay was to investigate the occurrence of hotspots that happen in the urban perimeter during the year 2019 in the city of Marabá - Pará, analyzing the spatial distribution standards through the data obtained by satellite monitoring, with a view of create information and planning for the environmental management of the city and other regions. For this purpose, was used the “INPE’s BDQueimadas” and the AQUA and TERRA satellites were used to obtain information about the hotspots, which were later processed in the QGis software. With the application of the Kernel density for interpolation of the vector file of hotspots it was found that there is a need to monitor in the urban perimeter of the studied municipality. Observing the constant urban development of the Nova Marabá neighborhood, which, in disorder, can cause risks pertinent to the health of the population and the burning in the region.

KEYWORDS: Burning, hot spots, city perimeter, Kernel maps.

1 | INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais e queimadas são consideradas umas das fontes centrais causadores de danos aos ecossistemas, tem forte influência sobre a poluição atmosférica e mudanças climáticas, tendo impactos diretos e indiretos no local de ocorrência e suas proximidades (SOUZA et al., 2014).

Estudos realizados afirmam que o Brasil vem sendo o líder das queimadas entre os países componentes da América do Sul, sendo esses fenômenos mais concentrados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, ditas como regiões pobres ou com baixa quantidade de nutrientes (INPE, 2015).

A utilização do fogo na agricultura é um obstáculo para o avanço da sociedade contemporânea. Todos os anos, em países em desenvolvimento e desenvolvidos, a pratica da queimada é utilizada com o intuito de preparar o solo e eliminar os resíduos da colheita, o que ocasiona um impacto muito grande na saúde populacional (CASSOU; FIELD, 2018).

Admite-se que o emprego das geotecnologias vem surgindo como um considerável

recurso de subsídios para a identificação das queimadas, permitindo que sejam localizadas, quantificadas e posteriormente realizados estudos de análises espaço-temporais das áreas onde estão ocorrendo (PEREIRA et al., 2016).

Sabendo que os focos de calor se caracterizam como pontos geográficos que podem ser captados com a utilização de sensores espaciais na superfície da terra, o sensoriamento remoto é uma ferramenta significativa na identificação, permitindo o cruzamento das informações georeferenciadas e saber a quantidade e localização desses focos (LAZZARINI, 2016).

Nesse âmbito, vemos que a utilização das ferramentas de geotecnologias nos permite fazer um mapeamento de forma eficiente, a partir das variadas camadas temáticas, sendo elas de cunho ambiental ou outros, o que permite o planejamento territorial e ambiental de uma forma mais econômica em relação aos recursos, custo e tempo (SANTOS JUNIOR et al., 2014).

Diante do exposto acima, o principal objetivo deste trabalho foi investigar a ocorrência dos focos de calor, do ano de 2019, no perímetro urbano do município de Marabá localizado na região sudeste do estado do Pará. Para assim, analisar os padrões da distribuição espacial dos locais de maiores incidências de pontos de queimadas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Características da área de estudo

O município de Marabá, localiza-se na região sudeste do estado do Pará (Figura 1), com coordenadas geográficas em 5°22'12"S e 49°7'1"W e extensão territorial de 15.128 km², população de 233.669 habitantes e densidade demográfica de 15,45 hab./km² (IBGE, 2019).

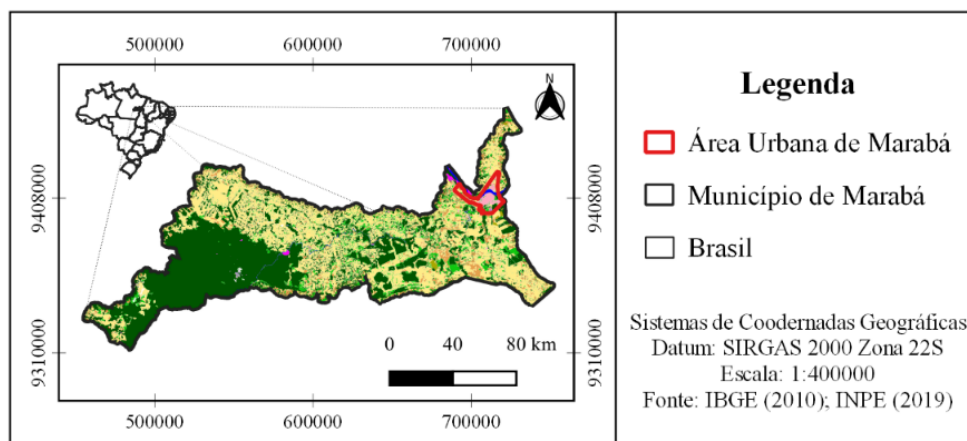


Figura 1. Mapa de localização do município de Marabá-PA.

Fonte: Autores (2020).

Por situar-se na região da Amazônia Legal Brasileira, apresenta como clima como principal característica o clima tropical com estação seca do tipo “Aw”, temperatura média de 26°C e apresenta duas estações climáticas bem definidas: a chuvoso que ocorre entre os meses de outubro a abril com precipitação média de 90% e a seco que estende-se entre os meses de maio a setembro com baixa umidade relativa (CÂMARA et al., 2016).

A elevação média do nível do mar de 139 metros (m) e apresenta um relevo que varia entre o ondulado moderado a ondulado com solo é categorizado em sua maior parte como argiloso vermelho amarelo (GREGO et al., 2015). Enquanto a vegetação desse município, pode-se ser caracterizada como de florestas ombrófila aberta (COSTA, 2018).

Além do mais, o município de estudado é dividido em núcleos administrativos denominados de Nova Marabá, Marabá Pioneira (sendo este o bairro pioneiro da cidade que é conhecido pela população como velha Marabá), Cidade Nova, São Felix e Morada Nova que são integrados por rodovias e separados por rios e perímetros alagáveis em períodos sazonais (SILVA et al., 2018; RAIOL, 2010).

2.2 Delineamento da pesquisa

O método aplicado para o delineamento da pesquisa de caráter exploratório de natureza aplica e abrangência quali-quantitativa, foi o dedutivo que permite uma observação sistemática e por tentativa almejar a eliminação de erros no desenvolvimento de mapas de calor (Kernel) e analisar as alterações ocorridas no perímetro urbano do município de Marabá (VIEIRA et al., 2017; MARCONI, LAKATOS, 2017).

2.3 Coleta de dados

Para desenvolver análise dos focos de calor, foram selecionados dados de Marabá para o ano de 2019 (que engloba os meses de janeiro a dezembro) do Banco de Dados Queimadas (BDQueimadas) da plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em formato vetorial (ponto) de *shapefile*. Os dados utilizados foram obtidos a partir dos satélites de órbita polares AQUA e TERRA, sensor óptico MODIS que detecta por meio de uma faixa termal média de até 4 μ m que permite identificar focos de calor (ou queimadas) com perímetro a cada 30 metros (m) de extensão por 1 m de largura (ABREU; SOUZA, 2016; ANDERSON et al., 2017).

2.4 Tratamento de dados

Com uso do *software* QGis, processou-se dados vetoriais de focos de calor, com a ferramenta de Densidade de Kernel (ou mapa de calor), que gerou um arquivo de raster a partir do estimador de intensidade de Kernel para a região do município de Marabá. Na fase posterior, renderizou-se o arquivo de raster utilizando-se da banda falsa-cor com 4 classes em baixa (verde), média (amarela), alta (laranja) e muito alta (vermelha). Para

assim, desenvolver o mapa de Kernel, que possa identificar áreas com elevada densidade de focos de calor e eminente risco de queimada no município de Marabá (MEDEIROS; SILVA; SOUSA, 2017).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a obtenção de dados do BDQueimadas, foi possível identificar que no ano de 2019 detectou-se cerca de 4.966 focos de calor para a região rural e urbana do município de Marabá. Sendo o mês de setembro o de maior número registrados com 2.966 focos de calor, ou seja, cerca de 81,52% (Tabela 1).

MÊS	NÚMERO DE FOCOS
Janeiro	30
Fevereiro	--
Março	3
Abril	12
Maio	9
Junho	159
Julho	747
Agosto	1.588
Setembro	2.418
Outubro	--
Novembro	--
Dezembro	--

Tabela 1. Registro mensal de focos de calor.

Legenda: -- significa ausência de registro.

Fonte: Autores (2020).

Esse aumento do número de focos de queimadas que varia dos entre os meses de junho a setembro é possível, pois, na região sudeste do Pará nesse período ocorre uma redução na precipitação pluviométrica e somado ao efeito El Niño, que torna o clima mais seco e propicio a incêndios florestais e queimadas (MATAVELI et al., 2017; HOFFMANN et al., 2018).

Outra mais, a região rural de Marabá concentra-se cerca de 94% dos focos (4.713 pontos), enquanto o perímetro urbano do município registrou-se 6% ou seja 228 pontos (Figura 2). Em conformidade a Viana; Steward; Richers (2016), esse elevado percentual de queimadas na região rural do município pode ser justificado em virtude do desmatamento que transforma a floresta nativa em áreas destinadas a agricultura e pecuária.

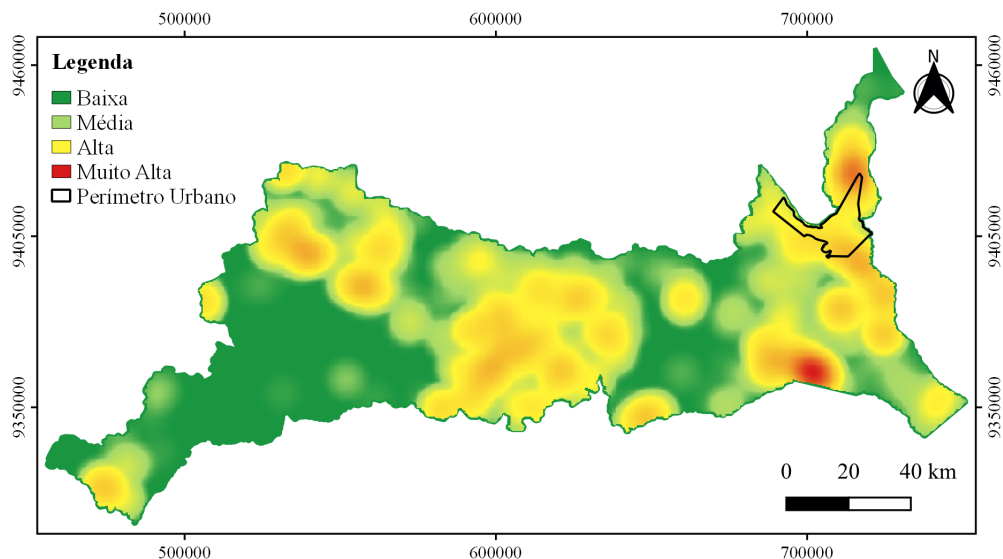


Figura 2. Mapa de Kernel no município de Marabá-PA.

Fonte: Autores (2020).

Já em relação a região urbana de Marabá, pode-se datar 228 focos distribuído nos núcleos da cidade (Tabela 2). Sendo que, o bairro de Morada Nova (com 105 focos registrados) a transição densidade de alta para muito alta da concentração de focos de calor, quando comparada aos demais bairros do município (Figura 3).

NÚCLEO	NÚMEROS DE FOCOS
Morada Nova	109
Cidade Nova	105
São Felix	20
Marabá Pioneira	8
Nova Marabá	4

Tabela 2. Registros de focos de calor.

Fonte: Autores (2020).

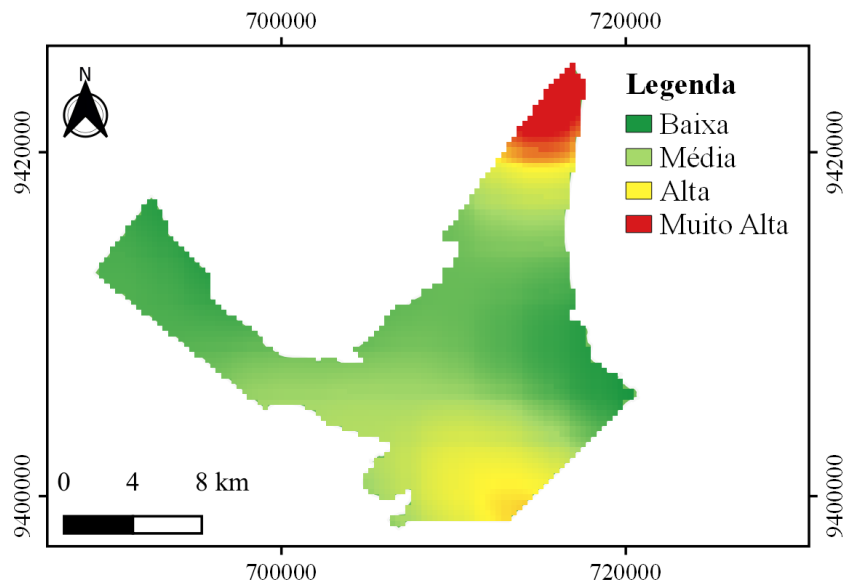


Figura 3. Mapa de Kernel no perímetro urbano de Marabá-PA.

Fonte: Autores (2020).

O bairro que apresentou um número significativo de focos registrados foi o de Cidade Nova (105 focos), que diferente do bairro de Morada Nova apresentou intensidade média para alta. Essa alternância de intensidade é previsível pois a ferramenta de Kernel estima uma curva de densidades dos pontos dos observados que apresentam a distância ponderada pela distância em relação ao núcleo da região analisada (WEBER; WOLLMANN, 2016).

Outro fator que pode ter contribuído com a elevada incidência no bairro de Morada Nova está em constante crescimento, pois, com a atração das propostas de grandes empreendimentos como a Aços Laminados do Pará (ALPA) e a criação do conjunto habitacional de Minha Casa Minha vida que impulsionou a criação de outros conjuntos na mesma região (SOUZA, 2016).

Ademais, no bairro de Morada Nova ainda localiza-se propriedades rurais que desenvolvem a prática de pecuária. Essas propriedades assim como a maioria dos empreendimentos que trabalham com manejo de rebanho bovino, usam do corte e queima para limpeza de pasto. Além do mais, boa parte dessas propriedades possuem grandes extensões de terra, que quando submetidas ao processo de preparo do campo (pelo corte e queima) podem ser detectadas pelo sensor óptico MODIS que reconhece um foco a partir da emissão termal de até $4\mu\text{m}$ com perímetro a cada 30 metros (m).

Sabe-se também, que o material particulado fino proveniente da biomassa queimada em núcleos urbanos pode provocar a efeitos danosos para o sistema respiratório, principalmente de pessoas com problemas crônicos de respiração, idosos e crianças (CASTRO et al., 2016). Sendo assim, e com o surgimento dos novos residenciais no bairro de Morada Nova, tem-se uma necessidade do acompanhamento e fiscalização por

autoridades públicas responsáveis os principais pontos com registro de queimadas no perímetro urbano.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados que são apresentados neste trabalho demonstram que a aplicabilidade das ferramentas de geotecnologias no monitoramento do perímetro urbano pode se tornar muito importante para a análise dos focos de calor distribuídos em determinadas áreas, localizadas nas proximidades da cidade ou no seu entorno.

Pode-se acrescentar também que as ferramentas de sensoriamento remoto quando associadas ao geoprocessamento se mostram de elevada importância para a detecção, de uma maneira rápida, do aumento de temperatura e das mudanças climáticas.

Os mapas de densidade Kernel foram representativos quanto à qualidade dos dados, apresentando a distribuição espacial de maneira coerente e real ao mostrado pelos focos de calor. Cabe ressaltar que a densidade muito alta no local em destaque no município deve ser levada em consideração para as medias de controle e prevenção de incêndios.

Com isso, nota-se que o condicionante para o crescimento do número dos focos de calor, concentrados no núcleo Morada Nova, que pode ser originário do processo de urbanização e práticas de pecuária de corte. Com relação a isso, percebe-se a grande necessidade de um acompanhamento desses focos no município, em especial aqueles que se encontram nas áreas em constante desenvolvimento urbano, que se for realizado de maneira desordenada pode ocasionar riscos pertinentes a saúde da população e o aumento das queimadas na região.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. A.; SOUZA, J. S. A. Dinâmica Espaço-temporal de Focos de Calor em Duas Terras Indígenas do Estado de Mato Grosso: uma Abordagem Geoespacial sobre a Dinâmica do Uso do Fogo por Xavantes e Bororos. **Revista Floram**, v. 23, p. 1-10, 2016.

ANDERSON, L. O. Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 69, v. 1, p. 163-177, 2017.

CÂMARA, R. K. C. et al. Modelagem Hidrológica Estocástica Aplicada ao Rio Tocantins para a Cidade de Marabá-PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, 11-23, 2016.

CASSOU, E. FIELD, B. **Agricultural Pollution**. World Bank, Washington, 2018.

CASTRO, F. R. et al. Impactos das queimadas sobre a saúde da população humana na Amazônia maranhense. **Rev Pesq Saúde**, v. 17, n. 3, p. 141-146, 2016.

COSTA, A. B. S. Avaliação dos Parâmetros de Potabilidade da Água Subterrânea no Projeto de Desenvolvimento Sustentável Porto Seguro, Marabá-PA. **Revista Sumáuma**, v. 10, p. 23-32, 2018.

GREGO, C. R. Distribuição espacial das classes de degradação de pastagem em Marabá, PA e sua correlação com as classes de solo e relevo. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, **Anais**, João Pessoa-PB, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. 2015. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em: 15 Abr 2020. a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE cidades**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/maraba/panorama>>. Acesso em: 28 SET 2019.

HOFFMANN, E.L. et al. Variabilidade das Chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n. 4, p. 1251-1263, 2018.

LAZZARINI, G. M. J. et al. Análise da detecção e ocorrência de queimadas em áreas urbanizadas e entorno. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v.38, n.3, 2016.

LOPES, A. C. et al. Análise da distribuição de focos de calor no município de Novo Progresso, Pará. **Revista Verde**, v. 12, n. 2, p. 298-303, 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnica de pesquisa**. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MATAVELI, G.A.V. Análise das queimadas e da precipitação em áreas de Cerrado do Maranhão a partir de dados do sensor MODIS e do satélite TRMM para o período 2002-2015. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 96, p.11-30, 2017.

MEDEIROS, É. M.; SILVA, D. SOUSA, G. M. Análise da densidade das áreas afetadas por queimadas no parque nacional do Itatiaia. In: 6º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRRJ, p. 566-570, 2017.

MENGATTO JUNIOR, E. A.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, J. S. V. O município de Marabá, PA frente ao ZEE na Amazônia legal: avaliação das taxas de desmatamento. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física. **Anais**. São Paulo: UNICAMP, p. 4976- 4987, 2017.

PEREIRA, J. A. V.; SILVA, J. B. Detecção de focos de calor no estado da Paraíba: um estudo sobre as queimadas. **Revista Geografia Acadêmica**, v.10, n.1, 2016.

RAIOL, J. A. **Perspectivas para o meio ambiente urbano**. Belém: GEO Marabá. 2010. p. 22.

SOUZA, A. R. et al. Monitoramento por satélite do risco de queimadas na região sul do Piauí. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – Geonordeste, **Anais**, 2014.

SOUZA, M.V.M. O programa minha casa minha vida e a produção de desigualdades socioespaciais: avaliação a partir do residencial Tiradentes em Marabá-PA. In: XVIII Encontros Nacionais de Geógrafos, São Luiz - MA, **Anais**, 2016.

SILVA, P. A. S. et al. Proposta de recuperação de área degradada por queimadas no município de Marabá – PA. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal-PB, v. 12, n. 3, p. 01-10, jul-set, 2018.

VIANA, F. M. F.; STEWARD, A. M.; RICHERS, B. T. T. Cultivo itinerante na Amazônia central: manejo tradicional e transformações da paisagem. **Novos Cadernos NAEA**, v. 19, n. 1, p. 93-122, 2016.

VIEIRA, A. A. N. et al. Metodologia Científica no Brasil: ensino e interdisciplinaridade. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 42, n. 1, p. 237-260, 2017.

WEBER, A. A.; WOLLMANN, C. A. Mapeamento dos incêndios residências na área urbana de Santa Maria, RS, Brasil utilizando o estimador de densidade Kernel. **Investig. Geogr.** Chile, v. 51, p. 49-60, 2016.

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLOS APÓS INCORPORAÇÃO DE PALHA DE CAFÉ

Data de aceite: 01/07/2020

Daniel Lucas Prudêncio

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes
Vitória – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/8360419626729137>

Aurélio Azevedo Barreto Neto

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes
Vitória – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/4299222405256886>

Vinícius Pedro de Souza

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes
Vitória – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/8213171893807811>

RESUMO: A desertificação é o processo de degradação das terras que causa a erosão. Portanto, uma alternativa para minimizar esse problema é a utilização de palha de café no solo. Portanto, entender a dinâmica de solos que possuem na sua composição palha de café quando submetidos a chuvas é um desafio de grande valor para a recuperação sustentável de áreas degradadas. O objetivo deste projeto foi simular a erosão de solo contendo palha de café, utilizando um simulador de chuva, para a quantificação de sedimentos erodidos

com diferentes declividades. Com o aumento da quantidade de palha de café no solo foi verificado redução do escoamento, um aumento da infiltração de água no solo e um menor carreamento superficial de sedimentos nas diferentes chuvas e inclinações, quando comparado com o controle, a utilização da palha no solo com uma proporção de 30% mostrou-se mais eficiente. Em relação a densidades, verificou-se menores resultados nos tratamentos com palha misturados com o solo do que com o solo puro, com destaque para o solo com uma proporção de 30% de palha. Assim, verificou-se menores densidades e, por consequência, maior porosidade, para o tratamento com palha na proporção de 30% (60% porosidade). Portanto, o composto formado por solo argiloso e palha (30%) mostrou-se mais eficiente em diferentes chuvas e graus de inclinação em relação a infiltração de água, assim, não foi verificado carreamento de sedimento e, em relação aos parâmetros físicos analisados, mostrou-se menor densidade global, densidade solo seco, densidade das partículas e, assim, maior porosidade.

PALAVRAS-CHAVE: Simulador de chuva; Palha de café; Erosão hídrica; Perdas solo e água.

EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS AFTER INCORPORATION OF COFFEE HUSK

ABSTRACT: Desertification is a land degradation process that causes erosion. Therefore, an alternative to minimize this problem is to use coffee husk in the soil. Thus, understanding the dynamics of soils which have coffee husk in their composition when exposed to rain is a great challenge for the sustainable recovery of degraded areas. The aim of this project was to simulate the erosion of a soil containing coffee husk, using a rain simulator to the quantification of eroded sediments with different slopes. With the increase of coffee husk quantity in the soil it was verified a decrease in surface runoff, also an increase in water infiltration into the soil and a lower surface carriage of sediments in different rainfalls and slopes. When compared to control, the use of coffee husk in the soil with a 30% proportion was proved more efficient. Regarding densities, it was verified lower results in the treatments with coffee husk mixed with the soil than in pure soil, considering the soil with a 30% proportion of coffee husk. Therefore, it was verified lower densities and, consequently, higher porosity for the treatment with coffee husk in the proportion of 30% (60% porosity). Lastly, the compound formed by clay soil and coffee husk (30%) was proved more efficient with different rainfalls and slope levels considering water infiltration, thus, it was not verified carriage of sediments. Regarding the physical parameters analyzed, lower values were found for overall density, dry soil density, particle density and, consequently, more porosity.

KEYWORDS: Rain simulator; Coffee husk; Water erosion; Water and soil losses.

1 | INTRODUÇÃO

A desertificação é o processo de degradação das terras como resultado da ação de fatores naturais e antrópicos. O impacto em locais susceptíveis a desertificação é a erosão, causada pela degradação e supressão da cobertura vegetal levando a transporte de solos e dos nutrientes causando a degradação da qualidade da água, elevação dos custos de tratamento, perturbação na forma dos corpos hídricos e prejuízos à navegação. Assim, uma alternativa para minimizar esse problema é a utilização de palha de café no solo (CARVALHO, 2008; BRAGA et al., 2005; BERTONI, LOMBARDI, 1999).

O Brasil, frente ao mercado mundial, é o maior produtor de café. A produção cafeeira no ano de 2018 foi estimada em 58 milhões de sacas beneficiadas. Já o Espírito Santo possui umas das maiores produções, cerca de 12,8 milhões de sacas (22% da produção nacional). A palha de café é um resíduo do beneficiamento do café. As empresas e as fazendas produtoras de café têm procurado estabelecer formas de gestão com objetivos explícitos de controle da poluição controlando e/ou minimizando os impactos ambientais (NICOLELLA et. al., 2004). Em razão da sua grande geração no meio rural, justifica sua utilização da palha de café para recuperação de solo degradado (BARROS et al., 2001).

A utilização da palha de café na recuperação de solos favorece as condições

físicas, químicas e biológicas do solo. A casca de café fornece uma concentração de macronutrientes (N, P e K) que favorecem ao metabolismo das plantas. Também liberar gradualmente os nutrientes a longo prazo, ao contrário que ocorre com os fertilizantes químico. Além disso, a palha de café melhora as propriedades físicas do solo, como a retenção de umidade, controle da erosão, diminuição da temperatura, aumento da CTC (capacidade de troca de cátions), melhora a atividade biológica e auxilia no controle de crescimento de plantas invasoras, impedindo a germinação de sementes (GARCIA, 2004).

O uso da palha de café na agricultura é uma ação benéfica para o meio ambiente e para o desenvolvimento agricultura sustentável. Essa prática é refletido diretamente em um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS), o objetivo de número 2, que remete a: “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável”. Esse objetivo remete a temas como garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo (PNUMA, 2015).

Assim, entender a dinâmica de solos que possuem na sua composição palha de café quando submetidos a chuvas é um desafio de grande valor para a recuperação sustentável de áreas degradadas.

2 | METODOLOGIA

O solo utilizado foi coletado de uma propriedade rural, que gera uma grande quantidade a palha de café, no município de Baixo Guandu/ES, a região onde está inserida a propriedade apresenta um relevo ondulado, com uma elevação de aproximadamente 150 e 200 metros, com uma declividade variando de 6° a 26°, classificado como latossolo vermelho amarelo apresentando horizonte A moderado e textura argilosa.

O delineamento experimental adotado utilizou a palha de café incorporada ao solo, com um percentual de 10% e de 30% de base seca, duas chuvas (2 e 6mm.min⁻¹) e duas declividades (10° e 30°) e o controle, com solo puro, sem palha de café.

As simulações utilizaram o simulador de chuva Eijkelkamp (Figura 1) para cada tratamento, com três repetições e utilizou o tempo de chuva de 3 minutos (sugerido pelo fabricante do simulador).



Figura 1 – Experimento em funcionamento com simulador de chuva Eijkelkamp

Para determinar a quantidade de sedimentos totais arrastados pelo escoamento superficial, as amostras foram filtradas utilizando filtro de polipropileno, secadas na estufa, dessecadas e pesadas.

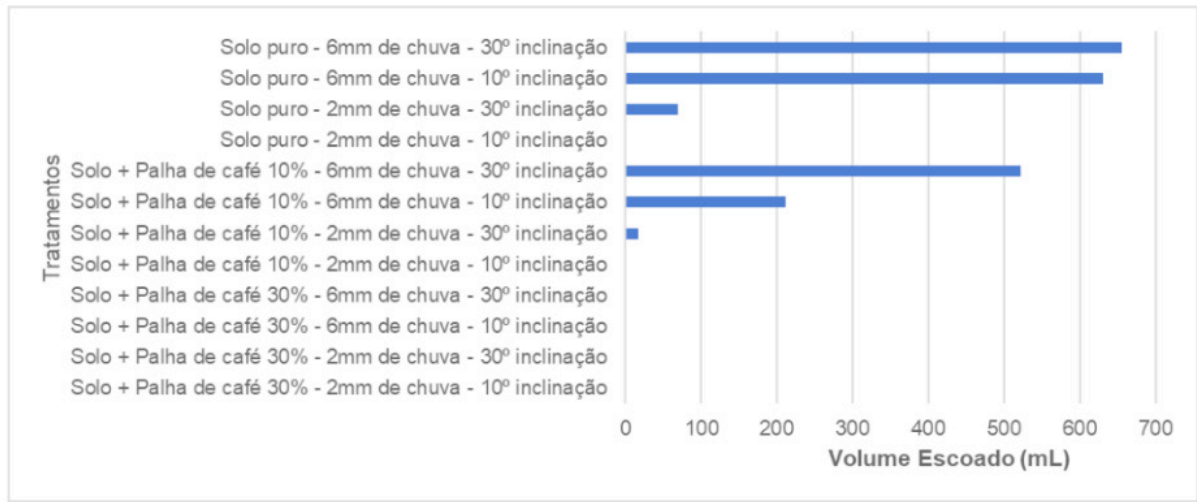
A densidade global, do solo seco, das partículas e a porosidade foi realizado a coleta das amostras com um amostrador cilíndrico e realizado a pesagem, secado as amostras em estufa a 105 °C por 24h, dessecado e pesado. Após, utilizando béqueres de 1000mL com 500mL de água, foi colocado as amostras dos tratamentos para verificar o sobrenadante no béquer (volume seco). Assim, pode calcular os parâmetros propostos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento analisou o comportamento do solo misturado com palha de café em duas proporções (10% e 30%), duas inclinações (10° e 30°) e duas chuvas (2mm/min e 6mm/min) em comparação com o controle (solo puro). Foram analisados o escoamento superficial da água, volume infiltrado no solo, sedimentos totais carreados, densidade global, densidade do solo seco, densidade da partícula e porosidade.

Com o aumento da quantidade de palha de café no solo foi verificado redução do escoamento superficial, um aumento da infiltração de água no solo e um menor carreamento superficial de sedimentos nas diferentes chuvas e inclinações, quando comparado com o controle (solo puro). Uma forma de proteger o solo contra a erosão provocada pelas chuvas é a incorporação no solo de matéria orgânica (BERTONI; NETO; 2010). Assim, a utilização da palha no solo com uma proporção de 30% mostrou-se mais eficiente como técnica de conservação de solo, pois não ocorreu escoamento superficial.

Os gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 são derivados dos resultados colhidos durante os experimentos:



Gráficos 1 – Volume escoado pelos tratamentos (mL)

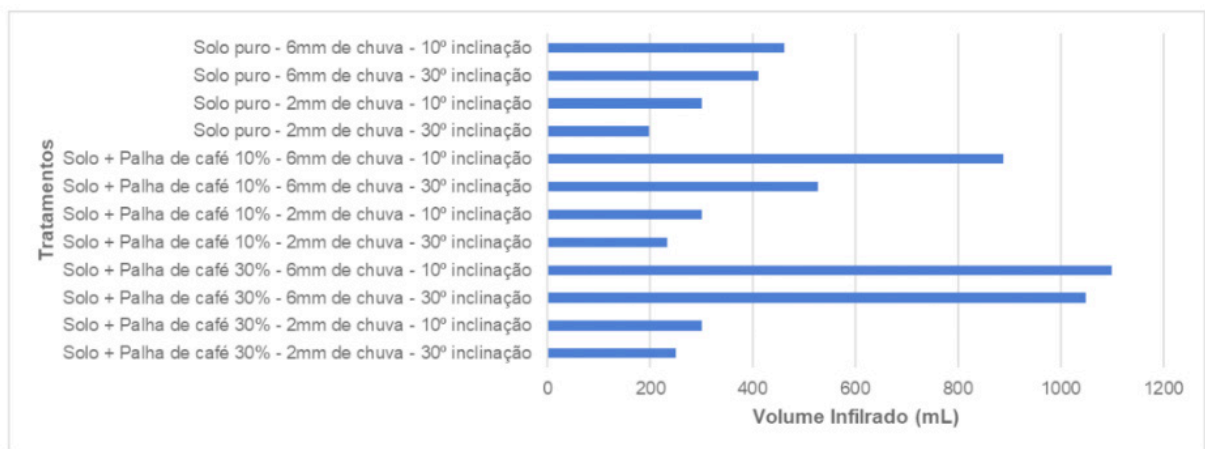


Gráfico 2 – Volume infiltrado pelos tratamentos (mL)

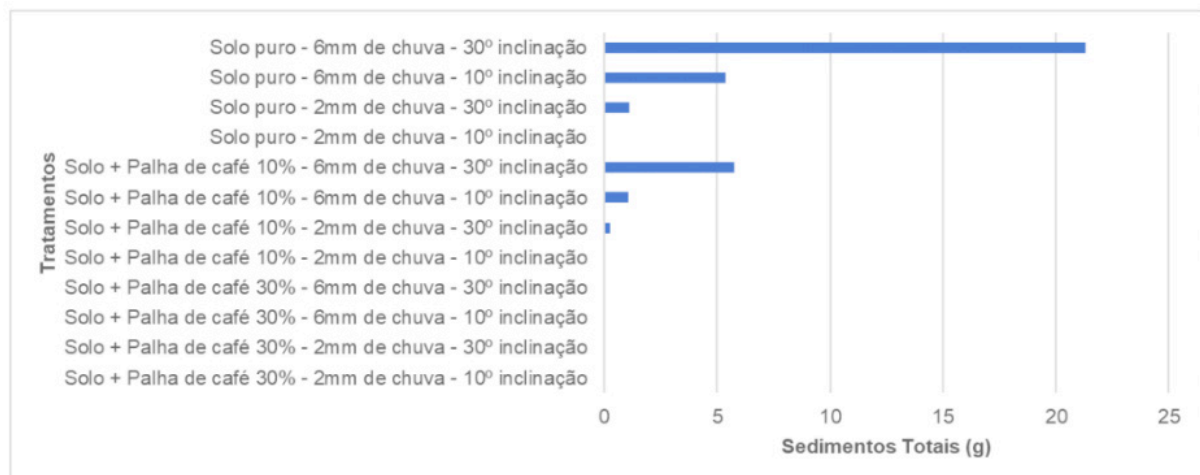


Gráfico 3 – Sedimentos totais carregados dos tratamentos (g)

Em relação a densidade global, densidade solo seco e densidade da partícula, verificou-se menores resultados nos tratamentos com palha de café misturados com o solo do que com o solo puro, com destaque para o solo com uma proporção de 30% de palha. Quanto menor for a densidade do solo, serão encontrados valores menores de compactação do solo e, conseqüentemente, melhor será o crescimento do sistema

radicular e desenvolvimento das plantas (COOPER, MAZZA, 2017). Assim, foi verificado menores densidades e, por consequência, maior porosidade, para o tratamento com palha de café na proporção de 30% (60% porosidade).

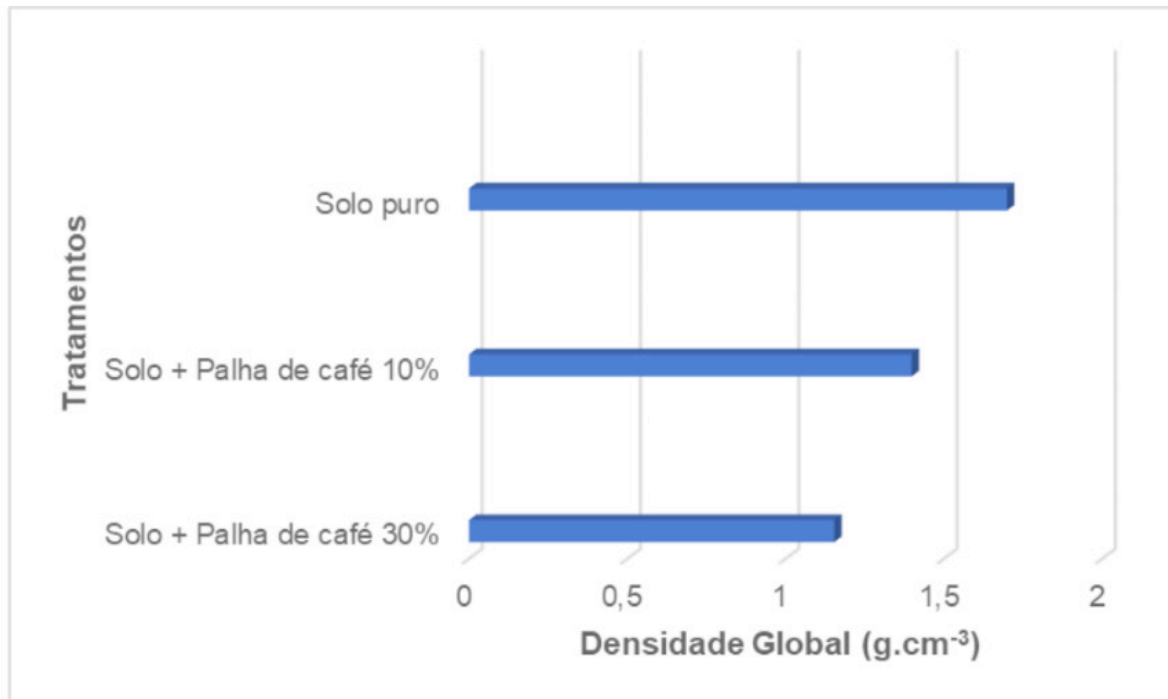


Gráfico 4 – Densidade global dos solos (g.cm⁻³)

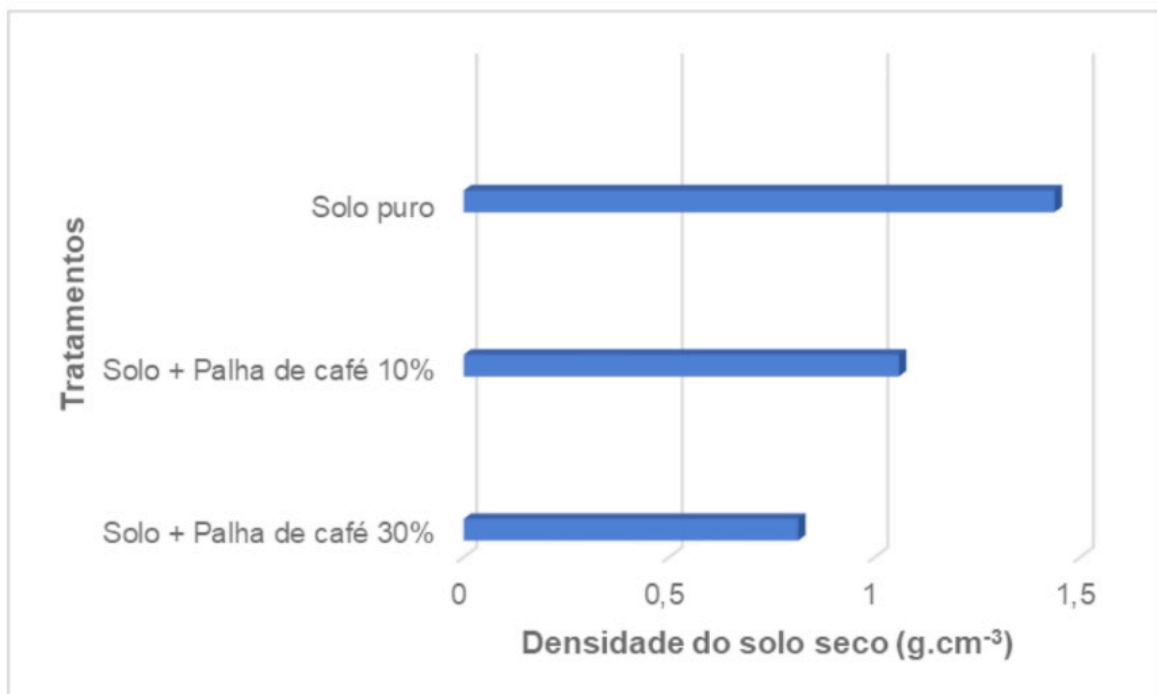


Gráfico 5 – Densidade dos solos secos (g.cm⁻³)



Gráfico 6 – Densidade da partícula dos solos (g.cm⁻³)

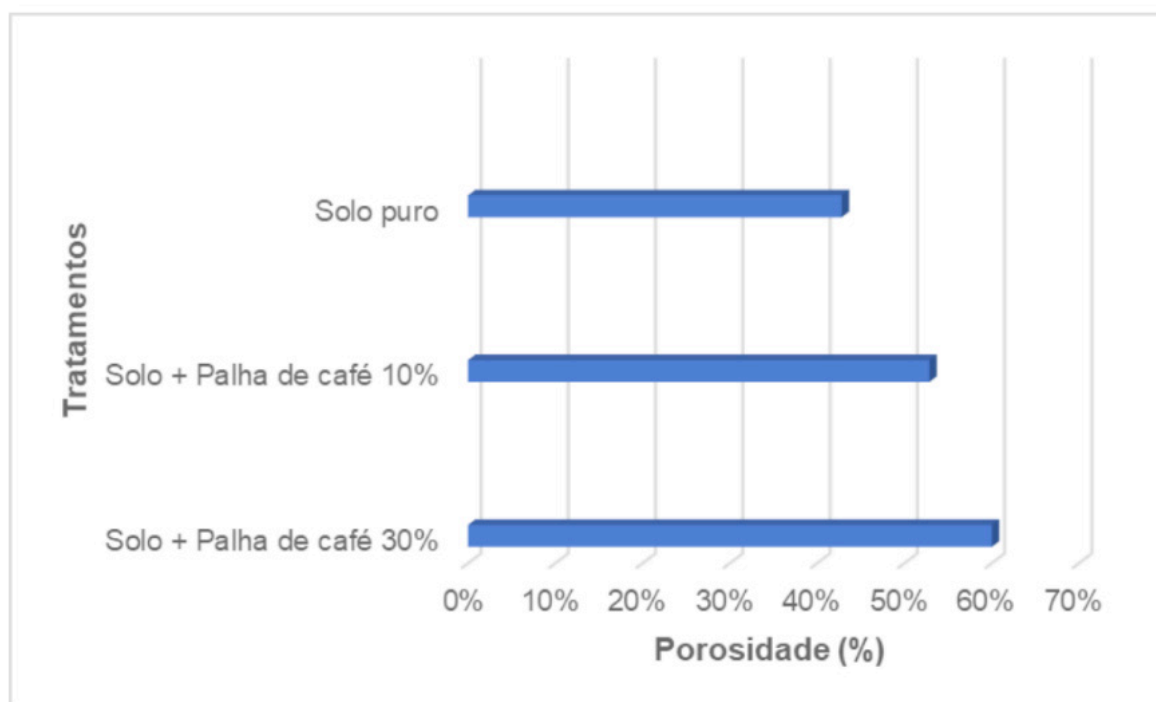


Gráfico 7 – Porosidade dos solos (%)

4 | CONCLUSÃO

O composto formado por solo argiloso e palha de café (30%) mostrou-se mais eficiente em diferentes chuvas e graus de inclinação em relação a infiltração de água, assim, não foi verificado carreamento de sedimento e, em relação aos parâmetros físicos analisados, mostrou-se menor densidade global, densidade solo seco, densidade das partículas e, por consequência, uma maior porosidade.

O solo argiloso puro nos diferentes graus de inclinação e chuva apresentou um maior escoamento superficial, uma menor infiltração, uma maior quantidade de sedimento superficiais carreados, maiores resultados de densidade global, densidade solo seco, densidade das partículas e uma menor porosidade e, por consequência, uma maior erosão.

Assim, conclui-se que o composto que apresentou melhores resultados neste

trabalho foi o composto formado por solo com palha de café na proporção de 30%.

AGRADECIMENTOS

II Congresso Internacional de Políticas Públicas para a América Latina

REFERÊNCIAS

BARROS, U. V.; GARÇON, C. L. P.; SANTANA, R. MATIELLO, J. B. **Doses e modos de aplicação de palha de café e esterco de gado associado ao adubo químico, na formação e produção do cafeeiro, solo LVah, na Zona da Mata de Minas Gerais.** In: II Simpósio de pesquisa dos Cafés no Brasil. 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

BRAGA, B. et al. **O meio aquático.** In: Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. cap. 8, p. 73-124.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599 p.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café.** Brasília: Conab, 2015.

COOPER, Miguel; Mazza, Jairo Antonio. **Densidade do solo e densidade de partícula.** 2017. Disponível em:<<https://docplayer.com.br/44430946-Densidade-do-solo-e-densidade-de-particulas.html>>. Acesso: 01 julh. 2019.

GARCIA, A. W. R.; MATIELLO, J. B.; JAPIASSU L. B. **Avaliação do efeito nutricional de vários tipos de palha de café.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. Trabalhos apresentados. Varginha: PROCAFÉ, 2004. p. 63-64.

NICOLELLA, G.; MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A. **Sistema de gestão ambiental: aspectos teóricos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas/SP.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). **Nações Unidas Programa Ambiental e a Agenda 2030 Ação Global para as Pessoas e o Planeta.** 2015. Disponível em:< https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9851/-The_United_Nations_Environment_Programme_and_the_2030_Agenda_Global_Action_for_People_and_the_Planet-2015EO_Brochure_WebV.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 29 julh. 2019.

TELHADO VERDE UMA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA: UMA REVISÃO

Data de aceite: 01/07/2020

Janine Farias Menegaes

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/6320581820328718>

Toshio Nishijima

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5427442140441172>

Rogério Antônio Bellé

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3423988900328678>

Fernanda Alice Antonello Londero Backes

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1501573193830736>

RESUMO: A água é um bem da humanidade, sendo imprescindível a manutenção da vida. Assim, seu uso deve ser consciente e sem desperdício. A utilização de telhados verdes está entre as alternativas sustentáveis do aproveitamento de águas pluviais, sendo uma bioengenharia que dentre várias finalidades, auxilia a sanar a necessidade de áreas verdes nos centros urbanos e rurais. O emprego

dos telhados verdes possibilita o cultivo de diferentes vegetações, ao mesmo tempo que capta água pluvial o irriga, assim propiciando vários benefícios relacionados ao conforto bioclimático das edificações, oferecendo baixo impacto ambiental. Existem vários tipos de telhados verdes referentes à sua estrutura física e carga sobre as edificações. Alguns países como a Alemanha já utilizam este sistema de cobertura verde a mais de 40 anos, todavia, no Brasil, a partir dos anos 2000, houve um maior interesse sobre esta forma de cobertura, em especial, quando se tem incentivos fiscais para sua implementação. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso de telhado verde como uma alternativa sustentabilidade hídrica para captação de água pluvial.

PALAVRAS-CHAVE: Paisagismo, recursos hídricos, telhado vivo.

GREEN ROOF AN ALTERNATIVE WATER SUSTAINABILITY: A REVIEW

ABSTRACT: Water is a good of humanity, and the maintenance of life is essential. Thus, its use must be conscious and without waste. The use of green roofs is among the sustainable alternatives for the use of rainwater, being a

bioengineering that, among several purposes, helps to solve the need for green areas in urban and rural centers. The use of green roofs makes it possible to cultivate different vegetation, at the same time that it captures rainwater and irrigates it, thus providing several benefits related to the bioclimatic comfort of buildings, offering low environmental impact. There are several types of green roofs referring to their physical structure and load on buildings. Some countries like Germany have been using this green coverage system for over 40 years, however, in Brazil, since the 2000s, there has been a greater interest in this form of coverage, especially when there are tax incentives for its implementation. In this context, the present work aimed to carry out a literature review on the use of green roof as an alternative water sustainability for rainwater harvesting.

KEYWORDS: Landscaping, water resources, living roof.

1 | INTRODUÇÃO

A concentração de áreas construídas e o crescimento desordenado das áreas urbanas modificam a paisagem de um espaço (ambiente), esse crescimento está diretamente relacionado com o desenvolvimento político, cultural e econômico de uma sociedade. A intensa urbanização fez despertar o interesse da população em debater a necessidade de entender o verde urbano como um investimento e não como um custo (NIEMEYER, 2005; SANTOS et al., 2013; PETRY, 2014).

Na sociedade, o paisagismo atua como ciência e arte que mescla várias áreas do conhecimento como: história, antropologia, sociologia, botânica, fisiologia e biologia vegetal e animal, meteorologia, climatologia, geografia, ciências do solo, artes plásticas, pintura, escultura, arquitetura, filosofia, entre muitas outras, que culminam em um rebuscamento de apreciação e inspiração na natureza. Em sua amplitude multidisciplinar tem como finalidade integrar o homem a natureza, por meio de um espaço ajardinado. Sendo este espaço de caráter privativo ou público, didático ou colecionável, artístico ou empresarial, tudo depende de como e para que a ornamentação vegetal seja realizada (LIRA FILHO; NOGUEIRA, 2016; FARIA; ASSIS; COLOMBO, 2018).

As áreas verdes urbanas são consideradas como um refúgio da loucura do dia-a-dia, tendo como ferramenta o paisagismo bioclimático, que adota como recurso de ornamentação da paisagem, o verticalismo da vegetação com usos de pele, cortinas, fachadas e paredes vivas, bem como o uso de cobertura ou telhado verde. Este último tem como finalidade utilizar espaços para aumentar a área verde, ao mesmo tempo em que embeleza realiza a captação de águas pluviais.

Telhado verde conhecido também como telhado vivo, telhado ecológico ou biocobertura é um sistema que consiste na impermeabilização da laje ou de telhados convencionais para construção e implantação de uma área verde, seja área com plantas, ou hortaliças, dependendo da condição climática (CORRENT; LEHAMANN, 2017). Este

tipo de telhado, ainda possibilita a captação e armazenamento da água pluvial, que pode ser utilizado posteriormente, nas regas do próprio telhado, jardins e outros fins.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso de telhado verde como uma alternativa sustentabilidade hídrica para captação de água pluvial.

2 | SUSTENTABILIDADE

A definição dos termos sobre o que é sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, ainda é muito complexo e está em construção, sem uma definição conceitual na literatura científica, no setor privado e nas políticas públicas (BARBOSA, 2008; LINDSEY, 2011; SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014; FEIL; SCHREIBER, 2017; CORRÊA; ASHLEY, 2018).

Entre os conceitos mais aceitos é o preconizado no relatório “Nosso futuro comum¹” certificado pela ONU (Organização das Nações Unidas), que considera “desenvolvimento sustentável como aquele que atende as necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. Ou seja, a sustentabilidade tem sentido amplo e multidisciplinar o qual é amparado por “três pilares”: o ecológico, o econômico e o social (BARBOSA, 2008; CANOTILHO, 2010; SOUZA; GHILARDI, 2017).

As ações na Agenda 21 (1992)² que trata do ambiente e desenvolvimento, visou compartilhar princípios éticos e morais para a conservação do meio ambiente, por exemplo, a criação do Protocolo de Quioto (1997), preocupados com o combate do excesso de emissão de gases poluentes causadores do efeito estufa. Também, foi considerado o combate à exploração de todos os tipos de florestas, a criação da Convenção sobre a Diversidade biológica, a criação da Convenção das Nações Unidas de luta contra a desertificação nos países onde há seca, principalmente na África (MATIDA, 2016; CORRÊA; ASHLEY, 2018).

No ano de 2015, durante a reunião mundial da ONU, em Nova York, EUA, estabeleceu o relatório intitulado “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, contendo 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (Figura 1) divididos em 169 metas, que demonstram a escala e a ambição desta nova agenda universal, os quais devem ser implementados por todos os países do mundo durante os próximos 15 anos (ONU, 2015).

1 Nosso Futuro Comum, também chamado Relatório Brundtland é o documento final da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, promovido e organizado pela ONU (1987), na ocasião este relatório foi chefiado pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland.

2 Agenda 21, realizada na Rio 92, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.



Figura 1. Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável.

Fonte: Nações Unidas Brasil (2019).

Esses objetivos visam consolidar os direitos humanos, inserindo igualdade de gênero e o empoderamento feminino, sendo todos integrados e indivisíveis, ao desenvolvimento sustentável, econômico, social e ambiental com ajuda mútua da sociedade e dos poderes governamentais de diversas esferas locais, nacionais e planetárias. Tendo como preceito fundamentais valores, como de liberdade, igualdade, solidariedade, tolerância, respeito pela natureza e responsabilidade comum. Bem como, os princípios mundiais de dignidade humana, da igualdade e da equidade (ONU, 2015; GARCIA; GARCIA, 2016).

Entre os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, os objetivos 3; 6; 11; 12 e 15, mencionam a importância dos recursos hídricos para a manutenção da vida, incluindo a garantia de condições de sedentação humana e animal, produção de alimentos, higiene pessoal, saneamento básico e tratamento de qualidade da água, bem como produção de energia e conservação dos recursos hídricos naturais. De forma, a exploração destes recursos para contemplação dos objetivos supracitados devem ocorrer por meio de planos de gestão e estratégia no setor industrial, sanitário com aplicação regional, nacional e local exercendo medidas de controle de poluentes e/ou tratamento de resíduos antes de serem descartados nos rios, barragens, nascentes, lagoas, lagos, mares e oceano (ONU, 2015).

Pois, uma vez que a água é um bem da humanidade, seu uso inadequado vem ocasionado mudanças climáticas, afetando negativamente os regimes de pluviosidade resultando em extensos períodos de estiagens, até a indisponibilidade hídrica de acesso ou mesmo a sua escassez para a sobrevivência da vida e produção de alimentos. Já nos centros urbanos os principais impactos ambientais e socioeconômicos são decorrentes da redução da infiltração da água pluvial no solo em virtude das grandes

áreas impermeabilizadas (SANTOS et al., 2013; BÄR; TAVARES, 2017; NOSCHANG; SCHELEDER, 2018).

Deste modo, a preservação dos recursos hídricos torna-se necessária e imprescindível para a manutenção da vida tanto no campo como a urbana, neste sentido os objetivos 3 e 11 de desenvolvimento sustentável são contemplados com o uso de edificações bioclimáticas, como os telhados verdes. Este tipo de edificações tem como finalidade encontrar soluções ecológicas e sustentáveis para melhorar a qualidade de vida urbana e rural, utilizando a captação da água pluvial (WILLES; REICHARDT, 2014; TEIXEIRA et al., 2017).

3 | TELHADO VERDE

A utilização de telhados verdes proporciona serviços ecossistêmicos semelhantes à arborização urbana, tais como: o conforto térmico, a retenção das águas das chuvas, o sequestro de carbono e a atração da fauna urbana. A retenção das águas das pluviais, também ajuda na retenção de poluentes (gasosos, líquidos e sólidos), pois os telhados verdes auxiliam na redução do escoamento superficial, armazenando as águas pluviais durante os diferentes eventos e retornando a precipitação para a atmosfera através da evapotranspiração (METENS et al., 2005; CORRENT; LEHAMANN, 2017).

Um dos vários benefícios dos telhados verdes é o seu desempenho térmico, pois ao a vegetação possibilita a abrandar a temperatura, com o aumento do teor de umidade do ar. Estima-se que após a instalação de cobertura verde em uma laje, a temperatura da superfície reduz cerca de 15° C (RANGEL, ARANHA; SILVA, 2015). O uso da vegetação como uma infraestrutura complementar é uma das alternativas para que as construções convencionais (asfalto e concreto) tornem-se menos agressivas ao meio ambiente, proporcione serviços ecossistêmicos e aumente a resiliência das cidades. Dentre os benefícios gerados pela vegetação estão: os estéticos, de lazer, social, econômico e ambiental (ARAÚJO, 2007; SETTA, 2017).

Os telhados verdes não constituem uma inovação tecnológica, pois há muitos séculos já se fazia o uso desta técnica construtiva, de estimável valor para a manutenção do ciclo hidrológico. Tendo sua origem em 600 a.C. na antiga Mesopotâmia, atual Iraque, e ficou conhecido como “Jardins Suspensos da Babilônia”, que mandado construir pelo Rei Nabucodonosor para alegrar sua esposa que tinha origem Pérsica. Esse jardim foi construído em formato piramidal em patamares que se chamavam Zigurates que tinha 91 m de altura e uma base de 91 m x 91 m (ARAÚJO, 2007; CORRENT; LEHAMANN, 2017).

A construção de um jardim em patamares com cobertura verdes propicia um ótimo desempenho térmico, em função da camada entre o solo e as vegetações, que em ambientes de climas quentes, impedem a passagem de calor para dentro das edificações e em climas frios retêm por mais tempo o calor dentro das edificações (TASSI et al., 2014;

ALAMY FILHO et al., 2016).

O uso de telhados verdes na Alemanha tem origem desde 1970, com média hoje de 14% de seus telhados com cobertura verde. Em muitos países a adesão ao uso de telhados verdes ocorre paulatinamente, inicialmente a adesão se dá com incentivos fiscais de diversos fins, tanto para edificações domésticas como comerciais. No Quadro 1 elenca-se alguns países que apresentam políticas públicas específicas para uso de telhados verdes (KIST, 2015; RANGEL, ARANHA; SILVA, 2015; MENDONÇA, 2015; SETTA, 2017).

No Brasil, o uso de telhados verdes se intensificou a partir dos anos 2000, em 1983 o arquiteto-paisagista Burle-Marx projetou o jardim vertical e cobertura verde do Edifício do Banco Safra, em São Paulo, SP. O intuito deste projeto foi trabalhar de forma sustentável com captação da água pluvial possibilitando economia de na irrigação e manutenção do jardim (RANGEL, ARANHA; SILVA, 2015; MENDONÇA, 2015; MORELLI, 2016).

Outro caso de sucesso com uso de cobertura verde foi o Edifício Conde Matarazzo, em São Paulo, SP, com impacto no microclima na edificação devido à variação da temperatura e umidade do ar. No Quadro 1 elenca-se alguns estados brasileiros que apresentam políticas públicas específicas para uso de telhados verdes, principalmente, com desconto direto no IPTU (imposto predial e territorial urbano) (CATUZZO, 2013; KIST, 2015; RANGEL, ARANHA; SILVA, 2015; MENDONÇA, 2015; MORELLI, 2016; CORRENT; LEHAMANN, 2017; SETTA, 2017).

País	Descrição da política
Alemanha	Foi o primeiro país a adotar a política de telhados verdes em padrões nacionais na década de 1970. Em 2001, a área de telhados verdes na Alemanha já chegava a 13,5 milhões de metros quadrados, chegando a cobrir 14% de todos os telhados do país.
Canadá	Apresenta como necessária a cobertura verde para novas construções acima de 200 m ² . Desde quando foi aprovada na Câmara Municipal, resultou mais de 1,2 milhões de metros quadrados verdes em diferentes tipos de construções, assim como na economia de energia de mais de 1,5 milhões de kWh por ano para os proprietários dessas edificações.
Dinamarca	Estabeleceu como meta para ser neutra em carbono até 2050 e vê os telhados verdes como uma ferramenta chave para atingir esta meta. Todos os novos telhados com menos de 30 graus de inclinação necessitam ter telhados verdes.
Estados Unidos	Uma medida prevê redução de US\$ 10 nas taxas de esgoto para cada metro quadrado de telhado verde. A Lei Estadual concede crédito fiscal de um ano de US\$ 4,50 m ² para quem tem telhado verde em pelo menos 50% da cobertura. Oferece até 50% do custo ou até US\$ 100.000 para o desenvolvimento de telhados verdes que cubram 50% ou mais do espaço na cobertura.
Holanda	As leis, benefícios e/ou incentivos fiscais são reguladas pelos próprios municípios. Na média, o subsídio fica entre €25 e €50 por m ² , sendo limitado, na maioria dos casos, a metade do custo total de sua implantação. O objetivo da cidade é ter um total de 800.000 m ² de telhados verdes até o ano de 2030.

Brasil	Paraíba	Lei Estadual, nº 10.047/2013, dispõe a obrigatoriedade aos projetos de condomínios edificados, residenciais ou não, com mais de 3 (três) unidades agrupadas verticalmente, a implantação de telhados verdes.
	Paraná	Projeto de Lei nº 005.00006/2013 prevê desconto de até 23% de IPTU com áreas com implantação de telhados verdes.
	Pernambuco	Foi aprovada a lei nº 18.112/2015, que exige aos projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400 m ² de área de cobertura, a implantação de “Telhado Verde” para sua aprovação.
	Rio de Janeiro	A Lei Estadual nº 6.349/2012 torna a obrigatoriedade de instalação de telhados verdes nos prédios públicos, autarquias e fundações do Estado do Rio de Janeiro, para prédios que fossem projetados a partir da promulgação da lei. Aprovado o projeto de Lei nº 090/2013 que dispõe sobre a instalação de telhados verdes em projetos de edificações residenciais ou não, que tiverem mais de três andares agrupados verticalmente, e os respectivos incentivos fiscais e financeiros aos que adotarem o telhado verde.
	Santa Catarina	A Lei Estadual nº 14.243/2007 criou o Programa Estadual de Incentivo à Adoção de Telhados Verdes em espaços urbanos densamente povoados, que definiu em seu art. 2º que para fazer parte do programa, a implantação dos sistemas vegetados não poderia ser inferior a 40% da área total do imóvel, responsabilizando o Poder Executivo, no art. 3º, a criar parcerias, incentivos fiscais e financeiros aos municípios partícipes do Programa.
	São Paulo	Aprovado o projeto lei nº 115/2009, extensivo a todos os prédios com mais de três andares, porém, e até o presente momento, este não voltou a ser apreciado pelos parlamentares.

Quadro 1 – Políticas públicas de telhados verdes implantadas internacionalmente e no Brasil.

Fonte: Copilado e adaptado de Kist (2015); Rangel, Aranha e Silva (2015); Mendonça (2015); Paraíba (2013); Recife (2015); Corrent e Lehamann (2017); Setta (2017).

A construção do telhado verde requer uma boa estrutura das edificações onde serão implementados, sendo a escolha da vegetação a ser usada a mais importante. A vegetação escolhida deve ser de fácil manutenção, para manter o telhado sempre bem tratado, devem ser resistentes ao sol e ao vento comparado às condições climáticas do local onde está a construção (WILLES; REICHARDT, 2014; MORELLI, 2016; TEIXEIRA et al., 2017).

A carga do telhado verde deve ser considerada desde o momento do projeto arquitetônico, conforme o tipo de telhado ou cobertura verde aumenta a carga por metro quadrado. Geralmente, um telhado verde (Figura 2) apresenta a seguinte estrutura:

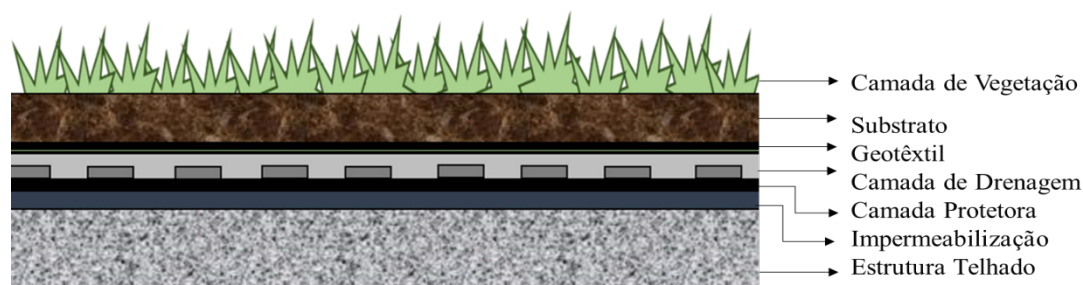


Figura 2 - Camadas que compõem o telhado verde.

Fonte: adaptado de Tassi et al. (2014) e Corrent e Lehamann (2017).

a. Camada de vegetação: a cobertura vegetal deve ser adequada às condições climáticas do local. A vegetação atua interceptando uma parcela da chuva, evitando que ela atinja o solo. É por meio do processo de evapotranspiração que a água é perdida para a atmosfera e o potencial de retenção de água no substrato é aumentado. Adicionalmente, a vegetação retarda o escoamento superficial, que passa a ocorrer quando o substrato atinge a saturação;

b. Substrato: é constituído pela camada de solo, servindo de suporte para a fixação da vegetação, fornece água e nutrientes necessários para a manutenção desta. Essa camada é igualmente importante para o armazenamento temporário da água durante os eventos chuvosos;

c. Geotêxtil: constitui uma camada filtrante que separa as camadas de vegetais e substrato da camada drenante. Ela evita a migração de partículas do substrato para o interior da camada drenante, reduzindo a funcionalidade do telhado verde;

d. Camada de drenagem: em telhados praticamente horizontais, como é o caso dos telhados verdes, é fundamental a existência da camada de drenagem, para evitar alagamentos indesejáveis e estresse da cultura. Além disso, a camada de drenagem atua retendo parte da água da chuva, necessária para a vegetação durante períodos de estiagem;

e. Camada protetora: destina-se à retenção da umidade e nutrientes acima da estrutura do telhado, fornecendo proteção física para a membrana de impermeabilização contra o crescimento das raízes da vegetação;

f. Impermeabilização: normalmente realizada com o emprego de hidrorrepelentes, de maneira a evitar o contato da água com a estrutura do telhado; e

g. Estrutura do telhado: deve suportar toda a carga do telhado verde. Para o sistema extensivo com substrato de 5 a 15 cm de espessura, estima-se que a carga sobre

o telhado possa aumentar de 70 a 170 kg m² aproximadamente. Para o sistema intensivo, com espessura de solo acima de 15 cm, o valor de carga adicional pode variar entre 290 e 970 kg m² (TASSI et al, 2014; CORRENT; LEHAMANN, 2017).

Os tipos de cobertura verde são: sistema extensivo, intensivo e semi-intensivo. Este sistema é conhecido pelos benefícios que traz à edificação e sua área envolvente como isolamento térmico e acústico, contribuindo na redução da sensação de calor, como purificador de ar e filtragem da água de chuva (DUNNETT, KINGSBURY, 2008; CORRENT; LEHAMANN, 2017), são:

- a. O sistema de cobertura verde extensiva é uma cobertura com variação da espessura de substrato entre 6 e 20 cm, a vegetação necessita de cuidados somente no período de seca para rega e pode ser composta por forração como grama ou espécie rasteira.
- b. O sistema intensivo é um jardim elaborado com espécies que variam da forração ao grande porte e a cobertura do solo entre 10 cm e 1,20 m.
- c. O sistema semi-intensivo é a cobertura intermediária na qual a espessura do solo varia de 12 a 25 cm, possibilitando a utilização de forração e arbustos.

Observa-se que o telhado verde em seu processo de construção e após sua implantação apresenta algumas vantagens, com opção inovadora e sustentável, a reutilização de águas pluviais, ou seja, água provinda das chuvas, auxiliando na retenção e fluxo de águas pluviais (BALDESSAR, 2012). As águas pluviais são filtradas pelas camadas do telhado verde e encaminhadas para as calhas com destino aos reservatórios (Figura 3), em que o sistema permite a utilização de reservatórios de água, no solo ou subsolo.

Em regiões de chuva intensa, as áreas naturais podem reter de 15% a 70% do volume das águas pluviais, prevenindo a ocorrência de enchentes. Estudos demonstram que para uma cobertura verde leve de 100 m², cerca de 1.400 L de água pluvial deixam de ser enviados para a rede pública, conforme a forma de captação destas águas. Além de que um telhado coberto de vegetação, as baixas e as altas temperaturas demoram mais para chegar, o que proporciona um ambiente muito mais fresco, melhorando em 30% as condições térmicas no interior da edificação, o que torna desnecessário o uso de sistemas artificiais de climatização (TASSI et al, 2014; ALAMY FILHO et al., 2016; CORRENT; LEHAMANN, 2017).

A captação das águas pluviais em telhados verdes são exemplos de técnicas utilizadas em projetos de drenagem que estão atreladas a uma concepção sustentável. No que se refere ao controle do escoamento superficial, verifica-se que há uma parcela do volume de chuva que precipita nas cidades pode ser retida pelas camadas componentes das coberturas verdes, nas quais ocorrem a retenção superficial nas folhas da vegetação, a evapotranspiração do sistema planta-substrato, e o armazenamento de água nas camadas de substrato e drenagem (Tabela 1). Deste modo, os telhados verdes promovem

a retenção de parcela da água pluvial, reduzindo o escoamento superficial, atrasando a vazão de pico, associada a um evento de chuva, nas galerias de drenagem (TASSI *et al.*, 2014; RANGEL, ARANHA; SILVA, 2015; GARRIDO NETO, 2016; BÄR; TAVARES, 2017).

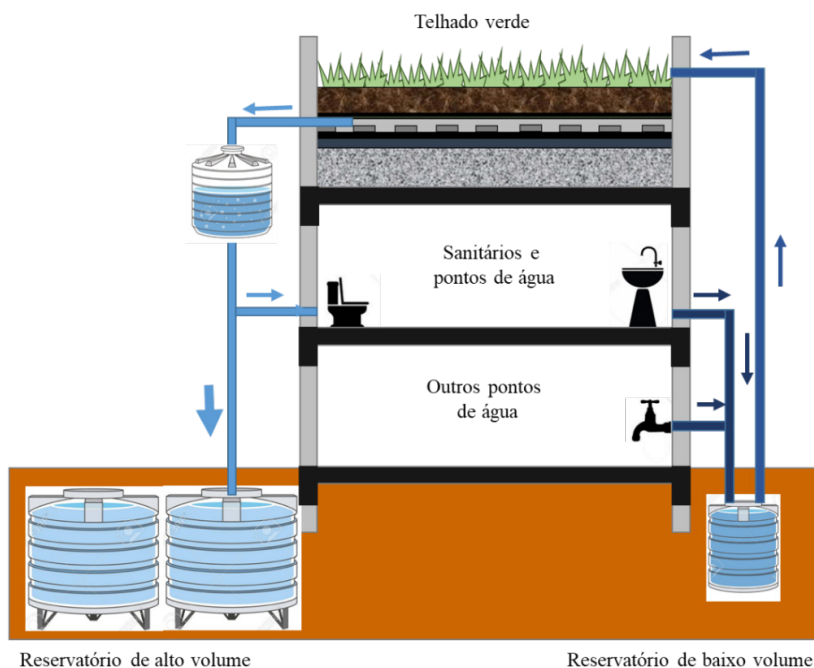


Figura 3 - Esquema da reutilização de águas pluviais.

Fonte: Adaptado de Ecotelhado (2010) e Tassi et al. (2014).

Tipo	Forma de vegetação	Espessura da camada (cm)	Estocagem (%)
Extensivo	Predomínio de musgos e sedums	2 - 4	40
	Predomínio de musgos e sedums	> 4 - 6	45
	Sedums e gramíneas	> 6 - 10	50
	Sedums, gramíneas e herbáceas	> 10 - 15	55
Intensivo	Herbáceas e gramíneas	> 15 - 20	60
	Gramíneas, plantas perenes e pequenos arbustos	> 15 - 20	60
	Gramíneas, plantas perenes e arbustos	> 25 - 50	70
	Gramíneas, plantas perenes, arbustos e árvores	> 50	> 90

Tabela 1 - Estocagem média do volume de água captada anualmente

Fonte: Adaptado do Favier e Johnson (2007).

Tassi et al. (2014) verificaram em seus experimentos com monitoramento das águas pluviais 75% da redução dos volumes escoados, sendo este volume de água armazenado em caixas para uso posterior. Os mesmos autores, também observaram a capacidade de armazenamento média de água no telhado verde implantado corresponde a cerca

de 12 mm m⁻². Mendiondo e Cunha (2004) conseguiram observar a capacidade de armazenamento média de 14 mm m⁻² em um telhado com substrato de 15 cm, instalado e monitorado durante um mês na cidade de São Carlos, SP, no qual o maior volume de chuva observado foi de aproximadamente 35 mm.

Por fim, observou-se que o uso do telhado verde é eficiente no controle do escoamento superficial e sendo uma forma sustentável de captação de água para diversos usos na utilização em centros urbanos, considerando esta coleta de água de baixo impacto ambiental que visa contribuir para a redução do volume das águas pluviais direcionadas para as redes de drenagem (CASTRO; GOLDENFUM, 2010; RANGEL, ARANHA; SILVA, 2015; GARRIDO NETO, 2016).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de telhado verde apresenta-se como uma alternativa sustentabilidade hídrica e captação de água pluvial, em que o destino desta água pode se reutilizada nas mais diversas formas. No Brasil ainda é incipiente o uso de telhados verdes nas edificações, contudo, os incentivos fiscais, principalmente, descontos de IPTU, poderá ser uma atrativo para uso desta técnica, assim aumentando as áreas verdes dos centros urbanos.

Por haver várias possibilidades de telhados verdes, seu planejamento deve ser realizado juntamente ao projeto civil e arquitetônico, prevendo a carga conforme o tipo de cobertura verde a ser utilizada, bem como o projeto de captação de reuso da água pluvial. A captação das águas pluviais é uma forma de economia financeira em médio prazo, e hídrico a curto e longo prazo, pois economizar água é um gesto cidadania e sustentável.

REFERÊNCIAS

ALAMY FILHO, J. E.; MANNA, I. B. B.; MELO, N. A.; CAIXETA, A. C. M. Eficiência hidrológica de telhados verdes para a escala de loteamentos residenciais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 257-272, 2016. DOI: 10.1590/1982-451320160206

ARAÚJO, S. R. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. 2007. 28f. Monografia (Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2007.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão de água pluvial escoada**. 2012. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – UFPR, Curitiba, 2012.

BÄR, B. V.; TAVARES, S. F. Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no Brasil: uma revisão sistemática. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 8, n. 4, p. 257-271, 2017. DOI: 10.20396/parc.v8i4.8650106.

BARBOSA, G. S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, Bela Vista Macaé, v. 1, n. 4, p. 1-11, 2008.

CANOTILHO, J. J. G. O Princípio da sustentabilidade como Princípio estruturante do Direito Constitucional. **Revista de Estudos Politécnicos**, Barcelos, v. 3, n. 13, p 007-018, 2010.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A. Uso de telhados verdes no controle quantitativo do escoamento superficial urbano. **Revista Atitude**, Ipatinga, Ano IV, n. 7, p. 5-81, 2010.

CATUZZO, H. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar o caso da cidade de São Paulo**. 2013. 206f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 2013.

CORRÊA, M. M.; ASHLEY, P. A. Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade, Educação Ambiental e Educação para o Desenvolvimento Sustentável: Reflexões para ensino de graduação. **Revista Eletrônica Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 35, n. 1, p. 92-111, 2018.

CORRENT, L.; LEHMANN, P. Telhado verde: da babilônia aos dias atuais. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 107, n. 1, p. 1-20, 2017.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting green roofs and living walls**. In: Timber Press, Inc. p. 254. Portland, Oregon, USA. 2008.

FARIA, R. T.; ASSIS, A. M.; COLOMBO, R. C. **Paisagismo: Harmonia, Ciência e Arte**. Londrina: Mecenaz, 2018. 141p.

FAVIER, C.; JOHNSON, A. **Guide Pratique pour la Construction et La**. Val de Marina: Renovation Durables de Petits Bâtiments, 2007. 53p.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 668-681, 2017DOI: 10.1590/1679-395157473

GARCIA, D. S. S.; GARCIA, H. S. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e as novas perspectivas do desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas. **Revista da Faculdade de Direito da UFRGS**, Porto Alegre, n. 35, v. esp., p. 192-206, 2016.

GARRIDO NETO, P. S. **Telhados verdes como técnica compensatória em drenagem urbana na cidade do Rio de Janeiro: estudo experimental e avaliação de sua adoção na bacia do Rio Joana a partir do uso de modelagem matemática**. 2016, 344f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Engenharia Civil, COPPE, 2016.

KIST, T. **Direito urbanístico e políticas públicas: estímulos legais e fiscais para a adoção de técnicas sustentáveis na construção civil, quanto à implantação de telhados verdes**. Monografia apresentada ao curso de graduação em Direito, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, RS, 2015. 78p.

LINDSEY, T. Sustainable principles: common values for achieving sustainability. **Journal Cleaner Production**, London, v. 19, n. 5, p. 561-65, 2011.

LIRA FILHO, J. A.; NOGUEIRA, H. **Paisagismo – princípios básicos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016. 166p.

MATIDA, A. Por uma agenda global pós-Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. **Ciência e saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 6, p. 1939-1945, 2016. DOI: 10.1590/1413-81232015216.08092016

MEDIONDO, E. M.; CUNHA, A. P. S R. S. **Experimento Hidrológico Para Aproveitamento de Águas de Chuva Usando Coberturas Verdes Leves**. São Carlos, 2004. USP/SHS – Processo FAPESP 03/06580-7

MENDONÇA, T. N. M. **Telhado verde extensivo em pré-moldado de concreto EVA (acetato etil vanila)**. 2015. 234f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba,

João Pessoa, 2015.

MORELLI, D. D. O. **Desempenho de paredes verdes como estratégia bioclimática**. 2016, 161f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2016.

NIEMEYER, C. A. C. **Paisagismo no planejamento arquitetônico**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 171p.

NOSCHANG, P. G.; SCHELEDER, A. F. P. (In)sustentabilidade Hídrica Global e o Direito Humano à Água. **Sequência**, Florianópolis, v.39, n.79, p.119-138, 2018.DOI: 10.5007/2177-7055.2018v39n79p119

ONU – Organização das Nações Unidas. **Relatório sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**. Nova York: ONU, 2015. 76p.

PARAÍBA. **Lei n.º 10.047, de 09 de julho de 2013**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do “Telhado Verde” nos locais que especifica, e dá outras providências. Disponível em: <http://201.65.213.154:8080/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/10763_texto_integral>.

PETRY, C. **Paisagens e paisagismo: do apreciar ao fazer e usufruir**. Passo Fundo: UPF, 2014. 125p.

RANGEL, A. C. L. C.; ARANHA, K. C.; SILVA, M. C. B. C. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para sustentabilidade. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Porto Alegre, v.35, p.397-409, 2015. DOI: 10.5380/dma.v35i0.39177

RECIFE. **Lei n.º 18.112/2015**. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “telhado verde”, e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Disponível em: <https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2015/03/Lei-telhado-verde-Recife-2015.pdf>.

SANTOS, P. T. S. et al. Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-174, 2013.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 27, n. 1, p.1-22, 2014.

SETTA, B. R. S. Telhados verdes como políticas públicas ambientais para o município de Volta Redonda – RJ. **Revista LABVERDE**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 14-35, 2017.

SOUZA, M. C. S. A.; GHILARDI, H. T. Recursos hídricos, agropecuária e sustentabilidade: desafios para uma visão ecológica do planeta. **Revista Jurídica Curitiba**, Curitiba, v. 2, n. 47, p. 78-98, 2017. DOI: 10.6084/m9.figshare.5183980

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2014.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q.; BEZERRA, S. M. C.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 135-155, 2017. DOI: 10.1590/s1678-86212017000200150

WILLES, J. A.; REICHARDT, K. Tecnologias em telhados verdes extensivos: substratos comerciais regionais mais apropriados ao sistema. **Revista Internacional de Ciências**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 2-12, 2014.

SISTEMA PARA INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO SOLO E SUBSOLO DE CURITIBA EM VIAS URBANIZADAS

Data de aceite: 01/07/2020

Vinicios Hyczy do Nascimento

Engenheiro Civil, Mestre em geologia pela UFPR;
e-mail: vinnascimento@smop.curitiba.pr.gov.br

Ernani Francisco da Rosa Filho

Prof. Dr. do departamento de Geologia da UFPR;
e-mail: ernani@ufpr.br

Luiz Eduardo Mantovani

Prof. Dr. do departamento de Geologia da UFPR;
e-mail: lem@ufpr.br

Eduardo Chemas Hindi

Prof. Dr do departamento de Geologia da UFPR;
e-mail: hindi@ufpr.br

RESUMO: O avanço do crescimento das cidades, por mais ordenado que seja, cria alterações no meio ambiente. Onde antes haviam matas e campos, agora existem casas, edifícios, ruas asfaltadas, galerias de águas pluviais, etc. O processo de impermeabilização do terreno é um dos fatores que alteram significativamente o ciclo hidrológico, pois impede a infiltração das águas no solo e subsolo e incrementa o seu escoamento superficial com o agravante aumento das velocidades de fluxo, causando enchentes, erosões e assoreamentos a jusante. As águas

subterrâneas sofrem sensíveis alterações, pois não são recarregadas e, portanto, não alimentam os rios nas épocas de estiagem, havendo um decréscimo significativo da sua vazão de base. Neste contexto, vê-se a importância do estudo geológico da região em apreço, em especial a Formação Guabirota, a fim de implantar um sistema para infiltração das águas pluviais. O objetivo deste trabalho, portanto, é idealizar um sistema de controle do escoamento das águas pluviais em vias públicas, através da instalação de caixas de captação de águas pluviais dotadas de sistema de contenção e infiltração destas águas na camada não saturada do solo e subsolo da Bacia Sedimentar de Curitiba, de modo a atenuar as alterações provocadas pela impermeabilização do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Impermeabilização, infiltração, Formação Guabirota.

ABSTRACT: The development of the cities, no matter how orderly it is, changes the environment. Where there used to be fields and forests, there are now buildings, paved streets, galleries of pluvial waters, etc. The covering of land with impermeable surfaces is one of the factors that changes the hydrological cycle, because it obstructs the water percolation to the underground and increases the runoff, which

causes floods, erosions and sedimentations. The underground water flow is substantially altered because it is not recharged, therefore, it does not feed the rivers at dry seasons anymore causing a decrease of the river flow. In this context, we see the importance of the geological study of Curitiba region, in order to implement a system which can infiltrate the pluvial waters. The objective of this study so, is to create a system of pluvial water flow control on public streets, through the installation of “gully pots” made up with a contention and infiltration system of these waters at two points with different litologic features, the Guabirota’s Formation and the Atuba Complex, in the insaturated layer of the soil and subsoil of Curitiba’s sedimentary basin.

KEYWORDS: Impermeable surfaces, infiltration, Curitiba's sedimentary basin.

INTRODUÇÃO

O balanço hídrico em bacias urbanas altera-se, com o aumento do volume do escoamento superficial e a redução da recarga natural dos aquíferos e da evapotranspiração. A tendência da redução da recarga dos aquíferos produz o rebaixamento do nível freático e a diminuição das vazões fluviais durante as estiagens. Como existem ligações clandestinas na rede pluvial, a redução do fluxo natural é compensada pelo escoamento do esgoto, o que cria um ambiente de baixa qualidade de água, encontrado na maioria das cidades brasileiras. Em um eficiente sistema de rede de distribuição de água (s/ vazamentos), rede de esgoto e tratamento, sem ligações clandestinas, o sistema urbano teria seus riachos praticamente secos durante as estiagens. Esse processo pode ser revertido com a utilização maior de superfícies permeáveis e áreas de infiltração.

De acordo com Giusti (1989), o Plano Diretor de Curitiba de 1966 desconsiderou completamente o suporte geológico. Foi criado um desequilíbrio sensível nos processos ecológicos do Município, principalmente quanto à proteção do solo e preservação dos mananciais e zonas de recargas dos aquíferos. Surgiram zonas com excessiva impermeabilização devido às edificações que são prejudiciais a aeração, insolação e infiltração das águas pluviais no solo.

Neste trabalho, estudaremos a implantação de um sistema de reservação e infiltração (SRI) das águas pluviais a fim de avaliar seu comportamento no solo da Formação Guabirota e também no solo do Complexo Atuba, dirimir alagamentos, erosões e assoreamentos, assim como permitir a recarga do lençol freático.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA

A Geologia do Município de Curitiba compreende duas situações fundamentais. A primeira, representada pelos terrenos pré-cambrianos, é constituída pelas rochas do Complexo Cristalino e do Grupo Açungui e, a segunda, é constituída pelas formações

cenozóicas do Neogeno, possivelmente datando das séries do Mioceno (23 Ma até 7,2 Ma), pela Formação Guabirotuba e durante as séries do Pleistoceno (1,8 Ma até o presente) pelos depósitos aluvionares. (Salamuni, E.; Ebert, H. D.; Hasui, Y., 2004; Riffel, S. B., 2005).

Segundo Giusti (1989), os depósitos de sedimentos da Formação Guabirotuba, atingem espessuras máximas de até 80 m, na porção central da Bacia de Curitiba. Esses depósitos compreendem seqüências litológicas nas quais predominam os argilitos e areias arcossianas, sendo que em quantidades reduzidas ocorrem sedimentos rudáceos.

A Formação Guabirotuba é caracterizada por rochas sedimentares depositadas durante o preenchimento da Bacia de Curitiba. São argilas de composições bentoníticas a montmoriloníticas, entremeadas por lentes de composição arcossiana a quartzosas, com espessuras variáveis. Os aquíferos da Formação Guabirotuba são exclusivamente ligados às lentes arcossianas ou quartzosas e sua potencialidade para águas subterrâneas é função direta dos menores teores de argilas e das maiores espessuras dessas lentes.

Bigarella e Salamuni (1962) designaram formalmente os sedimentos do Quaternário antigo (1,8 Ma à 10.000 anos atrás) de Formação Guabirotuba, a qual ocorre numa área de cerca de 3.000 km². Os materiais constituintes destes sedimentos foram determinados como argilitos, seguindo-se os arcósios e depósitos rudáceos, além de pequenos horizontes de caliche, anteriormente interpretados como margas. Todas estas litologias foram descritas como materiais inconsolidados ou “quando muito, endurecidos por soluções de carbonato de cálcio”. Para estes autores, a sedimentação é típica de leques aluviais e depósitos fluviais, ou, ainda, possivelmente de *playa*, cujas espessuras não ultrapassam os 60m, apresentando coloração original cinza esverdeada.

Para Bigarella e Salamuni (*op. cit*), os depósitos recentes aluvionares, foram sedimentados por rios meandantes e por extensas inundações nas várzeas. Estes depósitos apresentam características granulométricas variadas, porém os horizontes que podem ser considerados rudáceos são poucos, sendo rara a presença de seixos.

Lopes (1966) salientou as vastas planícies aluvionares, principalmente ao longo das drenagens secundárias, afluentes do rio Iguaçu, tais como os rios, Verde, Passaúna, Barigui e Belém. Este autor descreveu estes sedimentos como essencialmente arenosos, havendo camadas de argilas, com elevado teor orgânico e apresentando em geral estratificação plana e, de forma localizada, estratificações cruzadas.

OBJETIVO

Idealizar um sistema de controle do escoamento das águas pluviais em vias públicas, através da instalação de caixas de captação de águas pluviais dotadas de sistema de contenção e infiltração destas águas na camada não saturada do solo e subsolo

da Bacia Sedimentar de Curitiba, de modo a atenuar as alterações provocadas pela impermeabilização do solo.

LOCALIZAÇÃO

O local “campo de provas” onde foi realizado o ensaio de permeabilidade e posterior implementação do protótipo do SRI para verificação da capacidade de infiltração das águas pluviais no solo da Formação Guabirotuba, está localizado no *campus III* da Universidade Federal do Paraná (UFPR) (figura 1).

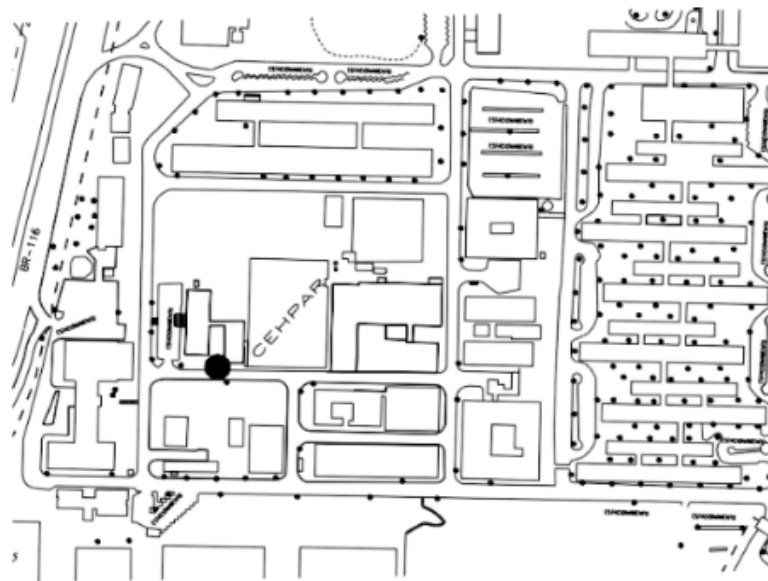


Figura 1 - Mapa de localização do experimento

Fonte: Prefeitura da Cidade Universitária

MATERIAIS E MÉTODOS

Trabalhos de campo

Os primeiros trabalhos de campo foram realizados para a determinação da capacidade de absorção da água pelo solo na região de Curitiba. Para tal, foi utilizado o método do ensaio de infiltração citado na NBR 7229/1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Foram executadas três “covas cilíndricas” com diâmetro de 0,15m, com espaçamento de aproximadamente 5 m entre si, sendo extraídas de cada uma delas materiais em profundidades de 0,5 m, 1,0m e 1,5m (figura 2).



Figura 2 - Aspecto das covas cilíndricas utilizadas no experimento. Realizada em 05/2006

Cada uma das covas cilíndricas foi preenchida com água, tendo sido mantidas com igual nível durante 4 horas. Na Cova cilíndrica número 1, o nível da água baixava muito lentamente, enquanto nas covas cilíndricas de números 2 e 3, os níveis da água rebaixaram logo após o enchimento, sendo que a sua estabilização, de forma lenta, ocorreu nos últimos instantes das 4 horas de observações.

Na seqüência dos ensaios, as covas cilíndricas foram novamente preenchidas com água para uma observação com duração de 24 horas, sem que houvesse a ocorrência de chuvas. O nível da água na cova cilíndrica 1 teve, após este tempo, um pequeno rebaixo, indicando portanto, tratar-se de um solo de muito baixa permeabilidade. Com relação às covas cilíndricas 2 e 3, observou-se visualmente que houve um rebaixamento mais acentuado da água em seu interior.

Na seqüência, as covas cilíndricas 1, 2 e 3 foram novamente preenchidas com 76 cm de altura de água, medindo-se um tempo de 22 min, 5 min e 1 s e 2 min e 7 s para que ocorresse um rebaixamento de 5,1 cm, respectivamente.

Tendo em conta os tempos determinados e aplicando-os ao gráfico do método citado na NBR 7229, obtiveram-se os seguintes coeficientes de permeabilidade (K):

Cova cilíndrica 1 = 21 L/m²/dia ou $2,43 \times 10^{-5}$ cm/s ;

Cova cilíndrica 2 = 64 L/m²/dia ou $7,41 \times 10^{-5}$ cm/s;

Cova cilíndrica 3 = 89 L/m²/dia ou $1,03 \times 10^{-4}$ cm/s.

Como a referida norma exige a adoção do menor valor para o coeficiente de permeabilidade (K), adotou-se o seguinte valor: 21 L/m²/dia ou $2,43 \times 10^{-5}$ cm/s.

TRABALHOS DE LABORATÓRIO

Os trabalhos de laboratório se restringiram a análises granulométricas por peneiramento e sedimentação (NBR-7181/84), as quais foram realizadas no LAME (Laboratório de Materiais e Estruturas) da UFPR. Os resultados são apresentados a seguir.

Cova cilíndrica 1: 0,5 m de profundidade = Argila Arenosa

1,0 m de profundidade = Argila Siltosa

1,5 m de profundidade = Argila Arenosa

Cova cilíndrica 2: 0,5 m de profundidade = Argila Arenosa

1,0 m de profundidade = Argila Arenosa

1,5 m de profundidade = Argila Arenosa;

Cova cilíndrica 3: 0,5 m de profundidade = Argila Arenosa

1,0 m de profundidade = Argila Arenosa

1,5 m de profundidade = Silte Argiloso

Esses resultados tornam evidente que a capacidade de infiltração é maior na cova cilíndrica 3 em relação à cova cilíndrica 2, sendo que nesta, a capacidade de infiltração é maior do que na cova cilíndrica 1.

Para efeito de comparação com os resultados obtidos neste “campo de prova”, foram feitas coletas de mais dois tipos de solos, sendo nesses casos materiais de alteração das rochas pelíticas da Formação Guabirotuba. Nesse experimento, foi implantado um sistema de reservação com infiltração das águas pluviais, aqui denominados de A e B.

Solo A: 3,0 m de profundidade = Argila Siltosa;

Solo B: 3,0 m de profundidade = Areia Argilosa.

O solo A é solo da Formação Guabirotuba e é proveniente do mesmo local das covas cilíndricas 1, 2 e 3, sendo que o solo B foi retirado do fundo do sistema implantado na rua Presidente Wilson, no bairro do Uberaba em Curitiba; neste caso, trata-se de material extraído de um aterro pois contém pedaços de tijolos. A composição do material analisado é apresentada nas tabelas 2 e 3.

MATERIAL	DIAMETRO (mm)	% PASSA	%
ARGILA	0,002	38,2	38,2
SILTE	0,060	73,2	35,0
AREIA	2,000	82,1	8,9
PEDREGULHO	4,800	99,5	17,4
PEDRA	60,000	100,0	0,5

Tabela 2 - Composição do solo A (material argiloso e siltoso)

MATERIAL	DIAMETRO(mm)	% PASSA	%
ARGILA	0,002	22,4	22,4
SILTE	0,060	42,5	20,1
AREIA	2,000	92,0	49,5
PEDREGULHO	4,800	96,1	4,1
PEDRA	60,000	100,0	3,9

Tabela 3 - Composição do solo B (material areno-argiloso).

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO E INFILTRAÇÃO

Para o dimensionamento do sistema de reservação e infiltração (SRI) levou-se em consideração o fato de que ele vai compor um sistema de micro-drenagem e ele deve ser o menor possível para que se torne viável do ponto de vista econômico, e grande o suficiente para armazenar e infiltrar uma boa parcela de água. Após uma análise disto juntamente com os dados de chuvas da Tabela 1, chegou-se numa conclusão de que o SRI deveria ter uma capacidade de armazenamento para uma chuva de 20 mm, pois este é um valor que pode ser considerado como limite para um possível alagamento. Portanto numa chuva de 40 mm, a metade ficará retida no SRI e irá se infiltrar no solo e a outra metade escoará pela galeria de águas pluviais. A área de contribuição corresponde à área da rua que contribuirá para uma caixa de captação de águas pluviais.

A Prefeitura Municipal de Curitiba tem adotado uma caixa de captação para cada 30 m, uma em cada lado da rua, considerando 7 m de largura; esta contribuição é de $30 \times 3,5 = 105 \text{ m}^2$.

Para a chuva de 20 mm, o volume de contenção e infiltração será:

$$V = 105 \times 0,02 = 2,1 \text{ m}^3 \quad (1)$$

A implantação desse experimento foi feita através da instalação de duas tubulações de concreto com 1,2 m de diâmetro, com o fundo preenchido com 30 cm de brita para evitar a erosão, possibilitando o armazenamento de $2,26 \text{ m}^3$ (ver figuras 3 e 4).



Figura 3 - Protótipo implantado no Centro Politécnico. Realizada em 01/2007



Figura 4 - Protótipo implantado na rua Pres. Wilson. Realizada em 08/2006

RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

O protótipo implantado no Centro Politécnico da UFPR (figura 3) secciona um solo mais argiloso e, por esta razão, apresenta uma capacidade menor de infiltração da água, enquanto o protótipo instalado à Rua Presidente Wilson, no bairro Uberaba (figura 4), o solo apresenta característica mais arenosa e, portanto, com maior capacidade de infiltração da água. O comportamento dos rebaixamentos da água nos dois experimentos está demonstrado nas Tabelas 5 e 6. Os reservatórios foram cheios com água no dia anterior ao início do monitoramento (entende-se por N.A. máx, o nível máximo de reservação de água dentro do SRI a partir do qual, a água extravasa e escoar pela galeria de águas pluviais). O rebaixo do N.A. significa a ocorrência da infiltração da água no solo e a elevação do N.A., significa que ocorreram chuvas entre uma medição e a outra, por exemplo, houveram chuvas entre as medições do dia 15 e 16/3/2007, idem entre os dias

23 e 26/3/2007, entre os dias 30/3 e 02/4/2007 e entre os dias 03 e 04/4/2007, conf. Tabelas 5 e 6).

DATA	HORA	NÍVEL DA ÁGUA
13/3/2007	16:00	30 cm abaixo do N.A. máx.
14/3/2007	10:30	40 cm abaixo do N.A. máx.
15/3/2007	14:00	44 cm abaixo do N.A. máx.
16/3/2007	16:30	31 cm abaixo do N.A. máx.
17/3/2007	11:00	41 cm abaixo do N.A. máx.
19/3/2007	11:30	47 cm abaixo do N.A. máx.
20/3/2007	10:40	55 cm abaixo do N.A. máx.
21/3/2007	16:30	59 cm abaixo do N.A. máx.
22/3/2007	10:30	59 cm abaixo do N.A. máx.
23/3/2007	11:15	59 cm abaixo do N.A. máx.
26/3/2007	14:50	38 cm abaixo do N.A. máx.
27/3/2007	11:30	49 cm abaixo do N.A. máx.
28/3/2007	16:45	52 cm abaixo do N.A. máx.
29/3/2007	15:45	54 cm abaixo do N.A. máx.
30/3/2007	10:40	56 cm abaixo do N.A. máx.
02/4/2007	15:15	51 cm abaixo do N.A. máx.
03/4/2007	11:30	56 cm abaixo do N.A. máx.
04/4/2007	14:45	41 cm abaixo do N.A. máx.
05/4/2007	08:45	48 cm abaixo do N.A. máx.
09/4/2007	08:50	62 cm abaixo do N.A. máx.
10/4/2007	10:45	60 cm abaixo do N.A. máx.
11/4/2007	09:00	61 cm abaixo do N.A. máx.
12/4/2007	09:10	61 cm abaixo do N.A. máx.
13/4/2007	10:00	64cm abaixo do N.A. máx.

Tabela 5 - Solo A: Argila Siltosa da Formação Guabirota. Realizado em março/abril/2007

LOCAL: CENTRO POLITÉCNICO

DATA	HORA	NÍVEL DA ÁGUA
15/3/2007	14:50	Seco
16/3/2007	16:40	155 cm abaixo do N.A. máx.
17/3/2007	11:40	Seco
19/3/2007	11:20	Seco
20/3/2007	10:30	Seco
21/3/2007	16:20	Seco
22/3/2007	10:20	Seco
23/3/2007	11:00	Seco
26/3/2007	16:30	Seco
27/3/2007	11:15	Seco
28/3/2007	16:30	Seco
29/3/2007	15:30	Seco
30/3/2007	10:55	Seco
02/4/2007	15:30	Seco
03/4/2007	16:45	Seco
04/4/2007	16:10	Seco
05/4/2007	11:20	Seco
09/4/2007	09:05	Seco
10/4/2007	11:00	Seco
11/4/2007	09:15	Seco
12/4/2007	09:25	Seco
13/4/2007	10:15	Seco

Tabela 6 - Solo B: Areia Siltosa. Realizado em março/abril/2007

LOCAL: RUA PRES. WILSON

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com os dados pluviométricos obtidos junto ao SIMEPAR, referentes ao mês de janeiro (historicamente o mais chuvoso do ano em Curitiba), entre 1999 e 2006 foram registrados 12 eventos com pluviosidade acima de 20 mm/dia. Desses 12 eventos que ocorreram nos últimos sete anos, 5 deles podem ser considerados críticos por conta de um índice acima de 40 mm/dia, sendo que outros 7 eventos apresentam índices entre 20 e 40 mm/dia (tabela 1).

Após a implantação do sistema de reservação e infiltração (SRI) das águas pluviais, apenas 2 eventos continuariam sendo críticos (acima de 40 mm/dia) e 3 eventos com possibilidades de ocorrência de alagamentos (entre 20 e 40 mm/dia). Os demais eventos apresentam valores menores do que 20 mm/dia, considerados neste trabalho como pouco significativos a ponto de causar enchentes na cidade.

Data	Horário da ocorrência	Precipitação (mm)	Total da precipitação diária (mm)	SRI (*) (reserv. e infiltração) (mm)	Segue pela Galeria pluvial (mm)
1999					
01/jan	16:00	27,4	27,4	20,0	7,4
16/jan	19:00	29,8			
16/jan	20:00	23,6			
16/jan	21:00	7,4	60,8	20,0	40,8
26/jan	17:00	6,8			
26/jan	18:00	29,8	36,6	20,0	16,6
2000					
18/jan	17:00	6,4			
18/jan	18:00	24,8	31,2	20,0	11,2
31/jan	09:00	9,6			
31/jan	12:00	5,4			
31/jan	14:00	11,0			
31/jan	15:00	30,2			
31/jan	16:00	7,8	64,0	20,0	44,0
2001					
23/jan	18:00	35,2			
23/jan	19:00	16,4	51,6	20,0	31,6
2002					
12/jan	15:00	8,8			
12/jan	17:00	6,4			
12/jan	18:00	15,0			
12/jan	19:00	11,0	41,2	20,0	21,2
30/jan	17:00	44,2	44,2	20,0	24,2
2004					
24/jan	15:00	7,0			
24/jan	16:00	10,6			
24/jan	18:00	5,4	23	20,0	3,0
29/jan	20:00	24,2	24,2	20,0	4,2
2005					
10/jan	18:00	27,8	27,8	20,0	7,8
2006					

19/jan	16:00	5,0			
19/jan	22:00	16,4	21,4	20,0	1,4

Tabela 1 - Índice diário de chuvas >20mm no mês de janeiro (1999-2006) na cidade de Curitiba-PR

Os cálculos sobre o tempo de infiltração do SRI nos solos cujos coeficientes de permeabilidade são da ordem de 21 L/m²/dia (2,43x10⁻⁵ cm/s), demonstram que a infiltração ocorre num tempo de 12 dias. Portanto, este sistema, da maneira como está projetado, com duas tubulações com 1,20 m de diâmetro, preenchidas no fundo com brita, se implantado em solo com baixa permeabilidade, pode não ser suficiente para evitar enchentes, pois para isso é necessário que haja a infiltração da água reservada no SRI em aproximadamente 24 horas, assim o sistema estaria vazio e preparado para a próxima chuva. Para acelerar este processo de infiltração, seguimos o exemplo da lavadeira que estende a roupa no varal para secar, aumentando sua área de contato com o ar. Podemos fazer isto entre o SRI e o solo, aumentando sua área de contato e acelerando o processo de infiltração. Uma alternativa é o sistema ser constituído como uma vala de infiltração. (Tabela 7).

SRI	Diâm. (m)	Extensão (m)	Nº de linhas	A _{total} (m ²)	K (L/m ² .dia)	V _{total} (m ³)	T (dias)
1	1,20	2	1	8,670	21	2,26	12,4
2	1,20	2	1	8,670	64	2,26	4,07
3	sem tubos	24	1	48,00	21	3	3,0
4	sem tubos	24	1	48,00	64	3	1,0

Tabela 7 - Tempo de infiltração

O tempo de infiltração:

$$T = V_{total} / (k / 1000 \times A_{total}) \quad (2)$$

Onde:

T = tempo de infiltração em dias;

V_{total} = volume total que pode ser armazenado no sistema em m³;

K = coeficiente de infiltração ou de permeabilidade em L/m².dia;

A_{total} = área total do sistema em contato com o solo em m².

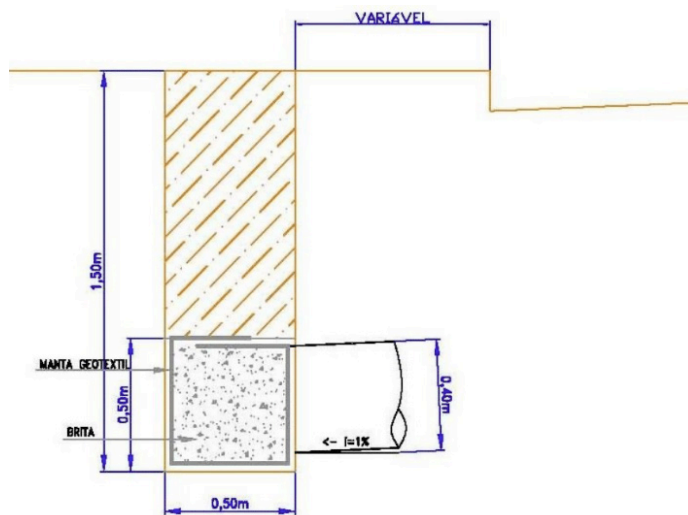


Figura 5 – Detalhe do SRI – tipo vala de infiltração (em Corte)

CONCLUSÕES

A implantação deste tipo de sistema em locais estratégicos da cidade pode proporcionar a recarga do sistema freático, sob o ponto de vista pontual, compensando a impermeabilização causada pelo pavimento. Uma das respostas seria proporcionar o restabelecimento da descarga de base dos rios nas épocas de estiagem, bem como reduzir os alagamentos, os processos erosivos que entre outras conseqüências ocasionam os assoreamentos a jusante, tão freqüentes nas bacias hidrográficas urbanizadas.

REFERÊNCIAS

- BIGARELLA, J. J. E SALAMUNI, R. (1962) “*Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba*”. Boletim da UFPR – Geologia nº 7, p. 1-159.
- GIUSTI, D.A. (1989) – *A capital ecológica está com o lençol freático contaminado*. JORNAL DO ESTADO, Curitiba, 12/07/1989. Palavras-chave: Geologia de Curitiba; Geologia Urbana; Geologia Ambiental; Hidrogeologia.
- LOPES, J. A.U. - (1966) – *Nota explicativa da folha geológica de Curitiba*. Boletim UFPR, Geologia. Curitiba, n.20.
- NBR 7181/84 - *Ensaio de granulometria por peneiramento e sedimentação*. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7229/93 – *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- RIFFEL, S. B. - *Curva hipsométrica no mapeamento de paleosuperfícies: abordagem quantitativa*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, dissertação de mestrado, 2005, 76p.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUL, Y. *Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba*. Revista Brasileira de Geociências, Volume 34, 2004, p.469-478.

NECESSIDADE DE ESTUDOS DE REDIMENSIONAMENTO DIANTE DE INUNDAÇÕES URBANAS: UM ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ/SP

Data de aceite: 01/07/2020

José Roberto Rasi

Universidade Federal de São Carlos – Mestrado em Estruturas e Construção Civil – São Carlos – SP

Roberto Bernardo

Universidade Federal de São Carlos – Doutorado em Engenharia de Produção – São Carlos – SP

Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Coordenadora do curso de Administração – Doutorado em Ciências

Valentim Cesar Bigeschi

Faculdades Faccat de Tupã - Coordenador do curso de Arquitetura – Arquiteto e Urbanista - Especialista em Engenharia de Avaliação de Bens e Perícias

RESUMO: O crescimento acelerado da população resulta inevitavelmente no aumento da ocupação das áreas periféricas aos centros urbanos aumentando o nível de impermeabilização do solo e como consequência grande parcelas de chuvas passam a escoar sobre o solo, provocando enchentes, com grandes danos materiais. O objetivo central deste artigo é verificar os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica

e seus impactos. Especificamente, buscou-se checar se o projeto original da ponte sobre o Córrego Afonso XIII, estava corretamente dimensionado para atender a nova demanda de vazão criada com a maior impermeabilização do solo e ao aumento da população urbana de Tupã e determinar a vazão de pico. Para tanto, foi realizado um estudo de caso, englobando os problemas existentes na passagem sobre o córrego em estudo, levando em consideração o evento de inundação ocorrido em abril de 2013, e as soluções estruturais adotadas para sanar esse problema de enchente. Identificou-se um subdimensionamento importante na vazão da ponte analisada e, portanto, recomenda-se que sejam realizados estudos em outras áreas do município para prevenção de futuras inundações.

PALAVRAS-CHAVE: Enchente urbana. Aspectos hidrológicos. Soluções estruturais.

ABSTRACT: The accelerated growth of the population inevitably results in an increase in the occupation of areas peripheral to urban centers, increasing the level of waterproofing of the soil and, as a consequence, large amounts of rain start to drain over the soil, causing floods, with great material damage. The main objective of this article is to verify the effects of urbanization

on a hydrographic basin and its impacts. Specifically, it was sought to check if the original design of the bridge over the Afonso XIII stream was correctly sized to meet the new demand for flow created with the greater waterproofing of the soil and the increase in the urban population of Tupã and to determine the peak flow. To this end, a case study was carried out, encompassing the problems existing in the passage over the stream under study, taking into account the flood event that occurred in April 2013, and the structural solutions adopted to remedy this flood problem. An important undersize was identified in the flow of the analyzed bridge and, therefore, it is recommended that studies be carried out in other areas of the municipality to prevent future flooding.

KEY WORDS: Urban floods. Hydrological aspects. Structural solutions.

1 | INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial, a população mundial cresceu num ritmo nunca antes alcançado. A população mundial, que era de ‘Um Bilhão’ de habitantes em 1804, duplica em 1927 e atinge ‘Dois e meio Bilhões’ em 1950. A partir dessa data o crescimento acelera, chegando a quatro bilhões em 1975 e ultrapassa os seis bilhões de habitantes na passagem para o século XXI. Em 2020 está com sete bilhões e oitocentos milhões de habitantes.

O Brasil vem apresentando ao longo das últimas décadas, um significativo crescimento da sua população urbana, com uma taxa que tem atingido por volta de 80%, muito próximo da sua saturação. Após a década de 1960, houve uma urbanização acelerada, gerando uma população urbana com infraestrutura precária, em especial, na década de 1989, quando foram reduzidos de forma significativa os investimentos na área. Os efeitos desse processo recaíram sobre todo o aparelhamento urbano com reflexos sobre os recursos hídricos tais como: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgoto e drenagem pluviais. As enchentes urbanas têm sido cada vez mais constantes, trazendo impactos negativos importantes sobre a sociedade (TUCCI, 2005).

Essas enchentes são resultado, entre outras coisas, do aumento da ocupação dos centros urbanos devido ao rápido crescimento da população e que traz como consequência, um importante crescimento do nível de impermeabilização, prejudicando sua capacidade de infiltração de água no solo. Durante os períodos de chuvas intensas, como resultado da impermeabilização do solo, parte da água que antes se infiltrava, agora passa a escoar superficialmente no solo (*runoff*), seguem os declives topográficos, concentram-se preferencialmente nos fundos de vales e atingem, de maneira mais rápida, os canais naturais e artificiais. (ALAMY FILHO *et al.*, 2017).

O aquecimento global tem alterado significativamente o clima, como consequência, tem ocorrido chuvas intensas, com grande volume de precipitação e num período curto de tempo em todo o planeta. As instalações de controle de inundação e drenagem urbana,

se tornaram subdimensionadas para o incremento de vazões exigidas atualmente, acarretando inundações em muitas cidades com grandes perdas econômicas e de vidas humanas (ZHU *et al.*, 2016). Muitas obras civis, como passagens e pontes sobre córregos e rios, que tinham dimensões suficientes no passado, para as vazões de determinadas bacias e/ou sub bacias, após a expansão das cidades tornaram-se insuficientes. Para realizar dimensionamento de obras de infraestrutura em engenharia, faz-se necessário estudos das fases do ciclo hidrológico, em especial, estudos sobre escoamento superficial. Quantificar esse escoamento é tarefa complexa e depende de outros fatores como: estudos topográficos da região; tipo e cobertura do solo e distribuição e intensidade das chuvas como sendo os principais (SARTORI *et al.*, 2005).

Como consequência da crescente ocupação dos centros urbanos, e da maior impermeabilização das cidades, frequentemente têm ocorrido casos como a da enchente na cidade de Tupã - SP, que ocasionou inundações de uma ponte urbana, que destruiu a pavimentação asfáltica, provocou desmoronamento de postes de alta tensão, desmoronamento parcial de muros, erosão no canal, destruição de rede de galeria de águas pluviais, destruição de rede e caixas de distribuição de telefonia e rompimento de rede coletora de esgoto (Figura 1).



Figura 1: Danos causado na Rua Aimorés esquina com a Rua Miguel Gantus.

Fonte: TERRA (2013)

Para melhor compreender alternativas que estão sendo utilizadas no sentido de mitigar os efeitos nocivos causados pela crescente ocupação dos centros urbanos, e da maior impermeabilização das cidades, este artigo realizou um estudo hidrológico para determinação de vazão de dimensionamento de uma nova ponte sobre o córrego Afonso XIII, na Rua Miguel Gantus em Tupã área de enchente na cidade de Tupã – SP.

2 | OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste artigo é verificar os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica e seus impactos.

2.2 Objetivos Específicos

- Checar se o projeto original da ponte sobre o Córrego Afonso XIII, estava corretamente dimensionado para atender a nova demanda de vazão criada com a maior impermeabilização do solo e ao aumento da população urbana de Tupã.
- Elaborar um estudo hidrológico do trecho do braço esquerdo do Córrego Afonso XIII, junto à nova ponte a Rua Miguel Gantus, para a determinação da vazão de pico.

3 | METODOLOGIA DE PESQUISA E DE ANÁLISE

Esta seção apresenta uma descrição breve dos procedimentos metodológicos para cumprir os objetivos deste trabalho.

- Inicialmente, foi realizado uma revisão bibliográfica sobre os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica, seus impactos, os riscos ambientais, as medidas de controle de enchentes e os estudos das vazões de enchentes;
- Posteriormente, foram feitos levantamentos de campo, com propósito de avaliar a situação antes das medidas de controle de enchentes, determinação de vazão de pico, e análises dos efeitos da inundação.
- Finalmente, foi apresentar um estudo de caso, englobando os problemas existentes na passagem sobre o córrego em estudo, levando em consideração o evento de inundação ocorrido em abril de 2013, e as soluções estruturais adotadas para sanar esse problema de enchente.

3.1 Local de estudo

A área de estudo está localizada a Centro-Oeste do Estado de São Paulo (Figura 2). O município de Tupã faz divisa com os Municípios de Arco-Íris, Herculândia, Quintana, Quatá, Bastos, João Ramalho e Iacri, localizado na latitude 21° 56' 05" S "e longitude 50° 30' 49" O.

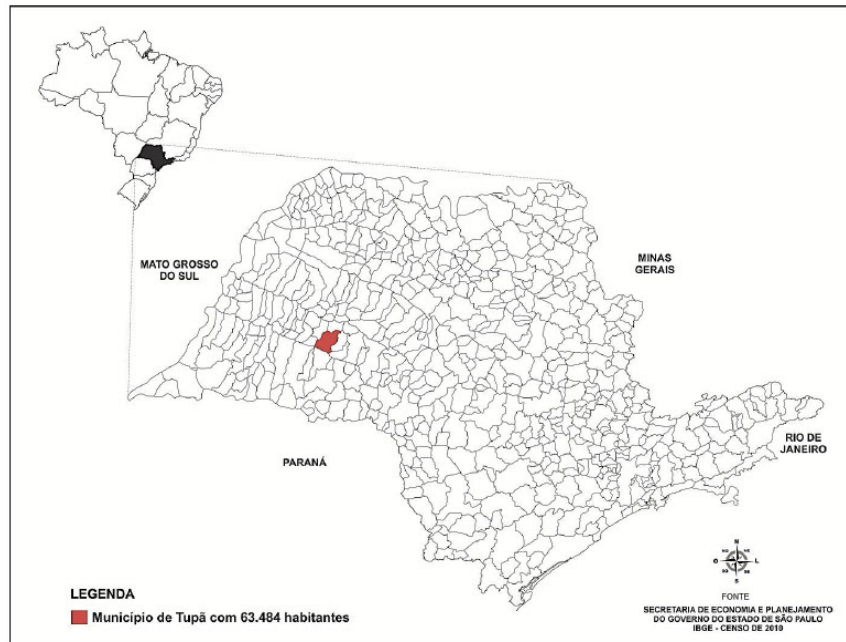


Figura 2: Localização do município de Tupã / SP

Fonte: Benini (2015)

Segundo Benini (2015), a cidade de Tupã foi projetada inicialmente como a maioria das cidades do Estado de São Paulo, tendo o traçado urbano original orientado por uma morfologia, em que pode ser identificada por sua disposição quadrática.

As nascentes do córrego Afonso XIII estão situadas na região central do município de Tupã. O córrego Afonso XIII é formado pelos braços esquerdo e direito, em forma de “Y”, seguindo em direção norte, com extensão total de aproximadamente 17,5 km. Benini (2015), relata também que o braço esquerdo e o direito nascem em região densamente urbanizada e seguem no sentido Norte do município até a confluência próximo à Rua Timborés, a partir daí o ribeirão Afonso XIII segue por região menos urbanizada, em direção ao norte até descarregar na margem esquerda do rio Jacri.

De acordo com levantamento topográfico da região, a área de contribuição das águas pluviais que escoam sobre a travessia da Rua Miguel Gantus (ponto nº 7) é formado por parte da bacia hidrográfica do tramo esquerdo do Córrego Afonso III, com extensão de 4,17 km². A área pode ser considerada totalmente urbanizada, conforme mostra a Figura 3.

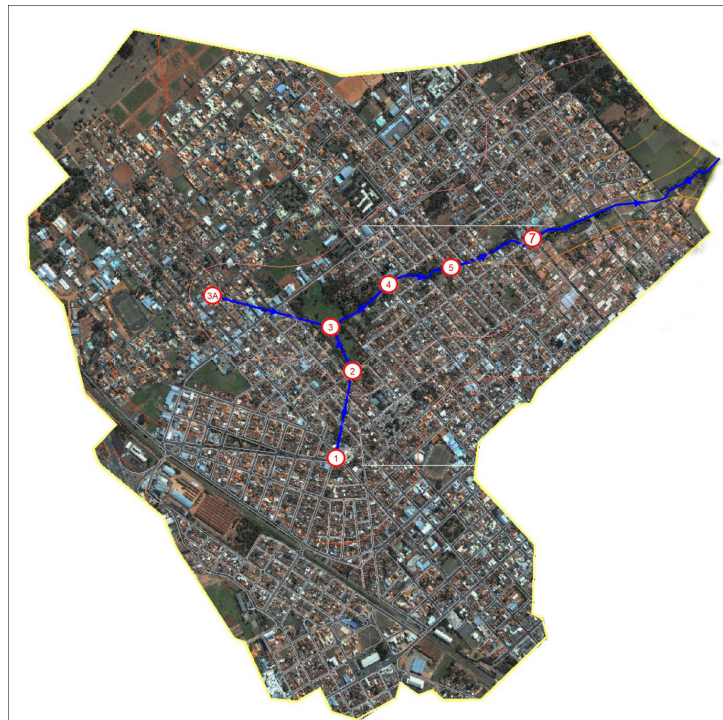


Figura 3: Foto da bacia do córrego Afonso XIII, braço esquerdo

Fonte: FCTH/USP (2008)

3.2 Climatologia

De acordo com Sant'Anna Neto (1995), a região onde se localiza o município de Tupã, é caracterizada por clima tropical quente e úmido, com chuvas de verão e com 1 a 2 meses de estação seca. Toda esta região situa-se em zona de transição climática, onde a circulação atmosférica é controlada pela dinâmica das massas tropicais, setentrionais e meridionais.

A principal responsável pela produção da maior quantidade de precipitações na região é a frente polar Atlântica. As massas tropicais setentrionais, responsáveis por instabilidades, são correntes oriundas da Amazônia e provocam chuvas intensas, de curta duração, com alta capacidade erosiva. A intensidade das precipitações chega a atingir mais de 1,6 mm/minuto durante períodos de 15 minutos.

3.2.1 Dados Hidro meteorológicos

Para a região que abrange a área do presente estudo hidrológico estão disponíveis dados de pluviometria para quatro postos. O município mais próximo a Tupã que possui dados hidro meteorológicos é Jacri, sendo dois postos pluviométricos e um posto fluviográfico.

A figura 4, apresenta a localização dos postos hidro meteorológicos existentes na região objeto do estudo hidrológico.

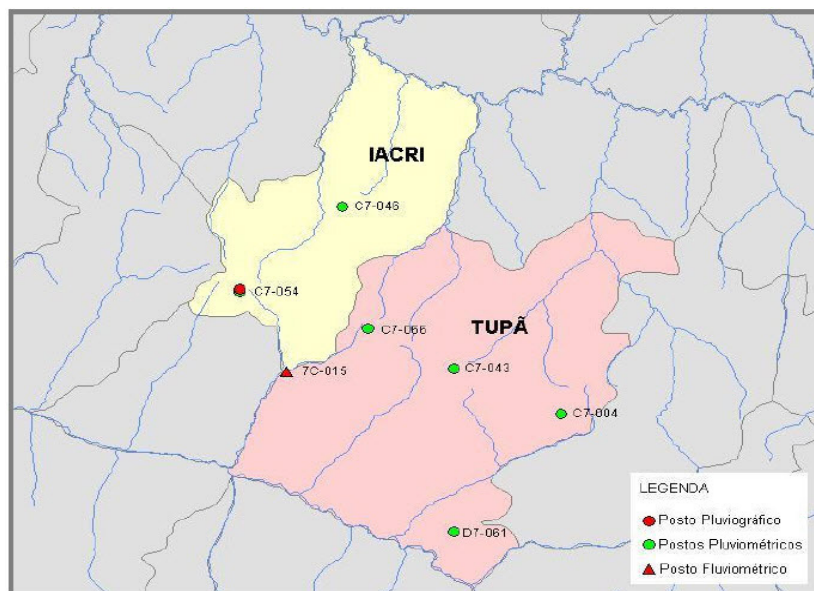


Figura 4: Postos hidro meteorológicos na região de Tupã.

Fonte: INMET (2020)

O Quadro 1, apresentam os postos pluviométricos a serem considerados neste trabalho.

Prefixo do Posto	Nome	Município	Bacia	Altitude (m)	Localização	
					latitude	longitude
C7 - 046	Extremadura	Iacri	Jurema	440	21°48'	50°37'
C7 - 054	Iacri	Iacri	Peixe	510	21°52'	50°42'
C7 - 064	Faz. Bom	Luisiania	Aguapeí	420	21°42'	50°18'
C7 - 077	Novo Cravinhos	Pompéia	Caingangue	460	21°59'	50°06'
D7 - 003	Pompéia	Pompéia	Futuro	580	22°07'	50°12'
D7 - 029	Paulópolis	Pompéia	Peixe	580	22°06'	50°15'
D7 - 034	Pompéia (Acco)	Pompéia	Caingangue	580	22°06'	50°11'
D7 - 037	Pompéia (Sanbra)	Pompéia	Caingangue	440	22°06'	50°11'
D7 - 059	Vila Audenia	Pompéia	Peixe	420	22°13'	50°14'
C7 - 074	Queiros	Queiros	Caingangue	430	21°48'	50°14'
C7 - 004	Bairro Sabiá	Herculândia	Pitangueiras	480	21°58'	50°27'
C7 - 043	Tupã	Tupã	Peixe	510	21°56'	50°32'
C7 - 066	Universo	Tupã	Copaiba	510	21°54'	50°36'
D7 - 061	Varpa	Tupã	Peixe	430	22°04'	50°32'
CAT	CAT	Tupã	Corr. Afonso XIII B. Direito	511	21°56'	50°30'
CAMAP	CAMAP	Tupã	Peixe	512	21°57'	50°29'

Quadro 1: Postos pluviométricos na região de Tupã.

Fonte: INMET (2020)

3.2.2 Equação Intensidade - Duração – Frequência

O município de Tupã não possui equação de chuvas intensas, porém o convênio DAEE-USP publicou em junho de 1999 uma síntese dos estudos que contemplaram a análise das precipitações intensas para trinta localidades do Estado de São Paulo. Dentro

as localidades estudadas, Tupã está inserida na área de influência do município de Iacri, um dos seus municípios limítrofes.

A região é hidrologicamente homogênea e não apresenta influência orográfica, ou seja, não há alterações altimétricas significativas, em relação ao regime pluviométrico. Deste modo, optou-se por adotar a Equação I-D-F de Iacri (DAEE-USP, 1999) neste estudo hidrológico do braço esquerdo do córrego Afonso XIII.

A Equação I-D-F desenvolvida para o posto pluviométrico da Cidade de IACRI:

- Nome da estação: Iacri - C7 - 054;
- Município: Iacri;
- Altitude: 510m;
- Coordenadas geográficas: Lat. 21° 52'S - Long. 50° 42'W;
- Período de dados utilizados: 1990-91; 1993-98.

Esta equação (Expressão 1) foi publicada em 1999 e possui o seguinte formato, para $10 \leq t \leq 1440$:

$$i, T = 33,3984(t+20)^{-0,8486} + 2,2482(t+5)^{-0,6276} \cdot [-0,5009 - 1,03 \ln \ln(T/T-1)], \quad (1)$$

onde:

i: é a intensidade da chuva, correspondente à duração de tempo t e o período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos; e

T: período de retorno em anos.

A Tabela 1 mostra as previsões de máximas alturas de chuvas de Iacri.

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	108,8	137,7	156,8	167,6	175,2	181,0	199,0	216,8	234,5
20	85,4	106,4	120,3	128,1	133,6	137,8	150,8	163,8	176,6
30	70,7	87,7	98,9	105,3	109,7	113,1	123,7	134,1	144,6
60	47,4	59,0	66,6	70,9	73,9	76,2	83,4	90,5	97,5
120	29,5	37,1	42,2	45,0	47,0	48,5	53,3	58,0	62,7
180	21,7	27,7	31,7	33,9	35,5	36,7	40,4	44,0	47,7
360	12,6	16,5	19,0	20,5	21,5	22,3	24,7	27,1	29,5
720	7,1	9,6	11,3	12,3	12,9	13,4	15,0	16,6	18,1
1080	5,1	7,0	8,3	9,1	9,6	10,0	11,2	12,4	13,6
1440	4,0	5,6	6,7	7,3	7,7	8,1	9,1	10,1	11,1

Tabela 1: Previsão de máximas intensidade de chuva em mm para Iacri

Fonte: DAEE-USP (1999)

A Figura 5 ilustra a curva I - D - F em função da chuva.

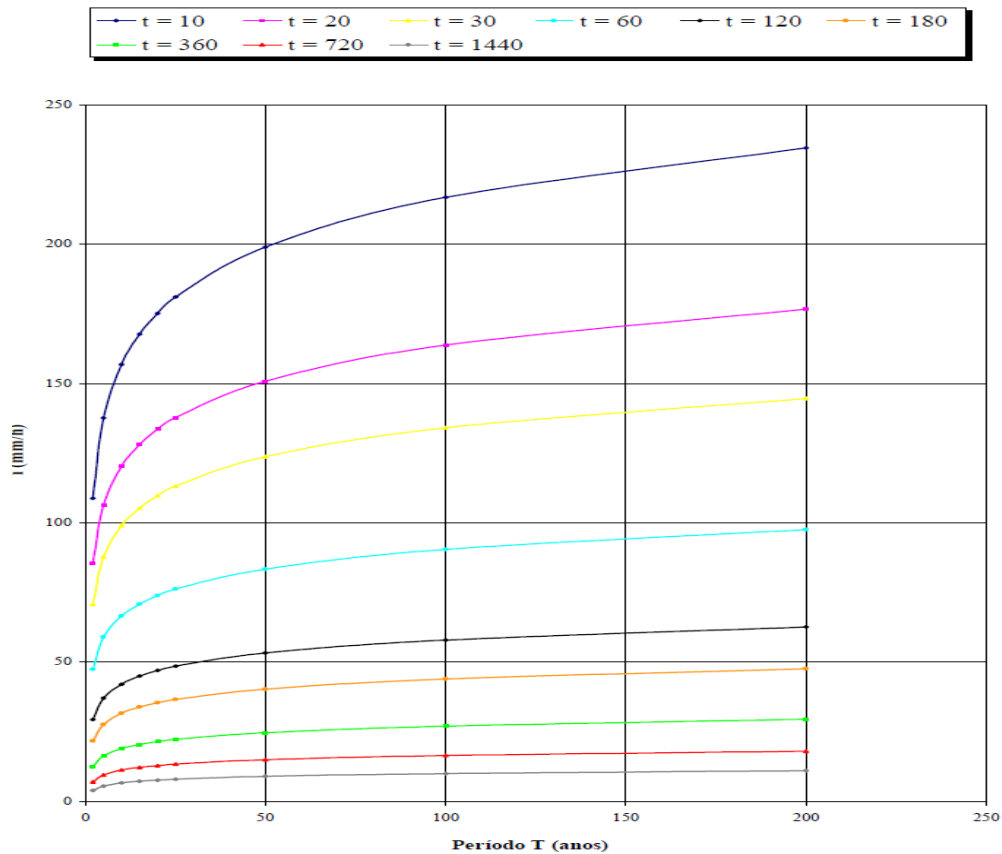


Figura 5: Curva I-D-F em função da duração (min)

Fonte: DAEE-USP (1999)

3.2.3 Determinação da vazão sob a ponte da rua m. gantus

Para se analisar as causas da enchente, faz-se necessária a determinação da vazão máxima provável da travessia de águas pluviais sob a ponte do braço esquerdo do córrego Afonso XIII, na rua Miguel Gantus. A Figura 6, mostra a localização da ponte a ser analisada.

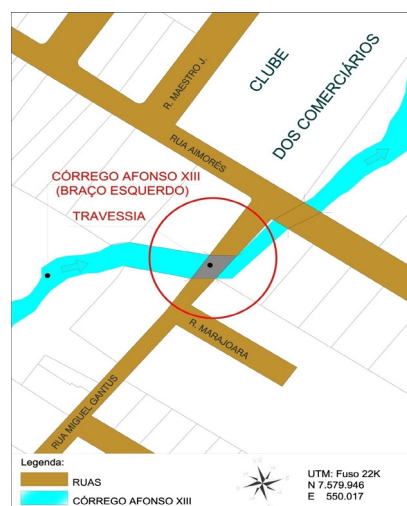


Figura 6: Localização da ponte (travessia) da Rua Miguel Gantus.

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi utilizado neste estudo hidrológico a Instrução Técnica DPO nº 001 do DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica da Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos / SP (2005).

Devido à localização urbana e tratando-se de travessia, foi adotado período de retorno $T_r = 100$ anos.

O tempo de concentração foi determinado pela fórmula de Kipich:

$$t_c = 57 \times \left[\frac{L^{2,7}}{S} \right]^{0,385} \quad (2)$$

Onde:

t_c : tempo de concentração (min);

L: comprimento do talvegue;

S: declividade equivalente ou média (m/km)

As vazões de projeto são calculadas a partir de métodos empíricos baseados em equações de chuvas intensas representativas da região. O Quadro 2 indica os métodos indiretos recomendados pelo DAEE (2005) em função das dimensões da área de drenagem da bacia contribuinte.

Área de Drenagem	Método
Pequenas bacias ($A \leq 2,00 \text{ km}^2$)	Racional
Grandes bacias ($A > 2,00 \text{ km}^2$)	I - Pai - Wu

Quadro 2: Métodos de cálculo empíricos de vazões

Fonte: DAEE, 2005

A área do braço esquerdo do córrego Afonso XIII, até o ponto 7, onde situa-se a passagem, é de $4,12 \text{ km}^2$, os cálculos das vazões serão feitos pelo método I-PAI-WU. Este método constitui em um aprimoramento do método Racional, sendo indicado para bacias com áreas de drenagem superiores a $2,0 \text{ km}^2$.

A equação básica do Método I - PAI - WU é dada pela equação 4:

$$Q = (0,278 \times C \times i \times A^{0,9}) \times K \quad (4)$$

$$Q_{\text{pico}} = Q_b + Q$$

Onde:

Q: vazão de cheia (m^3/s);

Q_b : vazão base (m^3/s) adotado $0,1 \times Q$;

i: intensidade de chuva (mm/h);

C: coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A: área da bacia (km^2) $\leq 200 \text{ km}^2$;

K: coeficiente de distribuição espacial da chuva (adimensional).

Cálculo do coeficiente C de escoamento superficial

O coeficiente C é calculado pela equação 5:

$$C = (C_2 / C_1) \times 2 / (1 + F) \quad (5)$$

Onde:

C: coeficiente de escoamento superficial;

C₁: coeficiente de forma; C₂: coeficiente volumétrico de escoamento;

F: fator de forma da bacia.

Coeficiente de forma C₁:

Conforme Kather (2005), em bacias alongadas, o tempo de concentração é superior ao tempo de pico, pois a chuva que cai no ponto mais distante da bacia chegará tarde o suficiente para não contribuir para a vazão máxima. Assim em bacias alongadas, deve-se esperar um valor de C₁ <, de acordo com a equação 6:

$$C_1 = t_p / t_c = 4 / (2 + F) \quad (6)$$

Onde:

t_p: tempo de pico de ascensão (h);

t_c: tempo de concentração (h).

Pelo SCS, t_p = 0,6 x t_c, ou seja, t_p / t_c = 0,60 = C₁

Fator de forma da bacia F, de acordo com a equação 7:

$$F = L / \left[2 \left(\frac{A}{\pi} \right)^{0,5} \right] \quad (7)$$

Onde:

L: comprimento do talvegue (km);

A: área da bacia (km²);

F: fator de forma da bacia, conforme MORANO (2006), quando:

F=1; a bacia tem formato circular perfeito; F<1; a bacia tem forma circular para elíptica e o seu dreno principal está na transversal da área;

F>1; a bacia tem forma circular para elíptica e o seu dreno principal está na longitudinal da área.

Coeficiente de forma C₂:

O coeficiente volumétrico de escoamento ocorre em função do grau de impermeabilidade da superfície, conforme DAEE SP (1994). Podemos adotar C₂ = 0,30 para grau baixo de impermeabilização; C₂ = 0,50 para grau médio e C₂ = 0,80 para grau alto, conforme o Quadro 3.

Grau de impermeabilização da superfície	Coeficiente volumétrico de escoamento C ₂
Baixo	0,30
Médio	0,50
Alto	0,80

Quadro 3: Grau de impermeabilização do solo em função do uso.

Fonte: DAEE (1994)

Coeficiente K:

O coeficiente K é extraído do ábaco, mostrado na figura 7.

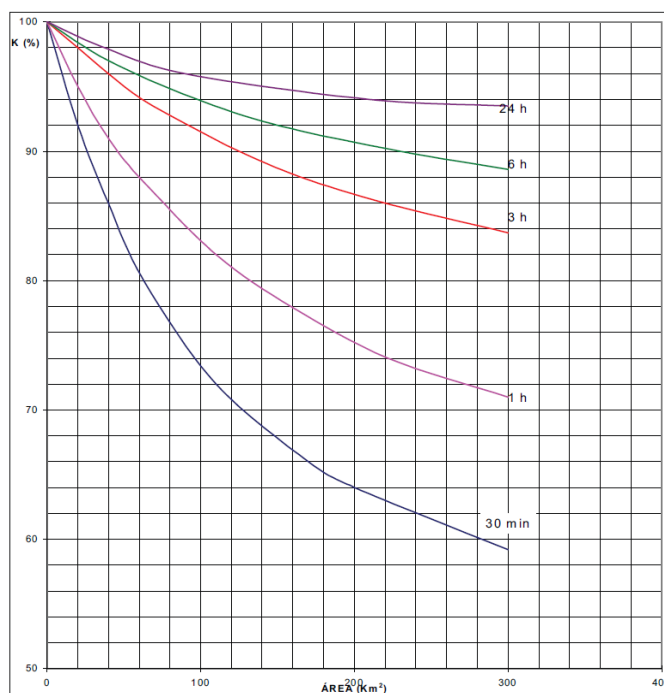


Figura 7: Abaco para determinar o coeficiente K

Fonte: DAEE (1994)

4 | RESULTADOS

Considerando o braço esquerdo do córrego Afonso XIII, até o ponto 7, a área é de 4,12 km². Os cálculos das vazões foram feitos pelo método I-PAI-WU. O comprimento do talvegue é de 5,04 km. O ponto da travessia do braço esquerdo do córrego Afonso XIII sob a ponte da Rua Miguel Gantus, denominando ponto 7, possui as coordenadas UTM (fuso 22K): N7.579.946; E 550.017.

A Tabela 2 mostra as vazões calculadas até o ponto 7 onde se localiza a ponte da Rua Miguel Gantus, sobre o braço esquerdo do córrego Afonso XIII, com a vazão de pico QP, igual a 85,60 m³/s.

Trecho	Talvegue	Área	Área acumulada	Cota M	Cota J	Desnível	Declive	C ₂	t	i	F	C ₁	C	K	t _c	Q _e trecho	Q _c acum.	Q _p acum.
	(km)	(km ²)	(km ²)	(m)	(m)	(m)	(m/km)		(min)	(mm/h)					(min.)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1 - 2	1,40	1,62	1,62	525	487	38,0	27,143	0,60	120	168,744	0,975	1,345	0,452	0,98	20,72	32,07	32,07	35,28
2 - 3	0,21	0,07	1,69	483	480	3,0	14,286	0,60	120	142,034	0,703	1,480	0,476	0,98	1,68	1,68	33,75	37,13
3A - 3	1,15	1,52	3,21	505	484	21,0	18,261	0,60	120	142,034	0,827	1,415	0,464	0,98	26,19	26,19	59,94	65,93
3 - 4	0,31	0,39	3,60	484	480	4,0	12,903	0,60	120	142,034	0,440	1,639	0,508	0,98	10,00	8,43	68,37	75,21
4 - 5	0,97	0,24	3,84	517	476	41,0	42,268	0,60	120	142,034	1,755	1,065	0,409	0,98	13,17	4,38	72,75	80,02
5 - 7	1,00	0,28	4,12	517	474	43,0	43,000	0,60	120	142,034	1,675	1,088	0,412	0,98	13,40	5,07	77,82	85,60

Tabela 2: Vazões calculadas – Tr=100 anos – até ponto 7 – Ponte Rua Miguel Gantus

Fonte: elabora pelos autores

A Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH / USP, realizou estudos hidrológicos no trecho urbano do córrego Afonso XIII, cujos resultados mostram que a passagem do Córrego Afonso XIII, braço esquerdo, existente sob a Rua Miguel Gantus (travessa 7) possui a área de apenas 4,00 m² e capacidade máxima de descarga **31,56** (m³/s). Assim, a vazão original é muito inferior a vazão de pico (Q_p) de 85,60 (m³/s), calculada pelo método I-PAI-WU.O. A forte chuva ocorrida por volta da 7:00h, no dia 06 de abril de 2013, que atingiu o índice de 87,4 mm em um período de 45 minutos, ocasionou o transbordamento do córrego.

5 | CONCLUSÕES

Os resultados apresentados da vazão de pico indicam que a causa da inundação no dia 06 de abril de 2013, deveu-se à reduzida área de passagem existente, que possuía apenas 42,2% da área necessária para escoar o caudal devido e ocasionou o transbordamento na entrada da ponte existente. Portanto, houve a necessidade de uma nova seção da travessia para o córrego Afonso XIII – braço esquerdo, sob a Rua Miguel Gantus, composto por duas células com largura transversal útil de 5,92 m, cada e altura de 2,00 m, dimensionada para vazão de pico de 91,50 (m³/s), que suporta a vazão da bacia contribuinte com área 4,12 km² e vazão de pico de 85,60 (m³/s). Portanto, em virtude da crescente ocupação dos centros urbanos, e da maior impermeabilização das cidades, os resultados apontam para a necessidade de se realizar novos estudos hidrológicos para o cálculo de vazão de pontes urbanas no município de Tupã para evitar novas inundações como a que ocorreu na ponte sobre o córrego Afonso XIII, na Rua Miguel Gantus.

REFERÊNCIAS

ALAMY FILHO, José Eduardo et al. **Influência da progressiva ocupação urbana na ocorrência de áreas inundáveis**. Ciências e Engenharia, v. 26(2), p. 21-31, 2017.

BENINI, Sandra Medina. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: Estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2015.

BRUBACHER, João Paulo. **Inundações e enxurradas, município de Esteio - RS**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

CANHOLI, Alúcio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 1ª Ed. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

CONVENIO DAAE – USP. **Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo**. São Paulo, 1999.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELETRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAAE. **Instrução Técnica DPO 001**. São Paulo 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES – DNIT. **Manual de drenagem de rodovias. Publicação IPR – 724**, 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006.

FRITSCH, Fabricius Eduardo Danieli. **Influência do uso e ocupação do solo nas vazões de pico na bacia hidrográfica do Alto Rio Ligeiro, Pato Branco** – PR. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRAULICA - USP. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. São Paulo, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=anomaliaTempMediaAnual> - – Acesso em 13/03/2020.

KARTHER, Christian. **Escoamento superficial e o uso do solo e da água na bacia do Ribeirão da Serragem – Vale do Paraíba**. Dissertação de mestrado. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2005.

RAPOSO, Isabel. Explosão urbana em África. **Meio século de independências africanas**, p. 184-185, 2010.

LEOPOLD, Luna Bergere. **Hydrology for urban land planning** - A guidebook on the hydrologic effects of urban land use. Geological Survey Circular 554. U. S. Govern. Wasington, 1968.

MORANO, José Roberto – **Pequenas barragens de terra**. Metodologia para projetos e obras. Edição Codasp. São Paulo, 2006.

OLIVEIRA, Gabriel Araújo De. **Desastres hidrológicos e informações geográficas voluntárias: concepção de sistema colaborativo para o mapeamento de áreas de riscos**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: A Variabilidade Pluvial nos Últimos 100 Anos**. In: Sant'Anna Neto, J. L. & Zavatini, J. A. (Orgs). Variabilidade e Mudanças Climáticas. Rduem, Maringá. 2000.

SARTORI, Aderson; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, Abel Maia. **Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

TERRA.COM.BR – <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/vc-reporter-temporal-derruba-ponte-em-tupa-no-interior-de-sp,37e13c79001ed310VgnVCM5000009ccceb0aRCRD.html> – Acesso em 2014.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Modelos Hidrológicos**. Colaboração da Associação Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH. 2ª edição. Porto Alegre, 2005.

ZHU, Zhihua *et al.* **Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems**. Science of the Total Environment, v.553, p. 1-12. Elsevier, 2016.

SANEAMENTO BÁSICO E O SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES: ESTUDO DE CASO EM ARRAIAL DO CABO - RJ

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 16/04/2020

Aline Pires Veról

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura
(PROARQ-FAU/UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7080639228518407>

Bruna Peres Battemarco

Programa de Engenharia Civil (PEC-COPPE/
UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9109113821733927>

Leonardo Henrique Silva dos Santos

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (LabHidro
- FAU/UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7203852690992882>

Victória de Araújo Rutigliani

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (LabHidro
- FAU/UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8930548779312880>

Camilla Fernandes da Silva

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (LabHidro
- FAU/UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7743983714823660>

Daniel Carvalho da Costa

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (LabHidro
- FAU/UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7071588650487305>

Marcelo Gomes Miguez

Programa de Engenharia Ambiental (PEA-
POLI&EQ/UFRJ), Programa de Engenharia
Urbana (PEU-POLI/UFRJ) & Programa de
Engenharia Civil (PEC-COPPE/UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3622226693741021>

Raquel Hemerly Tardin-Coelho

Programa de Pós-Graduação em Urbanismo
(PROURB-FAU/UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9117140018569457>

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo a proposição de diretrizes para a atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Arraial do Cabo, estado do Rio de Janeiro, com ênfase no uso sustentável dos recursos naturais, na conservação da bacia hidrográfica,

na drenagem urbana articulada com espaços livres multifuncionais, capazes de participar do esforço para controle de inundações e revitalização urbana, na geração de menos resíduos sólidos, na redução da poluição causada por esgotos não tratados e na oferta de ambientes saudáveis. É parte da ação de extensão “Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário”, que propõe uma estratégia de planejamento urbano a partir de um sistema de espaços livres como elemento estruturador da ocupação e condutor do processo de urbanização rumo à ordenação municipal de modo integrado. Para tanto, foi elaborado diagnóstico do saneamento básico do município, indicando a não universalização dos serviços, com operação no limite de sua capacidade. A elaboração de diretrizes para o PMSB pretende dotar o município de instrumentos e mecanismos que permitam a implantação de ações articuladas, duradouras e eficientes, para garantir a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico com qualidade, equidade e continuidade, através de metas definidas em um processo participativo.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento Básico; Sistemas de Espaços Livres; Arraial do Cabo.

SANITATION AND OPEN SPACE SYSTEM: CASE STUDY IN ARRAIAL DO CABO – RJ

ABSTRACT: This paper aims to propose guidelines for the updating of the Municipal Basic Sanitation Plan (PMSB) of Arraial do Cabo, state of Rio de Janeiro, with an emphasis on the sustainable use of natural resources, the conservation of the river basin, sustainable urban drainage articulated with multifunctional spaces, capable of participating in the effort to control flooding and urban revitalization, generating less solid waste, reducing pollution caused by untreated sewage and providing healthy environments. It is part of the extension action called “Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário”, which proposes a strategy of urban planning based on an open space system as a structuring element of the occupation and driver of the urbanization process towards municipal planning in an integrated way. A diagnosis of the basic sanitation of the municipality was made, indicating the non-universalization of the services, with operation at the limit of its capacity. The elaboration of guidelines for the PMSB intends to provide the municipality with instruments and mechanisms that allow the implementation of articulated, long-term and efficient actions to ensure universal access to basic sanitation services with quality, equity and continuity, through targets defined in a participatory process.

KEYWORDS: Sanitation; Open Space System; Arraial do Cabo.

1 | INTRODUÇÃO

A elaboração de Planos de Saneamento Básico tanto para os municípios, quanto para os estados e a União é obrigatória. O desenvolvimento de diretrizes, metas e programas de ação são etapas do processo de elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, com o objetivo de atender aos princípios fundamentais de universalização do acesso

aos serviços de saneamento básico, com qualidade, equidade e continuidade, sempre de forma a melhorar a qualidade de vida, promover a saúde pública e proteger o meio ambiente. Sendo um importante instrumento de planejamento, é imprescindível que o plano dialogue com os demais planos e instrumentos em vigor, visando dotar o município de ferramentas e mecanismos que, de forma multidisciplinar, permitam a implantação de ações articuladas, duradouras, e eficientes, propiciando à população acesso e participação nos processos (CNM, 2014).

Este trabalho é uma das linhas de ação do Projeto de Extensão Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário (TARDIN, 2016), desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro, com início em 2017, que propõe uma estratégia de planejamento urbano a partir de um sistema de espaços livres como elemento estruturador da ocupação e condutor do processo de urbanização rumo à ordenação municipal de modo integrado e foca, mais especificamente, na conjugação de ações de saneamento básico com esta proposta.

Arraial do Cabo é uma cidade com forte cunho turístico, mas que, por outro lado, vem sofrendo pressões de um crescimento desordenado. Justifica-se a ação deste projeto tanto pelo suporte à população local, de forma direta, pela melhoria das condições urbanas e ambientais, como também pelo viés econômico, uma vez que o turismo depende das boas condições ambientais e urbanas do município.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo a proposição de diretrizes para a elaboração de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) que atenda às necessidades específicas da cidade em estudo, com ênfase no uso sustentável dos recursos naturais e na conservação da bacia hidrográfica. Também buscar enfatizar a drenagem urbana articulada com espaços livres multifuncionais, capazes de participar do esforço para controle de inundações e para revitalização urbana, a geração de menos resíduos sólidos, a redução da poluição causada por esgotos não tratados e a oferta de ambientes saudáveis e com qualidade de vida.

2 | METODOLOGIA

A primeira etapa deste trabalho consistiu no levantamento da legislação de saneamento vigente, a nível Federal e Estadual, e na busca por informações secundárias, pré-existentes, como o Plano Municipal de Saneamento Básico de Arraial do Cabo (SERENCO, 2014), de 2014. Após esta fase inicial, foi realizada uma visita de campo como instrumento de diagnóstico, entre os dias 23 e 26 de julho de 2018, em que foram levantados dados locais em órgãos públicos como a Prefeitura Municipal de Arraial do Cabo (PMAC), Defesa Civil, Fundação do Meio Ambiente, e Defensoria Pública, bem como consulta aos moradores do município. Também foram utilizadas fontes oficiais de dados, como resultados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

e dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), concebendo uma base histórica dos sistemas de saneamento estudados. A partir das informações levantadas, foi possível consolidar o diagnóstico e elaborar propostas de diretrizes para a revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico (PLAMSAB), a fim de atender as demandas, solucionar falhas e explorar as potencialidades locais de forma a construir uma cidade mais resiliente e sustentável.

3 | ESTUDO DE CASO

Arraial do Cabo é um município composto de três distritos (Distrito Sede, Monte Alto e Figueira), compreendendo uma área de 152.305 m². Sua população é de cerca de 29 mil habitantes (IBGE, 2010), dos quais a maior parte mora no Distrito Sede. O município apresentou em 2010 um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,733, que está na faixa de IDHM Alto (0,7 a 0,799). Entre 1991 e 2010, o IDHM cresceu 42,88%, abaixo da média de crescimento nacional (47%), porém acima da média de crescimento estadual (32%) (IBGE, 2010).

Sua caracterização como cidade tem início em sua primeira formação como aldeia isolada, cujo acesso se dava pelas praias circundantes e a principal atividade era a pesca de arrasto. Com o decorrer do tempo, a cidade se conecta ao seu entorno também por terra e se configura como parte do município de Cabo Frio. O processo de evolução urbana se dá, primeiramente, com a instalação da Companhia Nacional de Álcalis (1943), assumindo um caráter industrial, mas sem perder a relação direta com o mar e a pesca. Posteriormente, com a inauguração da Ponte Rio-Niterói (1974), acontece a primeira grande expansão populacional, com mudanças significativas, incluindo o início da ocupação dos morros. Em 1985 Arraial do Cabo se emancipa de Cabo Frio e inicia o movimento de transformação do município de industrial para turístico. Este foi um marco importante para o desenvolvimento de um pólo regional para o turismo nacional e internacional, levando à segunda grande expansão populacional (PORTAL DA PREFEITURA DE ARRAIAL DO CABO, 2018).

Diante desse cenário de crescimento sem planejamento urbano, Arraial do Cabo é uma cidade saturada, que absorve população flutuante nos períodos de alta temporada. Este quadro gera problemas para a gestão e a infraestrutura da cidade, incluindo os sistemas componentes do saneamento básico.

4 | CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO

Nos itens a seguir, é apresentado o diagnóstico elaborado. Destaca-se que, na cidade de Arraial do Cabo, a concessionária Prolagos é responsável pelos sistemas de abastecimento de água e coleta e tratamento do esgoto sanitário, cabendo à Prefeitura o

manejo dos resíduos sólidos e todo o escopo da drenagem urbana.

4.1 Abastecimento de água

A água fornecida pela concessionária Prolagos é oriunda do Reservatório de Juturnaíba, a 45 km de Arraial do Cabo, também responsável por abastecer outros municípios da Região dos Lagos (Figura 1). O sistema atendido por esta represa apresenta necessidade de ampliação imediata até 2030 (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2014). Não obstante, este sistema foi elencado pelo Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (MAGALHÃES E MIGUEZ, 2018) como alternativa para a redundância do abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, no longo prazo, a partir de estudos para a utilização, considerando a recuperação e a reforma da barragem.

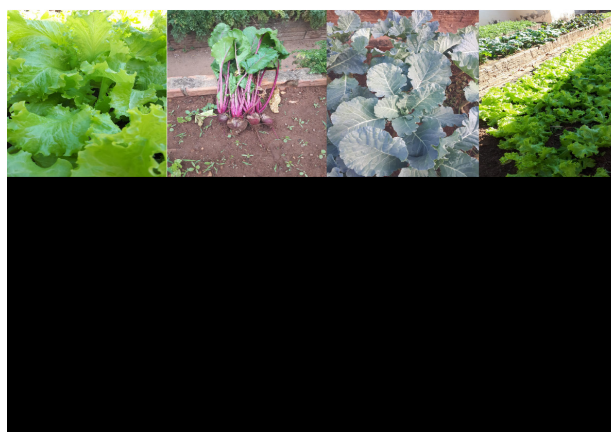


Figura 1 – Localização do Reservatório de Juturnaíba em relação ao município de Arraial do Cabo.

Fonte: Silva et al. (2018)

O sistema de abastecimento atende, atualmente, 97% da população, com um consumo *per capita* de 160 L e perda de 30% na distribuição (SNIS, 2016), equivalente à média nacional. Apesar dos episódios de população flutuante em épocas de alta temporada (Dezembro - Março), o sistema de abastecimento se mantém eficiente, registrando raros casos de falha no distrito Sede, como ocorrido no final do ano de 2017, evento citado por moradores durante a visita de campo. Cabe salientar, no entanto, que a situação dos outros distritos não condiz com este panorama. Em Monte Alto e Figueira, é amplamente difundida a solução dos poços artesianos como principal fonte de água potável, situação indesejável pela falta de controle de qualidade da água.

4.2 Manejo de resíduos sólidos

O serviço de coleta e destinação dos resíduos sólidos é de responsabilidade da

Secretaria de Serviços Públicos (PMAC), que conduz o material coletado para o Aterro Dois Rios, no município vizinho São Pedro da Aldeia, a 23 km de distância. Atualmente são coletadas 13.154 t/ano de resíduos sólidos urbanos, uma média de 36 t/dia (SNIS, 2016). De todo este material, apenas uma parcela muito pequena (327,2 t/ano) passa por processos de triagem e reciclagem. Todo o montante de resíduos sólidos é destinado ao aterro, cujo custo de uso é R\$ 350,00/t (SNIS, 2016), fazendo com que o município destine parte considerável da verba pública para o transporte e a destinação dos resíduos sólidos urbanos.

Durante a visita de campo, foi possível constatar no Distrito Sede casos pontuais de resíduos sólidos nas ruas, contribuindo, inclusive, para a obstrução de bocas de lobo, apesar de a coleta ser regular. Já nos Distritos Monte Alto e Figueira, pode-se dizer que a coleta é insuficiente e irregular. Ressalta-se, que, em alta temporada, a produção de resíduos aumenta. Além disso, há relatos de lixões itinerantes no Parque Estadual da Costa do Sol e de acúmulo de lixo no galpão de triagem dos catadores autônomos.

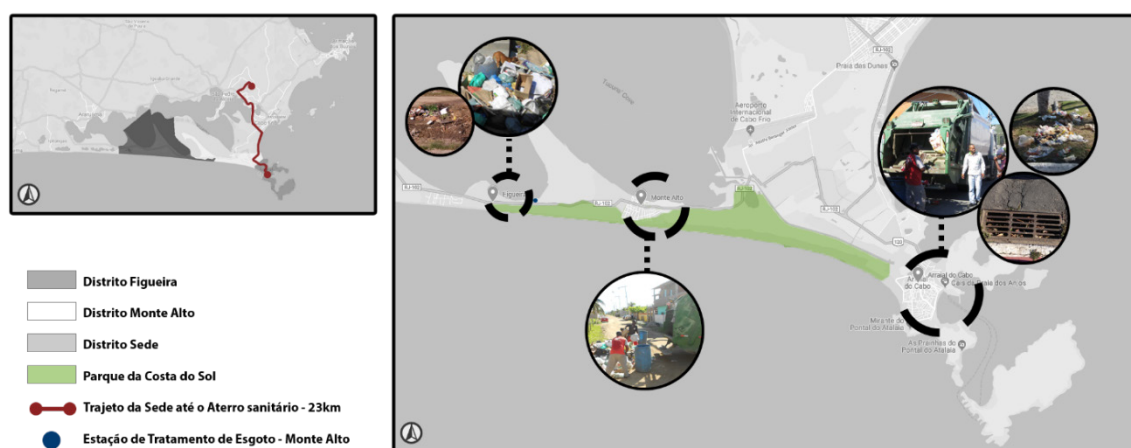


Figura 2 – Manejo de Resíduos Sólidos em Arraial do Cabo – Imagens da visita de campo (Julho de 2018).

Fonte: os autores.

A Fundação Municipal de Meio Ambiente, Pesquisa, Ciência e Tecnologia, órgão independente da administração municipal, desenvolveu um projeto de coleta seletiva, triagem e destinação de material reciclável, e conta com um caminhão próprio doado pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente) para coleta seletiva. A implementação está aguardando a aprovação da Prefeitura.

4.3 Esgotamento sanitário

O serviço de coleta e tratamento de esgoto sanitário em Arraial do Cabo está concessionado à Prolagos desde janeiro de 2018. Formalmente, o município utiliza o sistema unitário em áreas centrais do Distrito Sede, no qual as águas pluviais e os esgotos

são coletados pela mesma rede e deveriam ser direcionados a uma Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.). Contudo, grande parte do material coletado não é encaminhado à E.T.E., sendo levado pelas galerias de águas pluviais para dois pontos, de acordo com a sub-bacia em que se encontra: Lagoa da Prainha ou Praia dos Anjos, pelo canal da Avenida da Liberdade. Em outras áreas, do município emprega-se o sistema separador absoluto. O sistema de esgotamento sanitário em Arraial do Cabo é composto por cinco Estações Elevatórias (E.E.), compreendendo a divisão da cidade em cinco bacias, e uma Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) de alta capacidade de tratamento (Figura 3(a)).

A concessionária iniciou obras para a instalação de cinturões interceptores ao longo da Avenida da Liberdade para evitar que o esgoto alcançasse a galeria de drenagem e, conseqüentemente, atingisse a Praia dos Anjos. Pretende-se que estes cinturões encaminhem o material coletado para duas E.E.'s próximas e, em seguida, para a E.T.E. (Figura 3(b)). Há previsão da instalação de um cinturão similar no entorno da Lagoa da Prainha, para coletar o material que lá chega e permanece, sem tratamento, impossibilitando qualquer uso da Lagoa, seja para lazer ou como dispositivo de drenagem urbana.

No bairro Vila Industrial, oriundo do período de atuação da Álcalis, um sistema separador absoluto foi implementado, no qual o esgoto coletado era destinado a uma pequena E.T.E. em sítio próximo, cujos efluentes possuíam como finalidade o resfriamento do maquinário da indústria. Atualmente, com o encerramento das atividades da Álcalis, a E.T.E. foi desativada e o esgoto é despejado in natura sobre o solo, onde permanece até o momento de coleta periódica por uma empresa particular. Por outro lado, nos demais distritos, o sistema individual por fossas sépticas é, majoritariamente, a solução adotada, apesar da existência da E.T.E. de Monte Alto, inaugurada em 2014, destinada exclusivamente para atender aos distritos.

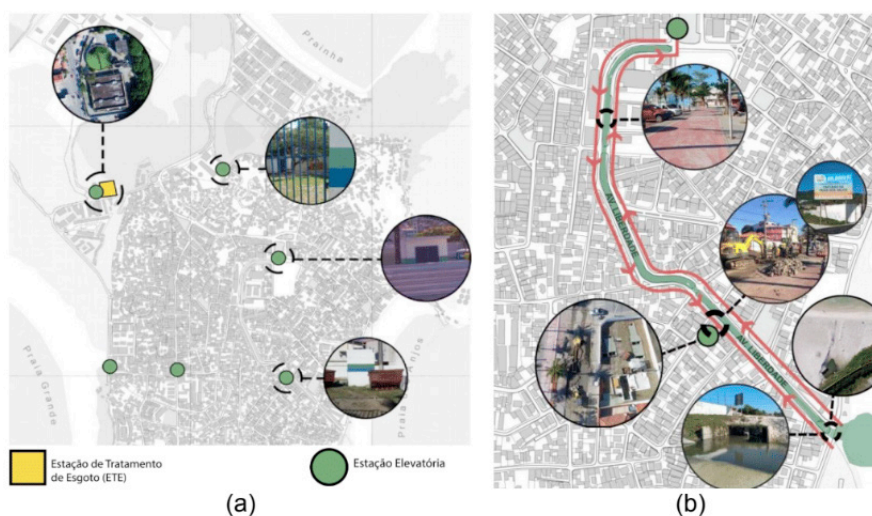


Figura 3 – Esgotamento sanitário em Arraial do Cabo: (a) Estações Elevatórias e Estação de Tratamento de Esgotos; (b) Obras do cinturão interceptor ao longo do Canal da Avenida da Liberdade.

Fonte: SILVA et al. (2018)

4.4 Manejo de águas pluviais e drenagem urbana

Como ressaltado anteriormente, Arraial do Cabo utiliza formalmente o sistema unitário, atualmente funcionando de forma inadequada, embora haja locais com rede separadora absoluta no Distrito Sede. Com isso, há a contaminação das águas pluviais pelo esgoto sanitário, além de o efluente ser lançado diretamente no corpo receptor sem tratamento. A implantação do cinturão interceptor ao longo do canal da Avenida da Liberdade e o encaminhamento dos esgotos à E.T.E. (assim como projeto previsto para a Lagoa da Prainha) visa garantir o lançamento exclusivo de águas pluviais na Praia dos Anjos e na Prainha.

O sistema de macrodrenagem no Distrito Sede é composto pelo Canal da Avenida da Liberdade, que recebe as águas pluviais dos bairros Praia dos Anjos, Taio, Vila Canaã, Centro, Macedônia e parte do bairro da Praia Grande e tem deságue na Praia dos Anjos, e pela Lagoa e Canal da Prainha, que recebe as águas dos bairros Prainha e Sítio e tem seu deságue na Prainha. Destaca-se que, devido ao crescimento não planejado do município, a rede de microdrenagem, responsabilidade da Prefeitura, quando existente, é concentrada no Distrito Sede.

Arraial do Cabo é caracterizada por uma topografia de vale, cercada de morros, com regiões de cota baixa, como o bairro da Macedônia, onde alagamentos ocorreriam de forma natural. No entanto, diante de uma ocupação desordenada, aliada a um sistema de microdrenagem falho, estas regiões vêm sofrendo com alagamentos. É popular a adoção de comportas e degraus na entrada das casas e pequenos comércios, como forma de proteção. Todos esses fatores associados configuram um território cujo volume de chuva anual é baixo, mas que, devido a um sistema de drenagem urbana fragilizado, entra em colapso quando ocorrem eventos atípicos, como ocorrido recentemente, em junho de 2018 e janeiro de 2019. A Figura 4 ilustra alguns pontos de alagamento mapeados durante a visita de campo.

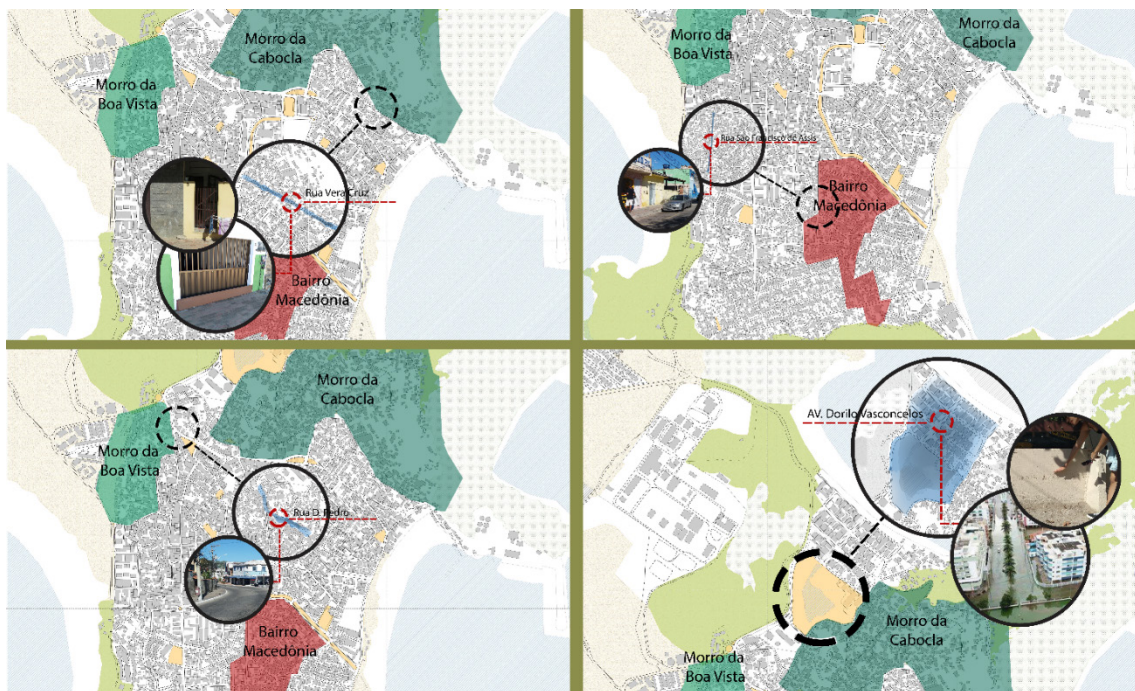


Figura 4 – Pontos de alagamento mapeados na visita de campo realizada em julho de 2018.

Fonte: os autores.

5 | DIRETRIZES PARA O PLANO DE SANEAMENTO

Com base nas informações obtidas e análises subsequentes, foi possível reconhecer os pontos sensíveis de cada sistema e, assim, buscar soluções para atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico de Arraial do Cabo. Para estruturar as estratégias, são apresentadas na Tabela 1 as diretrizes propostas para cada setor do serviço de saneamento básico.

Setor	Diretrizes
Abastecimento de Água	<ul style="list-style-type: none"> - Segurança hídrica, com a viabilização de novos mananciais; - Aumento da resiliência com a criação de redundâncias no sistema, como captação e tratamento de água do mar, por exemplo; - Diminuição de perdas no sistema de distribuição de água tratada; - Expansão da rede de abastecimento para os distritos, reduzindo o uso de poços artesianos.
Manejo de Resíduos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do lixo gerado pela população, incentivada por campanhas de conscientização e coleta comunitária; - Realização de estudo de locais com potencial para implantação de futuras Centrais de Tratamento de Resíduos Sólidos – CTRs; - Implementação de programa de coleta seletiva, já desenvolvido pela Fundação de Meio Ambiente de Arraial do Cabo; - Redução da quantidade de resíduos destinados ao Aterro Dois Arcos, diminuindo custos; - Recuperação ambiental dos locais de antigos lixões clandestinos.

Esgotamento Sanitário	<ul style="list-style-type: none"> - Ligação correta da rede de esgotamento sanitário às estações elevatórias e à ETE; - Instalação dos cinturões da Avenida da Liberdade e da Lagoa da Prinha; - Instalação de estação elevatória na Vila Industrial, direcionando o esgoto para a E.T.E.; - Criação de rede de coleta de esgoto para os distritos de Monte Alto e Figueira, direcionando o material coletado para a E.T.E. Monte Alto; - Reduzir o emprego de fossas sépticas nos distritos.
Drenagem Urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperação da Lagoa da Prinha como bacia de retenção; - Propor bacias de detenção associadas ao sistema de espaços livres, especialmente em pontos que contribuem para as inundações, visando retardar e reduzir os picos de cheia; - Aumentar a permeabilidade do solo urbano, permitindo a recarga do lençol freático e diminuindo o volume de escoamento superficial; - Ampliação da rede de microdrenagem para todo o município; - Desobstrução e constante manutenção da rede de microdrenagem; - Aumento da resiliência urbana a inundações.

Tabela 1 – Diretrizes propostas para a atualização do PLAMSAB – AC.

6 | CONCLUSÃO

Além de melhorar as condições de saneamento e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos moradores, o PLAMSAB-AC, somado a projetos de espaços livres desenvolvidos por outras equipes dentro do grupo de extensão, almeja fomentar um urbanismo focado em espaços livres plurais, soluções sustentáveis para problemas existentes e maior resiliência frente às condições atuais ou sua possível degradação. É do interesse das esferas federal e estadual, mas principalmente da municipal, que a eficiência do saneamento básico seja garantida, evitando assim os graves e recorrentes casos de danos ambientais devido ao mau funcionamento dos sistemas componentes. Esses danos atingem não apenas o meio ambiente, como também a imagem da cidade, cujas paisagens naturais possuem forte apelo turístico. Além disso, afetam a qualidade do espaço público e a vida cotidiana. Ainda assim, ressalta-se que o município tem potencial para reverter a situação e melhorar a qualidade de vida dos moradores por meio do esforço conjunto do poder público e dos demais gestores dos sistemas de saneamento, e com a participação ativa da população.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e Prefeitura Municipal de Arraial do Cabo, instituições que atuam como parceiras no Projeto de Extensão Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário[1].

REFERÊNCIAS

- CNM (2014). **Planos Municipais de Saneamento Básico – Orientações para Elaboração**. Disponível em: <[https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico%20\(2014\).pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico%20(2014).pdf)>. Acesso abr. 2019.
- FUNDAÇÃO COPPETEC (2014). Relatório gerencial. In: **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro, pp. 31 - 33 - anexo IV.
- IBGE (2010). **CENSO DEMOGRÁFICO 2010 - Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. Acesso ago. 2018.
- MAGALHÃES, P. C., MIGUEZ, M. G. (2018). **Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – Eixo Estruturante de Saneamento e Resiliência Ambiental**. Rio de Janeiro: Câmara Metropolitana do Rio de Janeiro - RJ.
- PORTAL DA PREFEITURA DE ARRAIAL DO CABO** (2018). Disponível em: <http://www.arraialdocabo-rj.com.br/cidade/historia_progresso.html>. Acesso jun. 2018.
- SERENCO (2014). **Plano Municipal de Saneamento Básico - Arraial do Cabo**. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro – RJ.
- SILVA, C. F.; CARVALHO, D.C.; SANTOS L.H.S.; RUTIGLIANI, V.A.; MIGUEZ, M.G.; TARDIN-COELHO, R.H.; VERÓL, A.P. (2018). **Saneamento Básico e o Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário**. In: SEMANA DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA 9, Rio de Janeiro, 2018. Anais...Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.
- SNIS (2016). **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - Série Histórica**. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso ago. 2018.
- TARDIN, R. (Coord.) (2016). **Projeto: Sistema de Espaços Livres_Urbanismo Solidário[1]**. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SISTEMA DE TRATAMENTO *COMMUNITY ON-SITE* DE EFLUENTES POR MEIO DE WETLANDS CONSTRUÍDAS: METODOLOGIA DE CÁLCULO E IMPLANTAÇÃO

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 03/04/2020

Mateus Francisquini

UNIPAR – Universidade Paranaense,
Departamento de Engenharia Civil
Cascavel – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/1528190560872464>

Bruna Pereira da Silva

UNIPAR – Universidade Paranaense,
Departamento de Engenharia Civil
Cascavel – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/4936963175792931>

Regiane Soares Xavier

UNIPAR – Universidade Paranaense,
Departamento de Engenharia Civil
Cascavel – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/5402436127315823>

RESUMO: Este estudo objetiva avaliar a possibilidade da execução de sistemas comunitários de tratamento de efluentes por meio de wetlands construídas como alternativa e tentativa de supressão da deterioração acelerada dos corpos receptores e suas bacias, visto que as cidades estão crescendo e quanto maior o volume de água utilizado, maior será a quantidade de água residuária lançada aos

mananciais de superfície. Faz-se necessário compreender que políticas públicas voltadas ao tratamento de efluentes que tenham custo benefício acessível para os cofres públicos são necessárias. No presente artigo é estabelecido um método de cálculo e implantação simplificados para melhor utilização do sistema, visando uma possível realização em cidades de pequeno, médio e grande porte. O sistema busca priorizar o déficit de saneamento básico encontrado no Brasil, aplicando materiais e sistemas construtivos baseados em bibliografias da área e fazendo especificações do método de implantação. Pode-se concluir ainda que são necessárias mais pesquisas na área de wetlands construídas para uma possível padronização de cálculo, no entanto, a pesquisa se mostra promissora. É de bom questionamento também sobre as resoluções governamentais relacionadas a poluições de corpos hídricos, as quais se mostram defasadas.

PALAVRAS-CHAVE: Wetlands construídas - implantação - esgoto - saneamento - cálculo.

COMMUNITY ON-SITE SYSTEM TREATMENT OF EFFLUENT THROUGH CONSTRUCTED WETLANDS: CALCULATION AND IMPLEMENTATION METHODOLOGY

ABSTRACT: This study aims to evaluate the possibility of running effluent treatment systems through wetlands built as an alternative and try to suppress the accelerated deterioration of receiving bodies and their basins, seen as cities that are growing and the greater or the volume of water used, the greater the amount of residential water released to surface water sources. It is necessary to understand that public policies aimed at the treatment of effluents that have accessible benefits accessible to public cafes are necessary. In this article, a simplified calculation and implantation method is established for the best use of the system, allowing for possible realization in small, medium and large cities. The search system prioritizes the basic sanitation deficit found in Brazil, applying materials and systems built based on bibliographies in the area and specifying the implementation method. It can also be concluded that more research is needed in the area of constructed wetlands for a possible standardization of calculation, however, a research shows promise. It is also a good question about measures related to pollution of water bodies, such as which are shown outdated.

KEYWORDS: Constructed wetlands - implantation - sewage - sanitation – calculation.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema de tratamento de esgoto aparece como uma alternativa de amparo aos corpos hídricos. O mesmo tem como objetivo a retirada de matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos dos efluentes residenciais, comerciais e industriais, sendo assim, podendo ser realizado por método físico, químico e biológico (METCALF & EDDY, 2003). No Brasil, seu funcionamento em sistema centralizado, majoritariamente, inicia pela coleta nas unidades consumidoras, passando pelo gradeamento, desarenação, decantação primária, peneiramento, tanque de aeração, decantação secundária, adensamento do lodo, digestão anaeróbica, condicionamento química do lodo, prensa das placas de lodo e por fim passando pelo secador térmico (CESAN, 2013).

O Brasil apresenta uma das maiores parcelas de água doce do mundo, contudo, a nossa conjuntura atual de crise hídrica e de poluição dos mananciais superficiais indicam que essa grande oferta já não é mais nossa realidade. Em face disto, a criação dos termos *água bem econômico* e *água bem natural* derivaram-se do pensamento de que ela é um bem natural finito, e a sua cobrança tem como função dar à população a ideia de seu valor real, e também para a arrecadação de recursos para financiamento de programas de recuperação e conservação dos recursos hídricos (THAME, 2000).

Sendo assim, devemos entender que na gestão do saneamento existem variáveis de longo prazo e curto prazo. As de longo prazo abrangem os campos políticos, sociais e ambientais. Já as de curto prazo remetem-se às exigências imediatas e aos imprevistos, pelo fato de ser um sistema operante 24 horas (ANJOS JUNIOR, 2011).

No Brasil, de acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2017), cerca de 60,2% da população é atendida pela coleta de esgoto e, destes, apenas 46% é tratado antes do lançamento à natureza novamente. A ineficiência das ETEs (Estações de Tratamento de Esgotos), o esgotamento dos rios em fazer a autodepuração dos resíduos recebidos, visto que não existe uma depuração absoluta (VON SPERLING, 1996), e um fraco sistema de coleta são fatores que propiciam o aumento da deficiência do esgotamento sanitário. Segundo Anjos Junior (2011), o investimento necessário para universalizar todos os tipos de saneamento no Brasil, até 2020, deve ser superior a R\$240 bilhões.

Existem empresas que já abordam estratégias sustentáveis e efetivas para o tratamento de esgoto. As suas medidas focam em planejamento de saneamento ecológico por diferentes técnicas, afim de atender critérios de prevenção de doenças, proteção ambiental, reciclagem de nutrientes, de disponibilidade às comunidades de interesse social, aceitabilidade da população usuária e simplicidade de manutenção e operação (SANTOS, 2016).

O saneamento ecológico se baseia em três pilares: prevenir a poluição ao invés de tentar controlá-la depois de já poluído, sanear a urina e as fezes e usar produtos seguros para fins agrícolas. Este tratamento pode ser caracterizado como “higienizar e reciclar”, e estes são os princípios das *wetlands* e biodigestores, os quais procuram reproduzir os processos convencionais (WINBLAD; SIMPSON-HÉBERT, 2004).

Seguindo em frente, é notável que o sistema centralizado de tratamento de efluentes possui uma robustez estrutural e operacional, alto custo e custo-benefício não justificável (OLIVEIRA, 2013), já os sistemas descentralizados mostram como economizar dinheiro público, promovendo um melhor manuseio da bacia hidrográfica e sendo adaptável em diversas condições, apresentando um grande potencial de ser um dos melhores métodos de manejo do esgoto proveniente de domicílios (BURIAN et al., 2000).

O pensamento de sistemas descentralizados vem crescendo desde o século XX, com a justificativa de que a sua implantação supriria a lacuna da parte excluída da população, um sistema digno de coleta e tratamento de esgoto (PARASKEVAS et al., 2002; OLIVEIRA, 2013). Os sistemas Comunitários (*Community On-Site*) tratam o efluente residencial e comercial, fazendo a exclusão de efluentes industriais, em áreas próximas da sua implantação, servem tanto para uma residência, quanto para um número muito superior a 100 (USEPA, 2005; MASSOUND et al., 2009; OLIVEIRA, 2013).

Os sistemas alternativos de tratamento de esgoto vêm sendo muito utilizados, por priorizarem a facilidade de construção e manutenção, a qualidade ambiental e de vida, necessitarem de baixo investimento quando comparados a sistemas convencionais e utilizarem racionalmente os recursos naturais, com foco nos princípios da sustentabilidade (BENASSI, 2018).

Raciocinando mais à frente, como alternativa para extinção do déficit já citado, a

criação de *wetlands* construídas cultivando plantas aquáticas, as quais tiveram suas pesquisas iniciadas no Brasil no começo de 1980 pelos pesquisadores Salati e Rodrigues (CUNHA; MERLIM; SEVERIANO JUNIOR, 2018).

Este método de tratamento consiste em sistemas alagados ou não, desenvolvidos para o tratamento secundário e terciário. Eles são projetados para utilizar plantas aquáticas, rizomáticas ou não, e micro-organismos para controlar os poluentes na água (CUNHA; MERLIM; SEVERIANO JUNIOR, 2018).

Estações para tratamento de efluentes devem ser estudadas minuciosamente antes da implantação e as *wetlands*, neste caso, apresentam um maior custo-benefício, tratando de um ícone de sustentabilidade e paisagismo, sendo esta uma tecnologia de tratamento de esgoto que autoriza sua presença dentro de uma cidade, não trazendo os ruídos e odores que uma estação usual traz (KADLEC; WALLACE, 2009).

Os efluentes domésticos e industriais lançados sem tratamento nos rios são as principais fontes de eutrofização dos mesmos. As redes de coleta, apesar de estarem aumentando, não estão sendo acompanhadas junto com as estações de tratamento. A gestão dos recursos públicos está sendo administrada de forma irregular, a presença de um projeto bem executado e um bom gerenciamento são deficientes. Aspectos técnicos, institucionais, legais e econômicos não são levados em consideração quando se pensa na instalação de uma estação de tratamento de esgoto (SOUZA; SANTOS, 2015). Um defeito gerado historicamente, reproduzindo um pensamento de país subdesenvolvido.

2 | JUSTIFICATIVA

O tratamento de esgoto é uma alternativa para sanar o problema da participação da deterioração do meio ambiente, em especial a fauna e flora dos rios. Mesmo a água ocupando a maior porcentagem em área no planeta, sabemos que apenas 3,0% são doces (RIBEIRO; ROLIM, 2017), mas nem sempre própria para consumo, devido à falta de ações sustentáveis. De 1950 para 1995, a disponibilidade mundial per capita por ano de água doce reduziu de 17 mil m³ para 7.300 m³ (PHILIPPI JUNIOR, 2005) e com o aumento da população, essa diferença aumenta ainda mais, fica explícita a necessidade do enfoque nos sistemas de tratamento de esgoto (BURIAN et al, 2000), já que a conservação dos recursos hídricos depende diretamente da manutenção do controle de poluição, como o tratamento de efluentes, e em consequência disto, leva à diminuição do volume dos mesmos lançados nos corpos receptores (SANTOS, 2016).

Segundo Archela et al. (2003), quanto maior o volume de água utilizado, maior será a quantidade de água residuária lançada aos mananciais de superfície, e conseqüentemente, sua deterioração será maior e mais veloz. E se lançados rio acima da captação de água, a vida rio abaixo será prejudicada.

O Relatório de Gestão dos Problemas e de Resultados (BRASIL, 2016) explana vetores poluidores que não estão presos apenas ao físico e biológico, mas também ao visual. Os problemas comprometem o setor social, ambiental e econômico: favorecem o crescimento de doenças relacionadas à água contaminada – onde de acordo com a FUNASA (2004), a cada R\$1,00 investido em saneamento básico, são economizados R\$4,00 em tratamento de doenças derivadas da água –, desequilíbrio dos ecossistemas e impedem o desenvolvimento de empresas que utilizam de água potável.

Dados apresentados por Souza e Santos (2015), indicam que as despesas totais médias nas estações de tratamento brasileiras são superiores ao valor arrecadado, demonstrando assim a dificuldade do mantimento dos serviços. A falta de planejamento é evidente, com a implantação de ETEs que operam muito aquém da capacidade de projeto, devido aos baixos índices de rede coletora de esgotos, além de um desempenho, muitas vezes, insatisfatório em função das exigências pouco restritivas por parte da legislação federal. De um lado, o Brasil se preocupa em elevar índices de atendimento, mas sem promover uma gestão eficiente com a infraestrutura adequada, educação e envolvimento da população e fiscalização (SOUZA; SANTOS, 2015).

Consoante com Santos (2016), devemos deixar a visão sistêmica de viabilidade técnica e econômica que nos prende em pensamentos passados e procurar introduzir novos valores baseados em questões sociais e ambientais, sempre lembrando que o ser humano também é natureza.

A instalação de sistemas descentralizados para o tratamento de esgoto das comunidades é uma alternativa executável por se adequarem às necessidades econômicas, ambientais e sociais de cada região, possibilitando que o efluente retorne para a sua bacia de origem (MASSOUD et al, 2009; GOMES, 2015). E, muito embora, o Brasil seja um dos países pioneiros em utilização de sistemas descentralizados, como tanques sépticos, os mesmos não cumprem com sua finalidade devido à falta de análise de projetos e de acompanhamento e execução e de operação destes (CHERNICHARO, 1997).

A universalização dos serviços de saneamento, em nosso país, só poderá ser plenamente atendida com a implementação de políticas públicas sérias e privilegiar os sistemas simplificados de infraestrutura sanitária, que aliem eficiência e baixo-custo (CHERNICHARO, 1997).

O sistema centralizado apresenta discrepâncias, favorecendo parte da população que vive em cidades mais antigas e com um teor populacional elevado e isto, no nosso país, é exatamente o esperado. A demanda pelo uso dos recursos naturais em cidades de grande e médio porte aumenta de forma desigual à das de baixo porte. A partir disto, o sistema descentralizado tenta trazer soluções de aspecto e custo menores para as pequenas cidades e vilas.

Fazendo a contemplação do já apresentado, a combinação do sistema descentralizado de esgoto e o de tratamento por meio de *wetlands* construídas podem fazer a proteção do

valor de uma propriedade, colaborando com a conservação de água e mantendo o fluxo de riachos e rios dentro da microbacia hidrográfica (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Yamamoto e Canali (2012), atualmente se faz necessário compreender os sistemas e serviços naturais que correm riscos de não poderem romper o ciclo constituído pelos impactos e repostas que se manifestem na degradação das águas. Pesquisas para desenvolvimento econômico com âmbito sustentável se fazem necessárias e nestas políticas devemos considerar os importantes serviços das *wetlands*.

Os efluentes domésticos são ricos em elementos como o nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e é reputado que as plantas, em sua maioria, usufruem destes elementos para seu desenvolvimento. Assim sendo, os *wetlands* construídos são capazes de promover a depuração de águas residuárias através de uma combinação de processos químico, físico e biológicos, que incluem sedimentação, precipitação, adsorção às partículas do material filtrante, assimilação pelos tecidos das plantas e transformações microbiológicas (TREIN et al, 2015). As plantas possuem a função de adsorção de partículas, nutrientes e metais pelo seu sistema radicular, pela ação de microrganismos associados às suas rizosferas (ENEAS SALATI, 2006). As plantas cobrindo certa parcela solo também podem reduzir o potencial de erosão, visto que a erosão afeta a distribuição de matéria orgânica em toda a superfície terrestre (PATIL et al., 2018).

Segundo MacNabb (1976) e Eneas Salati (2009), a utilização dos *wetlands* construídos são recomendadas para os estágios finais do tratamento de esgoto e Eneas Salati (2006) reforça dizendo que usando um sistema integrado de *wetlands* construídas, focadas no tratamento secundário e terciário, além de termos da remoção de nutrientes, acontece também a redução da DBO e da DQO.

No entanto, no Brasil ainda não há uma tendência de padronização de uso, muito menos uma nomenclatura padronizada, sendo comum encontrar em diversas literaturas com diferentes denominações (SEZERINO et al, 2015).

O Brasil apresenta ótimas condições climáticas e ambientais para a implantação de *wetlands* construídas, e adjunto, necessita de bons programadas para suprir a carência no tratamento de águas residuárias (CUNHA; MERLIM; SEVERIANO JUNIOR, 2018).

Perante o enorme déficit sanitário, aliado ao cenário epidemiológico e ao perfil socioeconômico brasileiro, contemplamos a necessidade de sistemas simplificados e de coleta e tratamento de esgotos. Neste caso, o sistema de *wetlands* construídas se encaixa perfeitamente em nossa situação atual. No presente artigo é estabelecido um método de cálculo e implantação simplificados para melhor utilização do sistema, visando uma possível realização em cidades de pequeno, médio e grande porte. O sistema busca priorizar o déficit de saneamento básico encontrado no Brasil, aplicando materiais e sistemas construtivos baseados em bibliografias da área e fazendo especificações do método de implantação.

3 | MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 Materiais

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em material já elaborado por autores de livros, publicações periódicas e diversos, buscando fazer a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla para a aplicação do método de tratamento de esgoto descentralizado em estudo.

Por se tratar de um sistema não convencional de tratamento de esgoto, como demonstração, foi usada a ferramenta de criação 3D, Sketch Up.

3.2 Programa experimental

Sempre se atentando á ABNT NBR 12.209/2011 (Projeto de estações de esgoto sanitário) o presente método foi escolhido perante a análise a esta normativa. Os aspectos levados em consideração para a realização do manual de cálculo para este projeto são:

- Intensidade da rotina operacional (controle diário, semanal e quinzenal);
- Consumo energético (elementos eletromecânicos);
- Geração de subprodutos (lodo, espuma, odores, gases);
- Custo operacional (relaciona os itens acima);
- Possíveis falhas operacionais (descarte de lodos, limpeza de equipamentos, troca de equipamento, interrupção de energia, falha na dosagem de produtos químicos);
- Confiabilidade do processo em atender os objetivos de tratamento (legislação ambiental, água de reuso);
- Harmonia com o entorno (estética, apropriação da comunidade, percepção do usuário sobre a ETE).

A implantação do sistema de tratamento de *wetlands* construídas neste estudo foi pensada em forma de estágio dupla (Figuras 1 e 2), abrangendo o sistema secundário e terciário de tratamento de esgoto, desta forma, havendo uma ocupação de um grande espaço em terra.

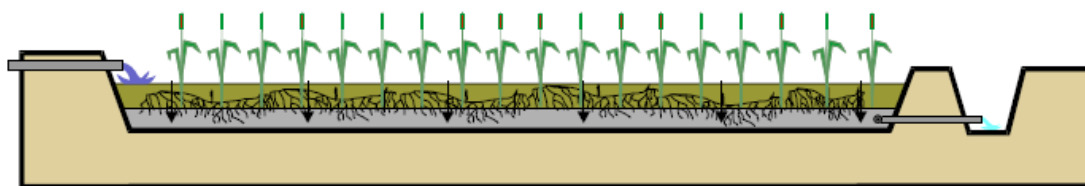


Figura 1 – Wetland de fluxo subsuperficial vertical.

Fonte: Salati et al. (2009)

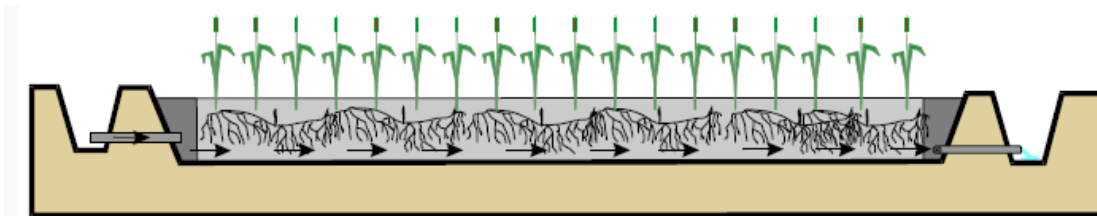


Figura 2 – Wetland de fluxo subsuperficial horizontal.

Fonte: Salati et al. (2009)

No entanto, dentro das cidades existem planos diretores que explanam a área destinada para praças e locais públicos abertos (Figuras 3 e 4), sendo assim, a inserção do projeto será feita neste tipo de espaço, logo, a execução não terá gastos fortuitos na compra de grandes extensões de terrenos em possíveis áreas nobres das cidades.



Figura 3 –Área destinada para tratamento preliminar e primário.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).



Figura 4 –Implantação de *Wetlands* Construídas em praças públicas.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).

O mapeamento do solo da região deve ser feito, fazendo a caracterização do tipo de solo, bem como resumos das propriedades do solo e condições das águas subterrâneas. Os solos são classificados por cientistas do solo com base em um complexo de características físicas e químicas. Informações sobre o solo que podem ser importantes durante o planejamento do projeto inclui a presença de solos hídricos, o qual poderia trazer uma possível restrição, posto que estamos trabalhando com efluentes com concentrações de elementos químicos danosos para a natureza (KADLEC; WALLACE, 2009).

O conhecimento do volume de efluente que estará entrando na *wetland* construída é de grande relevância para o dimensionamento da mesma, e para tal, usaremos a Tabela 1 da ABNT NBR 7229/1993 (Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante).

O tratamento preliminar, na aplicação em estudo, se dará pelo gradeamento de manutenção manual (Figuras 5 e 6), necessitando da presença de funcionários fazendo a limpeza da grade. A retirada dos sólidos grosseiros é feita por meio de grades, que podem

ser grossas, médias, finas e ultrafinas, dependendo do espaçamento nominal entre barras (NUCASE, 2008).

O dimensionamento do gradeamento deve ser conforme a ABNT NBR 12.208/1992 (Projeto de instalações elevatórias de esgoto sanitário).

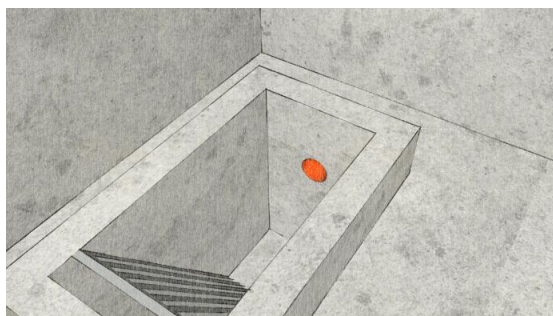


Figura 5 –Gradeamento conforme a ABNT NBR 12.208/1992.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).

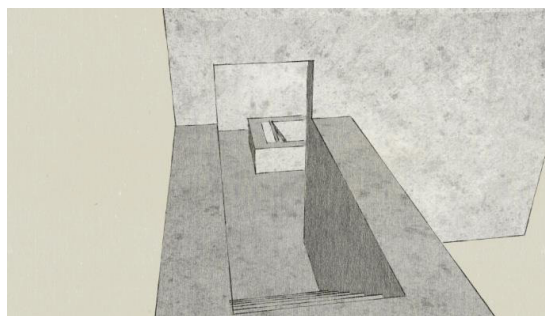


Figura 6 –Câmara do gradeamento.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).

Para realização do tratamento primário teve-se a propensão para a escolha de um sistema de alta taxa com crescimento aderido de reatores de leito fixo.

O método de cálculo para a realização do filtro anaeróbico se dá pelos seguintes passos, segundo Chernicharo (1997).

Usando a Eq. 01, calculamos a contribuição diária de esgoto (Q):

$$Q = N.C \quad (Eq. 01)$$

Onde:

Q = contribuição diária (L/dia);

N = número de habitantes;

C = coeficiente de contribuição (L/habitante.dia).

Devemos fazer a descoberta do tempo de detenção hidráulica (TDH) no filtro conforme a Tabela 1 da ABNT NBR 7229/1993 (Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária).

Em seguida, com a Eq. 02 calculamos o volume do filtro anaeróbico:

$$V = 1,80.N.C.TDH \quad (Eq. 02)$$

Sendo que:

V = volume total do filtro (m³);

N = número de pessoas ou unidades de contribuição (hab. ou unid.);

C = contribuição de esgotos, conforme a Tabela 1 da ABNT NBR 7229/1993;

TDH = tempo de detenção hidráulica dos despejos, conforme Tabela 2 da ABNT NBR 7229/1993.

Fazemos então a determinação da seção transversal do filtro com a Eq. 03.

$$A = \frac{V}{H} \quad (\text{Eq. 03})$$

Onde:

A = área do filtro (m²);

V = volume útil calculado (m³);

H = profundidade útil do filtro (1,80 m).

Para conhecermos a vazão total na saída que existe em uma *wetland*, visto que devemos dimensionar o sumidouro a partir deste dado, necessitamos fazer os cálculos de saldos globais de água. Em *wetlands* construídas para tratamento de esgoto, a adição de águas residuais é normalmente o fluxo dominante, mas sob certas circunstâncias, outras transferências de água também são importantes. Esta dinâmica é dada pela Eq. 04, a qual conseguimos conhecer a vazão de saída:

$$Q_i + Q_c + (P \cdot A) - (ET \cdot A) = Q_o \quad (\text{Eq. 04})$$

Onde:

A = área superficial da *wetland* (m²);

ET = evapotranspiração (m/d);

P = precipitação (m/d);

Q_c = taxa de escoamento de captação (m³/d);

Q_i = taxa de fluxo de águas residuais na entrada (m³/d);

Q_o = taxa de fluxo de águas residuais na saída (m³/d).

A chuva que escoar pelas bermas das *wetlands* também devem adicionadas em seu saldo global de massa de água e é dado pela Eq. 05.

$$Q_c = \psi P A_c \quad (\text{Eq. 05})$$

Onde:

Q_c = taxa de fluxo proveniente da área das bermas (m³/d);

A_c = área de superfície de captação/área da berma (m²);

ψ = coeficiente de escoamento de captação (adimensional – adotar 1,0);

P = precipitação (m).

Observações: adota-se 1,0 para o coeficiente de escoamento de captação (ψ) pois a superfície das bermas é totalmente impermeável.

Devemos encontrar o valor da evapotranspiração, conjuntamente. É dado pela Eq. 06.

$$ET = K_c [P_w^{sat}(T_w) - P_{wa}] = K_c \Delta P_w \quad (\text{Eq. 06})$$

Onde:

K_c = coeficiente de transferência de massa de vapor de água (m/d.KPa);

P_{wa} = pressão de vapor de água ambiente (KPa);

$P_w^{sat}(T_w)$ = pressão de vapor de água de saturação em T_w (KPa);

T_w = temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$).

Distintivamente, a quantidade de água no ar ambiente é um valor conhecido. É calculado com a umidade relativa vezes a pressão de saturação da água na temperatura do ar ambiente, expresso na Eq. 07.

$$P_{wa} = RH \cdot P_w^{sat}(T_{ar}) \quad (\text{Eq. 07})$$

Onde:

RH = umidade relativa (%);

T_{ar} = temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Verificou-se que o coeficiente de transporte da água é uma função linear da velocidade do vento, sendo a seguinte correlação uma das várias em uso comum (KADLEC; WALLACE, 2009), para tal, utilizamos a Eq. 08.

$$K_c = \frac{(4,82+6,38u)}{\lambda} = (10^{-3})(1,965 + 2,60u) \quad (\text{Eq. 08})$$

Onde:

u = velocidade do vento a dois metros de elevação (m/s);

$\lambda = \rho \lambda_m$ = calor latente volumétrico de vaporização de água (2,453 MJ/m³).

O valor da porosidade tem relação direta com a granulometria adotada para o meio filtrante, e deve ser consultada na literatura de materiais de construção ou nas especificações do material que será utilizado. Normalmente, o valor se encontra entre 0,30 e 0,40 (30 a 40%). Com o passar dos anos de funcionamento e o acúmulo de sólidos no meio filtrante, a porosidade pode reduzir (VON SPERLING; SEZERINO, 2018). O mesmo evento influencia no arrasto e na permeabilidade dos solos.

As *wetlands* construídas quando são aplicadas em tratamento de esgoto em nível secundário e terciário, geralmente, são compostas por areias e/ou brita. Estes materiais se tornaram os materiais mais empregados e bem qualificados; e é onde Cooper et al., (1996) e Paoli (2010) recomenda os seguintes índices físicos:

- Diâmetro efetivo (d_{10}) superior ou igual a 0,20 mm;
- Coeficiente de uniformidade ($U = d_{60}/d_{10}$) menor ou igual a 5 unidades;
- Coeficiente de permeabilidade, ou condutividade hidráulica saturada, maior ou igual a 10⁻⁴ m/s.

Para determinarmos o coeficiente de decaimento do poluente, temos a Eq. 12.

$$K_T = K_{20}(\theta)^{(T-20)} \quad (\text{Eq. 09})$$

Onde:

K_{20} = Constante de decaimento a 20 $^{\circ}\text{C}$ (d-1);

θ = Coeficiente de temperatura (e);

T = temperatura da *wetlands* construída (°C).

Os valores da constante K20 e do coeficiente de temperatura (θ) dependem do poluente a ser removido. Na Tabela 3 estão expressos os principais valores.

Tipo de wetland construído	Poluente	Temperatura (°C)	Constante de decaimento K20 (d-1)	Coeficiente de temperatura
Fluxo Subsuperficial	DBO5,20	20	1,104	1,06
	Nitrogênio amoniacal (NH4)		0,2187	1,048

Tabela 3 – Principais valores encontrados para K20 e θ para *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial.

Fonte: Adaptado de Kadlec; Wallace, 2009; Benassi et al, 2018.

Com os parâmetros pré-definidos, é possível encontrarmos a área superficial da *wetland* em estudo com a Eq. 10.

$$A_s = \frac{Q_i \cdot (\ln C_o - \ln C_e)}{Kt \cdot p \cdot n} \quad (Eq. 10)$$

Onde:

As = área superficial do leito (m²);

Qi = vazão total através do leito (m³/d);

Co = concentração do poluente no afluente – concentração de entrada (mg/L);

Ce = concentração do poluente no efluente – concentração de saída (mg/L);

Kt = coeficiente de decaimento do poluente (d-1);

N = porosidade do material filtrando (%);

P = profundidade média do filtro (m).

Segundo Benassi et al (2018), o tempo de detenção ideal para *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial deve variar entre 2 e 5 dias.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Adotando-se uma hipótese de uso em um condomínio na cidade de Cascavel – PR de 87 residências com uma média de 4 habitantes, totalizando 348 habitantes e *wetlands* construídas de 30 m X 5 m X 1,5 m.

Eq. 1

Q = N.C

Q = 348.130

Q = 45.240 L/dia

Como 90% de todo esgoto é formado por água, para determinação de vazões e área na *wetland* construída, deve-se utilizar o valor de 40.716 L/dia.

Eq. 2

$$V = 1,80.N.C.TDH$$

$$V = 1,80.348.130.0,5$$

$$V = 40.716 \text{ m}^3$$

Eq. 3

$$A = V/H$$

$$A = 45240/1,80$$

$$A = 25.133,33 \text{ m}^2$$

Eq. 4

$$Q_i + Q_c + (P.A) - (ET.A) = Q_o$$

$$40,716 + 0,177135 + (0,177135.35) - (0,046.35) = Q_o$$

$$Q_o = 45,48 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Eq. 5

$$Q_c = \psi . P.Ac$$

$$Q = 1.5,061.10-3.35$$

$$Q = 0,177135 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Eq. 6

$$ET = Kc[P_w^{sat}(T_w) - P_{wa}] = Kc\Delta P_w$$

$$ET = 0,09765.[2,339-1,8712]$$

$$ET = 0,046 \text{ m}/\text{dia}$$

Eq. 7

$$P_{wa} = RH P_w^{sat}(T_{ar}).$$

$$P_{wa} = 0,80.2,339$$

$$P_{wa} = 1,8712 \text{ KPa}$$

Eq. 8

$$Kc = (10^{-3}).(1,965 + 2,60.u)$$

$$Kc = (10^{-3}).(1,965 + 2,60.3)$$

$$Kc = 0,09765 \text{ m}/\text{dia.KPa}$$

Eq. 9

$$K_T = K_{20}(\theta)^{(T-20)}$$

$$K_{t \text{ DBO5,20}} = 1,104.1,06^{(40-20)}$$

$$K_{t \text{ DBO5,20}} = 3,54$$

$$K_{t \text{ NH4}} = 0,2187.1,048^{(40-20)}$$

$$K_{t \text{ NH4}} = 0,56$$

Eq. 10

$$A_s = \frac{Q_i . (\ln C_o - \ln C_e)}{K_t . p . n}$$

$$A_s \text{ DBO5,20} = [45,48.(133-53,2)]/(3,54.1,50.0,35)$$

$$A_s \text{ DBO5,20} = 1.952,81 \text{ m}^2$$

$$\text{As NH}_4 = [45,48 \cdot (70-20)] / (0,56 \cdot 1,50 \cdot 0,35)$$

$$\text{As NH}_4 = 7.734,69 \text{ m}^2$$

Totalizando 52 wetlands construídas. 26 wetlands de tratamento secundário e 26 wetlands de tratamento terciário.

A apresentação do presente método visa priorizar a universalização do saneamento básico e a minimização da rápida deterioração dos rios por meio de pequenas estações de tratamento com *wetlands* construídas em espaços abertos e públicos. Neste caso, o método tenta diminuir ao máximo o espaço necessário para a implantação das wetlands construídas, realizando cálculos que se aproximam da realidade. A bibliografia mostra que existe apenas um consenso entre os pesquisadores sobre qual método de cálculo é o melhor a ser aplicado, os quais podem estar gerando dúvidas em alguns casos (VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

O uso das NBRs neste projeto de implantação é de crucial importância, pois mostram que este mecanismo de tratamento de esgoto pode atender todas as legislações ambientais impostas, tanto as de intensidade da rotina operacional, consumo energético, geração de subprodutos e custo operacional, quanto a de confiabilidade do processo e harmonia com o entorno.

Muitos pesquisadores já mostram a ideia da implantação de *wetlands* construídas em meio às cidades, seja no tratamento de efluentes de uma residência ou de uma empresa, como no tratamento de águas poluídas de córregos e rios (SALATI, 2009; MATTOSO, 2014; GODINHO; GUEDES, 2017).

São apresentados grandes espaços para ocupação das wetlands. Sezerino *et al.* (2015) mostra a variação nas áreas das wetlands construídas de acordo com estudos publicados no Brasil até o ano de 2011. Neste, é mostrado que 45% de todas as wetlands construídas possuem áreas alagas ou plantadas superiores a 10m².

Um caso a destacar é a despoluição do Rio Sena, na França. Onde o governo apostou na ideia da criação do Parque 'du Chemin de L'le', na cidade de Nanterre, região metropolitana de Paris. Este parque oferece cerca de 145.000 metros quadrados para os visitantes, onde, em sua maioria territorial, é ocupada por wetlands construídas, agregando ao trabalho de despoluição urbana, um belo paisagismo (FEIJÓ, 2016).



Figura 7 –Parque 'du Chemin de L'le'em Nanterre/França

As especificações do tratamento preliminar servem para diminuir o lodo e espuma e melhorar a qualidade dos mesmos (LOBATO *et al.*, 2018). As barras devem suportar os impactos provenientes dos sólidos no afluente. Geralmente, as seções transversais são retangulares e podem ser instaladas em posição inclinada acima de 45° , sendo o mais recomendado inclinação entre os 70° e 85° , principalmente para grades finas e ultrafinas.

O tratamento primário tem o objetivo de remover sólidos suspensos que podem acabar sendo sedimentados nos processos seguintes. Os sólidos removidos são matéria orgânica, assim sendo, no tratamento primário já existe certa diminuição da DBO (GEHLING, 2017). Segundo Von Sperling (1997), o tratamento primário por sistemas anaeróbios no Brasil encontra-se com uma grande aplicabilidade, devido às vantagens inerentes e às condições climáticas existentes em nosso país.

O método de cálculo apresentado para a realização do sistema de alta taxa com crescimento aderido de reatores de leito fixo foi estipulado por Chernicharo (1997) em sua bibliografia *Reatores Anaeróbios*. Ele é descrito por ter um material de empacotamento estacionário ao quais os sólidos suspensos ainda existentes podem ficar retidos. Durante certo tempo em que a massa fica retida no meio suporte, a mesma degrada o substrato contido no fluxo de esgoto.

Não houve mudanças em seu procedimento, visto que grande parte das bibliografias mostram Chernicharo (1997) como principal autor brasileiro quando o assunto é filtros anaeróbios.

Para função de padronização do método de cálculo da wetland, o mesmo foi espelhado nas bibliografias de Metcalf; Eddy e Tchobanoglous (1991) e (2003), Kadlec; Wallace (2009), Weber (2015) e Benassi (2018).

Na equação 06 foram feitas algumas modificações em determinados coeficientes que podem não ser aplicados à realidade brasileira. Na bibliografia de Kadlec & Wallace – Treatment Wetlands de 2009, a equação 06 é utilizada para determinar os saldos globais da massa de água. No presente trabalho, a mesma foi transformada em uma equação para determinação da vazão de entrada e saída.

Na mesma equação 06 foram retirados os coeficientes de infiltração para os lençóis

freáticos; visto que estamos trabalhando com bancas feitas de concreto não poroso; e o coeficiente de degelo; pois no Brasil a ocorrência de neve ou congelamento é esporádica e com pouca previsibilidade (FUENTES, 2009).

A quantidade e o tempo do afluente a ser tratado é um importante item no design de uma wetland construída. Essas informações devem incluir a possível sazonalidade dos fluxos e a progressão antecipada dos mesmos ao longo da vida útil do projeto. É de costume planejar uma expectativa de vida de 20 anos para estações de tratamento de águas residuais convencionais, porque o equipamento mecânico geralmente se desgasta durante esse período. Mas as wetlands podem continuar a funcionar por períodos muito mais longos do que duas décadas (KADLEC; WALLACE, 2008).

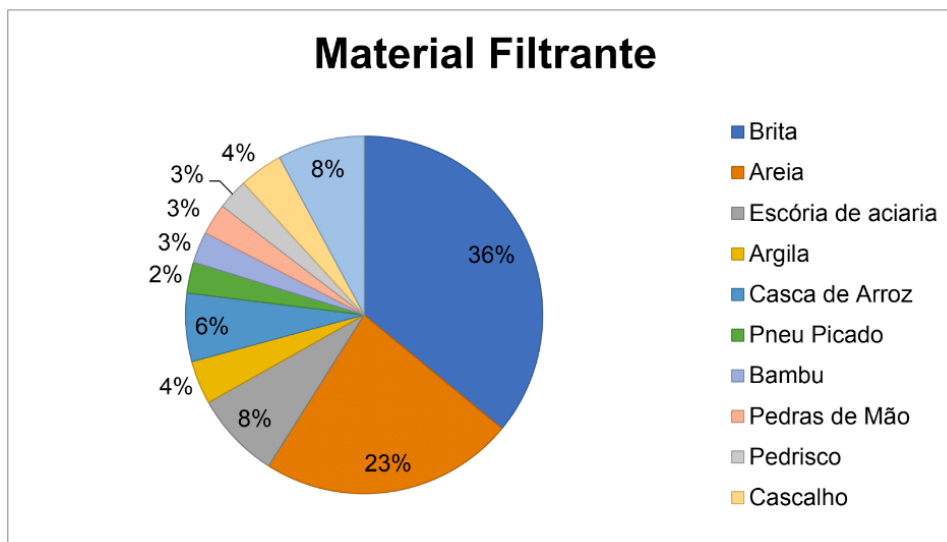
Segundo Von Sperling (1997), devemos considerar também a degradação dos materiais postos na construção dos filtros, visto que estamos trabalhando com subprodutos altamente agressivos. Desta forma, os materiais empregados devem atender ao requisito básico de resistir à corrosão.

A velocidade do fluido dentro da wetland tem relação direta com o tempo de detenção da mesma. De acordo com Metcalf & Eddy e Tchobanoglous (1991), a velocidade do fluxo do afluente não deve ultrapassar 6,8m/dia, devido a tentativa de minimização da distribuição localizada de biofilmes.

O tempo de detenção hidráulica significa o tempo que o esgoto permanece dentro do sistema de tratamento. Sendo assim, o TDH é um parâmetro que tem influência direta na eficiência do sistema. No entanto, é recomendável testar diferentes TDH no sistema, de acordo com cada poluente e o seu foco de remoção (BENASSI *et al.*, 2018).

A escolha do material poroso na wetland construída deve evitar o acontecimento da colmatação, fazendo a distribuição uniforme no sistema, assim impossibilitando a formação de caminhos preferenciais, gerando uma espécie de gradeamento e contenção adequadas (DOTRO *et al.*, 2017; SCHIMIDT, 2018).

A Figura 8 mostra uma pesquisa feita por Sezerino *et al.* (2015), onde são agrupados quais os tipos de materiais filtrantes mais empregados em wetlands construídas.



Fonte: Adaptado de Sezerino et al., 2015

Os subprodutos gerados pela estação de tratamento das *wetlands* são o lodo, a espuma, odores, gases e o efluente resultante. A gestão do uso de lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto poderá ser totalmente destinada para uso agrícola, onde as propriedades químicas e biológicas do lodo têm função de adubamento para cultivos em geral (BITTENCOURT; AISSE; SERRAT, 2017; BASTOS *et al.*, 2007).

Segundo a resolução do CONAMA 375 (BRASIL, 2006), a espuma não pode ser utilizada como adubo junto com o lodo. Ela depende do tipo de composição bruta do esgoto, dado que estamos falando de esgotos domésticos e comerciais, tratamos de detritos como cabelo, cotonetes, papel higiênico, plásticos, óleos e graxas (O&G) (LOBATO *et al.*, 2018). No entanto, em um experimento feito por Ross (2015), é relatado que o lodo e a espuma podem ser gerenciados de forma conjunta, visto que os dois possuem substratos semelhantes.

O biogás resultante do reator é um composto gasoso constituído, em média, por 59% de gás metano (CH₄), 40% de gás carbônico (CO₂) e 1% de gases-traço, dentre eles o gás sulfídrico (H₂S). Resultado da degradação anaeróbica, o biogás é considerado um recurso renovável, porque faz parte do ciclo biogeoquímico do carbono (BLEY JR., 2015).

O biogás gerado apresenta inúmeras possibilidades para seu uso (LIMA; PASSAMANI, 2012). No estudo em específico, o subproduto poderá ser convertido em energia elétrica, assim possibilitando a iluminação da praça em que o sistema foi implantado.

Os gases odorantes emitidos por ETEs são, tradicionalmente, um aspecto ambiental e social negativo, que desenvolve uma cultura de repúdio quando tratamos de empreendimentos do setor de saneamento em áreas urbanas (BRANDT; SOUZA; CHERNICHARO, 2017).

As considerações a serem feitas para a implantação do projeto, na tentativa de minimizar os gases odorantes são:

- Optar por entradas submersas em vez de quedas hidráulicas (BRANDT; SOUZA; CHERNICHARO, 2017);
- Prevenir a disposição de sólidos e do estabelecimento de zonas com gradientes de velocidade baixos ou nulos (METCALF & EDDY & TCHOBANOGLOUS, 1991; USEPA, 1985);
- Adição de oxidantes fortes, como o KMnO_4 (permanganato de potássio) ou NaMnO_4 (permanganato de sódio), pois estes reagem preferencialmente com os sulfetos (WERF, 2007) e;
- Realizar a exaustão e o insulfamento dos gases restantes dentro da área visível (WERF, 2007).

O efluente resultante deste modelo de tratamento deverá passar por uma caixa de inspeção do controle de nível de vazão e após, a água poderá ser dissipada por meio de infiltração, assim possibilitando o retorno da mesma para sua bacia de origem.

O sumidouro deve atender ao documento emitido pela FUNASA do ano de 2013: “Especificações técnicas para a construção de melhorias sanitárias domiciliares”. Onde é orientado quais os melhores materiais de construção, método construtivo e a manutenção do sumidouro. Devemos nos atentar também à NBR ABNT 13.969/1997, a qual especifica as utilizações dos sumidouros.

A resolução do CONAMA 430 (BRASIL, 2011) esplanava sobre as concentrações padrões para lançamento de efluentes. Então antes de fazer o lançamento do efluente para galerias subterrâneas, o mesmo deve estar de acordo.

5 | CONCLUSÕES

É notável que a aplicação de wetlands construídas em meio a centros urbanos possui grande potencial, mas necessitamos de políticas públicas e privadas para que isto deixe de ser apenas uma pesquisa e torne-se um projeto piloto financiado por empresas do ramo e pelas empresas responsáveis pelo saneamento urbano.

Podemos concluir que as pesquisas sobre wetlands construídas, no Brasil, ainda são escassas. Possuímos a comprovação da eficiência de tratamento dos afluentes, mas em cada uma das pesquisas os métodos são diferentes.

As leis e resoluções do CONAMA relacionadas às taxas permitidas de emissão de poluentes em corpos hídricos devem ser revistas, pois já estão defasadas tanto em tempo de publicação (última resolução foi disposta em 2011) quanto nas concentrações permitidas, visto que os padrões permitidos no Brasil são extremamente mais altos do que os permitidos na Europa. Atualmente, os potenciais poluidores dos corpos hídricos estão relacionados à agricultura e aos efluentes teoricamente tratados que em muitos dos casos são extremamente danosos à saúde.

O método de cálculo presente neste artigo se mostra compatível com a realidade

brasileira, mas para comprovação efetiva deste necessitamos de trabalhos futuros que realizem este método em escala piloto.

Existem documentos e bibliografias com o consenso de pesquisadores da área, porém, necessitamos de uma padronização de um método de cálculo e de um método construtivo para cada tipo de afluente a ser tratado. Aprofundando pesquisas com diferentes tipos de macrófitas, tempo de detenção, materiais filtrantes e outros aspectos do projeto.

REFERÊNCIAS

ANJOS JUNIOR, Ary Haro dos. **Gestão Estratégica do Saneamento**. Barueri: Manole, 2011. (Sustentabilidade).

ARCHELA, Edison et al. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Geografia**, Londrina, v. 12, p.517-526, jun. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.208: Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário**. São Paulo. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. São Paulo. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. São Paulo. 1993.

BASTOS, Rafael K.x.; ASSUNÇÃO, Fernando A. L.; ROSA, André Pereira; HENRIQUE, César Sperchi; SOUZA, Antônio Carlos de. **GERENCIAMENTO DO LODO EM UM SISTEMA UASB + BF. Iv-bastos-brasil-2**. Viçosa, p. 311-321. abr. 2007.

BENASSI, Roseli Fredering. Universidade Federal do Abc (Org.). **Manual de Sistemas de Wetlands Construídas Para o Tratamento de Esgotos Sanitários**. Santo André, 2018. 55 p.

BITTENCOURT, Simone; AISSE, Miguel Mansur; SERRAT, Beatriz Monte. **Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto**: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 6, p.1129-1139, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO).

BLEY JR., C. Biogás- A energia invisível. 2ª ed. **Revista e Ampliada**. São Paulo: CIBiogás: Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015.

BRANDT, Emanuel Manfred Freire; SOUZA, Cláudio Leite; CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos. **Alternativas para o controle de odores e corrosão em sistemas de coleta e tratamento de esgoto**. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.611-623, ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO).

BRASIL, **Resolução CONAMA nº375**, de 29 de Agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. 30 de Agosto de 2006.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº430**, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicado no D.O.U. 16 de Maio de 2011.

BRASIL. Izabella Teixeira. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório de Gestão e de Resultados: 2010 - 2016**. Brasília, 2016. 236 p.

BURIAN, Steven J. et al. Urban Wastewater Management in the United States: Past, Present and Future. **Journal Of Urban Technology**. London, p. 33-62. dez. 2000.

CESAN - COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO, 2013, Vitória. **Apostila Tratamento de Esgoto**. Vitória: Cesan, 2013. 15 p.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores Anaeróbios**. Minas Gerais: Segrac, 1997. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias).

COOPER P. F., JOB G. D., GREEN B., SHUTES R. B. E. **Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment**. Wrc publications. 184pp. Swindon, United Kingdom, 1996.

CUNHA, Diego de Oliveira da; MERLIM, Rodolpho Lopes; SEVERIANO JUNIOR, Ely. O Uso do Tratamento de Esgoto Sustentável: O Estado da Arte das Wetlands. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v. 10, n. 2, p.143-163, 30 set. 2018. Revista de Administração e Negócios da Amazônia.

DOTRO, Gabriela; LANGERGRABER, Günter; MOLLE, Pascal; NIVALA, Jaime; PUIGAGUT, Jaume; STEIN, Otto; VON SPERLING, Marcos. **Treatment Wetlands**. *Water Intelligence Online*, [s.l.], v. 16, 2017. IWA Publishing.

ENEAS SALATI (Brasil). Fundação Brasileira Para O Desenvolvimento Sustentável. **Controle de Qualidade de Água Através de Sistemas de Wetlands Construídos**. Rio de Janeiro, 2006. 19 p.

ENEAS SALATI (São Paulo). Instituto Terramax - Consultoria e Projetos Ambientais Ltda. **Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas Para Tratamento de Águas**. Piracicaba, 2009. 23 p.

FEIJÓ, Catarina Schmitz. **A UTILIZAÇÃO DE WETLANDS NO PAISAGISMO E DESENHO URBANO: PARQUE NA FRANÇA CONTRIBUI PARA A DESPOLUIÇÃO DO RIO SENA**. *Ecotelhado*, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-6, ago. 2016.

FUENTES, Márcia Vetromilla. **Dinâmica e Padrões da Precipitação de Neve no Sul do Brasil**. 2009. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento: Orientações Técnicas**. Brasília: Brasil, 2004. 408 p.

GEHLING, Gino. DEPARTAMENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS, 2017, Rio Grande do Sul. **Lodos Ativados**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2017. 27 p.

GODINHO, Marina Soares; GUEDES, Juliana da Silva e Mascarenhas. **WETLANDS CONSTRUÍDOS: ESTUDO DE CASO Parc du Chemin de l'île E APLICABILIDADE EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS SOB A PERSPECTIVA DA ECOLOGIA E ECONOMIA**. In: IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 9., 2017, Belo Horizonte. **RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**. Belo Horizonte: Sbea, 2017. p. 1 - 10.

GOMES, Bianca Graziella Lento Araujo. **Tratamento de Esgoto de Pequena Comunidade Utilizando Tanque Séptico, Filtro Anaeróbio e Filtro de Areia**. 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

KADLEC, Robert H.; WALLACE, Scott D. **Treatment Wetlands**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2009.

LIMA, Ana Carolina Guedes; PASSAMANI, Fernanda Caliman. **AVALIAÇÃO DOPOTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS PRODUZIDO NO REATOR UASB DA ETE-UFES**. 2012. 106 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

LOBATO, Livia Cristina da Silva; RIBEIRO, Thiago Bressani; SILVA, Bruno Sidnei da; FLÓREZ, Carlos Andrés Días; NEVES, Priscilla Natalie Pereira; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 3: Gerenciamento de lodo e espuma**. *Revista Dae*, [s.l.], v. 66, n. 214, p.30-55, 2018. Revista DAE.

MACNABB, C. D. The potential of submerged vascular plants for reclamation of wastewater. **Biological Control of Water Pollution**. J. Tourbier and R. W. Pearson, Eds. The University Press, Philadelphia, 1976, 120p.

MASSOUND, M. A.; TARHINI, A.; NARS, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Ensevier: Journal of Environmental management**. v.90, p.652- 659, 2009.

MATTOSO, Fernando Dell'agnolo B.. **Estudo de eficiência de Wetland no córrego Pirajussara**. 2014. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

METCALF & EDDY & TCHOBANOGLIOUS **Wastewater engineering. Treatment, disposal, and reuse**. 3 Ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc. International Edition, 1991. 1334p.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: Treatment and reuse**. 4. ed. Revised by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. McGrawHill, New York, 2003, 1819p.

NUCASE – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental **Esgotamento Sanitário: Processos de Tratamento de Esgoto**. Brasília: ReCESA, 2008. 72 p.

OLIVEIRA, JL. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, p.213-232, 2013.

PAOLI, André Cordeiro de. **Análise de Desempenho e Comportamento de Wetlands Horizontais de Fluxo Subsuperficial Baseado em Modelos Hidráulicos e Cinéticos**. 2010. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

PARASKEVAS, P.A., GIOKAS, D.L., LEKKAS, T.D., Wastewater management in coastal urban areas: the case of Greece. **Water Science and Technology**, v.46, n.8, p. 177–186, 2002.

PATIL, Yashashri et al. Design of Sewage Treatment Plant Units For St. John College Campus. **International Journal Of Scientific Research Engineering & Technology**, Palghar, p.177-181, mar. 2018.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamento para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. (Coleção Ambiental).

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; ROLIM, Neide Duarte. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, p.7-33, jan/jul. 2017.

ROSS, Bárbara Zanicotti Leite. **ESCUMA DE REATORES ANAERÓBIOS TRATANDO ESGOTOS DOMÉSTICOS EM ESCALA REAL: PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE PARÂMETROS PARA SEU GERENCIAMENTO**. 2015. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SANTOS, Daniel Costa dos. **Saneamento Para Gestão Integrada das Águas Urbanas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SCHMIDT, Augusto Frederico Junqueira. **Avaliação de Comportamento Hidrodinâmico em Wetland Horizontal de Fluxo Subsuperficial**. 2018. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SEZERINO, Pablo Heleno et al. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p.151-158, mar. 2015.

SEZERINO, Paulo Heleno et al. **Wetlands Construídos Aplicados no Tratamento de Esgoto Sanitário: Recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção**. Tubarão: Ministério da Saúde, 2018. 56 p.

SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE WETLANDS CONSTRUIDOS, 2., 2015, Curitiba. **Dimensionamento de Wetlands Construídas em Sistemas Individuais de Tratamento de Esgoto Sanitário**. Curitiba: Wetlands Brasil, 2015. 9 p.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: Brasil, 2017. 226 p.

SOUZA, Michelle Matos de; SANTOS, Ana Silvia Pereira. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês - DVP: Dutch Visitors Programme. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p.387-395, jun. 2016.

THAME, Antônio Carlos Mendes. Fundamentos e antecedentes. In: THAME, A. C. M. (Org.). **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: Igual, 2000. p.11-16.

TREIN, Camila Maria; PELISSARI, Catiane; HOFFMANN, Heike; PLATZER, Christoph Julio; SEZERINO, Pablo Heleno. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 351-367, out/dez. 2015.

USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. (1985) **Design manual: odor and corrosion control in sanitary sewerage systems and treatment plants**. Washington, D.C.: Center for Environmental Research Information. 132p.

USEPA. United States environmental protection agency. **Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) wastewater treatment systems. An introduction to management tools and information for implementing EPA's Management guidelines**. 2005. USEPA: EPA.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução À Qualidade Das Águas e Ao Tratamento de Esgotos**. 2. ed. Minas Gerais: Segrac, 1996. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias).

VON SPERLING, Marcos; SEZERINO, Pablo H.. **Dimensionamento de Wetlands Construídos no Brasil**: Documento de Consenso Entre Pesquisadores e Praticantes. Florianópolis: Wetlands Brasil, 2018. (Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos Aplicados ao Tratamento de Águas Residuárias).

WEBER, Conrado Folle. **Proposta de Dimensionamento e Implantação de Wetland Construído em Sistema Individual de Tratamento de Esgoto Sanitário**. 2015. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Processos Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

WERF – Water Environment and Reuse Foundation. (2007) **Minimization of odors and corrosion in collection systems (phase 1)**. Report 04-CTS-1. Alexandria: Water Environment Research Foundation. 232.

WINBLAD, Uno; SIMPSON-HÉBERT, Mayling. **Ecological Sanitation**: Revised and Enlarged Edition. 2. ed. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 2004.

YAMAMOTO, Celia Regina Gapski; CANALI, Naldy Emerson. Importância das wetlands para a qualidade das águas na região metropolitana de Curitiba - PR. **Geografar**, Curitiba, v. 7, n. 1, p.161-189, jun. 2012.

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO NO MODELO DE AUTODEPURAÇÃO UTILIZANDO EFLUENTES DE LATICÍNIO

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 27/03/2020

Duwylio Moraes Guedes

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7225911553670229>

Francisco Javier Cuba Teran

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3433455726987770>

Priscila Gracielle dos Santos Aguiar

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1498356490419463>

RESUMO: As limitações de estudos mais aprofundados e específicos acerca dos efluentes industriais levam cada vez mais os profissionais a utilizarem de parâmetros que destoam da realidade, pelo fato de adotarem coeficientes tabelados que nem sempre refletem a real característica de tais efluentes. O presente trabalho teve por objetivo principal determinar o coeficiente de desoxigenação

(K_1) no corpo receptor que recebe efluentes de uma indústria láctea situada no interior de Goiás. Também foi realizado o estudo de autodepuração utilizando o método de Streeter-Phelps, onde foi possível analisar as diferenças entre o coeficiente teórico e experimental. O Coeficiente de desoxigenação teórico foi adotado pela literatura de Von Sperling para esgoto tratado secundário, variando entre $0,12 \text{ d}^{-1}$ (mínimo), $0,18 \text{ d}^{-1}$ (médio) e $0,24 \text{ d}^{-1}$ (máximo), sendo que esses valores foram corrigidos em função da temperatura do efluente resultando em $K_1^{26^\circ\text{C}} = 0,16 \text{ d}^{-1}$, $0,24 \text{ d}^{-1}$ e $0,32 \text{ d}^{-1}$, respectivamente. Já o coeficiente experimental foi determinado pelo Método de Thomas. O resultado encontrado do coeficiente K_1 corrigido em função da temperatura resultou em $K_1^{26^\circ\text{C}} = 0,46 \text{ d}^{-1}$. Com o estudo de modelagem da autodepuração, foi possível verificar que o efluente industrial teve maior impacto no corpo receptor, o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental apresentou valores menores de concentração crítica de oxigênio dissolvido e conseqüentemente após a zona de decomposição ativa houve uma gradual melhora na recuperação do oxigênio dissolvido utilizando o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental, isso levou a recuperação das características iniciais da zona de águas limpas em uma distância menor em comparação com os $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teóricos.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de desoxigenação, DBO, Streeter-Phelps, autodepuração, corpo receptor.

ASSESSING THE INFLUENCE OF THE DEOXYGENATION COEFFICIENT ON THE SELF-DEPURATION MODEL THROUGH THE EFFLUENTS OF A DAIRY PLANT

ABSTRACT: The limitations of in-depth specific studies about industrial discharges have led more and more professionals to make use of parameters that clash with reality, due to the adoption of tabulated coefficients which do not always correspond to the real characteristics of the aforementioned effluents. This study aims above all to determine the deoxygenation coefficient of the water body that receives the discharges of a dairy plant in the interior of the state of Goiás. A self-depuration study was also conducted along the lines of the Streeter-Phelps method, thanks to which it was possible to analyze the differences between the theoretical and experimental coefficients. The theoretical deoxygenation coefficient used was that found in the literature of Von Sperling for secondary treatment wastewater, varying between 0,12 d⁻¹ (minimum), 0,18 d⁻¹ (medium) and 0,24 d⁻¹ (maximum), in which each of these values was corrected on the basis of the temperature of the effluent, resulting in $K_1^{26^\circ\text{C}} = 0,16 \text{ d}^{-1}$, 0,24 d⁻¹ e 0,32 d⁻¹, respectively. As for the experimental coefficient, it was determined using the Thomas method. The figure found for coefficient K_1 corrected on the basis of the temperature resulted in $K_1^{26^\circ\text{C}} = 0,46 \text{ d}^{-1}$. Thanks to the self-depuration data modeling, it was possible to establish that the industrial discharge had the major impact on the receiving water body, the experimental $K_1^{26^\circ\text{C}}$ showed a smaller amount of critical concentration of dissolved oxygen and consequently, after the active decomposition zone, there was a gradual improvement in the levels of the dissolved oxygen by means of the experimental $K_1^{26^\circ\text{C}}$, which in turn led to the restoration of the initial characteristics of the clean waters zone in an area smaller when compared with the theoretical $K_1^{26^\circ\text{C}}$.

KEYWORDS: Deoxygenation coefficient, BOD, Streeter-Phelps, Self-depuration, Water body.

INTRODUÇÃO

A crescente poluição dos corpos hídricos exige esforços cada vez maiores para o controle dessa poluição. Uma das formas de se controlar a poluição é estudar e conhecer a capacidade de autodepuração do corpo hídrico, estimando a quantidade de efluentes tratados que o rio é capaz de receber sem que suas características naturais sejam prejudicadas, sempre observando as leis pertinentes em todos os âmbitos da federação. A depender do tipo de efluente a ser lançado no corpo hídrico e do grau de tratamento, pode existir uma variação na forma em que esse efluente se comportará ao entrar em contato com o manancial, sendo de grande importância neste processo, o coeficiente de desoxigenação (K_1), utilizado para a modelagem de autodepuração pelo método de

Streeter-Phelps.

O lançamento dos despejos de efluentes tratados em um curso d'água tem como consequência o consumo de oxigênio dissolvido no corpo receptor. Isso se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração. A diminuição da concentração do oxigênio dissolvido tem diversas implicações do ponto de vista ambiental, constituindo-se em um dos principais problemas de poluição das águas (HESPANHOL, 2009).

A proteção dos recursos hídricos envolve o monitoramento e a avaliação de sua qualidade ao longo dos rios, estabelecendo metas e controlando as descargas de poluentes, de forma que um nível aceitável da qualidade da água seja mantido. Sendo assim, a compreensão da autodepuração dos corpos d'água constitui um elemento básico para a adoção dessas medidas e ações.

A autodepuração é um processo natural, no qual cargas poluidoras biodegradáveis, lançadas em um corpo d'água são atenuadas. De acordo com Von Sperling (2014), pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, em que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, ou seja, a busca pelo estágio inicial encontrado antes do lançamento de efluentes, é realizada por mecanismos essencialmente naturais.

O modelo de Streeter-Phelps é um método que consiste em auxiliar na modelagem do processo de autodepuração, levando em consideração as características do corpo hídrico e da carga orgânica de entrada. No estudo da autodepuração é contemplado o coeficiente K_1 , no qual descreve a taxa de desoxigenação do efluente, podendo este variar de acordo com o tratamento aplicado e as características do efluente.

Conforme Von Sperling (2014), o coeficiente de desoxigenação (K_1) varia conforme a Tabela 1 e o coeficiente de reaeração (K_2) varia conforme Tabela 2.

Origem	K_1 (dia ⁻¹)
Efluente secundário	0,12 – 0,24

Tabela 1. Valores genéricos do coeficiente K_1 (base e, 20°C)

Fonte: VON SPERLING, 2014. Adaptado.

Corpo d'água	K_2 (dia ⁻¹) Profundo	K_2 (dia ⁻¹) Raso
Rios rápidos	0,69	1,15

Tabela 2. Valores típicos do coeficiente K_2 (base e, 20°C)

Fonte: VON SPERLING, 2014. Adaptado.

O coeficiente de desoxigenação (K_1) é um parâmetro de grande importância na modelagem do oxigênio dissolvido. Ele depende do tipo e concentração da matéria

orgânica, da temperatura e da presença de substâncias inibidoras, além do nível de tratamento (NUNES, 2008). A partir disto, a presente pesquisa buscou estudar o efeito da variação do valor de K_1 na autodepuração do corpo receptor a partir do lançamento do efluente de uma indústria láctea situada no interior de Goiás, e comparar o valor experimental com os valores reportados pela literatura.

O método utilizado para o cálculo do coeficiente K_1 experimental foi o Método de Thomas, conhecido como Método gráfico de Thomas, baseado na similaridade da função $(1 - 10^{-kt})$ com a função $2,3kt[1+(2,3/6)k.t]^{-3}$, obtida por meio de desenvolvimentos matemáticos de $f(t)=10^{-kt}$, justificados por meio da série de expansões de Mc Laurin (MCGHEE, 1991 *apud* ARAGÃO, 2016). Após rearranjos, tem-se que a Equação 1 expressa pelos pares coordenados é linear.

$$\left(\frac{t}{y}\right)^{1/3} = (2,3.K_1.L)^{-1/3} + \left[\frac{K_1^{2/3}}{3,43.L^{1/3}}\right].t \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

y = DBO medida no intervalo de tempo t , mg.L^{-1} ;

K_1 = coeficiente de desoxigenação na base 10, dia^{-1} ;

L = DBO máxima exercida ou $\text{DBO}_{\text{ÚLTIMA}}$, mg.L^{-1} .

Então elabora-se um gráfico de valor $(t/y)^{1/3}$ versus t , onde a reta de melhor ajuste pode ser obtida pelo ajuste de regressão linear. O valor de K_1 é gerado por meio do coeficiente angular da reta e intersecção com o eixo das coordenadas. A partir daí, temos a Equação 2.

$$Z = a + b.t \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

- $Z = \left(\frac{t}{y}\right)^{1/3}$
- $a = (2,3.K_1.L)^{-1/3}$
- $b = \left[\frac{K_1^{2/3}}{3,43.L^{1/3}}\right]$

Em posse de Z pode-se plotar um gráfico em função de t . A inclinação “ b ” e a ordenada na origem “ a ”, da linha de melhor ajuste dos dados, podem ser usadas para calcular K_1 e L por meio das Equações 3 e 4.

$$K_1 = 2,61 \frac{b}{a} \quad \text{equação (3)}$$

$$L = \frac{1}{2,3Ka^3} \quad \text{equação (4)}$$

Pelo fato de o coeficiente K_1 encontrado pelo Método de Thomas estar em base 10, há a necessidade de efetuar a correção para incluí-lo no método de Streeter-Phelps, que usa o coeficiente com base e. Esta correção é dada pela Equação 5.

$$K_1(\text{base } 10) = \frac{K_1(\text{base } e)}{2,303} \quad \text{equação (5)}$$

Logo, tem-se o cálculo para base e, conforme Equação 6:

$$K_1(\text{base } e) = K_1(\text{base } 10) \cdot 2,303 \quad \text{equação (6)}$$

Meneses (2006) destaca que devido a interferência exercida pelo nitrogênio, as observações diárias da DBO não podem ultrapassar os primeiros dez dias. Portanto, para a utilização do método foi observado DBO durante cinco dias consecutivos.

A influência da variação do coeficiente de desoxigenação pode ser observada por meio do comparativo das diferentes zonas de autodepuração, conforme Braga et al (2005) existe essencialmente quatro zonas de autodepuração (zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas).

A zona de águas limpas à montante do lançamento em geral é uma região com elevada concentração de oxigênio dissolvido (OD) e vida aquática é superior às demais zonas, considerando que não há focos de poluição e de despejos de esgotos anterior a este ponto.

Assim que é introduzido os efluentes tratados no curso d'água, é iniciada a zona de degradação, que está localizada à jusante do ponto de lançamento dos efluentes tratados. Sua característica é a diminuição inicial na concentração de OD e sedimentação de parte da matéria sólida. Nessa zona podem existir seres vivos que vêm em busca de alimentos devido a elevada quantidade de bactérias e fungos, mas poucas algas devido à dificuldade de penetração da luz, em virtude da turbidez da água.

Uma vez terminada a zona de degradação, o rio dá espaço à zona de decomposição ativa, que é o trecho do rio em que a concentração de oxigênio dissolvido atinge o seu valor mínimo, podendo em alguns casos ser totalmente consumida, denominada de concentração crítica (C_c) e que está associada ao tempo crítico (T_c) e distância crítica (d_c), ou seja, o tempo crítico ou distância crítica é o ponto do perfil longitudinal onde há o menor valor de OD em todo trecho analisado. Nos casos onde há o consumo total do OD, tem-se condições de anaerobiose. Nessa zona, a quantidade de bactérias e

fungos diminuí, havendo também uma redução ou mesmo a eliminação da quantidade de organismos aeróbios.

Após a zona de decomposição ativa, o curso d'água entra na zona de recuperação. Nessa região, ocorre um aumento na concentração de OD, devido os efeitos de reaeração acabar predominando sobre os efeitos da desoxigenação. A água apresenta uma aparência mais clara e percebe-se uma gradual melhora, contudo pode ser observado a presença de algas devido a presença de nutrientes. A vida aquática começa a ser reestabelecida e há presença de organismos mais resistentes, similares aos da zona de degradação.

Por fim, após a zona de recuperação, o rio retorna à zona de águas limpas. Apresentando características similares da região à montante do lançamento e a concentração de OD está próxima a de saturação, devido ao baixo consumo pela comunidade microbiana e à possível elevação de algas. O ecossistema encontra-se estável novamente e a vida aquática pode ser reestabelecida. Todavia, isso não significa que o rio esteja totalmente livre de organismos patogênicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Efluente utilizado na pesquisa

A indústria láctea escolhida para esta pesquisa atua na produção de diversos produtos derivados do leite, dentre esses produtos estão: leite condensado, requeijão cremoso, composto lácteo, leite em pó, queijo muçarela e queijo prato. Possui uma área total de 200.000 m², 21.000 m² de área construída e capacidade mensal de processamento de 800 toneladas de soro e de leite em pó.

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da indústria é composta por tratamento preliminar (gradeamento, desarenador e medidor Parshall), lagoa anaeróbia e lagoa facultativa. Está em processo de implantação pelos técnicos responsáveis da ETE, um sistema físico-químico de Flotação por Ar Dissolvido (FAD) que será instalado antes da lagoa anaeróbia, visando a melhoria do tratamento e a qualidade do efluente final.

A coleta do efluente tratado foi realizada na saída da lagoa facultativa, em uma caixa de reunião dos efluentes que saem da lagoa, por meio de amostragem simples. Logo após a coleta, o efluente tratado foi disposto em recipientes adequados e encaminhados para laboratório para realização das leituras diárias de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), conforme Tabela 5.

Foi coletada amostra simples in loco do rio à montante do despejo, conforme Figura 1. O critério para definição do ponto de coleta foi devido ser um trecho retilíneo mais próximo da montante do lançamento do efluente tratado, facilitando assim a coleta de amostra. A amostra foi devidamente identificada e refrigerada e sua entrada em laboratório ocorreu 5 horas após a coleta.



Figura 1. Pontos de lançamento do efluente e coleta de amostras do rio

Fonte: Google Earth – adaptado pelos autores.

Os procedimentos de análise seguiram o Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater (SMWW) – APHA/AWWA/WEF, 23^a edição, 2017 e os resultados de suas análises seguem na Tabela 3 e Tabela 4.

As amostras do rio e do efluente foram encaminhadas sob refrigeração adequada até as dependências da empresa Microlab Ambiental, onde foram feitas todas as análises laboratoriais dispostas nesta pesquisa.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros laboratoriais das amostras do manancial, coletadas à montante do lançamento do efluente tratado, no Ponto 1, conforme Figura 1.

PARÂMETROS	REFERÊNCIA	RESULTADO
Oxigênio Dissolvido	SMWW 4500 – G	7,00 mg.L ⁻¹
DBO 5 dias à 20°C	SMWW 5210 B	< 2,0 mg.L ⁻¹

Tabela 3. Parâmetros, Técnicas Analíticas e Resultados – Manancial à montante do lançamento

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros laboratoriais das amostras do efluente tratado, coletado à jusante da lagoa facultativa, sem considerar a filtração de algas e sólidos suspensos.

PARÂMETROS	REFERÊNCIA	RESULTADO
DBO 5 dias à 20°C	SMWW 5210 B	527 mg.L ⁻¹
Demanda Química de Oxigênio	SMWW 5220 D	940 mg.L ⁻¹

Tabela 4. Parâmetros, Técnicas Analíticas e Resultados – Efluente Tratado

Fonte: Elaborada pelos autores.

Coeficiente de Desoxigenação (K_1) Teórico

O efluente de estudo pode ser considerado como proveniente de tratamento secundário, pois é efluente de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. Portanto foram

utilizados valores variando entre 0,12 e 0,24 d⁻¹, conforme apresentado na Tabela 1.

Como os coeficientes são para 20 °C, os mesmos foram corrigidos para a temperatura de 26°C utilizando-se o valor de $\theta = 1,047$. A interpretação da constante θ é de que o valor K_1 aumenta 4,7% a cada acréscimo de 1°C na temperatura do efluente (VON SPERLING, 2014), conforme Equação 7.

$$K_1^{26^\circ\text{C}} = K_1^{20^\circ\text{C}} \cdot 1,047^{(26-20)} \quad \text{equação (7)}$$

Os valores corrigidos mínimo, médio e máximo do coeficiente K_1 teórico para o efluente secundário estão representados na Tabela 5.

Esta pesquisa utilizou os três coeficientes para melhor representar o efluente teórico e fazer um comparativo entre os limites desta faixa teórica. O K_1 médio foi obtido por meio da média aritmética dos valores mínimo e máximo, 0,12 e 0,24, respectivamente, com o objetivo de efetuar a comparação da faixa média teórica em relação ao K_1 experimental.

$K_1^{20^\circ\text{C}}$ (dia ⁻¹)	$K_1^{26^\circ\text{C}}$ (dia ⁻¹)
0,12 (mínimo)	0,16
0,18 (médio)	0,24
0,24 (máximo)	0,32

Tabela 5. Coeficientes K1 corrigidos em função da temperatura (Efluente secundário)

Fonte: Elaborada pelos autores.

Oxigênio Dissolvido no Rio (OD_m)

Outra variável medida in loco foi a concentração do Oxigênio Dissolvido (OD) no rio à montante do lançamento do efluente tratado (OD_m). Medido com o equipamento “Water Quality Meter”, que apresenta uma faixa de medição de 0 a 20 mg.L⁻¹ com resoluções de 0,01 mg.L⁻¹ e exatidão de +/- 0,7 %.

Para isto, foi coletada uma amostra de água à montante do lançamento e de forma imediata foi feita a leitura do Oxigênio Dissolvido com o equipamento.

Conforme a leitura no equipamento, o Oxigênio Dissolvido à montante do lançamento do efluente tratado (OD_m) no rio foi de 7,00 mg.L⁻¹.

Oxigênio Dissolvido no efluente (OD_e)

Devido a elevada quantidade de matéria orgânica presente no efluente e conseqüentemente um elevado consumo de oxigênio pelos microrganismos decompositores, foi considerado o valor de oxigênio dissolvido no efluente igual a zero (OD_e = 0 mg.L⁻¹), assumindo, portanto, a pior situação possível de concentração de OD,

tornando o estudo mais conservador.

Concentração de Saturação e Oxigênio Dissolvido (C_s)

O coeficiente de saturação de oxigênio pode ser calculado de acordo com a temperatura da água e a altitude do ponto de estudo. Foi utilizada a Equação 8 proposta por Pöpel, 1979 *apud* Von Sperling, 2014.

$$C_s = 14,652 - 0,41022 \cdot T + 7,9910 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 7,7774 \cdot 10^{-5} \cdot T^3 \quad \text{equação (8)}$$

A temperatura do rio foi 27°C, portanto a concentração de saturação de oxigênio foi de 7,87 mg.L⁻¹.

$$\frac{C_s'}{C_s} = \left(1 - \frac{\text{Altitude}}{9450} \right) \quad \text{equação (9)}$$

A altitude do ponto de estudo é de 390m. Portanto, o Coeficiente de Saturação de Oxigênio é 7,54 mg.L⁻¹.

Coeficiente de reaeração (K_2)

Foi utilizado o valor de 0,92 d⁻¹ a 20°C, conforme Tabela 2. Também foi necessário corrigir o valor do coeficiente para a temperatura do rio de 27°C. De acordo com Von Sperling (2014), o valor utilizando do coeficiente de temperatura θ é 1,024, O cálculo da correção foi efetuado usando a Equação 10.

$$K_2^{27^\circ C} = K_2^{20^\circ C} \cdot \theta^{(27-20)} = 0,92 \cdot 1,024^7 = 1,086 \text{ dia}^{-1} \quad \text{equação (10)}$$

Modelo de Streeter-Phelps

Segundo Teles e Silveira (2006), o modelo de Streeter-Phelps descreve, teoricamente, o comportamento do oxigênio dissolvido ao longo do espaço e do tempo, após o lançamento de poluentes. Sendo este modelo considerado simples, os parâmetros de entrada são: vazão, DBO, OD do rio e do efluente; coeficiente de desoxigenação (K_1) e reaeração (K_2); característica da bacia hidrográfica de estudo e temperatura da água. A partir dessas informações, o cálculo do modelo se procede por meio da Equação 11.

$$C_t = C_s - \left[\frac{K_1 \cdot L_0}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 \cdot t} - e^{-K_2 \cdot t}) + D_0 \cdot e^{-K_2 \cdot t} \right] \quad \text{equação (11)}$$

Onde:

- C_t = Concentração de oxigênio ao longo do tempo, mg.L⁻¹;
- C_s = Concentração de saturação de oxigênio, mg.L⁻¹;
- L_0 = DBO remanescente em t=0, mg.L⁻¹;
- D_0 = Déficit de oxigênio inicial, mg.L⁻¹;
- K_1 = Coeficiente de desoxigenação, d⁻¹;
- K_2 = Coeficiente de reaeração, d⁻¹.

Cálculo do Comprimento da Zona de Mistura (Z_m)

Foi calculado o comprimento da Zona de Mistura (Z_m) pelo método de Yotsukura, 1968 *apud* Chapra, 1997, usando a Equação 12.

$$Z_m = 8,52 \cdot V \cdot \frac{B^2}{H} \quad \text{equação (12)}$$

Onde:

- Z_m = Comprimento da Zona de Mistura, m;
- V = Velocidade média do Rio, m.s⁻¹;
- B = Largura do Rio, m;
- H = Profundidade do Rio, m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação do Coeficiente de Desoxigenação (K_1) Experimental

A determinação do K_1 experimental foi realizada a partir de dados de ensaios de laboratório, em que foi efetuada a leitura de DBO durante cinco dias consecutivos. A Tabela 6 e a Figura 2 ilustram os resultados obtidos na evolução da DBO exercida.

DIAS	DBO exercida (mg.L ⁻¹)	REFERÊNCIA
1	49,30	SMWW 5210 B
2	98,60	SMWW 5210 B
3	221,90	SMWW 5210 B
4	369,80	SMWW 5210 B
5	517,70	SMWW 5210 B

Tabela 6. Resultado da DBO medida ao longo dos cinco dias de incubação

Fonte: Elaborada pelos autores.

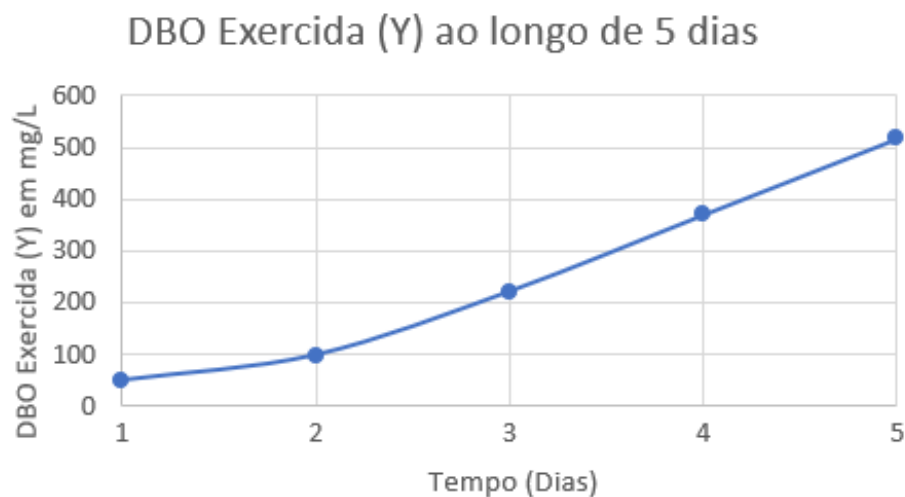


Figura 2. Concentração de DBO exercida (y), em mg.L⁻¹, durante cinco dias de incubação a 20°C

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com os dados obtidos pela medição da DBO, conforme Tabela 8, foi possível plotar um gráfico da variação da DBO exercida (mg.L⁻¹) *versus* o tempo (dias), representada pela Figura 2.

Em posse da DBO exercida em função do tempo, foi calculado o termo Z da Equação 2, para posterior elaboração da reta de regressão linear, os resultados seguem na Tabela 7.

DIAS	$(t/DBO)^{1/3}$
1	0,2727
2	0,2727
3	0,2382
4	0,2212
5	0,2130

Tabela 7. Resultado do termo Z $(t/DBO)^{1/3}$

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com os valores obtidos na Tabela 7, foi gerado um gráfico de dispersão (Figura 3) e encontrada a equação da reta obtida pela linha de tendência.

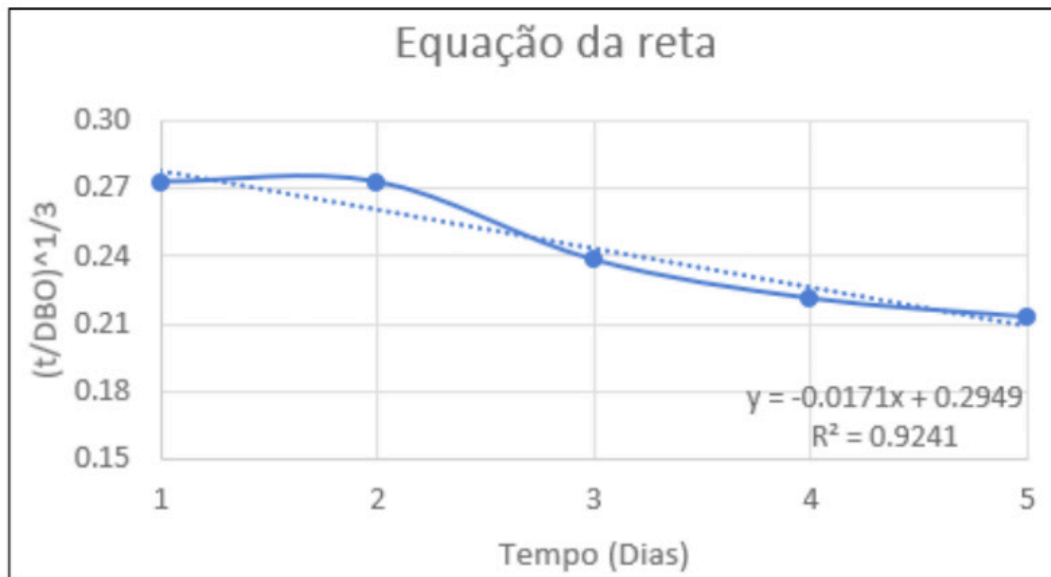


Figura 3. Equação da reta encontrada por meio da análise de regressão linear.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir da equação da reta encontrou-se os valores de A e B, sendo A o ponto de intersecção da reta e B a inclinação da reta. Para o cálculo de K_1 da base 10, multiplicou-se por 2,61 a razão B/A, posteriormente multiplicou-se por 2,303 para conversão do K_1 para base e. Os resultados podem ser verificados na Tabela 8.

A	0,2949
B	0,0171
$K_1^{20^\circ\text{C}}$ base 10	0,15
$K_1^{20^\circ\text{C}}$ base e	0,35

Tabela 8. Valores da constante $K_1^{20^\circ\text{C}}$ experimental da amostra analisada

Fonte: Elaborada pelos autores.

O resultado encontrado do coeficiente K_1 base e, é para a referência de 20°C , sendo que este valor corrigido em função da temperatura do efluente de 26°C , utilizando a Equação 7, resulta em $K_1^{26^\circ\text{C}} = 0,46 \text{ d}^{-1}$.

O valor do coeficiente $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental difere-se consideravelmente do $K_1^{26^\circ\text{C}}$ tabelado sugerido por Von Sperling (2014), visto que o coeficiente experimental apresenta um aumento de cerca de 44% em relação ao teórico máximo e 188% em relação ao teórico mínimo. Isso pode se dar devido à maior concentração de matéria orgânica presente no efluente industrial de estudo, uma vez que a carga orgânica do efluente industrial é maior que a do efluente sanitário, o que leva a deprender que o impacto do efluente industrial é maior no corpo receptor.

Na Figura 4 segue o comparativo de depleção do OD em um trecho longitudinal de 100 Km, levando em consideração o início da zona de degradação após a zona de

mistura (Z_m), calculada por meio da Equação 18. Para o comparativo, foram utilizados os resultados encontrados pela Equação 17 para os quatro cenários propostos, uma vez que foi analisado o comportamento do $K_1^{26^\circ\text{C}}$ em quatro cenários diferentes: $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental, $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teóricos tabelados em uma faixa mínima, média e máxima, conforme consta na Tabela 5.

Pôde-se observar que em relação ao perfil de depleção do OD, quando utilizado o coeficiente $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental, houve uma queda acentuada no consumo de OD, principalmente na zona de decomposição ativa, considerada entre os km 10 e 40, havendo uma diferença no ponto de concentração crítica de oxigênio dissolvido (C_c) de $0,23 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo $C_c K_1$ experimental = $6,65 \text{ mg.L}^{-1}$ e sendo $C_c K_1$ teórico mínimo = $6,88 \text{ mg.L}^{-1}$.

No início da zona de recuperação, a partir do km 40, ainda houve uma diferença de $0,17 \text{ mg.L}^{-1}$ comparando os dois extremos do gráfico. No km 70 houve uma convergência entre os pontos de OD e após isso o efluente analisado com o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental tornou-se mais favorável à recuperação e ao atendimento da zona de águas limpas e favorecendo o atendimento da concentração de saturação (C_s) do rio em uma distância menor, sendo para o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental uma distância de 335 km, para o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teórico, recuperará a uma distância de 805 km, 565 km e 450 km, para o mínimo, médio e máximo, respectivamente.

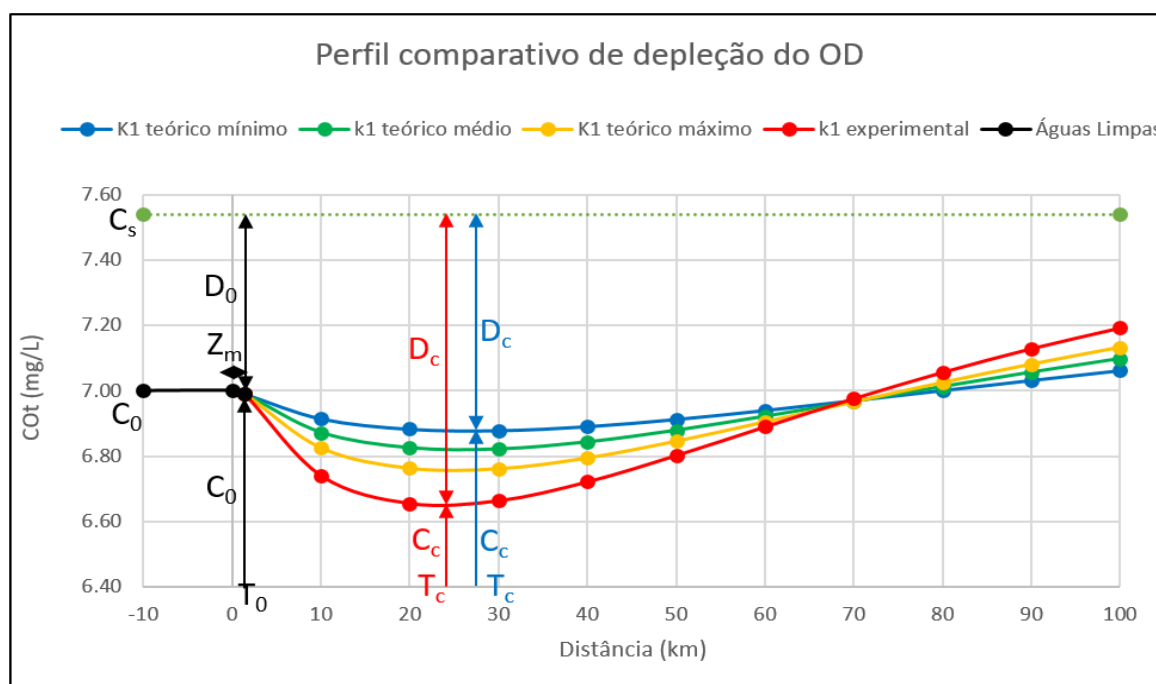


Figura 4. Perfil comparativo de depleção do OD ao longo do trecho longitudinal do rio

Fonte: Elaborada pelos autores.

O atendimento à zona de águas limpas após o despejo ocorreu em uma distância menor quando utilizado o coeficiente $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental. Pôde-se verificar que para o rio atingir a concentração de OD inicial de $7,00 \text{ mg.L}^{-1}$ foi necessário 75 km para o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teórico máximo, 78 km para o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teórico médio e 82 km para o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teórico mínimo,

enquanto que o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental atingiu $7,00 \text{ mg.L}^{-1}$ a uma distância de 72 km.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi desenvolvida em um trecho do Rio Piranhas, onde foi possível a determinação de parâmetros necessários para a entrada no modelo de autodepuração, utilizando o método de Streeter-Phelps. Foi utilizado como estudo de caso uma indústria de laticínios, que tem produção diária de efluentes em sua estação de tratamento, composta por uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa.

Pôde-se observar que a determinação do coeficiente de desoxigenação K_1 em laboratório teve uma considerável diferença em relação aos valores tabelados indicados em literatura. Este fato deve-se às características particulares dos efluentes industriais em relação aos efluentes sanitários, uma vez que foi possível detectar o aumento significativo da matéria orgânica da indústria do laticínio, devido seus processos produtivos.

A depleção do OD ao longo do rio quando utilizado o coeficiente experimental do efluente foi maior em comparação aos coeficientes teóricos, visto que na zona de decomposição ativa o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental mostrou valores menores na concentração crítica de oxigênio dissolvido (C_c), sendo $6,65 \text{ mg.L}^{-1}$ para o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental e $6,88 \text{ mg.L}^{-1}$ $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teórico mínimo, isso indica que o lançamento de efluentes industriais em corpos receptores pode ser mais suscetíveis à diminuição de OD no processo de autodepuração em comparação aos efluentes sanitários.

Após a zona de decomposição ativa houve uma gradual melhora na recuperação do OD utilizando o $K_1^{26^\circ\text{C}}$ experimental e isso levou a recuperação das características iniciais da zona de águas limpas em uma distância menor em comparação com os $K_1^{26^\circ\text{C}}$ teóricos.

Considerando a importância da utilização do coeficiente de desoxigenação no processo de autodepuração e sua fácil aplicação (MENEZES et al., 2015), esta pesquisa sugere que seja feito a análise do valor real do coeficiente para efluentes industriais, pelo fato dos mesmos distorcerem os valores conhecidos de efluentes sanitários, uma vez que foi possível verificar que o coeficiente de desoxigenação altera consideravelmente os perfis de OD e DBO, podendo acarretar prejuízos ambientais aos corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, P. E. A. **Análise sobre métodos de estimativa de parâmetros cinéticos em ensaio de degradação de matéria orgânica**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/22566/1/2016_dis_peaarag%C3%A3o.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2019.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANA, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/hermasantos/introduo-engenharia-ambiental-benedito-braga>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 09 de abril de 2019.

CHAPRA, S. C. **Surface water quality modelling. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering**. Boston: WCB/McGraw-Hill, 1997. 844 p.

HESPANHOL, K. M. H. **Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do Ribeirão Morangueiro**. 2009. 156f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Engenharia Civil, 2009. Disponível em: <<http://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-126158/monitoramento-e-diagnostico-da-qualidade-da-agua-do-ribeirao-morangueiro>>. Acesso em 25 de abril de 2019.

MENESES, C. G. R. **Evolução da biodegradabilidade da matéria orgânica em um sistema de lagoas de estabilização**. 2006. 120f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15938/1/CarlaGracyRM.pdf>>. Acesso em 27 de abril de 2019.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FIA, R. **Deoxygenation rate, reaeration and potential for self-purification of a small tropical urban stream**. Rev. Ambient. Água v. 10, n. 4, p. 748-757, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n4/1980-993X-ambiagua-10-04-00748.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

NUNES, D.G. **Modelagem da autodepuração e qualidade da água do rio turvo sujo**. Dissertação. (Mestrado) – Pós-graduação em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, 2008. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/engenharia%20agr%C3%ADcola/2008/211962f.pdf>>. Acesso em 21 de abril de 2019.

TELES, R., B.; SILVEIRA, A. **Autodepuração de escoamentos naturais de água – estudo de caso: de modelagem matemática em um trecho do ribeirão preto, Ribeirão Preto – SP**. CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, XXX. Anais... Uruguai: Punta Del Este, 2006. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/br08489_teles.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. 472 p.

APLICABILIDADE DE BIODIGESTORES (REATORES ANAERÓBIOS) PARA O SANEAMENTO AMBIENTAL

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 29/04/2020

Ricardo Salles Hermann

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio
Ambiente, Resende – RJ.

<http://lattes.cnpq.br/8779185596928163>

Carin von Mühlen

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Departamento de Química e Ambiental, Resende
– RJ.

<http://lattes.cnpq.br/7555691352229740>

Carlos Eduardo de Souza Teodoro

Universidade Federal Fluminense, Escola de
Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta
Redonda, Volta Redonda- RJ

<http://lattes.cnpq.br/0737023906214996>

Rodrigo José Marassi

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia
de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena
– SP.

<http://lattes.cnpq.br/5667569619835259>

RESUMO: Reatores anaeróbios ou biodigestores são equipamentos utilizados no processamento dos resíduos sólidos e efluentes urbanos ou rurais. Diferentes tecnologias são aplicadas conforme o objetivo

do processo, podendo ser associados processos de saneamento, geração de biogás, geração de biometano, produção de energia elétrica ou produção de biofertilizante. São aplicáveis em praticamente todos processos que possuam compostos orgânicos com o devido dimensionamento, tempo de detenção hidráulica, carregamento de carga orgânica, pré e pós tratamento, além de outros parâmetros a serem referenciados para a perfeita degradação da matéria orgânica ali alocada. Seu design, modelo, configuração e dimensões variam conforme o substrato, seu volume e objetivo principal desejado. Neste capítulo serão discutidas aplicações práticas que, além de propiciar o saneamento ambiental, produz ativos financeiros, qualidade de vida e mitigação do lançamento de gases do efeito estufa.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor; Biogás; Bioenergia; Saneamento; Sustentabilidade.

APPLICABILITY OF BIODIGESTORS (ANAEROBIC REACTORS) FOR ENVIRONMENTAL SANITATION

ABSTRACT: Anaerobic reactors or biodigesters are equipment used in the processing of solid waste and urban or rural effluents. Different technologies are applied according to the

objective of the process, which can be the association of sanitation processes, biogas generation, biomethane generation, electric energy production or biofertilizer production. They are applicable in practically all processes that have organic compounds with the proper dimensioning, hydraulic retention time, organic load, pre and post treatment, in addition to other parameters to be referenced for the perfect degradation of the organic matter allocated there. Its design, model, configuration and dimensions vary according to the substrate, its volume and the main objective desired. This chapter will discuss practical applications that, in addition to providing environmental sanitation, produce financial assets, quality of life and mitigate the release of greenhouse gases.

KEYWORDS: Biodigesters, biogas, bioenergy, sanitation, sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos no mundo gera uma grande quantidade de resíduos orgânicos nos centros urbanos e no meio rural. A indústria alimentícia produz quantidades consideráveis de resíduos e efluentes, que em muitos dos casos, ainda não são adequadamente tratados antes de serem dispostos no ambiente. O esgoto doméstico não tratado ainda é a principal fonte de contaminação dos recursos hídricos em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos.

O emprego da biodegradação anaeróbia permite que esses passivos ambientais (resíduos e efluentes) sejam tratados e descartados no ambiente da forma ambientalmente correta e ainda gerem produtos e receitas, ou seja, agregarem valor ao processo de tratamento. Isso significa alterar a percepção de rejeito para insumo.

Tais efluentes possuem características com grande potencial de utilização na geração de energia térmica, elétrica e produção de biofertilizante, seja individualmente ou em consórcio de substratos, a co-digestão.

Os sistemas anaeróbios possuem algumas vantagens sobre os sistemas aeróbicos, como a necessidade de menor espaço de construção, menor produção de lodos, aplicação de altas cargas orgânicas e produção de biogás (SPERLING et al., 2014). Por esse motivo, são os reatores de escolha quando o foco é saneamento ambiental e produção de ativos econômicos e sociais. Veremos, a seguir alguns dos princípios, parâmetros e casos concretos onde a digestão em reatores anaeróbios é utilizada.

2 | PRINCÍPIO DA DIGESTÃO ANAERÓBIA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A digestão anaeróbia (DA) é um processo metabólico complexo composto por várias reações bioquímicas sequenciais realizadas por um ecossistema de microrganismos, com papel específico em cada etapa. Para a digestão anaeróbia de material orgânico complexo, como proteínas, polissacarídeos e lipídios, podem-se distinguir em quatro etapas diferentes no processo global da bioconversão na ausência de oxigênio (CHERNICHARO, 2007) como apresentado na Figura 1.

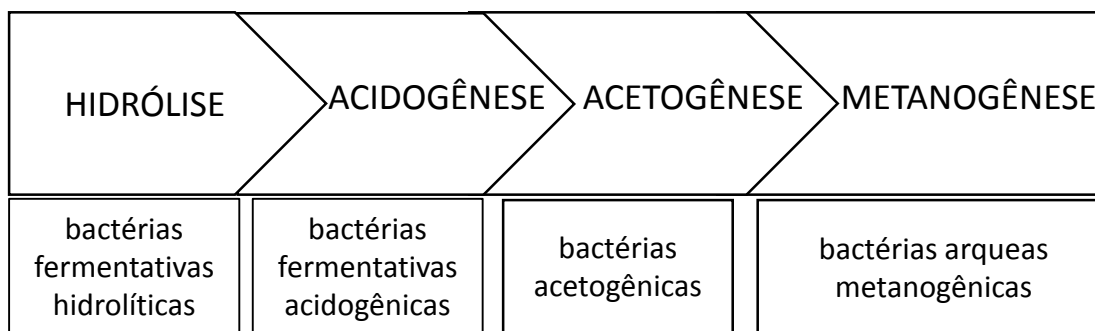


Figura 1. Etapas da digestão anaeróbia até a produção de biogás.

Na primeira etapa, Hidrólise, a matéria orgânica complexa é degradada em compostos mais simples como monossacarídeos, dissacarídeos, ácidos graxos e aminoácidos, sofrendo a ação das bactérias fermentativas hidrolíticas. Na segunda etapa, Acidogênese, as bactérias fermentativas acidogênicas degradam ácidos em compostos mais simples como ácidos graxos de cadeia curta. Na terceira etapa, Acetogênese, estes produtos são transformados principalmente em ácido acético, H_2 e CO_2 , pela ação das bactérias acetogênicas (CHERNICHARO, 2007). Por fim, na última etapa ou Metanogênese, as bactérias arqueas metanogênicas transformam H_2 e CO_2 em CH_4 e CO_2 . Dessa forma, o desenvolvimento e a integração da comunidade microbiana no biorreator depende diretamente do substrato empregado (BROWNE e MURPHY, 2013).

Segundo Oliveira et al. (2009), a eficiência no tratamento e na produção de biogás da digestão anaeróbia pode ser afetada por fatores químicos, físicos e biológicos, que principalmente estão relacionados com o substrato, com as características do digestor ou com as condições de operação e ambientais, por exemplo: o modelo do biodigestor, inóculo, o tipo de biomassa, quantidade/volume de biomassa, alcalinidade e temperatura. As condições ideais para maximizar a produtividade podem ser diferentes em cada etapa.

A temperatura ambiente controlada do reator é uma grande preocupação para a cultura microbiana anaeróbia. Tem sido relatado que a faixa ótima de temperatura é de 35 a 40 °C para atividade mesofílica e 50 a 65 °C para atividade termofílica, onde a microvida é melhor adaptada a essas temperaturas mais elevadas (OLIVEIRA et al, 2009).

3 | REATORES ANAERÓBIOS

Reatores anaeróbios são elementos arquitetônicos com diversos designs construídos para o desenvolvimento e habitação de microrganismos anaeróbios e tem a função de digerir a matéria orgânica na ausência de oxigênio. Esses reatores podem ser construídos com diversos materiais, tais como aço inoxidável, concreto, resinas ou polímero. Sólidos totais do insumo, sólidos voláteis, diluição, consistência, volume total e outros parâmetros determinarão a o melhor equipamento e como será construído (HERMANNY, 2019).

Existem tipos de biodigestores que podem ser classificados pela forma de alimentação, agitação e número de estágios. As três principais configurações de alimentação são por batelada, contínua e semi-contínua. A segunda característica diz respeito à presença ou ausência de agitação. A terceira característica importante do biodigestor define se o processo ocorre em um único estágio ou em estágios estratificados, ou seja, o biorreator possui zonas separadas para cada etapa bioquímica do processo de biodigestão. Outra característica importante, dependendo do local de utilização, é a presença ou ausência de controle de temperatura, que será específico de cada modelo.

Reatores por batelada são os mais simples, preenchidos com a matéria-prima em uma etapa e permanecem em repouso por um período determinado para sua retenção hidráulica. Geralmente esses reatores não possuem agitação e são de estágio único. Reatores anaeróbios em batelada são úteis porque propiciam uma digestão com equipamento simples e de baixo custo, além de sua utilidade para avaliar facilmente a eficiência de digestão (KHALID et al., 2011).

Reatores agitados de alimentação ou carregamento contínuo são mais eficientes do que os não agitados e também de carregamento contínuos. A velocidade da agitação é um parâmetro importante que ajuda a propiciar uma boa condição ambiental para a comunidade microbiana e é modificada de acordo com o objetivo do processo. A agitação frequente estimula o contato entre o substrato e os microrganismos, acelerando a fermentação acidogênica e também ajudando as interações dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica. (CUBAS et al., 2011, KUCZMAN, 2018)

Os reatores anaeróbios mais aplicados e estudados são Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA) ou (*Upflow Anaerobic Filters* - UFAFs), e os Reatores Agitados de Alimentação Contínua (RAAC) (ou *Continuous Strike Tank Reactor* - CSTR). A principal característica dos RAFA é o Desenvolvimento de zonas estratificadas no interior com uma manta de lodo anaeróbio na base e fluxo ascendente. Nesses sistemas não é necessário agitação e a alimentação é contínua ou semi-contínua. Já os RAAC apresentam agitação constante, controle de temperatura e regime contínuo de abastecimento. Esses sistemas são muito empregados para esgotos de elevada carga orgânica. A depender da carga do efluente deve ser utilizada alguma estratégia operacional, como combinação de reatores, co-substratos ou aclimatação de inóculos para a partida do reator. (SPERLING et al., 2014; KUCZMAN, 2018)

Alguns estudos se dedicam a identificar qual configuração de biodigestor ou de sistema de biodigestores são mais eficientes. Um deles comparou o desempenho da produção de metano, com as mesmas condições de controle de parâmetros, entre um RAAC e um RAFA, em seus tempos de detenção hidráulica (DTH) ótimos. (FERNÁNDEZ, 2013).

Como exemplo de outros tipos de reatores anaeróbios podem ser destacados o Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF), e sua versão com floculação, o Reator

Anaeróbio com Membrana Submergida (RAMS), o Digestor Semi-Contínuo de Duas Fases (DSCDF) ou o Reator Anaeróbio de Estado Sólido com Fluxo Ascendente (RAESFA). (KHALID et al., 2011)

KHALID et al. (2011) fazem uma compilação dos resultados da literatura científica relacionando a variação no rendimento de produção de metano, em condições idênticas de temperatura e vazão, em litros por quilograma de sólidos voláteis (l/kg/sv), com o substrato empregado. Nesse estudo, analisou-se a produção de metano gerado usando diferentes substratos.

Biorreator	Substrato	Carga (kg/m³d)	Comentários	Referência
RAAC	Resíduo Sólidos urbanos	15	Melhor performance com aumento gradativo da carga.	ANGELIDAKI et al. (2006)
Digestor anaeróbio	Resíduo alimentício	17	Rendimento de metano 360 L/Kg com TDH de 40 dias.	IKE et al. (2010)
Filtro de malha rotacionado	Resíduo Sólidos urbanos	15	Melhor performance com a agitação diferenciada..	WALKER et al. (2010)
Anaeróbio de dois estágios	Resíduo orgânico	3	11% mais eficiente energética do que o de um estágio	LUO et al. (2011)
UASB no estado sólido	Mistura de palha e silagem de milho	17	Alta performance na produção de metano a partir da biomassa	MUMME et al. (2010)

Tabela 1 – Rendimento de biogás em distintos reatores

Fonte: KHALID, et al (2011)

3.1 Biodigestor modelo uasb – upflow anaerobic sewage blanket

Dentre os modelos de reatores anaeróbios é um dos mais indicados, por sua eficiência, e por possuir o melhor benefício econômico, ambiental e social. Trata-se de um equipamento construído para tratamento de efluentes líquidos com baixa, média ou alta carga orgânica podendo ser utilizado para efluentes domésticos e industriais, como os aqui abaixo apresentados em estudos de casos.

Possui grande capacidade de remoção de DBO e DQO, além de ótima performance na geração de gás. Apresenta ainda um TDH de 8 (oito) horas considerado baixa para efluentes com grandes cargas de DBO e DQO. Requer pequenos espaços para instalação e seu custo, como o de manutenção é o menor no seguimento para tratamento de esgoto doméstico. Sua operação requer baixo nível técnico. Não é adequado para insumos sólidos, semissólidos e de prolongada degradação (HERMANNY, 2019).

3.2 Biodigestor modelo indiano

Existem diferentes tipos de biodigestor de abastecimento contínuo, porém um dos mais difundidos é o modelo indiano, além de ser um dos modelos mais utilizados no Brasil, segundo SGANZERLA (1983).

Este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante. O fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água, reduz as perdas durante o processo de produção do gás. O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. (DEGANUTTI, ROBERTO, PALHACI, MARIA DO CARMO JAMPAULO PLÁCIDO, ROSSI, MARCO *ET AL.*, 2002).

4 | ESTUDOS DE CASOS E APLICAÇÕES DOS REATORES ANAERÓBIOS

Para exemplificar a aplicação de biorreatores em pequena e média escala no Brasil, foram selecionados três casos distintos. A primeira aplicação teve foco na produção de biogás e fertilizante em uma pequena propriedade rural usando um biodigestor modelo Indiano. A segunda aplicação foi destinada a saneamento urbano utilizando um UASB para

tratamento de esgoto doméstico em um loteamento. A terceira aplicação foi direcionada ao tratamento de efluentes industriais, utilizando um UASB em um frigorífico.

4.1 Biodigestor rural

Um biodigestor modelo indiano foi instalado em uma pequena propriedade rural de Valença, RJ. Possui gasômetro de 1 metro de altura por 1 metro de diâmetro, com capacidade de armazenagem de 1m^3 de biogás, em forma de campânula móvel, emborcado em selo d'água, desenvolvido e produzido pela HY Sustentável LTDA, com resina isofitálica e manta de vidro, nas seguintes dimensões de reator: 1,20 de diâmetro, 1,20 de altura:



Fonte: O Autor

A alimentação foi realizada duas vezes por semana até o fim do experimento, com carga máxima. Para melhorar a qualidade do biogás produzido, foram desenvolvidos filtros utilizando tubos de PVC recheados com palha de aço e carvão mineral. O objetivo desse filtro foi a redução da umidade e da quantidade de gás sulfídrico existente no biogás, o que melhora a sua queima e evita danos a motores, geradores ou fogões quando o seu uso é feito diretamente nestes aparelhos.

A produção de biogás a partir do uso de esterco bovino foi mensurada utilizando-se a medida do gasômetro do biodigestor. De acordo com a altura alcançada pelo gasômetro um dia após a alimentação é feito um cálculo de volume para saber a quantidade de gás produzido em um dia.

Os resultados demonstram que em dias mais quentes a produção é maior chegando a $0,9\text{ m}^3$, sendo pouco menor nos dias mais frios onde o volume médio foi de $0,6\text{ m}^3$. Essa variação foi relativamente pequena em função da estabilização de temperatura pelo equilíbrio com a temperatura do solo, uma vez que o biodigestor encontrava-se enterrado. O biofertilizante produzido neste biodigestor foi utilizado para a produção de mudas de

espécies florestais nativas. O uso desse biofertilizante supriu mais de 40% do adubo que era utilizado na produção, diminuindo significativamente o custo de produção das mudas.

4.2 Biodigestor urbano

Valença é um município do Estado do Rio de Janeiro que, em função da sua geomorfologia e distribuição urbana, optou por um sistema de tratamento de esgoto descentralizado, onde as estações de tratamento de esgoto (ETE) são separadas por loteamento residencial. Nesse modelo de planejamento a administração municipal condiciona o licenciamento ambiental de empreendimentos de loteamento residencial de médio padrão à construção da ETE pelo empreendedor, para, posteriormente, ser operada pela municipalidade.

O processo convencional de lodos ativados aeróbios é utilizado para fins domésticos de tratamento de águas residuais há mais de 100 anos (WAN et al., 2016). No entanto, o tratamento anaeróbio, com estudos mais recentes, e como no caso de Valença, RJ, Brasil, tem atraído atenção positiva para esses mesmos fins. Isso se deve ao fato de que balanços energéticos para tratamentos com DA são bastante favoráveis, devido à recuperação de energia com o biogás e recuperação de nutrientes, na forma de biofertilizante. A não utilização de energia elétrica para a aeração necessária no sistema aeróbio, a produção mínima de lodo, pequenas exigências de espaço e a produção de biogás e/ou energia elétrica também justificam a DA para tratamento dessas águas (WAN et al., 2016).

O referido loteamento era composto por 200 unidades residenciais, com dimensionamento previsto para quatro habitantes para cada unidade e volume diário estimado de 160 litros de esgoto doméstico por habitante. A área total para sua instalação foi de aproximadamente 70 m². Para esse loteamento foi dimensionado um sistema de pré-tratamento de alvenaria, composto por decantador, separador de gordura, retentor de sólidos e desarenador. Na sequência foram aplicados 10 biodigestores modelo UASB, dispostos em linha, conforme ilustrado na Figura 2. Para o dimensionamento desse sistema foram considerados o TDH, a temperatura, a carga orgânica e a adequada manutenção e operação (HY Sustentável).

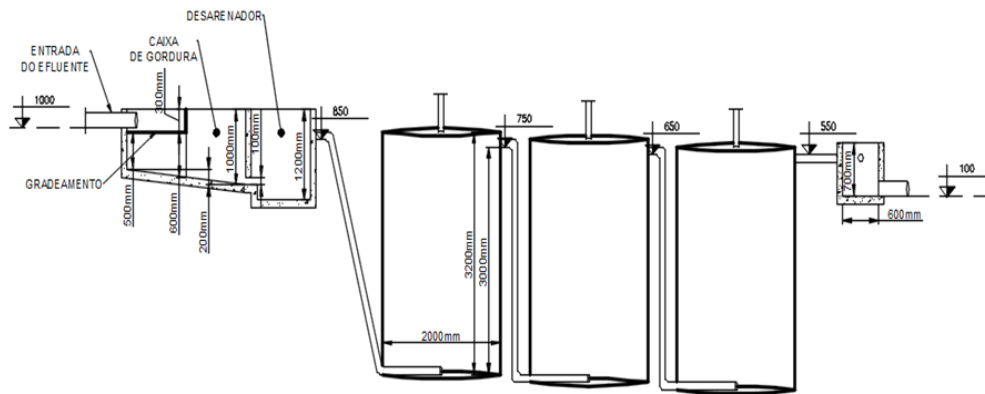


Figura 2: Detalhe do Projeto de pré-tratamento de alvenaria e biodigestores UASB para um loteamento residencial.

Fonte: HY Sustentável

Os reatores utilizados eram do tipo UASB, desenvolvidos pela HY sustentável, equipados com sistema de formação de biofilmes, que permitem uma maior eficiência na DA. Seu fluxo é ascendente e, conseqüentemente, a saída do efluente é realizada pelo topo do equipamento, sendo sua entrada na parte inferior. As vantagens desse sistema incluíram:

- Não ser necessária a utilização de energia elétrica para sua operação;
- Não ser necessária construção de grandes estruturas de alvenaria;
- Permitir o reúso da água;
- Produção de biofertilizante;
- Produção de biogás;
- Geração de energia elétrica.

As fotos da instalação do sistema estão apresentadas nas figuras 3 e 4.



Figura 2: Obra e instalação

Fonte: HY Sustentável



Figura 3: Biodigestores instalados

Fonte: HY Sustentável

O projeto foi implementado e está operacional, entretanto, apenas uma residência foi ocupada no loteamento até o momento. A estimativa de operação para plena carga é de remoção de pelo menos 90% de DQO e 85% de DBO, o que representa uma eficiência

acima do que a norma CONAMA 430 que é de 80%.

4.3 Biodigestor industrial

No presente exemplo observa-se a confecção do projeto para instalação de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais onde o principal resíduo a ser tratado é o sangue proveniente do corte, para posterior embalagem, de pedaços de carne que chegam congelados à um Frigorífico situado na zona central da cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. O efluente de 30m³/dia é gerado a partir do processo de lavagem do setor de desossa da empresa.

O sistema de tratamento projetado para esse caso foi composto por um tratamento preliminar, elevatória e tratamento secundário dotado de Biodigestores de Lodo Ativado do tipo UASB. O pré-tratamento foi composto de gradeamento triplo, duas caixas de areia com sistema stop log, medidor de vazão do tipo Calha Parshall e caixa de gordura. Depois de elevado o efluente foi conduzido para os separadores estáticos para, a seguir, adentrar nos biodigestores, para o tratamento secundário, como ilustrado na Figura 5.

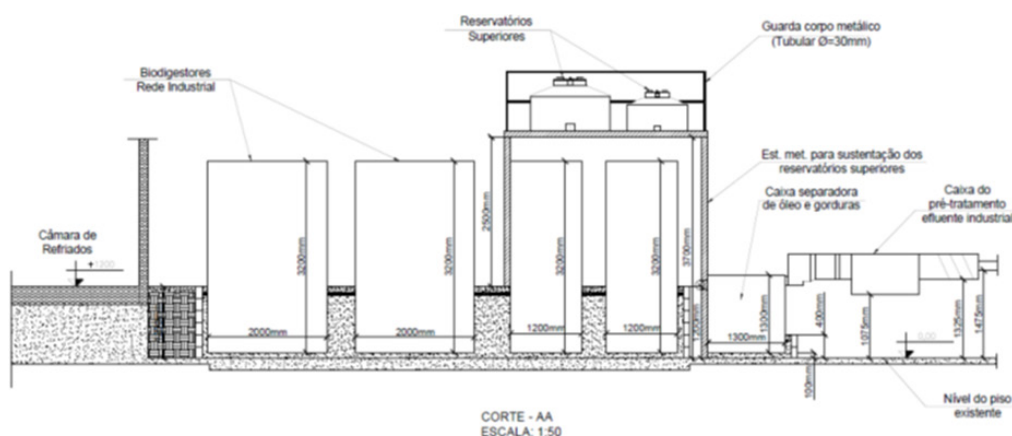


Figura 5: Esquema do projeto de biodigestor aplicado à efluente de um frigorífico.

Fonte: O autor

Todo o processo é dependente da produção de biomassa de elevada atividade consorciado com uma eficiente separação de fases acima descritas. Trata-se de um tratamento relativamente simples, dispensada a demanda por implantação de equipamentos sofisticados ou de mão de obra com altos níveis de capacitação para operá-lo, bastando apenas estar apto a manter os parâmetros de dimensionamento e operação necessários para a adequada DA. São eles: temperatura, TDH, pH, alcalinidade e taxa constante de carregamento orgânico. Observados tais parâmetros a taxa de eficiência do processo pode atingir níveis acima de 80% de remoção do DQO (Demanda Química de Oxigênio).

Nesse sentido o estudo de YOUSEFI Z., et al (2018) demonstra que em escala laboratorial essas taxas de eficiência são alcançadas. É importante salientar que no estudo desse caso concreto o acompanhamento diário dos parâmetros necessários

para a DA devem ser aferidos. Isso se deve principalmente pelo fato de que os efluentes gerados na planta possam ser alterados na fase de desossa. Um parâmetro que deve ser especialmente monitorado é a produção de amônia pelos reatores anaeróbios. A grande quantidade de sangue no efluente pode gerar compostos nitrogenados que influenciarão nos níveis de amônia. A concentração ideal de amônia garante um bom funcionamento metanogênico na DA, aumentando assim a estabilidade do processo de digestão. Por outro lado a amônia alta é regularmente apontada como a principal causa de falha na DA por causa de sua direta inibição da atividade microbiana (RAJAGOPAN, et al; 2013).

REFERÊNCIAS

- BROWNE, J. D.; MURPHY, J. D. Assessment of the resource associated with biomethane from food waste. *Applied Energy*, v. 104, p. 170–177, 2013.
- CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 5. 2ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2016.
- CUBAS, S.A., FORESTI, E., RODRIGUES, J.A., RATUSZNEI, S.M., ZAIAT, M. Effect of impeller type and stirring frequency on the behavior of an AnSBBR in the treatment of low-strength wastewater. *Bioresour. Technol.* v. 102, p. 889–893, 2011.
- DEGANUTTI, Roberto, PALHACI, Maria do Carmo Jampaulo Plácido, ROSSI, Marco *et al.* Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*, 2002, Campinas (SP) [online].
- FERNÁNDEZ, F.; FDEZ-GÜELFO, L. A.; PÉREZ GARCÍA, M.; et al. New approach for integral treatment of OFMSW: Comparative analysis of its methane performance versus a conventional continuously stirred tank reactor. *Chemical Engineering Journal*, v. 233, p. 283–291, 2013.
- HERMANNY, Ricardo. Codigestão anaeróbia de resíduos alimentares orgânicos e de soro de leite. 2019. 64 fls. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2019.
- KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; et al. The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management*, v. 31, n. 8, p. 1737–1744, 2011.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. p. 492.
- KUCZMAN O.; et al. Food waste anaerobic digestion of a popular restaurant in Southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 196, p. 382-389, 2018.
- RAJAGOPAN, R, et al; A critical review on inhibition of anaerobic digestion process by excess ammonia; *Bioresource Technology*; v. 143; p. 632–641; (2013).
- SGANZERLA, E. Biodigestores: uma solução. Porto Alegre. Agropecuária, 1983.
- VOGT, G.M., LIU, H.W., KENNEDY, K.J., VOGT, H.S., HOLBEIN, B.E. Super blue box recycling (SUBBOR) enhanced two-stage anaerobic digestion process for recycling municipal solid waste: laboratory pilot studies. *Bioresour. Technol.* v. 85, p. 291–299, 2002.

VON SPERLING. Urban wastewater treatment in Brazil. Department of Sanitary and Environmental Engineering Federal University of Minas Gerais Brazil. Technical Note N° IDB-TN 970. p. 102, August, 2016.

YOUSEFI Z. et al; Slaughterhouse wastewater treatment by combined anaerobic baffled reactor and anaerobic filter: study of OLR and HRT optimization in ABR/AF reactors; Environmental Health Engineering and Management Journal, v. 5(3), p. 137–142, 2018.

WAN, S.; LI, Y. Comparative analysis and improvement of the 2-CSTRs anaerobic digestion system on biofuel production. International Journal of Hydrogen Energy, v. 42, n. 8, p. 4824–4831, 2016.

USO DE BIODIGESTOR EM COMUNIDADES RURAIS DA GUINÉ-BISSAU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA, BIOFERTILIZANTE E SANEAMENTO

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 20/06/2020

Nino Júlio Nhanca

ninhanca@hotmail.com

Doutorando do Programa de Pós-Graduação
IPH- Universidade Federal do Rio Grande do Sul
– UFRGS

<http://lattes.cnpq.br/8883458887010963>

Carlos Alberto Mendes Moraes

cmoraes@unisinis.br

Professor dos Programas de Pós-Graduação em
Engenharia Civil e Engenharia Mecânica – Escola
Politécnica - UNISINOS - São Leopoldo- RS

<http://lattes.cnpq.br/2076544554717764>

Este trabalho foi apresentado e publicado no 10º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos realizado em na cidade de João Pessoa (PB), nos dias 12, 13 e 14 de junho de 2019. Anais ISSN: 2527 – 1725.

RESUMO: Os biodigestores têm sido avaliados com inúmeras vantagens que podem contribuir para pequenas comunidades, principalmente em zonas rurais. Estas técnicas permitem que esterco ou resíduos orgânicos sejam tratados e gerem biogás, e fertilizante. O biogás gerado pode ser utilizado para geração de energia,

ou, é utilizado para cozinhar. E biofertilizante é utilizado na agricultura. Entretanto, a maior parte dos estudos realizados com biodigestores é mais utilizado para criação de aves e suínos, com isso, justifica-se o desenvolvimento deste artigo a fim de demonstrar a possibilidade de uso dessa ferramenta nas zonas rurais de Guiné-Bissau para colmatar o déficit de energia e gás nas zonas rurais do país. Este mecanismo, além das vantagens econômicas, possui outras vantagens relacionadas ao desenvolvimento da tecnologia, como o envio de dejetos de animais para o biodigestor, o que evita que eles sejam colocados nos lugares impróprios que poderiam causar efeitos negativos ao meio ambiente sem tratamento, como contaminar corpos d'água. O principal beneficiário do equipamento é o agricultor pelo aproveitamento dos dejetos para a produção do biogás e o biofertilizante e o meio ambiente em geral. Este trabalho objetivou demonstrar a sustentabilidade que um agropecuarista, localizados nas zonas rurais da Guiné-Bissau, pode obter com a técnica de biodigestores. A metodologia utilizou uma pesquisa qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, utilizando, como fontes de pesquisa, a bibliográfica e a documental. Os resultados comprovaram as condições ambientais econômicos e sociais

para exploração de biodigestores nas zonas rurais.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor. Aproveitamento energia gás. Vantagem Ambiental Econômica e Social.

USE OF BIODIGESTOR IN GUINEA-BISSAU RURAL COMMUNITIES FOR ENERGY GENERATION, BIOFERTILIZER AND SANITATION

ABSTRACT: The biodigestors have been evaluated with numerous advantages that can contribute to small communities, especially in rural areas. These techniques allow manure or organic waste to be treated and generate biogas, and fertilizer. The generated biogas can be used for power generation, or, it is used for cooking. And biofertilizer is used in agriculture. However, most of the studies carried out with biodigesters are more used for poultry and pig farming. Therefore, the development of this article is justified in order to demonstrate the possibility of using this tool in rural areas of Guinea-Bissau to energy and gas deficits in rural areas of the country. This mechanism, in addition to the economic advantages, there are other advantages related to the development of the technology, such as the sending of animal waste to the biodigester, which prevents them being placed in the improper places that could cause negative effects to the environment without treatment, as contaminate bodies of water. The main beneficiary of the equipment is the farmer for the use of waste for the production of biogas and biofertilizer and the environment in general. This work aimed to demonstrate the sustainability that an agriculturist, located in rural areas of Guinea-Bissau, can obtain with the technique of biodigestors. The methodology was carried out a qualitative research, of descriptive and exploratory character, using bibliographical and documentary as sources of research. The results proved the economic and social environmental conditions for the exploration of biodigesters in rural areas.

KEY-WORDS: Biodigestor. Use of gas energy. Economic and Social Environmental Advantage.

INTRODUÇÃO

Apesar de estar num ritmo lento, Guiné-Bissau procura investir aos poucos em alternativas tecnológicas para geração de energia, prova disso, as autoridades deram passos importantes na formulação de proposta e projetos de política nacional para a promoção de energias renováveis (SEAT, 2012).

É importante ressaltar os desafios dos sistemas de geração de energia, pois além do abastecimento de energia, têm evidenciado a necessidade em contribuir num bem estar ambiental, econômico e social, eliminando os riscos de poluições, contaminações e adicionando os valores à atividade. Nesse contexto, o biodigestor constitui peça fundamental para transformar os dejetos dos animais e resíduos domiciliares orgânicos,

para exploração energética, gás de cozinha e, biofertilizantes.

Esta técnica poderia ser acrescentada nesse esforço da Guiné-Bissau no âmbito energético para atender demandas da população nas zonas rurais. A deterioração do meio ambiente é cada vez mais visível na Guiné-Bissau, principalmente nas zonas rurais, onde os serviços de saneamento e a falta de energia elétrica são praticamente inexistentes. Tendo isso em mente, este artigo propõe-se analisar o aproveitamento dos esterco dos animais e resíduos orgânicos domiciliares gerados pelos agropecuaristas das áreas rurais como alternativa viável para geração de energia elétrica e gás de cozinha através biodigestores.

OBJETIVO DO ESTUDO

Avaliar a situação atual para contribuir com uma possível implantação de biodigestores na Guiné-Bissau para o aproveitamento dos subprodutos gerados no processo (biogás e biofertilizante) na viabilidade técnica, social, econômica, ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com dados dos agropecuaristas da Guiné-Bissau do ano de 2017. A metodologia utilizada teve cunho exploratório qualitativo. Este estudo utiliza as fontes de dados secundários. Foram analisadas as literaturas, artigos publicados e relatório. Além disso, viabilizou-se um estudo no qual se executou entrevista via e-mail com um funcionário da câmara municipal de Bissau, capital da Guiné-Bissau e um funcionário do Ministério do Ambiente, em que ambos disponibilizaram arquivos internos de gerenciamento de resíduos, modelos de criação dos animais pelos agropecuaristas na Guiné-Bissau. Primeiramente foi realizada uma fundamentação pelo referencial teórico, ao caracterizar as condições econômicas – sociais e ambientais da Guiné-Bissau e em especial dos agropecuaristas. Depois são levantados os dados sobre as técnicas de instalação, operação e manutenção de biodigestores para geração de gás e energia, por fim, foi analisada a viabilidade, econômica, social e ambiental nas zonas rurais do país.

Os estudos de Frederiks, (2017) foram utilizados como base para conseguir os dados relacionados a caracterização do esterco bovino e suínos. Essas informações facilitaram os cálculos das dimensões do biodigestor e dos potenciais de biogás de acordo com (Barreira, Paulo (9193) e Barreira, (2011).

Para realizar uma viabilidade técnica, foram calculados os dados dos coeficientes técnicos para geração de biogás e geração de biofertilizante. Os dados apresentados na Tabela 2 facilitaram o cálculo a geração de biogás e biofertilizante.

República da Guiné - Bissau

A República da Guiné-Bissau fica situada na Costa Ocidental da África, faz parte dos países de África Subsaariana e o seu espaço territorial é de 36.125 km² (Guiné-Bissau, 2007). O país tem uma população aproximadamente de 1,888 milhões de habitantes, com a taxa de crescimento demográfico anual aproximadamente de 2,5% (The African Statistical Yearbook – 2017).

O país caracteriza-se por ter um clima tropical, úmido e quente com diferenciação clara em duas estações: a seca e das chuvas. A seca estende-se entre Novembro e Abril e as chuvas iniciam frequentemente em Maio a Outubro.

A estrutura econômica do país é fortemente dominada pelo setor de agricultura (UNDP, 2011). A agricultura é fundamentalmente de subsistência, com destaque para a cultura do arroz. A agricultura comercial é dominada pela produção de castanha de caju para exportação. De acordo com o Ministério de Agricultura (MA, 2015), principais culturas agrícolas e alimentares no país são arroz, milho, feijão, mandioca, batata doce, e amendoim.

Fontes de geração de energia na Guiné-Bissau

Existem várias formas de gerar energia elétrica, cada qual com suas vantagens e desvantagens econômicas, ambientais e sociais. Pode-se gerar eletricidade a partir de fontes renováveis ou não renováveis.

A formação das bases energéticas de um país sempre resulta de considerações econômicas, recursos naturais, e disponibilidade tecnológica. No caso da Guiné-Bissau, por exemplo, a abundância de recursos hídricos, tempo de radiação e a quantidade de biomassa podem ser fundamental para geração de energias renováveis.

Desde final do século passado até a data presente, a preocupação sobre o uso de energias renováveis virou assunto prioritário do estado e da sociedade guineenses devido ao uso abusivo dos materiais não renováveis para geração de energia no país. Por exemplo, importação de produtos petrolíferos representa cerca 12% do PIB real e o consumo de lenha e carvão vegetal atinge cerca de 82% do consumo total do país (SEAT, 2012).

Apesar de crescimento da população da Guiné-Bissau ao longo dos anos e crescente demanda por energia elétrica, infelizmente as autoridades do país não conseguiram acompanhar esse crescimento e não investiram nas novas técnicas de geração de energia para garantir o fornecimento de eletricidade à população. Em 2013, a demanda de eletricidade aumentou a uma taxa média anual cerca de 3,2%, atingindo 182 GWh, estudo revela que existe possibilidade de aumentar a demanda de eletricidade para 546 GWh até 2030 (Frederiks, 2017).

Apesar da imensa dificuldade em abastecer energia elétrica e gás de cozinha para

população, existe vasto potencial de fontes alternativas de energias renováveis no país que poderiam ser exploradas, entre elas: Energia Solar e Eólica, hídrica, Biomassa e outras (Frederiks, 2017).

No entanto, este artigo relata exclusivamente da potencialidade de exploração do sistema de biomassa (dejetos de animais, ervas e podas), para geração de energia nas zonas rurais remotas da Guiné-Bissau.

Potencial de Energia de Biomassa na Guiné-Bissau

A biomassa é matéria de origem orgânica que pode ser usada como combustível em diferentes meios para gerar energia. A produção de biomassa pode ocorrer pelo aproveitamento de resíduos domésticos e resíduos agrícolas e industriais. A biomassa pode representar um potencial energético para a Guiné-Bissau, que é tradicionalmente um grande produtor de caju, arroz e dispõe de uma floresta considerável de cerca de 2 milhões de hectares de superfícies florestais e onde a maior parte do seu povo é considerado como agropecuarista (Frederiks, 2017).

As biomassas de origem agrícola geradas na Guiné-Bissau são estimadas em 239.760 toneladas/ano. Nessa quantidade há uma clara predominância de resíduos, como casca de arroz que representa 35,4%, mandioca 34,8%, amendoim 12,4% e sorgo 7,%. Ainda o estudo conclui que se esses resíduos fossem utilizados para geração da energia corresponderia a uma energia térmica de 0,62 GWh (Frederiks, 2017).

O cultivo de caju na Guiné-Bissau é de extrema importância econômica e social. Caju, além do aproveitamento das suas castanhas, é amplamente utilizado para a produção de sucos e aguardentes. Infelizmente o seu bagaço que poderia ser aproveitado para geração de energia não é aproveitado. A produção de caju cresce em médio 5%, avalia-se que a geração de castanha de caju no país aumentou de 171.000 toneladas em 2011 com a probabilidade de alcançar 333.000 toneladas em 2025, estudo do Ministério de Indústria e Comércio (MIC, 2012). Boa parte das castanhas de caju geradas no país é exportada bruta sem nenhum tipo de processamento. Estudo revela que caso a Guiné-Bissau transformasse toda a sua castanha de caju, a quantidade da casca extraída seria de 233.100 toneladas em 2018 (uma vez que a casca corresponde a 70% da castanha de caju), e esta corresponderia a aproximadamente 1,3 Gwh de energia térmica, se fosse utilizada como combustível sólido para geração de energia (Frederiks, 2017).

No que diz respeito ao uso de biomassa de madeiras e lenhas, na Guiné-Bissau são exploradas para finalidades diferentes, apesar de grande parte delas serem utilizadas para consumo doméstico (construções das casas e a geração de energia/cozinha).

Do início de 1990 até 2004 cerca de 650.000 toneladas de madeira e lenha foram exploradas para o consumo interno e cerca de 137.000 toneladas foi transformada em carvão vegetal (CPDA, 2010). Estudo revela que 98% da população da Guiné-Bissau usam lenha e carvão vegetal para cozinhar, já que a disponibilidade de gás de petróleo

liquefeito (GLP) é cara, o seu uso no país representa um pouco mais de 1%, segundo o relatório do Ministério de Recursos Naturais (MRN, 2009). A tabela 1 mostra principais fontes exploradas para geração de energia para atividades domésticas na Guiné-Bissau.

Materiais	Capital / Bissau %	Demais Regiões %	Total %
Lenha	5,1	88,4	63
Carvão vegetal	91,1	11,0	35,0
Gás de petróleo liquefeito (GLP)	2,9	0,2	1,1
Electricidade	0,0	0,1	0,0
Outra	0,9	0,3	0,9
Total	52.914	123.716	176.630

Tabela 1- Geração de energia para cozinha na Guiné-Bissau

Fonte: INE (2011)

Dejetos dos animais para geração de energia na Guiné-Bissau

A Guiné-Bissau é constituída por diversas etnias, com usos e costumes diferentes. Essa diferença é visível tanto nas práticas sociais como também nas atividades de agropecuárias. A criação dos animais constitui uma verdadeira forma de riqueza entre as etnias na Guiné-Bissau. O valor destes animais prende-se, não só o aspecto econômico e de aprovisionamento alimentar, mas também outros aspectos nomeadamente no plano sócio cultural.

Recenseamento realizado em 2011 sobre a pecuária, apurava que essa atividade colocou o país numa boa posição, caso compare-se com pecuaristas da sub-região África Ocidental (Frederiks, 2017). Na tabela 2 apresentam-se os dados do referido recenseamento.

Região	Bovino	Caprinos	Carneiro	Suíno	Cavalo	Burros	Aves	Total
Bimbo	29.080	32.629	374	28.461			85.031	175.575
Cacheu	100.558	95.963	6.617	47.410			193.973	444.521
Oio	261.054	203.073	68.161	304.740	1.165	6.339	522.906	1.367.498
Bafata	319.260	101.191	81.123	16.666	704	9.979	224.500	753.423
Gabu	754.407	219.448	152.898	1.370	2.929	25.589	365.284	1.521.925
Quinará	21.926	26.935	425	22.719			160.095	232.090
Tombali	11.778	40.555	4.774	8.076			73.350	138.508
Bolama	8.848	18.142	169	43.879			66.636	137.578
Total	1.506,911	737.936	314.501	473.321	4.798	41.967	1.691,674	4.771,108

Tabela 2- produção de pecuária na Guiné-Bissau (2011) em número de espécies.

Fonte: Frederiks, (2017)

Quando se observa a tabela 2, percebe-se que os maiores números das espécies são representados pelos bovinos, carneiro e suínos, pois essas espécies são consideradas de

grandes valores tradicionais, pelas etnias locais e grupos religiosos. Correia (2015) mostra que os números acima citados na produção de bovinos, sofreu uma pequena alteração, ou seja, a quantidade de bovinos que era 1.506,911 em 2011 subiu para **1.600.000** em 2015 a nível nacional.

Já foi descrito anteriormente neste trabalho de que a criação dos animais por certas etnias na Guiné-Bissau, não é de exclusividade econômica, mas envolve questões culturais. O mesmo estudo realizado por Correia (2015), mostra que 80% das famílias em todo país possuem animais, começando com uma pequena quantidade até grandes números de 1000 a 2000 animais por família (Balde et al, 2015).

A forma de criação dos animais na Guiné-Bissau varia de acordo com os grupos étnicos, por exemplo, a etnia balanta, que vive nas zonas rurais em moranças, onde têm laços familiares entre si, têm uma forma própria de criação dos animais. A morança é um conjunto de casas familiares que é rodeada por um círculo, cujos moradores são da mesma família. Nesse círculo existe um espaço no centro das moranças onde os animais são agrupados durante a noite, geralmente esse tipo de comportamento é a forma de ter mais controle dos animais e, conseqüentemente, evitar o roubo durante a noite, durante o dia os animais são retirados desses círculos para pastagem, caso concreto dos bovinos.

No meio desse círculo, o denominado “curral”, geralmente são encontradas toneladas de dejetos de bovinos ou dos outros animais e esses dejetos não são retirados, infelizmente este trabalho não tem condição de explicar a razão pelo qual os mesmos não são retirados no centro de morança. Na figura 1 e 2 apresentam-se alguns aspectos da produção de bovino na Guiné-Bissau.

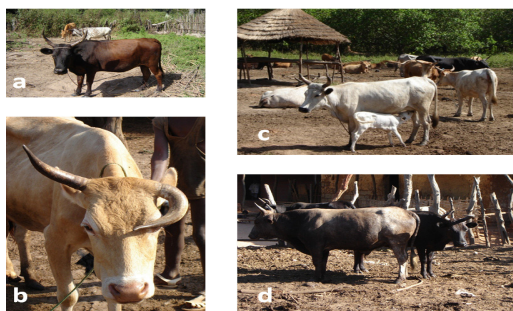


Figura 1: produção de bovinos

Fonte: Namã, 2010



Figura 2: Bovinos e Dejetos

Fonte: Almeida *et al*, 2012

Como pode-se observar nas figuras 1 e 2, percebe-se que o piso onde estão os bovinos, está praticamente coberto dos estercos dos mesmos. A quantidade de esterco gerado varia de acordo com espécie, acesso a quantidade dos alimentos e massa dos animais. Estudo revela que o volume de dejetos gerado em média por animais (Bovinos) na Guiné-Bissau é de 3 kg/dia (Shrestha e Alenyorege, 2008).

Como foi descrito anteriormente, grandes quantidades desses estercos ficam

totalmente expostos a céu aberto e fornecem indiscriminadamente o alimento e o meio ambiente para populações de parasitas, que são agentes patogênicos. As vias de transmissão de patógenos dos esterco aos humanos são principalmente indiretas através de insetos - moscas, besouros, mosquitos, baratas entre outros, provocando doenças como tifoide, malária, dengue, cólera e etc. Além disso, os vetores presentes nos esterco dos bovinos podem incomodar os animais, como podem também transmitir doenças para estes animais.

Geralmente no período chuvoso a situação se agrava nesses lugares de criação dos animais, ou seja, a água da chuva mistura com esterco de animais, forma o chorume e esse chorume sai do curral vai direto para o ambiente, e pode contaminar o solo e, especialmente, as águas.

Pode ocorrer a infiltração de chorume no solo e vai alcançar o lençol freático. É importante ressaltar aqui, que grande parte de zonas rurais da Guiné-Bissau não têm poços de água tubulados, a população utiliza poços pouco profundos. O que pode proporcionar uma contaminação de longa escala, ou seja, essa contaminação pode estender-se não só naquele meio, mas também pode alcançar rapidamente o lençol freático e qualquer água de nascente (BLEY, 2003). Na verdade, a poluição resultante de falta de saneamento na Guiné-Bissau já provocou e provoca sérios problemas de saúde pública principalmente a doença de cólera.

Infelizmente a mesma realidade é verificada no que diz respeito à geração e gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares (RSD). O país, de uma forma geral depara com enorme dificuldade para coletar e tratar os seus resíduos. A Guiné-Bissau não tem nenhum sistema de tratamento e eliminação dos RSD, os resíduos são despejados a céu aberto em terrenos abandonados. Na realidade, não existe nenhum tipo de controle prévio do que é lançado. Além disso, há um descaso para com a população que por razão da expansão das cidades, falta dos meios econômicos e sem opções acabam se instalando bem ao lado do próprio lixão.

Este artigo teve dificuldade em confirmar o valor exato de RSD gerado em todo país, isso deve-se a falta de bancos de dados e descontrole total das autoridades em relação a geração e gerenciamento dos RSD no país. A capital do país é a Bissau, com a população de um pouco mais de 400.000 habitantes, gerava no ano de 2009 aproximadamente 250 toneladas RSD por dia, de acordo com a Câmara Municipal de Bissau (CMB, 2010).

O gerenciamento de RSD na capital guineense está a cargo da CMB, no entanto, a rede de coleta está limitada a certos bairros da capital, enquanto que as coletas dos resíduos nas periferias dependem dos próprios moradores ou associação de bairro. Isso aumenta o grau de dificuldade em relação a composição gravimétrica de RSD gerados e gerenciados por dia na capital do país.

Biodigestão para geração de gás e energia

Segundo Oliveira (2005), a biodigestão poder ser definida como:

“cientificamente, a Biodigestão é um processo de degradação, transformação ou decomposição de substâncias vegetais e/ou animais, conhecidas por Matéria Orgânica, levado a efeito por seres vivos, como o homem, ou mesmo por microorganismos ou bactérias. Vários produtos sintéticos produzidos pelo homem também são passíveis de biodigestão, os quais são conhecidos como Produtos Biodegradáveis. O meio ou aparelho através do qual se processa a biodigestão é denominado biodigestor.”

O sistema de biodigestor, além de gerar o biogás durante o processo, também resulta de biofertilizante para atividades agrícolas. Pois esse subproduto do processo é muito importante, pode substituir o uso abusivo de fertilizante químico nas atividades agrícolas.

Apesar de vários modelos de biodigestores este artigo escolheu o modelo de biodigestor indiano considerado mais sofisticado e técnico para aproveitar melhor a geração de biogás (PIG LIGHT, 2008).

No que diz respeito à instalação deste modelo biodigestor, é fácil de construir e é considerado barato, apesar de gasômetro de metal possa ser um pouco caro, também a localização da aldeia pode elevar o custo com transporte dos materiais (Jorge, et al. 2012), para a sua instalação é necessário seguir algumas regras:

- O solo deve ser seco;
- Deve ficar um pouco abaixo do nível do sanitário, no mínimo, 40 cm;
- Distante de cursos de água ou do lençol freático;
- Preferencialmente, têm que ser instaladas perto do sanitário;
- O ideal é que fique exposto ao sol na maior parte do dia.

Estudo revela que o período de digestão da matéria orgânica dentro de biodigestor varia entre 30 e 60 dias. Geralmente o período de biodigestão é diretamente proporcional à temperatura (Barreira e Paulo 1993). Ou seja, quanto mais elevada a temperatura, mais curto será o ciclo. A quantidade de gás gerado é máxima entre 35°C e 45°C.

Um sistema de biodigestor pode ser alterável de acordo com a necessidade do produtor rural, o dimensionamento do biodigestor é também função da quantidade de animais e do sistema de criação de cada propriedade (Pereira, 2005).

Para alimentar um sistema de biodigestor, pode ser utilizado diferentes tipos de resíduos, RSD ou esterco dos animais, bovino, ovino, suíno e caprino (Pereira, 2005).

As partes consideradas fundamentais para funcionamento de um biodigestor, conforme Souza et al (2009) são:

- 1) caixa de carga (local de diluição dos dejetos);
- 2) tubo de carga (condutor dos dejetos diluídos da caixa de carga para o interior do biodigestor);

- 3) câmara de biodigestão cilíndrica (local onde ocorre a fermentação anaeróbia com produção de biogás);
- 4) gasômetro (local para armazenar o biogás formado por campânula que se oscila tanto para cima e para baixo);
- 5) tubo-guia (guia o gasômetro quando este se movimenta para cima e para baixo);
- 6) tubo de descarga (conductor para saída do material fermentado sólido e líquido);
- 7) caixa ou canaleta de descarga (local de recebimento do material fermentado sólido e líquido);
- 8) saída de biogás (dispositivo que permite a saída do biogás produzido para ser encaminhado para os pontos de consumo). A Figura 3 apresenta o desenho esquemático do biodigestor indiano e sua descrição.

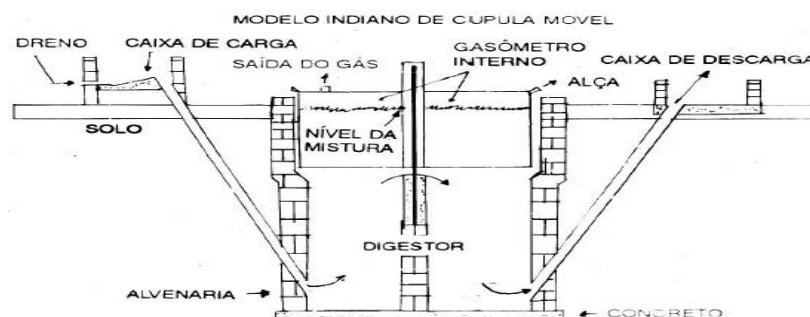


Figura 3 - Desenho esquemático do biodigestor modelo indiano

Fonte: Barreira, 2011

Para calcular o tamanho de um biodigestor cujo objetivo é explorar o processo de biodigestão, é fundamental levar em consideração o volume de carga e o período de retenção (Barrera,(1993) Biodieselbr (2009). Seguir a equação 1.

$$VB = VC \times THR \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: VB = Volume do biodigestor (m³); VC = Volume da carga diária (m³/dia)

TDR = Tempo de detenção hidráulico (dias)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Guiné-Bissau tem condição (ambiental, econômica e social) para explorar o sistema de biodigestor para abastecer energia elétrica e gás de cozinhas e melhorar a qualidade de higiene nas zonas rurais do país. Um País onde 80% da população praticam criação dos animais principalmente bovinos, suínos, caprinos e aves. Suponhamos que uma família tem 125 bovinos, onde cada animal gera 6 kg de esterco por dia, isso resultaria

numa média total de 750 kg de esterco por dia numa propriedade.

Para situação da Guiné-Bissau, suponha-se que um produtor tem 90 litros de biomassa em média para carregar por dia e o período de fermentação nas zonas instaladas em torno de 45 dias, basta multiplicar 90 X 45. Observa a equação 2.

$$VB = VC \times THR \quad (\text{Equação 2})$$

$$VB = 90 \times 45$$

$$VB = 4050 \text{ m}^3$$

Uma unidade constará de 1 biodigestores indiano com volume de 4050 litro, o que resultaria em 0,405 m³ de gás/dia gerado na propriedade rural.

A Guiné-Bissau é ensolarado com aproximadamente 3000 horas de sol por ano, e ainda recebe um pouco mais de 4,5 kWh/ano de radiação solar (REEEP, 2012). Um país onde a temperatura média esta acima de 27 °C. A região leste do país onde o nível de temperatura é alto durante todo ano, atingindo o valor de 37 °C (DSNM, 2004). É recomendável o uso de biodigestor, levando em consideração a importância da temperatura no processo de biodigestao.

Baseado no estudo realizados por Shrestha e Alenyorege (2008), em que os animais (bovinos) defecam no mínimo de 3 kg de esterco por dia, num horizonte de **1.600.000** gados (Correia 2015), se esses esterco fossem processados em biodigestores, o país poderia gerar acima de 8 mil toneladas diárias de biofertilizante.

O biodigestor além de grande contribuição na geração de fertilizante biológico para agricultura como foi comprovado por vários trabalhos (Barreira, Paulo, 1993). Pode desempenhar um importante papel para o saneamento da zona rural da Guiné-Bissau como se observa na tabela 3. Principalmente num país onde grande parte da sua população utiliza poços poucos profundos, reconhecido pelos estudos (Bordalo, 2007), no que diz respeito sobre a fragilidade na contaminação e poluição.

Vantagens	Desvantagens
Diminuição do desflorestamento	Assistência técnica freqüente
Destinação adequada dos dejetos dos animais e RSD	Monitoramento de geração do gás
Reutilização de matéria orgânica	Não avaliação dos subprodutos
Geração de biofertilizante	

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens do biodigestor na comunidades rurais na Guiné-Bissau

Sobre as vantagens ambientais, geralmente o biofertilizante apresenta alta concentração de húmus que pode ajudar na recuperação de solos agrícolas degradados, melhorando a qualidade física, química e biológica do solo. É importante deixar claro que

o biofertilizante permite a fixação, minimizando assim a alta filtração e lixiviação do sais (Menezes, 2008), ou seja, o biofertilizantes desempenha várias funções nas atividades agrícolas das pequenas comunidades.

O outro problema que será resolvido com o uso do sistema de biodigestor é a eliminação adequada de resíduos ou dejetos, diminuindo os impactos ambientais.

No que diz respeito aos custos de manutenção durante a operação, o próprio proprietário pode monitorar a operação direto, coleta de dejetos, transporte do mesmo e abastecimento do biodigestor. Ainda sobre o custo, o agropecuarista vai economizar significativamente na compra de gás GLP para cozinha, isso também vai beneficiar economicamente o gasto no combustível para moto serras utilizadas para cortar as lenhas ou compras de carvão vegetal. Sem deixar de ressaltar o benefício econômico nos investimentos na compra de fertilizantes químicos que serão substituídos pelo biofertilizante. Marçal et al. (2015) ressaltam impacto positivo do biofertilizante no controle de pragas e doenças de plantas e sua ação fungistática, bacteriostática e como repelente de insetos”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de biodigestão sugerido mostrou-se uma opção para o aproveitamento e tratamento de esterco dos animais nas zonas rurais da Guiné-Bissau, mas uma vez que, além dos ganhos ambientais, gera impacto econômico e social.

Para gerar energia nas localidades remotas (rurais) na Guiné-Bissau através de fonte renovável, o uso do sistema de biodigestor pode ser a solução adequada ambientalmente, aceita socialmente e viável economicamente, para que os agricultores familiares possam exercer as suas atividades nos limites de sustentabilidade, diminuindo os custos com combustíveis fósseis, como por exemplo, gás de cozinhas, óleo diesel, fertilizantes químicos e desmatamento das florestas para gerar lenhas e carvão vegetal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes pela bolsa de doutorado, e ao CNPq pela bolsa DT.

REFERÊNCIA

Almeida, A. M. Cardoso, L. A. (2012) A pecuária nas regiões de Tombali e Cacheu: posse versus produção animal?

Balde D., Embalo A., Embalo A.I., Roberto F. and Balde A. (2015) Personal communications with Messrs. Dadina Balde (president), Aliu Embalo (vice-president), Aledje Iaia Embalo (secretaire), Filomeno Roberto (Contibuel branch) and Aliu Balde (vet), Association des Eleveurs de Bafata, 11-12 June 2015.

- BARREIRA, P. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural. São Paulo: Ícone, 1993.106 p.
- BLEY, Cícero. A suinocultura e o meio ambiente. Fevereiro, 2003. Disponível em: <http://www.suino.com.br/meioambiente/noticia.asp?pf_id=11350&dept_id=8>. Acesso em 26 Mar. 2019.
- Bordalo, A. & SAVVA–BORDALO, J. (2007). The quest for safe drinking water: An example from Guinea-Bissau, West Africa. *Water Research* 41:2978-2986. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.021>
- Camara Municipa de Bissau (CMB, 2010) Departamento de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos
- Correia, F. (2015) Personal communication with Mr. Florentine Correia, DG Elevage, 08 June 2015.
- CPDA (2010). Carta de Política de Desenvolvimento Agrário Guiné-Bissau.
- DSNM (2004). Boletim informativo da Direcção do Serviço Nacional de Meteorologia sobre a evolução pluviométrica ao longo do ano nos principais postos meteorológicos, Bissau.
- Frederiks, (2017) Estudo de Base sobre o Potencial de Produção de Eletricidade a partir da Biomassa na Guiné-Bissau.
- GUINÉE-BISSAU (2007). *Élaboration de La Politique Régionale de l'Eau pour l'Afrique Occidentale*. Communauté Économique des États de L'Afrique de L'Ouest (CEDEAO).
- Instituto Nacional de Estatística (INE, 2011), Inquérito Ligeiro Para Avaliação de Pobreza (ILAP2).
- Jorge, L, H, A; Omena, E (2012), Dossie técnico
- MARÇAL, N.; SANTOS, A.; MARÇAL, N.; LUCENA, S. Gestão ambiental: tecnologia sustentável para o desenvolvimento no sertão paraibano. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 139-159, out. 2015/mar. 2016.
- MENEZES, H. S. Geração de biogás a partir de esterco caprino. 2008. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) – Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Ministerio do Ambiente (MA 2015) relatorio anual de estão ambiental na Republica da Guiné-Bissau
- Ministerio de Recuros Naturais (MRN, 2009), departamento de recursos hidricos.
- Namã, N. (2010) guias sobre as boas praticas em matéria de gestão de pastos e corredores de transumância na guiné bissau (gpsct).
- OLIVEIRA, Luiz Roberto Pelosi de. Biodigestor. II Simpósio Goiano de Suinocultura. Goiânia, set. 2005. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=562>. Acesso em 26 Mar. 2019.
- PEREIRA, M. L. Biodigestores: opção tecnológica para a redução dos impactos ambientais da suinocultura (2005), artigo acessado no site da EMBRAPA.
- PIGLIGHT. s/d. Disponível em: <<http://www.pilight.com.br/>>. Acesso em 26 Mar. 2019.
- SEAT (2012). Relatório Nacional da Guiné-Bissau à Cimeira Mundial Sobre o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, Maio 2012. Secretaria de Estado do Ambiente e Turismo. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/977guineabissau.pdf>

SOUZA, Cecília F., LUCAS JUNIOR, Jorge de e FERREIRA, Williams P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. Eng. Agríc. [online]. maio/ago. 2005, vol.25, no.2 [citado 24 Junho 2006], p.530-539. Disponível na World Wide Web: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000200027&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 0100-6916.

The African Statistical Yearbook – (2017) Crescimento populacional da Guiné-Bissau. UNDP (United Nations Development Programme) (2011), *Human Development Report 2011 – Sustainability and Equity: A Better Future for All*. Nova Iorque: UNDP. Acesso em 26 Mar. 2019.

SOBRE A ORGANIZADORA

MARIA ELANNY DAMASCENO SILVA - Mestra em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira - UNILAB, ex-bolsista de pesquisa CAPES e integrante do grupo GEPEMA/UNILAB. Especialista na área de Gestão Financeira, Controladoria e Auditoria pelo Centro Universitário Católica de Quixadá - UniCatólica (2016). Tecnóloga em Agronegócio pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE (2014). Foi estagiária no escritório Regional de Quixadá do SEBRAE-CE entre 2012 a 2014. Atuou como bolsista técnica e voluntária de pesquisas durante a graduação em Agronegócios. Tem experiência nas áreas de ciências ambientais, ciências sociais, ciências agrárias e recursos naturais com ênfase em gestão do agronegócio, desenvolvimento rural, contabilidade de custos, políticas públicas hídricas, tecnologias sociais, sociobiodiversidade e educação ambiental. Além disso, faz parte da Comissão Técnica-Científica da Atena Editora. Possui publicações interdisciplinares envolvendo ensino-aprendizagem, cultura, contabilidade rural, poluição e legislação ambiental.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agropecuária 153, 157, 164

Água Residuária 104, 107, 125

Águas Pluviais 8, 64, 65, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 87, 92, 94, 98

Alimentação Saudável 1, 9, 11

Ambiente Escolar 3, 10

Artesanato 21, 27, 29, 30, 33

Assoreamentos 78, 79, 89

B

Bacia Sedimentar 78, 81, 89

BDQueimadas 47, 48, 50, 51

Biodegradação Anaeróbia 142

Bioengenharia 64

C

Chorume 160

Conservação da Biodiversidade 35, 37, 38, 39, 45, 46

Controle de Inundação 91

Cores da Terra 21, 26

Cultura Alimentar 3

Curso Técnico em Meio Ambiente 33

D

Déficit de Energia e Gás 153

Déficit de Saneamento 104, 109

Descarte Correto de Resíduos 13

Drenagem Urbana 76, 91, 102

E

Efluente Industrial 126, 137

Erosão de Solo 56

Escoamento das Águas Pluviais 77, 78, 80

Estações de Tratamento de Esgoto 120, 122, 148

Estudo Geológico 78

Estudo Hidrológico 92, 93, 95, 97, 99

F

Futuras Gerações 14

G

Gases do Efeito Estufa 141

Geoprocessamento 35, 41, 54, 55

I

Impactos Socioambientais 27, 29

Impermeabilização 65, 72, 78, 79, 81, 89, 90, 91, 92, 93, 100, 102

Incêndios Florestais 47, 48, 51, 54

J

Jardins Suspensos da Babilônia 68

L

Levantamento Topográfico 94

M

Matéria Orgânica 59, 105, 109, 118, 128, 133, 137, 139, 140, 141, 143, 144, 161, 163

Modelo de Streeter-Phelps 128, 134

N

Nutrientes 8, 23, 48, 57, 58, 72, 105, 106, 109, 131, 148

O

Oficinas de Empreendedorismo 27, 30

Oxigênio Dissolvido 126, 128, 130, 133, 134, 138, 139

P

Parâmetros Físicos 56, 62

Percepção Ambiental 13, 15

Política Pública 31, 35, 36, 37, 42, 43

Público Infantil 13

Q

Qualidade de Vida 5, 15, 25, 43, 68, 141

Questões Culturais 159

R


Recuperação Sustentável 56, 58

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 